



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**  
**FACULTAD DE ENFERMERÍA Y NUTRICIÓN**



**LICENCIATURA EN NUTRICIÓN**



**VARIABLES BIOQUÍMICAS Y GRASA VISCERAL**  
**EN UN MODELO ANIMAL SUPLEMENTADO**  
**CON *Salvia hispánica* L.**



**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:**  
**LICENCIADO EN NUTRICIÓN**

**TESIS DE LICENCIATURA**

**PRESENTA:**

**PSSLN. ÁNGEL HERNÁNDEZ GONZÁLEZ**

**DIRECTORA DE TESIS:**

**DRA. BERTHA IRENE JUÁREZ FLORES**

## **AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS.**

A mi directora de tesis la Dra. Bertha Irene Juárez Flores por el apoyo otorgado profesional y personalmente, por sus enseñanzas, conocimientos, motivación y guía durante mi carrera profesional y proyecto de tesis.

A mi codirector de tesis Dr. Juan Antonio Rendón Huerta por su aceptación, confianza y conocimiento.

Un agradecimiento especial al Dr. Juan Rogelio Aguirre Rivera por su apoyo durante el proyecto y congresos, por su gran conocimiento y por abrirme las puertas de la institución a la cual dirige.

A Jose por su indispensable apoyo profesional y moral, además de brindarme su cariño y estima el cual siempre será recíproco.

A la maestra Mariana Navarro por su apoyo incondicional y por sus enseñanzas.

A la QFB. María Eugenia Reyna Ortega por su gran ayuda durante los análisis de muestras y demás procesos prácticos dentro de los laboratorios y por su gran amistad.

Agradezco a la Q. Ma. del Socorro Jasso Espino por su apoyo técnico durante el desarrollo del proyecto.

A M.C. Evelyn Regalado y M.C. Cesar Godínez por su guía, apoyo y amistad durante toda mi estancia.

A Carmen Mejía, Eder Portillo y a todos los demás alumnos que colaboraron en algún momento con mi trabajo por su apoyo a pesar de sus trabajos.

Al personal del IIZD por su apoyo y por el gran ambiente que forman en el instituto aceptando siempre de la mejor forma a los estudiantes,

Al IIZD por la beca económica que se me otorgó durante toda mi estancia en sus instalaciones.

## **AGRADECIMIENTOS PERSONALES**

Antes que nada quiero agradecer a mis padres por todo su esfuerzo para poder guiarme por el camino correcto y por asegurarse de que no me faltara nada para poder terminar mi carrera.

A mis hermanas por guiarme y aconsejarme bajo una opinión objetiva y centrada de las dificultades en la vida, gracias a ellas pude dar pasos más seguros y tomar decisiones acertadas.

A mis cuñados por motivarme y brindarme siempre su apoyo durante toda mi carrera.

A mi abuelo por brindarme su cariño y confianza.

Al resto de mi familia que estuvo conmigo en los momentos difíciles y confiaron en mí ante durante todo éste aprendizaje.

A Anahí Tovar por su apoyo durante casi toda mi carrera y tesis, en tareas, proyectos, consultas y situaciones personales

A mis amigos Jorge, Carlos y Majid por ser los mejor amigos nutriólogos.

A mis compañeras Mayela, Eliana, Daniela y Mayra por su incondicional amistad.

A Isabel Valero por colaborar conmigo casi toda la carrera y motivarme a mantener un buen desempeño académico.

## INDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	x
PALABRAS CLAVE.....	xi
ABREVIACIONES.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	2
2.1. Historia de uso.....	2
2.2. Descripción botánica y taxonómica de la planta.....	3
2.3. Composición química de la semilla.....	5
2.4. Biomoléculas en la dieta y su función.....	5
2.4.1. Lípidos.....	5
2.4.1.1. Ácidos grasos trans.....	7
2.4.1.2. Ácidos grasos monoinsaturados.....	8
2.4.1.3. Ácidos grasos poliinsaturados.....	8
2.4.1.3.1. Ácidos grasos omega ( $\omega$ ) 3 y 6.....	9
2.4.1.4 Recomendaciones de ácidos grasos.....	9
2.4.1.5 Ácidos grasos en la semilla de chía.....	10
2.4.2. Proteína.....	11
2.4.3. Vitaminas y minerales.....	13
2.4.4. Antioxidantes.....	14
2.4.5. Fibra.....	15
2.4.5.1. Recomendaciones del consumo de fibra en México.....	22
2.5. Cambios en los patrones de alimentación.....	23

2.5.1. Impacto de los cambios de alimentación en la salud.....	24
2.6. Sobrepeso y obesidad como problemática mundial.....	26
3. OBJETIVO.....	28
4. HIPÓTESIS.....	28
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
5.1 Peso corporal y Antropometría.....	30
5.2 Química sanguínea.....	31
5.3. Diseño experimental y análisis estadístico.....	31
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
6.1. Antropometría.....	31
6.1.1. Peso corporal.....	31
6.1.2. Perímetro abdominal.....	33
6.1.3. Grasa visceral.....	33
6.1.4. Correlación grasa visceral-perímetro abdominal.....	34
6.2. Pruebas bioquímicas.....	35
6.2.1. Glucosa.....	35
6.2.2. Colesterol.....	36
6.2.3. Triglicéridos.....	37
7. CONCLUSIONES.....	39
8. REFERENCIAS.....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la semilla de chía.....	4
Tabla 2. Comparación nutricional de la semilla de chía (g/100 g).....	6
Tabla 3. Comparación de contenido de proteína entre algunos cereales y semilla de chía.....	11
Tabla 4. Contenido de aminoácidos en 100 g de semilla de chía.....	12
Tabla 5. Contenido de vitaminas en 100g de semilla de chía.....	13
Tabla 6. Contenido de minerales en 100 g de semilla de chía.....	14
Tabla 7. Compuestos antioxidantes en semilla de chía.....	15
Tabla 8. Contenido de fibra de algunos alimentos (g/100g).....	17
Tabla 9. Efectos fisiológicos del consumo de fibra.....	22
Tabla 10. Recomendaciones de ingestión de fibra para la población mexicana.....	23
Tabla 11. Composición de dieta y suplementación.....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: División de los principales tipos de ácidos grasos poliinsaturados.....	9
Figura 2. Tipos de fibra y principales alimentos en los que están presentes.....	18
Figura 3. Tipos y composición de fibra dietética.....	20
Figura 4. Incremento de peso corporal en ratas normales y obesas, con y sin suplemento de chía entera y molida.....	32
Figura 5. Perímetro abdominal en ratas no obesas y obesas, con y sin suplemento de chía entera y molida. ....	33
Figura 6. Grasa visceral en ratas no obesas y obesas, con y sin suplemento de chía entera y molida.....	34
Figura 7. Correlación entre perímetro de la cintura y grasa visceral.....	35
Figura 8. Concentración de glucosa en ratas normales y obesas, con y sin suplemento de chía entera y molida. ....	36
Figura 9. Concentración de colesterol en ratas no obesas y obesas, con y sin suplemento de chía entera y molida.....	37
Figura 10. Concentración de triglicéridos en ratas no obesas y obesas, con y sin suplemento de chía entera y molida.....	38

## RESUMEN

**Introducción.** La semilla de chía tiene múltiples características que la destacan como alimento funcional. Su composición química es la responsable de su funcionalidad, pues contiene aporte de ácidos grasos omega 3, 17% de proteínas con nueve de los aminoácidos esenciales, 34% de fibra total y compuestos fenólicos con poder antioxidante y cardioprotector.

**Objetivos.** Evaluar el efecto de la semilla de *S. hispanica* sobre el perfil lipídico y glucémico de ratas obesas y normales, la composición corporal de los animales, peso corporal, grasa visceral y perímetro abdominal.

**Metodología.** El experimento se llevó a cabo con 30 ratas Wistar en dos condiciones: normales y obesas. A las normales se les proporcionó alimento estándar para roedor. Para inducir la obesidad, se suministró una ración hipercalórica adicionada con manteca de pollo y agua con fructosa (10%) *ad libitum* hasta un peso mayor que 400 g. Posteriormente, se distribuyeron en seis tratamientos (n=5): a) normales sin suplementar; b) normales suplementadas con semilla de chía entera; c) normales suplementadas con semilla de chía molida; d) obesas sin suplementar; e) obesas suplementadas con chía entera; y f) obesas suplementadas con chía molida. El estudio duró 12 sem. Se tomaron muestras de sangre cada dos sem para cuantificar glucosa, colesterol y triglicéridos. Se midió el consumo de alimento, peso corporal, perímetro abdominal y grasa visceral. El diseño experimental fue completamente al azar, con un arreglo factorial de tratamientos (2X3), con la condición corporal y la suplementación como factores. A los resultados se les realizó un ANOVA y mediciones repetidas en el tiempo ( $p \leq 0.05$ ). Se correlacionó el perímetro abdominal con el engrosamiento visceral. Se utilizó el paquete estadístico SAS V 9.0 (SAS, 2002), para el análisis de los datos resultantes.

**Resultados.** La concentración de glucosa fue diferente entre tratamientos ( $p=0.036$ ), condición corporal ( $p=0.006$ ) y tiempo ( $p<.0001$ ); los animales obesos suplementados con chía molida presentaron el valor más alto (161 mg/dL). El colesterol no mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0.32$ ) y condición corporal ( $p=0.82$ ); sin embargo, sí hubo diferencias en el tiempo

( $p < .0001$ ). Los niveles de triglicéridos fueron diferentes ( $p < .0001$ ) en el tiempo, similares en ambas condiciones corporales y tipos de ración ( $p = 0.1075$  y  $p = 0.3226$ , respectivamente). La grasa visceral presentó diferencias significativas debidas al suplemento ( $p = 0.0048$ ); en las ratas obesas suplementadas con chía molida se presentó el valor mayor (23 g). El perímetro abdominal en los animales no presentó ninguna diferencia significativa ( $p = 0.2606$ ). El peso de las ratas mostró diferencias significativas en cuanto al tiempo y al estado de salud de los animales ( $p < .0001$ ). Finalmente, se registró correlación significativa (0.73,  $p < .0001$ ) entre el peso de la grasa visceral y el perímetro abdominal.

**Conclusión.** La semilla de chía entera no muestra efecto de tratamiento en las variables peso corporal, glucosa, colesterol, triglicéridos y perímetro abdominal. Sin embargo, la semilla de chía molida en el tratamiento con obesidad, muestran una mayor tendencia a incrementar las variables de peso corporal, colesterol y triglicéridos, elevando significativamente las variables de glucosa y grasa visceral con ( $p = 0.0048$ ) y  $p = 0.036$ ) respectivamente.

## Abstract

**Introduction.** Chia seed has multiple characteristics that stand out as functional food. Its chemical composition is responsible for its functionality, since it contains omega-3 fatty acids, 17% proteins with nine essential amino acids, 34% total fiber and phenolic compounds with antioxidant and prevention of dyslipidaemia (Cahill J, 2003)

**Aim.** Evaluate the effect of the *S. hispanica* seed on the lipid and glycemic profile of obese and normal rats, body composition, visceral fat and the abdominal perimeter.

**Methodology.** 30 Wistar rats in two conditions: normal and obese. Normal rats was provided for rodent food. Obese rats consumed, a hypercaloric ration was added with chicken fat and water with fructose ad libitum (10%) up to a weight greater than 400 g (Yang D, et al, 2010). Subsequently, they were distributed in six treatments (n = 5): a) normal without supplement; B) normal supplemented with whole chia seed; C) normal supplemented with ground chia seed; D) obese without supplement; E) obese supplemented with whole chia; And f) obese supplemented with ground chia. The study lasted 12 weeks. Blood samples were taken every two weeks to quantify glucose, cholesterol, and triglycerides. Body composition was analyzed body weight, abdominal perimeter and visceral fat were measured. The experimental design was completely random, with a factorial arrangement of treatments (2X3), with body condition and supplementation as factors.

The animals were randomized, with a factorial arrangement of treatments (2X3), with body condition and supplementation as factors. The results were analyzed with ANOVA and analysis repeated measurements over time ( $p \leq 0.05$ ). The abdominal perimeter was correlated with the visceral fat. We used the statistical package SAS V 9.0 (SAS, 2002).

**Results.** The glucose concentration was different between treatments ( $p = 0.036$ ), body condition ( $p = 0.006$ ) and time ( $p < .0001$ ); Obese animals supplemented with ground chia had the highest value (161 mg / dL). Cholesterol did not show significant differences between treatments ( $p = 0.32$ ) and body condition ( $p = 0.82$ ); However, there were differences in time ( $p < .0001$ ). Triglyceride levels were different ( $p < .0001$ ) over time, similar in both body conditions and diet types ( $p = 0.1075$  and  $p$

= 0.3226, respectively). Visceral fat presented significant differences due to supplementation ( $p = 0.0048$ ); In obese rats supplemented with milled chia the highest value (23 g) was presented. The abdominal perimeter in the animals showed no significant difference ( $p = 0.2606$ ). The weight of the rats showed significant differences in time and health status ( $p < .0001$ ). Finally, there was a significant correlation (0.73,  $p < .0001$ ) between the visceral fat weight and the abdominal perimeter.

**Conclusion.** The whole chia seed does not show treatment effect on the variables body weight, glucose, cholesterol, triglycerides and abdominal perimeter. However, chia seed ground in obesity treatment showed a greater tendency to increase body weight, cholesterol and triglyceride variables, significantly increasing the variables of glucose and visceral fat with ( $p = 0.0048$ ) and  $p = 0.036$ ) respectively.

**Palabras clave:** Semilla de chía, fibra, obesidad, variables bioquímicas y composición corporal.

### **Abreviaciones**

**Nss-**Normales sin suplementar

**Nce-** Normales con chía entera

**Ncm-** Normales con chía molida

**Oss-** Obesas sin suplementar

**Oce-** Obesas con chía entera

**Ocm-** Obesas con chía molida



## 1. INTRODUCCIÓN

La semilla de chía fue encontrada por los españoles durante la conquista a la nueva España, fue considerada como una amenaza por sus múltiples usos medicinales y creencias sobre ella. A pesar de ello, se registró en uno de los 12 volúmenes del Codex Florentino, documento en donde quedaron plasmadas las cosas encontradas durante la conquista, haciendo evidente su consumo y uso en Centroamérica desde el año 1500 (Cahill, 2003; Ayerza y Coates, 2005a; Muñoz *et al.*, 2013).

Existen evidencias del consumo humano de semilla de chía desde el año 3500 a.C., pero su auge se remonta a los años 1500 a 900 a.C. Además de su uso alimentario, la semilla formaba parte de cultos religiosos (ofrenda a los dioses), tributos del pueblo al gobierno, materia prima para pinturas y medicamentos (Cahill, 2003; Ayerza y Coates, 2005a; Armstrong, 2004).

Considerada como uno de los pilares de la alimentación precolombina, la semilla de chía era uno de los alimentos de mayor consumo en Centroamérica, y junto con el maíz, el frijol y el amaranto, formaban la base de la alimentación saludable de la época. Sin embargo, después de la conquista, la semilla fue sustituida por otros granos como el trigo y la cebada, además de la introducción de vegetales como la zanahoria. Lo trascendental no fue la sustitución de los alimentos sino la disminución en el valor nutricional de los introducidos, además, se inició el olvido de la dieta precolombina y de algunos alimentos con excelente valor nutricional, propios de la región centro-sur de México y norte de Guatemala (Armstrong, 2004; Muñoz *et al.*, 2013; Ayerza y Coates, 2005a; Hentry *et al.*, 1990).

El consumo de la semilla podía ser de forma seca y cruda, así como remojada en agua. A ésta última forma de consumo se le denominaba “chía fresca” por la sensación que brinda. El agua con chía constituye actualmente una de las formas más comunes de consumo de la semilla (Muñoz *et al.*, 2013).

La composición química de la chía ha generado gran interés por parte de los investigadores en cuanto a su uso diario en la alimentación, ya que contiene una proporción de nutrientes poco común, como un elevado aporte de proteínas de alto

valor biológico y una adecuada proporción de ácidos grasos poliinsaturados lo que ha llevado a que se considere como un alimento útil en la prevención de accidentes vasculares. Además contiene compuestos fenólicos que protegen al cuerpo de la oxidación de los radicales libres (Cahill, 2003).

Con base en el conocimiento sobre su composición y su elevado contenido de fibra total, se espera que el consumo de ésta semilla en un modelo animal, tenga efectos hepatoprotectores y reduzca así el riesgo de presentar accidentes cardiovasculares y alteraciones en los niveles de algunas biomoléculas en sangre. Sin embargo, la alimentación habitual tiene un balance elevado de calorías provenientes de comida rápida, alimentos procesados y bebidas azucaradas. Por esto nace el interés de demostrar el efecto protector de consumir semilla de chía junto con una dieta hipercalórica, con un mayor aporte de grasa saturada y consumo habitual fructosa en el agua de bebida, lo cual asemeja el consumo de bebidas azucaradas y alimentos procesados que contienen jarabe de alta fructosa y grasas saturadas y que son incluidos dentro de la alimentación habitual de la población, generando un exceso de peso y grasa corporal, y después a padecimientos crónicos degenerativos. Debido a que la mayoría de los nutrientes de la semilla se encuentran en su interior, y a que la fibra insoluble está en su capa externa, lo que evita su digestión, se formuló un tratamiento con suplementación de semilla molida que permita la liberación sus nutrientes para una correcta absorción y funcionalidad. Así, el objetivo de éste estudio fue evaluar el efecto del consumo de la semilla de *S. hispanica* entera y molida sobre el perfil lipídico y glucémico de ratas obesas y normales, la composición corporal de los animales, la grasa visceral y el perímetro abdominal.

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1. Historia de uso**

Desde los años 3500 a.C. ya existían en la zona del valle de México y el norte de Guatemala, algunos cultivos que sobresalían con fines medicinales y nutricionales entre otros. Los mayas y los aztecas incluían como base de su nutrición algunos

alimentos como el amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*), el frijol (*Phaseolus vulgaris*), la semilla de chía (*Salvia hispanica*) y el maíz (*Zea mays*), incluso aparecen dentro de los hallazgos importantes en la conquista por parte de los Españoles (Armstrong, 2004). Desde esos tiempos ya se reconocía su gran potencial tanto nutricional como terapéutico, se utilizaba como tratamiento de heridas, estreñimiento, dolor y algunos síntomas de infección como diarrea o fiebre. Además con fines religiosos tenía un valor espiritual ya que se decía que “limpiaba las impurezas” (Bukasov, 1963; Fernández *et al.*, 2006; Porras *et al.*, 2014).

La palabra chía proviene del azteca “chien” o “chian” que quiere decir aceitosa. Además del consumo de chía en agua desde antes de la conquista, también existían otras formas de consumo como la harina de chía, que en algunas ocasiones se procesaba simultáneamente con la semilla de maíz o se mezclaba con la semilla entera tostada de chía formando el “chianpinolli” que se podía incorporar a tortillas y tamales (Bukasov, 1963).

A pesar de que el consumo de la semilla de chía tiene sus raíces desde la época prehispánica, se ha analizado hasta el punto de ser considerada como un alimento seguro, que no provoca alergias, daños a la salud, que no es toxica y que es segura para consumo humano (The Chia Company, 2009).

## **2.2. Descripción botánica y taxonómica de la planta**

*Salvia hispanica* es una planta anual, tiene un solo periodo vegetativo a finales del verano, alcanza hasta 1 m de altura y tiene hojas pecioladas y cerradas inversas, miden de 4 a 8 cm largo y su ancho es de 2 a 5 cm. Florece durante los meses de verano (Armstrong, 2004; Ayerza y Coates 2005), sus flores son hermafroditas. Su fruto es un aquenio, indehisciente, monocarpelar y sin adherencia de la semilla al pericarpio, tiene un largo de 2.0 mm y 1.5 mm de ancho y 1mm de alto, de forma ovalada (USDA, 2011; Davidse, 2012).

Clasificada por el científico, botánico y naturista Carlos Von Linneo su taxonomía se muestra a continuación (Tabla1):

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica de la semilla de chía

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Superdivisión	Spermatophyta
División	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Lamiales
Familia	Lamiaceae
Genero	<i>Salvia</i>
Especie	<i>hispanica</i>

(Muñoz *et al.*, 2013)

Actualmente, Jalisco es el principal productor de chía con 15,790 ha sembradas que producen 9,058 ton, seguido por Puebla y Nayarit (391 y 97 ton respectivamente) (SIAP-SAGARPA, 2016). Según Porras *et al.* (2014), el contenido nutricional de la semilla de chía producida en México es distinto según su lugar de origen. La semilla producida en Puebla posee una menor cantidad de fibra (20.1%), en comparación con las semillas que se producen en los estados de Chiapas, Oaxaca y Michoacán (33.4%, 34.6% y 36.15%, respectivamente), estos cambios pueden estar influenciados por las condiciones ambientales de la región geográfica como el tipo de suelo, calidad del agua, frecuencia de lluvias, temperatura y altitud.

### **2.3. Composición química de la semilla**

La semilla de chía contiene una mezcla de nutrientes poco común, con un balance energético adecuado dentro de la alimentación habitual, brinda compuestos de excelente calidad, sirviendo como soporte nutricional por su elevada cantidad de proteína, y a nivel preventivo, por la calidad de su fibra alimentaria.

En general, la cantidad de ácidos grasos poliinsaturados de la semilla es muy buena, destaca su elevado aporte de ácidos grasos omega 3, que es tal vez, el nutriente de mayor interés de la semilla, ya que es el alimento de origen vegetal con mayor aporte de éstos. Incluso, comparado con otros granos y semillas tiene una proporción mayor de estos ácidos grasos (Tabla 2). También, el elevado aporte de proteína que con nueve de los aminoácidos esenciales y nueve de los no esenciales lo que la convierte en una proteína de alto valor biológico, proveniente de una fuente vegetal. La fibra es el componente mayoritario de la semilla, le brinda protección sobre la digestión intestinal evitando que sea absorbida, el mucilago que forma la semilla tiene la capacidad de disminuir la absorción de algunos azúcares y grasas en el intestino, además de otros beneficios que más adelante se mencionarán; la presencia de compuestos fenólicos le otorga el poder antioxidante y cardioprotector (Cahill, 2003).

## 2.4. Biomoléculas en la dieta y su función

### 2.4.1. Lípidos

Los lípidos son un componente esencial de la dieta en muchas de las comidas diarias, las grasas aportan más del 30% de la energía obtenida en una dieta promedio, además su energía puede almacenarse y servir de reserva por muchos días e incluso meses. Los lípidos que contienen los alimentos tienen funciones vitales para el cuerpo, como la absorción de vitaminas liposolubles y otras sustancias, son esenciales para la digestión y para el vaciamiento gástrico ya que interfieren con la secreción biliar y la estimulación de enzimas pancreáticas (Gallagher, 2013)

**Tabla 2.** Comparación nutricional de la semilla de chía (g/100 g).

Nutriente	Semilla de chía	Quinoa	Amaranto	Linaza
Energía (Kcal)	486.0	n/r	n/r	450.0

Proteína	16.5	14.8-25.7	14.9	20.0
Grasa total	30.7	5.3-6.2	9.1	41.0
Ácidos grasos saturados	3.3	n/r	2.4	n/r
Ácidos grasos monoinsaturados	2.3	n/r	2.2	n/r
Ácidos grasos poliinsaturados	23.7	n/r	4.5	23.0
Ácidos grasos trans	0.14	n/r	0.02	n/r
Ácidos grasos omega-3	17.8	n/r	n/r	n/r
Colesterol	0.0	n/r	n/r	0.09
Carbohidratos	42.1	55.8-69.1	70.0	29.0
Fibra total	34.4	8.8-12.1	12.0	28.0

---

n/r = no reportado (Adaptación de Muñoz, 2013)

#### **2.4.1.1. Ácidos grasos trans**

La mayoría de los alimentos que se consumen actualmente contienen una gran cantidad de grasas trans, esto es debido a los estilos de vida apresurados y la falta de tiempo para cocinar en casa, lo que genera un riesgo potencial de generar afecciones a la salud. Estas grasas son isómeros de los ácidos grasos

monoinsaturados los cuales son hidrogenados durante el procesamiento de alimentos como panes, salchichas, repostería, entre otros. Los principales daños que conlleva el consumo excesivo de grasas trans son la disminución en las concentraciones de lipoproteínas de alta densidad (HDL), aumento en los triglicéridos, lipoproteínas de baja (LDL) y muy baja densidad (VLDL), y de colesterol total así como efectos en mediadores de inflamación como IL-6 y TNF- $\alpha$ , que a su vez incrementan radicalmente el riesgo de un ataque coronario (de Luis Román, 2012).

El consumo de ácidos grasos en los alimentos es inevitable; sin embargo, no todos los ácidos grasos que se consumen en la dieta son dañinos para las arterias y el corazón. Los ácidos grasos mirístico y palmítico son los que mayor daño provocan a la salud, esto, por el largo de su cadena. Además de ser utilizados en la mayoría de alimentos fritos, bollería y pastelería industrial, helados y alimentos congelados listos para calentar. Existen ácidos grasos como el esteárico que a pesar de ser hidrogenados tienen un menor impacto sobre los daños al sistema cardiovascular, ya que durante su metabolismo sufre una transformación a ácido oleico, evitando así los efectos adversos (de Luis Román, 2012).

El consumo de alimentos procesados con un alto aporte de grasas trans, también se vincula a afecciones que normalmente se relacionan con el exceso de carbohidratos. Se sabe que el consumo de grasas trans puede incrementar hasta un 40% el riesgo a presentar diabetes tipo II, en sujetos con tendencia a presentarla (de Luis Román, 2012).

Los pequeños cambios en la alimentación sin duda pueden hacer la diferencia y es que cambiando tan solo el 2% del consumo de grasas trans por ácidos grasos de configuración cis presentes en alimentos como el aceite de oliva, pueden reducir hasta un 53% el riesgo de enfermedad coronaria. El consumo de ácidos grasos monoinsaturados como el oleico por sí mismo no tiene un efecto protector, pero al remplazar a los saturados en la dieta habitual si se observa una reducción de LDL ya que son más resistentes a la oxidación (de Luis Román, 2012)

#### **2.4.1.2. Ácidos grasos monoinsaturados**

El consumo de ácidos grasos monoinsaturados, se relacionan con una reducción en la agregación de plaquetas y una mejora en estado pretrombótico, también disminuye la fibrinólisis, así se pone en evidencia el gran poder cardioprotector de dichos aceites. Además de los efectos en el metabolismo de ácidos grasos, también se rescatan algunos otros beneficios como una mejora en los casos de resistencia a la insulina, factor de alto valor para evitar los picos de insulina y con esto una mejora en la homeostasis celular en la ruta de los carbohidratos. Se han estudiado algunos otros efectos como la estimulación de la expresión de algunas proteínas mitocondriales como ucp-1, ucp-2 y ucp-3 expresadas en el tejido adiposo marrón que tienen relación con la termogénesis y la regulación del peso corporal (de Luis Román, 2012).

#### **2.4.1.3. Ácidos grasos poliinsaturados**

El consumo de alimentos ricos en aceites mono insaturados y poliinsaturados es un tema de gran interés por el efecto cardioprotector, ligado a múltiples beneficios en el metabolismo de los lípidos en el cuerpo humano. Alimentos como el aceite de oliva no tienen un efecto directo en los niveles séricos de ningún lípido, sin embargo tienen una gran resistencia a la oxidación y por tanto tienen un elevado poder antioxidante (de Luis Román, 2012).

Los ácidos grasos poliinsaturados se dividen en dos tipos principalmente omega 3 y omega 6, tal como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1:** División de los principales tipos de ácidos grasos poliinsaturados. Adaptación de (de Luis Román, 2012).

#### 2.4.1.3.1. Ácidos grasos omega ( $\omega$ ) 3 y 6

Los ácidos grasos  $\omega$  3 y 6 se consideran esenciales ya que no se sintetizan en el cuerpo y su consumo es necesario en la alimentación habitual. Tienen la característica de ser precursores de eicosanoides como tromboxanos, prostaglandinas y leucotrienos. Estos compuestos tienen la capacidad de regular algunos procesos inflamatorios (de Luis Román, 2012).

El consumo de ácidos grasos  $\omega$ -6 a través del metabolismo en el cuerpo humano se vuelve precursor del ácido araquidónico (AA), mientras que los ácidos grasos  $\omega$ -3 son considerados precursores del ácido eicosapentanoico (EPA). Ambos ácidos grasos compiten enzimáticamente a nivel de sus productos (EPA Y AA). Es así como el EPA y el DHA consumido mediante la variación de alimentos en la dieta tiene una acción antitrombótica, antiqumiotáctica y antiinflamatoria, mientras que el AA muestra una reacción contraria (de Luis Román, 2012).

#### 2.4.1.4. Recomendaciones de ácidos grasos

Es importante conocer la proporción de ácidos grasos de acuerdo a las reacciones y necesidades fisiológicas de su consumo. Las recomendaciones del consumo de ácido linoleico  $\omega$ -6 son aproximadamente del 7% del valor calórico total diario. Sin embargo, existe evidencia que confirma que cuando el consumo de dicho ácido graso es excesivo contribuye a la disminución de lipoproteínas de alta densidad (HDL). Los efectos fisiológicos del consumo de ácido linoleico son similares a los de los ácidos grasos monoinsaturados; al sustituir la proporción de consumo habitual pretendida de ácidos grasos saturados provoca una reducción de lipoproteínas de baja densidad (LDL) (de Luis Román, 2012).

#### **2.4.1.5. Ácidos grasos en la semilla de chía**

Dentro de los principales componentes de la semilla de chía, destacan los lípidos en una proporción entre el 20 y el 40%; de este total, aproximadamente un 60% es ácido alfa linolénico, ácido graso omega 3, un 20% es ácido linoleico, ácido graso esencial de la serie  $\omega$  6 (Ferreira *et al.*, 2015).

Las recomendaciones dietéticas que buscan el consumo terapéutico y preventivo de los ácidos grasos se basan principalmente en las evidencias que sustentan los múltiples beneficios de los ácidos grasos  $\omega$ -3. Sin embargo, dentro de la serie omega-3 se encuentra el ácido graso  $\alpha$ -linolénico (ALA), que se encuentra de forma natural en la semilla de chía y al que se le atribuyen beneficios como propiedades antiaritmicas, hipolipemiantes, antiagregantes plaquetarios, incrementan la función endotelial, tratamiento de dislipidemias y una disminución de la resistencia a la insulina (RI), con todas éstas funciones se estima que el ALA puede reducir hasta un 50% el riesgo de presentar enfermedades coronarias. El ALA tiene una proporción de 5 a 10% la cual puede convertirse a EPA y DHA en su metabolismo y así brindar beneficios similares a los de consumir aceite de pescado. Los beneficios de EPA y DHA son totalmente similares a los de consumir ALA, sin embargo resalta la funcionalidad de disminuir partículas aterogénicas no pertenecientes al colesterol HDL. Así, destaca su función en las dislipidemias de diabético y dislipidemias mixtas (Ferreira *et al.*, 2015).

Dentro de los alimentos naturales, esta semilla es considerada como el mayor proveedor de ácidos grasos  $\omega$ -3, esto llevó a la semilla de chía a dar un gran salto de ser una planta de usos religiosos y creencias, a tener un papel importante dentro de la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica. Además se extraen sus aceites para crear suplementos de ácidos grasos omega 3 y condimentos de algunos alimentos (Henry *et al.*, 1990; Muñoz, 2013).

#### 2.4.2. Proteínas

El aporte de proteína de la semilla de chía es mucho mayor que muchos de los granos tradicionales de consumo actual (Tabla 4). Brinda un soporte nutricional a personas con desnutrición o en riesgo, a niños y personas en desarrollo, lactancia, embarazo, personas con tejido dañado y adultos mayores, así como etapas de la vida en donde que requieran un consumo elevado de proteínas. Todo esto sin necesidad de recurrir a la proteína animal ya que proporciona nueve aminoácidos esenciales lo que representa una proteína de alto valor biológico (Tabla 5). Al observar la cantidad de proteína y hierro (Tablas 2 y 7) que proporcionan 100 g de semilla, podría proponerse como una opción para el tratamiento de algunas anemias como la ferropénica (Segura-Campos *et al.*, 2013)

**Tabla 3.** Comparación de contenido de proteína entre algunos cereales y semilla de chía.

Grano	% proteína
Chía	20.70
Avena	16.89
Trigo	13.68
Cebada	12.48
Maíz	9.42
Arroz	6.50

(Aryeza y Coates, 2005b)

**Tabla 4.** Contenido de aminoácidos en 100 g de semilla de chía

<b>Aminoácido</b>	<b>g/100g de semilla</b>
Ácido aspártico	1.689
Threonina *	0.709
Serina	1.049
Ácido glutámico	3.500
Glycina	0.943
Alanina	1.044
Valina *	0.950
Cisteína	0.407
Metionina*	0.588
Isoleucina*	0.801
Leucina*	1.371
Triptófano*	0.436
Tirosina	0.563
Fenilalanina*	1.016
Lisina*	0.970
Hitidina*	0.531
Arginina	2.143
Prolina	0.776

\* Aminoácido esencial  
(USDA, 2011)

### 2.4.3. Vitaminas y minerales

Las vitaminas son sustancias necesarias para la vida ya que participan en el metabolismo esencial. Las vitaminas hidrosolubles actúan como coenzimas en el metabolismo de algunas reacciones de aminoácidos y lípidos. La tiamina repercute también en el metabolismo de los carbohidratos. Por otro lado el ácido fólico actúa en el metabolismo de ácidos nucleicos y aminoácidos, siendo de gran interés durante el desarrollo cognitivo en infantes y el ácido ascórbico destaca por su potencial antioxidante (Olvera, 2012).

Las vitaminas liposolubles por otro lado se absorben por medio de lipoproteínas que se sintetizan en el epitelio intestinal, conocidas como quilomicrones. Las vitaminas liposolubles son: la vitamina A; D; E y K. Sus funciones principales son la expresión génica, la función inmunitaria, la homeostasis de calcio y fosforo, antioxidantes y como regulador de coagulación sanguínea, entre otras (Olvera, 2012).

En la tabla 5 se muestra el contenido de vitaminas contenidos en 100g de semilla de chía, algunas como la tiamina y niacina rebasan la mitad de la ingesta diaria sugerida para la población mexicana (1mg y 13mg respectivamente).

**Tabla 5.** Contenido de vitaminas en 100g de semilla de chía

<b>Vitaminas</b>	<b>Cantidad</b>
Vitamina C	1.60 mg
Tiamina (B1)	0.62 mg
Riboflavina (B2)	0.17 mg
Niacina (B3)	8.83 mg
Folato (B9)	49.00 µg
Vitamina A	54.00 IU
Vitamina E (α-tocoferol)	0.50 mg

IU= unidad internacional (USDA., 2011)

El contenido de minerales contenidos en la semilla de chía se muestra en la tabla 6. Destacando los siguientes minerales que tan solo en 100 g de semilla de chía rebasan la ingesta diaria recomendada: Calcio (IDR 1000 mg); Magnesio (IDR 340 mg) y Selenio (IDR 48 µg). Mientras que el fosforo y hierro contenido en 100g de semilla supera la mitad de la IDR (700 mg y 15 mg respectivamente).

En algunos estudios se ha demostrado que la semilla de chía puede usarse para la hipertensión arterial, por su elevado contenido de calcio y potasio (Ferreira *et al.*, 2015).

**Tabla 6.** Contenido de minerales en 100 g de semilla de chía

<b>Nutriente</b>	<b>mg</b>
Calcio	631
Potasio	407
Magnesio	335
Fosforo	860
Selenio (µg)	55.2
Cobre	0.924
Hierro	7.72
Manganeso	2.723
Sodio	16
Zinc	4.58

(USDA., 2011)

#### **2.4.4. Antioxidantes**

La semilla de chía, además de todos sus nutrientes, contiene moléculas capaces de proteger de la oxidación al cuerpo. Sus antioxidantes pueden ser considerados como otra razón más para consumirla cotidianamente. Contiene una elevada cantidad de compuestos fenólicos, el principal y más importante es el tocoferol, su contenido en ésta semilla es similar al referido en el aceite de cacahuete. Su poder

antioxidante se fortalece gracias a los otros compuestos fenólicos que contiene (Tabla 8) como el ácido caféico y el clorogénico, predominantes en la semilla de chía y que inhiben la peroxidación de las grasas y de las proteínas generada por los radicales libres. Además, contiene quercetina, antioxidante que tiene poder cardioprotector. Por su contenido diverso de fenoles, la semilla de chía brinda un poder antioxidante mejor que el de otros de mayor consumo (Taga *et al.*, 1984; Ayerza y Coates, 2001; Ayerza y Coates, 2009; Ixtaina *et al.*, 2011).

**Tabla 7.** Compuestos antioxidantes en semilla de chía

<b>Componente</b>	<b>mol/Kg de semilla</b>
• No hidrolizados	
Ácido caféico	$6.6 \times 10^{-3}$
Ácido clorogénico	$7.1 \times 10^{-3}$
• Hidrolizados	
Miricetina	$3.1 \times 10^{-3}$
Quercetina	$0.2 \times 10^{-3}$
Kaempferol	$1.1 \times 10^{-3}$
Ácido cefálico	$13.5 \times 10^{-3}$

(Ayerza y Coates, 2001)

#### **2.4.5. Fibra**

Desde épocas muy antiguas se ha hecho referencia al efecto purgante que tiene el consumo de alimentos con fibra, la primera vez que se hizo alusión a dicho acontecimiento fue en el año 430 a.C. cuando Hipócrates afirmó que el consumir trigo entero le provocaba un efecto “laxativo” en comparación con el trigo refinado. En la Biblia, en el libro de Daniel (1:8-16), también se menciona que el consumir más alimentos vegetales y agua produce una sensación de salud, comparado con la sensación cuando comían los manjares del reino (Kritchevsky, 1988).

El conocimiento del ser humano sobre los compuestos no digeribles de los alimentos llevó mucho tiempo para poder ser descubierto, desde las teorías hipocráticas hasta la década de los 50 en donde se reconoció que los alimentos tenían componentes no digeribles (1953), acuñándose el término de fibra dietética. Un par de décadas después, en 1972, comenzó la curiosidad sobre el estudio de la misma con el afán de explicar sus efectos sobre el sistema gastrointestinal tras el consumo de algunos alimentos. En esa época, se relacionó al consumo de fibra con la presencia o ausencia de enfermedades.

La hipótesis principal sobre los compuestos no digeribles es que al provocar un aumento en el tamaño de las heces (atribuido al consumo de fibra), llevó a suponer que estaba vinculado con la disminución en la incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles, algunos tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares (Rosado, 2008). El estudio de la fibra no se detuvo hasta poder comprobar que sus principales componentes eran carbohidratos complejos y algunos otros compuestos como lignina que son resistentes a la digestión de los alimentos por el ser humano. Los principales compuestos de la fibra dietética son: celulosa, lignina, hemicelulosa, pectina, gomas, mucílagos y almidón resistente a la hidrólisis, entre otros (Walker, 1993). La característica principal de la semilla de chía es su capacidad para formar un gel cuando se mezcla con el agua. La fibra soluble presente en la semilla (5-10% de la fibra total) es principalmente mucílago, que tiene la capacidad de absorber una gran cantidad de agua e hincharse ya sea dentro o fuera del cuerpo. El mucílago tiene la función de incrementar su tamaño en una forma viscosa en el intestino, y así generar una sensación de saciedad, disminuyendo el apetito, reduciendo el consumo de alimentos. Al llegar al intestino, el mucilago tiende a formar una masa viscosa, que puede provocar que no se absorban o se retrase la absorción de ácidos grasos, carbohidratos, algunos minerales como Ca, Mg, Fe, Zn y algunas vitaminas como la niacina en el epitelio intestinal. Así, se puede ligar el consumo de la semilla con una disminución en el riesgo a presentar enfermedades coronarias, diabetes mellitus e incluso algunos tipos de cáncer. Por otra parte, el retraso en la absorción de carbohidratos es favorable para el control de la glucemia, el sistema inmune y

algunos padecimientos del sistema nervioso como la epilepsia y la depresión (Bushway *et al.*, 1981; Reyes-Caudillo *et al.*, 2008; Muñoz, 2013).

La semilla de chía tiene un mayor aporte de fibra en comparación con otras semillas como la quínoa, el amaranto y la linaza, además de frutos secos (Tabla 9) (Bushway *et al.*, 1981; Reyes-Caudillo *et al.*, 2008).

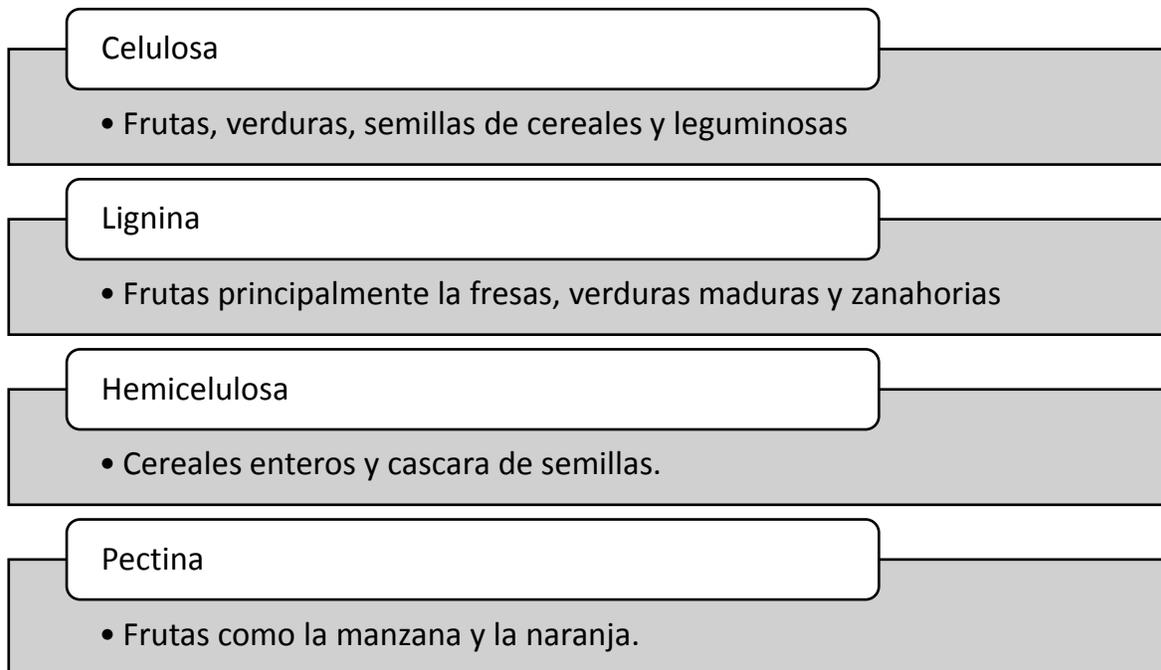
Los componentes de la fibra tienen diferentes características entre sí; sin embargo, la clasificación más común de la fibra está basada en su solubilidad en agua. Algunos estudios han logrado identificar los componentes de la fibra dietética de la mayoría de los alimentos. Es así, que es posible seleccionar los alimentos que más le conviene a la población y consumirlos de acuerdo a las necesidades (Figura 3).

**Tabla 8.** Contenido de fibra de algunos alimentos (g/100g).

Chía	34.4	Ciruelas (secas)	7.1
Linaza	27.3	Higos(secos)	9.8
Amaranto	6.7	Manzana (seca)	8.7
Quínoa	7.0	Banana (seca)	9.9
Almendras	12.2	Duraznos (secos)	8.2
Cacahuete	8.5	Peras (secas)	7.5
Soya	9.6		

(USDA, 2011)

A continuación se presenta la distribución de algunos componentes de fibra y tipos de alimentos en los que se encuentran (Figura 2).



**Figura 2.** Tipos de fibra y principales alimentos en los que están presentes (Rosado, 2008).

En México, el consumo de frutas, verduras y granos ricos en fibra dietética es muy bajo y aunque no hay evidencia reciente del consumo neto actual de fibra en la población, estadísticamente el consumo de fibra ha ido en descenso. En 1979 la Encuesta Nacional de Nutrición arrojó un consumo promedio de 27.2 g/día/persona con un 87.2% de fibra insoluble y tan solo un 12.8% de fibra soluble, 10 años después, el consumo promedio de fibra dietética registrado fue de 17.5 g/día/persona en promedio con la misma proporción de fibra insoluble y soluble.

Actualmente se sabe que el principal aporte de fibra dietética en la población mexicana es por el elevado consumo de frijol y tortilla de maíz, alimentos bases de la alimentación de nuestro pueblo (Rosado, 2001 y 2008)

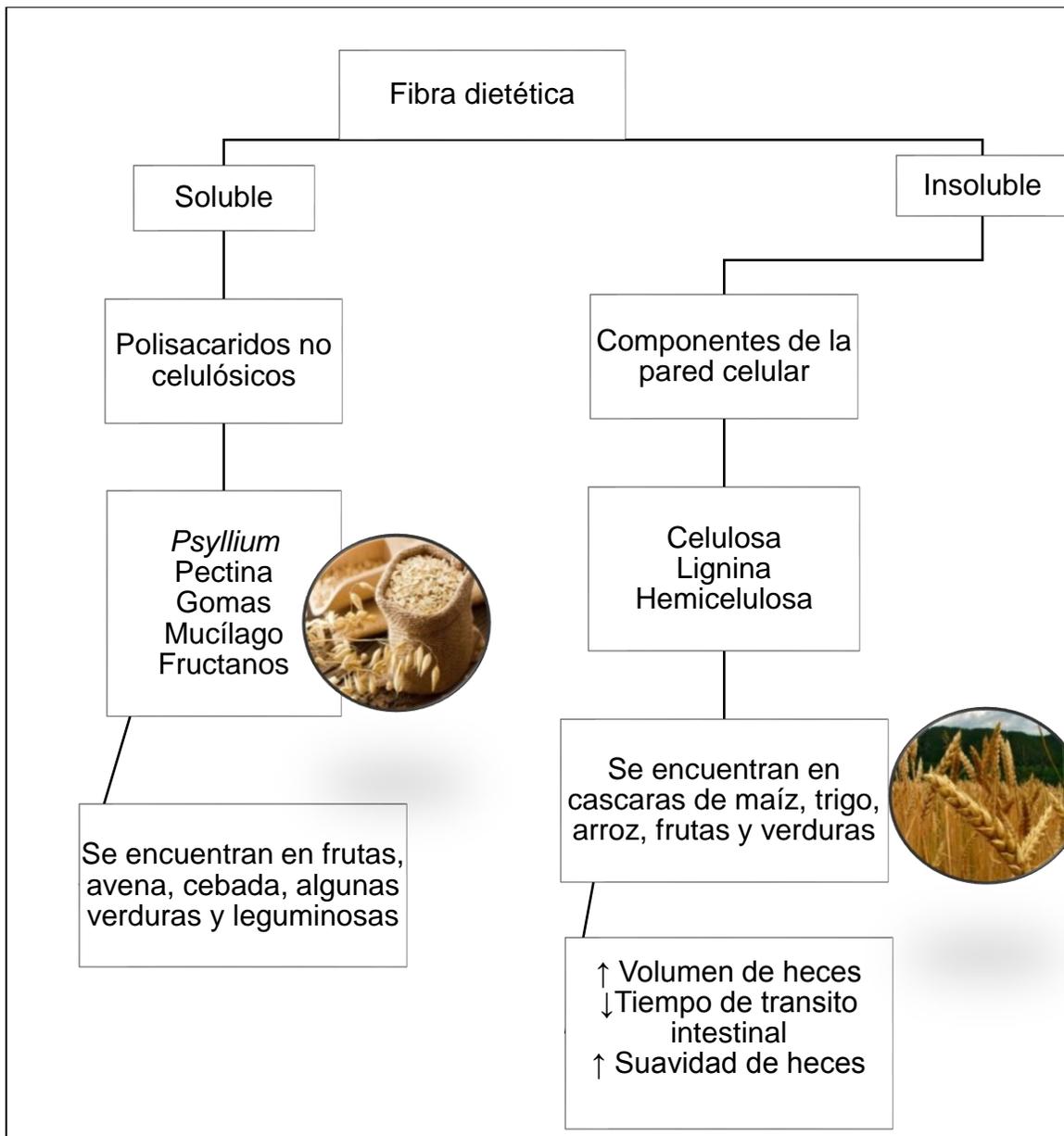
La cantidad de fibra varía dependiendo del origen de los alimentos y su composición química. En el caso de la fibra en las frutas y verduras, la fibra se ve disminuida por la cantidad de agua que contienen, disminuyendo el aporte de fibra por gramo de

peso. Los cereales enteros son los que cuentan con una mayor cantidad de fibra dietética. Sin embargo, muchos de los procesos como el descascarillado en el refinamiento disminuyen notablemente la proporción de fibra de estos (Rosado, 1999 y 2008).

La fibra que se consume tiene carbohidratos con polos libres que le permiten formar puentes de hidrogeno con el agua que se encuentra en el intestino, éste proceso es de mayor importancia en la fibra soluble ya que tiene mayor capacidad de captación de agua. Como la fibra soluble se fermenta en el colon, libera el agua que absorbió anteriormente. La mayoría de la reabsorción de agua se efectúa en el colon y el agua que la fibra absorbió en el intestino se reabsorbe en el colon, éste proceso no afecta el tamaño de las heces directamente. Por otro lado, la fibra soluble estimula el crecimiento bacteriano en la biota intestinal, proceso que indirectamente provoca un aumento en el tamaño de las heces (Rosado, 2008).

El proceso que tiene la fibra insoluble es diferente, ya que retiene completamente el agua durante todo su viaje por el intestino y el colon, aumentando directamente el contenido de agua y en consecuencia el tamaño de las heces. La celulosa y la hemicelulosa tienen muy poca fermentación por las bacterias y la lignina no puede fermentarse porque no es un carbohidrato (Rosado, 2008).

La fermentación de los carbohidratos por las bacterias de la biota intestinal genera productos que sirven para procesos fisiológicos durante el metabolismo. La producción de ácidos grasos de cadena corta, específicamente el ácido propiónico, acético y butírico pueden pasar a la sangre afectando directamente el metabolismo o actúan tanto de alimento para la biota intestinal como para los colonocitos. La función de alimento de los colonocitos de los productos de fermentación de los carbohidratos se debe específicamente a la producción de butirato, compuesto resultante del ácido butírico. El butirato sirve como alimento de los colonocitos, aun con glutamina y glucosa presente, el butirato y el crecimiento bacteriano tienen procesos subsecuentes como la inhibición de citosinas proinflamatorias y la mejora del funcionamiento del sistema inmune por la activación de los linfocitos en intestino.



**Figura 3.** Tipos y composición de fibra dietética. Adaptación de Rosado (2008).

Al influenciar el funcionamiento del sistema inmune y el crecimiento de la microbiota intestinal, muchos investigadores han vinculado el consumo de fibra principalmente soluble, en la prevención del cáncer de colon, recto y enfermedad inflamatoria intestinal. La fermentación de los carbohidratos como ya se mencionó, tiene la

capacidad directa de funcionar como agente prebiótico propiciando así el crecimiento bacteriano. Sin embargo, la fermentación genera gases como hidrógeno, dióxido de carbono y metano, éstos pueden provocar distensión abdominal y dolor (Rosado, 2008).

Las fibras solubles más comunes son: el *psyllium*, la inulina, el mucílago, las pectinas, las gomas y los  $\beta$ -glucanos. La viscosidad que produce la fibra soluble al crear enlaces con el agua, forma una barrera intestinal que permite la mala absorción de algunos nutrientes, disminuyendo así la absorción de colesterol y sales biliares. La formación de las sales biliares en el hígado se hace a partir de colesterol, al no reabsorberse las sales en el colon ya que se eliminan por las heces, el hígado crea una demanda de moléculas de colesterol proveniente del torrente sanguíneo, disminuyendo los niveles de colesterol y previniendo así la dislipidemia y el riesgo a enfermedades cardiovasculares (Rosado, 2008).

Desde el aspecto nutricional las recomendaciones de fibra se estipulan en múltiples guías y manuales para el cuidado de enfermedades y control de prevalencias debido a todos sus beneficios. La disminución del consumo de fibra ésta relacionada con algunos padecimientos como estreñimiento, divertículos, venas varicosas, obesidad, diabetes, hiperlipidemias y algunos tipos de cáncer entre otros (Tabla 8). Por otro lado, existe una correlación entre la fibra que no se fermenta en el colon y la disminución del estreñimiento, divertículos y venas varicosas, ya que mantienen el movimiento intestinal y la defecación sin alteraciones (Rosado, 2008).

Una cuestión que es poco tomada en cuenta dentro de los compuestos que forman la fibra, es que existen algunos que pueden causar daño a la salud, como los oxalatos que son inhibidores enzimáticos y unen cadenas de aminoácidos de forma irregular. Los fitatos, considerados antinutrientes porque evitan la absorción de algunos minerales (Ca, mg, Fe, Zn) y vitaminas como la niacina. Además los taninos que están unidos a la fibra, son tóxicos para el humano (Rosado, 2008).

**Tabla 9.** Efectos fisiológicos del consumo de fibra.

<b>Incremento de:</b>	<b>Reducción de:</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• La masa fecal</li><li>• La suavidad de las heces</li><li>• La frecuencia de la defecación</li><li>• El crecimiento bacteriano</li><li>• La sensibilidad a la insulina</li><li>• La saciedad</li><li>• Distensión y flatulencias</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• El tiempo de tránsito intestinal</li><li>• La absorción del colesterol</li><li>• La reabsorción de las sales biliares</li><li>• La producción de lipoproteínas de baja densidad en el hígado</li><li>• La respuesta glucémica a los alimentos</li><li>• Los triglicéridos en plasma</li><li>• La densidad energética de los alimentos</li><li>• La absorción de algunos minerales como Zn, Ca y Fe</li></ul>

(Rosado, 2008).

El consumo de fibra genera una disminución en la densidad energética de los alimentos, porque produce saciedad, la barrera que producen limita la absorción de algunos carbohidratos y lípidos, y retrasa el vaciamiento gástrico.

#### **2.4.5.1. Recomendaciones del consumo de fibra en México**

En México el consumo de fibra se tiene como prioridad dentro de la materia de salud, es un tema de interés en nivel nacional de acuerdo con la alta incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles, estableciendo valores de consumo para diferentes grupos de edad (Tabla 9). Las recomendaciones tienen una ligera variación debido a los cambios en el estilo de vida y a la mala calidad de la dieta actual, incrementando los valores para poder asegurar el consumo real de fibra, incluso en personas con diarrea, la fibra tiene un beneficio mayor al daño potencial que tiene el tener un ingesta menor a los 30 g/día (Rosado, 2008).

**Tabla 10.** Recomendaciones de ingestión de fibra para la población mexicana.

Edad (años)	Hombres (g/día)	Mujeres (g/día)
2-4	14	14
5-8	18	18
9-13	22	22
14-18	30	26
19-50	35	30
Más de 50	30	26

(Rosado, 2008).

## 2.5. Cambios en los patrones de alimentación

Actualmente el consumo excesivo de energía que contienen la mayoría de los alimentos procesados y comida rápida, tiene una relación inversamente proporcional a la salud del humano. El vínculo entre la mala alimentación y la enfermedad se conoce como obesidad y está ligada a múltiples factores entre los cuales están los estilos de vida, el consumo de bebidas azucaradas, la inactividad física, el sedentarismo y el bajo consumo de frutas y verduras, factores económico y social. Los cambios en el estado de salud tienen como causa principal los estilos de vida. La variabilidad, balance y complejidad de la dieta. Las adaptaciones metabólicas extremas a las que se somete el organismo suelen terminar en alguna enfermedad crónica, incluso en personas que no tienen una predisposición genética los casos de enfermedades crónicas degenerativas siguen en incremento (de Luis Román, 2012).

La alimentación de los antepasados estaba constituida por un mayor consumo de alimentos ricos en fibra; principalmente frutas, verduras y leguminosas. Antes del siglo IXX, el consumo de frutas, verduras y leguminosas era más elevado, por lo que el aporte de fibra total era proporcionalmente mayor. Sin embargo, después del año 1900, la variedad de la alimentación comenzó a modificarse y con ello la calidad de nutrientes que se ingerían. Se disparó el consumo de alimentos de origen animal,

que tienen un nulo aporte de fibra y un elevado aporte de grasas saturadas y colesterol. Así pues, de forma inversa y hasta la actualidad, el consumo de fibra ha descendido e incrementado la frecuencia de consumo *per cápita* de alimentos de origen animal, entre otros productos procesados con azúcares y grasas añadidas (Rosado, 2008).

Los tiempos cambian y con ellos la cultura y alimentación de las personas, uno de los factores más alarmantes de los últimos años ha sido la cantidad y calidad del consumo de grasas, siendo uno de los principales temas de estudio de muchas investigaciones enfocadas al ámbito nutricional. La elevada ingesta de colesterol y grasas saturadas aún continúa siendo un factor determinante para múltiples enfermedades crónico degenerativas (Ayerza *et al.*, 2002).

La transición económica y social de México a lo largo de los años ha traído cambios en cuanto a la comercialización, disponibilidad, los procesos y el consumo de alimentos por la población. Involucrando en cierta forma diferentes culturas y alimentos dentro de la dieta diaria del mexicano. Existen evidencias que indican que parte de la dieta tradicional mexicana ha sido desplazada por alimentos procesados importantes en la cultura americana (Moreno-Altamirano, 2014).

### **2.5.1. Impacto de los cambios de alimentación en la salud**

El estado de salud de las personas tiene una relación directa con su alimentación. Hace un par de décadas la desnutrición y las anemias prevalecían como los principales problemas nutricionales en la población mundial. Actualmente las cosas se han modificado y los riesgos se pasaron al otro extremo en donde además de que la anemia aun es un problema alarmante, la obesidad y el sobrepeso se han duplicado en solamente poco más de 30 años, disminuyendo la calidad de vida de más de 1900 millones de adultos y más de 41 millones de niños que padecen sobrepeso u obesidad en nivel mundial en el año 2014 (OMS, 2016).

Aunque la disponibilidad de alimentos en el país sigue teniendo un alcance similar al de hace algunas décadas, el consumo de algunos grupos de alimentos como las leguminosas y algunos granos ha disminuido en gran parte de la población. La

disminución en el consumo de dichos grupos se debe a que algunos otros alimentos como los productos de origen animal y aceites vegetales se consumen con mayor frecuencia ya que son incluidos en gran parte de los platillos que forman parte de la dieta actual (Moreno-Altamirano, 2014).

El consumo creciente de alimentos procesados que son ricos en azúcares simples, grasas saturadas y bajos en fibra, han provocado un incremento de la incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles como: obesidad, diabetes, hipertensión arterial y resistencia a la insulina (López de Blanco, 2005).

El factor económico de los países de Latinoamérica es un determinante del consumo de energía promedio y se relaciona directamente con los grupos de alimentos que habitualmente comen las familias, la relación dice que a mayor ingreso, existe un mayor consumo de grasas y productos de origen animal, a la inversa de los alimentos que contienen carbohidratos complejos, como cereales, leguminosas y tubérculos, reflejan un descenso en su consumo (FAO, 1997).

Hoy en día, el uso de azúcares añadidas a los alimentos está fuera de control, ya que al igual que algunas grasas, su utilización es bastante común en alimentos procesados. Las azúcares simples añadidas a los alimentos y bebidas, en conjunto con la reducción de consumo de alimentos de la dieta tradicional mexicana, han provocado una múltiple malnutrición de la sociedad. Es evidente que no se ha logrado erradicar la desnutrición ya que los alimentos que se consumen actualmente no tienen una buena calidad de micro y macronutrientes, y que por otro lado, mantiene en incremento las cifras de obesidad y sobrepeso provocadas por un consumo de alimentos altamente calóricos (Moreno-Altamirano, 2015).

La obesidad es considerada un padecimiento crónico de origen multifactorial, dentro de sus causas podemos encontrar problemas ambientales, económicos, fisiológicos, genéticos, sociales, psicológicos, sociales y culturales. Los factores ambientales con mayor impacto son la inactividad física, el tabaquismo, el consumo excesivo de comida chatarra y el bajo consumo de frutas y verduras. El peso excesivo es el primer determinante de enfermedades metabólicas de origen crónico.

Las enfermedades crónicas no transmisibles son la principal causa de muerte en nivel mundial. Se ha observado que la mayoría de la población afectada, cuenta con un ingreso bajo o medio. En 2008 casi dos tercios de las muertes en el mundo fueron provocadas por enfermedades de este tipo (OMS, 2010; Escott-Stump, 2011).

La economía de la población es un factor que tiene un gran impacto en la salud de las personas. El bajo ingreso económico de las comunidades puede guiarlas a seguir prácticas poco saludables de alimentación y estilo de vida, y éstas a su vez pueden generar pobreza, generando un círculo vicioso (OMS, 2010).

En México el sobrepeso y la obesidad son significativamente mayores en población que tiene un nivel socioeconómico elevado en comparación con la población con un menores recursos, la población que vive más cerca del norte del país en comparación con la que vive más al sur y la población que vive en zonas urbanas en comparación con la que habita en zonas rurales (ENSANUT, 2012).

## **2.6. Sobrepeso y obesidad como problemática mundial**

Según la OMS (2016), el sobrepeso y la obesidad se definen como una acumulación anormal de grasa que puede ser perjudicial para la salud. El indicador que se utiliza para medir el exceso de grasa en relación con la estatura, es el índice de masa corporal (IMC), que involucra el peso corporal total por el cuadrado de la talla en metros. Un IMC mayor o igual a 25 kg/m<sup>2</sup> es considerado sobrepeso y un IMC mayor o igual a 30 kg/m<sup>2</sup> se considera obesidad.

El IMC es el principal factor de asociación predisponente para presentar accidentes cerebrovasculares, cardiopatías y diabetes. La hipercolesterolemia a su vez también es una complicación en nivel mundial que tiene una mayor prevalencia en población con un ingreso alto (OMS, 2010).

Según la Encuesta Nacional de Nutrición y Salud en realizada en 2012 (ENSANUT, 2012). “La prevalencia de sobrepeso y obesidad en México en adultos fue de 71.28%” ésta cantidad representa a 48.6 millones de mexicanos, de éste total, el sexo femenino tuvo una mayor prevalencia de obesidad (37.5%), en comparación

con el sexo masculino (26.8%). La prevalencia de sobrepeso fue mayor en los hombres con (42.5%) y las mujeres un (35.9%). El sobrepeso en la población adulta de sexo masculino es mayor entre los 60 y 69 años, y en las mujeres es mayor entre los 30 a los 39 años. Mientras que la obesidad tiene una mayor prevalencia de los 40 a los 49 años en hombres y de los 50 a 59 años en mujeres

Las encuestas realizadas en México en 2012, en comparación con las del año 2000 y 2006 muestran que la obesidad y el sobrepeso tienen un punto de decline. Sin embargo, las prevalencias son bastante alarmantes ya que siete de cada 10 mexicanos padecen sobrepeso y casi la mitad de ellos presentan obesidad, por lo que se sigue considerando un grave problema para la salud pública del país (ENSANUT, 2012).

La prevalencia de sobrepeso en el estado de San Luis Potosí es de 39.3% en hombres y 33.8% en mujeres mayores de 20 años, mientras que la prevalencia de obesidad estatal, es de 19.2% para los hombres y 37.7% para mujeres del mismo grupo de edad (ENSANUT, 2012).

En el estado de San Luis Potosí la prevalencia de enfermedades crónicas degenerativas consecuentes de la obesidad son bastante alarmantes. La diabetes tiene una prevalencia de 10% lo cual está por encima de la prevalencia nacional de 9.17%. San Luis Potosí junto con el Estado de México, la Ciudad de México, Tamaulipas y otros, cuentan con las prevalencias más elevadas de diagnóstico previo de diabetes en nivel nacional. La hipercolesterolemia estatal es del 10% lo cual está por debajo de la prevalencia nacional que es del 13% (ENSANUT, 2012).

### **3. OBJETIVO**

Evaluar el efecto del consumo de semilla de *Salvia hispanica* molida y entera sobre el perfil lipídico y glucémico de ratas obesas y normales, la composición corporal de los animales, la grasa visceral y el perímetro abdominal.

#### **4. HIPÓTESIS**

La cantidad de fibra y ácidos grasos poliinsaturados de la semilla de chía provocará un efecto benéfico sobre el peso de las ratas, una reducción en los niveles de lípidos en sangre y proveerá un efecto protector en hígado, riñón, cerebro y corazón de los animales analizados.

#### **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

Es un estudio de tipo longitudinal que se realizó en el Centro de Biociencias de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). Los animales de experimentación se mantuvieron bajo las recomendaciones que indica la Norma Oficial Mexicana de especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio (NOM-062-ZOO-1999), así como el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, Título Séptimo de la Investigación que incluya animales de Investigación, Capítulo Único, Artículos del 121 al 126 (SS, 1984) evitando de la mayor forma posible el sufrimiento de los animales y teniendo en cuenta la mayoría de sus cuidados.

Éste trabajo fue aprobado por la coordinación directa del Centro Regional de Biociencias de la UASLP, ya que en diciembre de 2016, cuando fue realizado el experimento, aún no contaba con comité de ética. Se siguieron las recomendaciones de la NOM 062-ZOO-199 de especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio, así como el reglamento de la Ley general de Salud en Materia de Investigación para la Salud, Título Séptimo de la Investigación, Capítulo único, Artículos del 121 al 126 (Secretaría de Salud, 1984) evitando en lo posible el sufrimiento de los animales.

Se utilizaron 30 ratas macho de la cepa Wistar de tres meses de edad. A 15 de los animales se suministró una ración hipercalórica adicionada con manteca de pollo y fructosa (Tate lyle®, krystar fructose), a libre demanda en el agua de bebida hasta que alcanzaron un peso superior a 400 g para considerarlas obesas (Yang *et al.*, 2010). El resto de los animales se alimentaron con alimento estándar para roedor (Rodent Lab Chow 5008) y agua *ad libitum*. Posteriormente, las ratas se

distribuyeron en seis tratamientos (Tabla 11). El estudio tuvo una duración de 12 sem, los animales se alojaron en cajas individuales esterilizadas con cama de aserrín, en una habitación bajo condiciones controladas de temperatura (22-24° C), humedad ambiental de 40-60%, filtro de purificación de aire y un ciclo modificado de luz-oscuridad (12h). Los animales fueron divididos en seis grupos: normales sin suplementar (Nss), normales suplementados con chía entera (Nce), normales suplementados con chía molida (Ncm), obesas sin suplementar (Oss), obesas suplementadas con chía entera (Oce) y obesas suplementadas con chía molida (Ocm).

La composición del alimento utilizado (Rodent Lab Chow 5008) es de 23% de proteína, 6.5% de grasa, 4% de fibra, 8% de cenizas y por diferencia de peso 46.5% de extractos libres de nitrógeno (carbohidratos en su gran mayoría). A continuación se presenta la composición de las raciones suministradas a las unidades experimentales.

Se tomaron cuatro muestras de sangre (600 µL) de la vena caudal cada tres semanas en tubos Eppendorf y con agujas BD® estériles, vigilando no exceder el 10% de volumen circulante en animales sanos, evitando así ocasionar alteraciones cardiacas, respiratorias y comportamiento anormal. Se utilizó una caja de acrílico inmovilizadora que permitía la salida de la cola, se localizó la vena lateral de la cola como sitio de veno-punción, con un orden distal a proximal para cuidar la integridad del vaso sanguíneo. Las muestras se centrifugación en refrigeración para separar el suero (Centra CL3R, ThermoIEC, USA, 2003) a 2500 RPM durante 15 min a 4° C. una vez separado el suero, este se recolecto en tubos eppendorf.

**Tabla 11.** Composición de dieta y suplementación (g).

Variables	Ración normal sin suplemento	Ración normal + chía entera	Ración normal + chía molida	Ración hipercalórica sin suplemento	Ración hipercalórica + chía entera	Ración hipercalórica + chia molida
Alimento estándar (g)*	30	27	27	22.5	19.5	19.5

Manteca de pollo (g)	-	-	-	3	3	3
Semilla de chía	-	3	3	-	3	3
Fructosa (10%) **				<i>ad libitum</i>	<i>ad libitum</i>	<i>ad libitum</i>
Contenido energético ***						
Kcal	130	132	132	144.7	159.3	159.3
kJ	546.7	552.9	552.9	604.84	665.87	665.87

\*Alimento estándar para roedores Rodent Chow 5008 (Purina)

\*\* Calorías no cuantificadas en agua de bebida

\*\*\*1 kcal = 4.18 kJ

## 5.1. Peso corporal y Antropometría

Se registró el peso corporal en una báscula analítica previamente calibrada. Se pesaron los animales cada dos semanas hasta completar seis registros para un correcto monitoreo.

Para medir el perímetro abdominal se utilizó una cinta antropométrica (Lukfin W6o6Pm) después de la sedación para sacrificio. La medición se hizo en la parte más prominente del abdomen, asegurando una postura recta del animal en la mesa de trabajo.

La extracción de la grasa visceral se hizo después del sacrificio, tomando solamente la grasa adherida al intestino y órganos adyacentes en el área abdominal, separando cuidadosamente de otros tejidos y grasa del área de gónadas.

## 5.2. Química sanguínea

Para la cuantificación de glucosa, colesterol total y triglicéridos se utilizaron Kits enzimáticos comerciales y se siguieron las instrucciones del fabricante. Brevemente, se tomó una muestra de 10 µL de suero y se añadió 1mL de reactivo (GLUCOSE PAP SL, CHOLESTEROL SL, TRICLYCERIDES MONO SL NEW,

ELITechGroup, Brasil), y se incubaron en baño María en seco (AccuBlock, digital dry bath, USA, 2012) durante 5 min a 37°C y se analizaron en un espectrofotómetro (Excel semiautomático, SANBIO, USA, 2012).

### **5.3. Diseño experimental y análisis estadístico**

El diseño fue completamente al azar con un arreglo factorial de tratamientos (2x3), donde el factor A, es la condición de los animales (normales y obesos) y el factor B, es el tipo de suplementación (sin suplementar, suplementada con chía entera o molida) (n=5). Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS V 9.0 (2002). Para las variables de peso, glucosa, colesterol y triglicéridos se realizó un análisis de varianza con mediciones repetidas en el tiempo. Además se realizó una prueba de medias de Tukey con una significancia de  $P<0.05$ . Los resultados de cintura y grasa visceral se analizaron con un análisis de correlación de Pearson.

## **6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

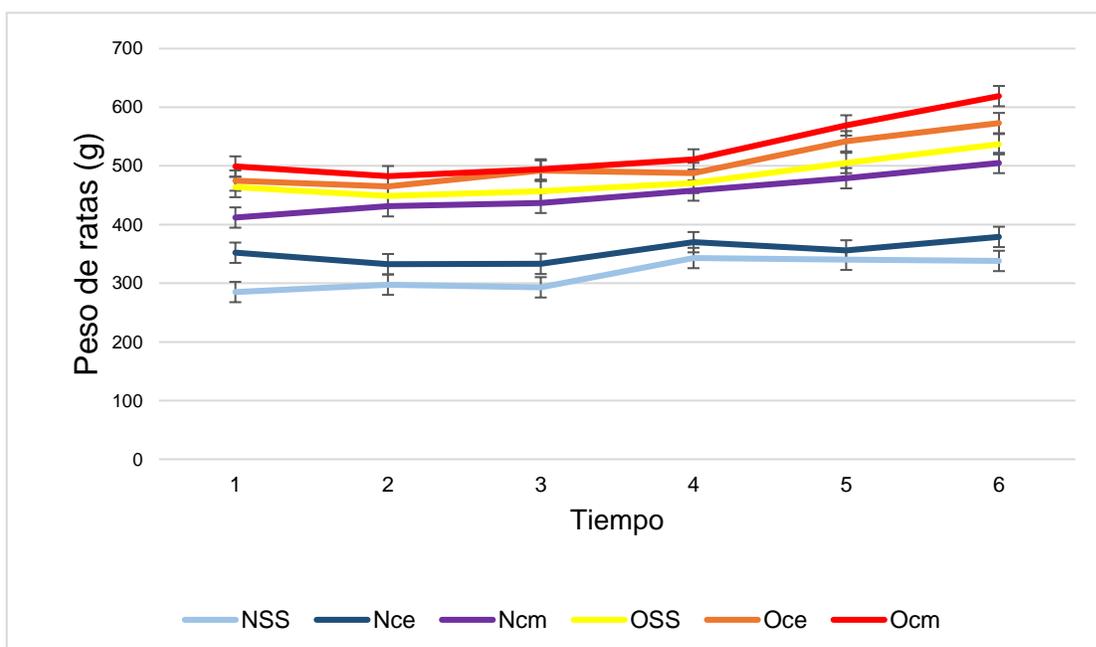
### **6.1. Antropometría**

#### **6.1.1. Peso corporal**

El peso de las ratas mostró diferencias significativas en cuanto al tiempo y al estado de salud de los animales ( $p<.0001$ ). En las ratas normales sin suplementar se muestra una tendencia uniforme de incremento de peso debido a la edad del animal. Cabe destacar que las ratas normales que recibieron chía molida incrementaron su peso igual que lo hicieron las ratas obesas ( $p=0.056$ ). Podemos suponer que este incremento de peso se debe a que las grasas y otros nutrientes presentes en la semilla entera de chía que al romperse la testa quedaron biodisponibles y fueron incorporados en la composición corporal de las ratas. El consumo de chía entera y molida en las ratas obesas no redujo la ganancia de peso corporal, lo que concuerda con Marineli *et al.* (2015). En humanos, Tavares (2015), suplementó con 35 g/día de semilla de chía a alimentos de mayor frecuencia de consumo en pacientes con obesidad y normales, observó que su consumo provocó una reducción significativa de peso ( $p<0.05$  y  $p<0.00$  respectivamente) después de las 12 sem de

suplementación, sin embargo en pacientes con sobrepeso no se observó diferencia alguna.

Se ha demostrado que existe un incremento de peso con dietas altas en carbohidratos simples en ratas. Sin embargo, sólo se observa una ligera reducción de peso corporal no significativa entre las dietas ricas en carbohidratos simples y carbohidratos simples más semilla de chía, después de seis meses de suplementación (Creus *et al.*, 2016; Marineli *et al.*, 2015).

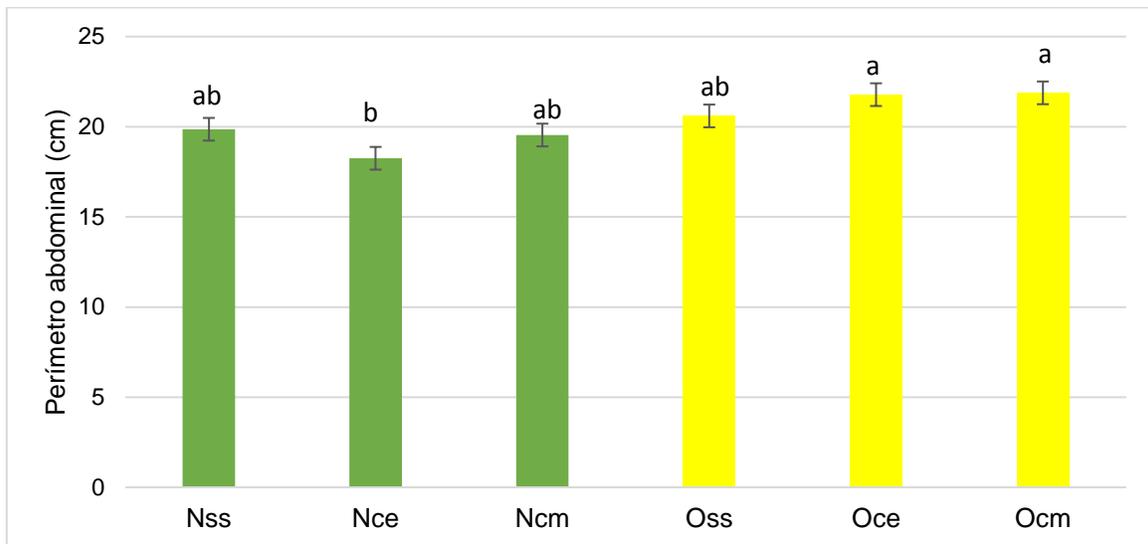


**Figura 4.** Incremento de peso corporal en ratas normales y obesas, con y sin suplemento de chía entera y molida.

### 6.1.2. Perímetro abdominal

El perímetro abdominal (Figura 7) en los animales no presentó ninguna diferencia significativa ( $p=0.2606$ ), lo que concuerda con lo reportado por Marinelli *et al.* (2015).

En humanos con sobrepeso y obesidad, Tavares (2015), observó que la suplementación con semilla de chía provocó una reducción significativa de la circunferencia de cintura en pacientes en condiciones normales de peso a las cuatro y 12 sem ( $p < 0.05$  en ambos casos).

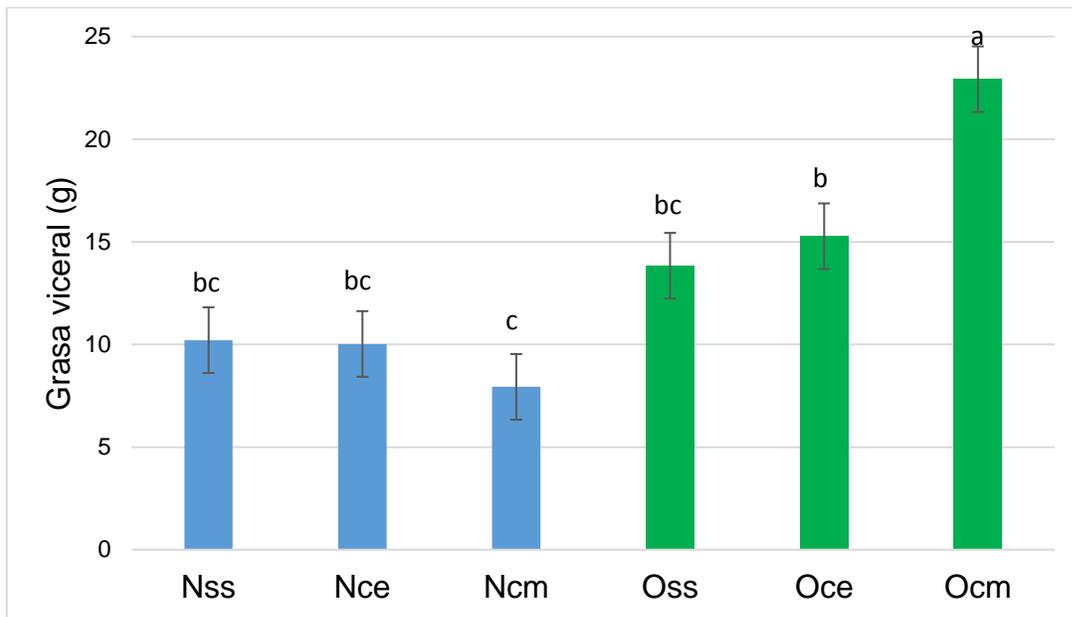


**Figura 5.** Perímetro abdominal en ratas no obesas y obesas, con y sin suplemento de chía entera y molida.

### 6.1.3. Grasa visceral

La grasa visceral presentó diferencias significativas debidas al suplemento ( $p = 0.0048$ ); en las ratas obesas suplementadas con chía molida se presentó el mayor incremento (23 g). Este incremento en la grasa visceral de las ratas obesas se debe al consumo de fructosa en el agua de bebida ya que en las ratas normales no se observa este incremento. Nuestros hallazgos no concuerdan con los de Tavares (2015), que reporta que humanos con sobrepeso y obesidad que recibieron 35 g/día semilla de chía molida incorporada a los alimentos de consumo habitual durante 12 sem, provoca una disminución en el porcentaje de grasa corporal ( $p < 0.05$ ).

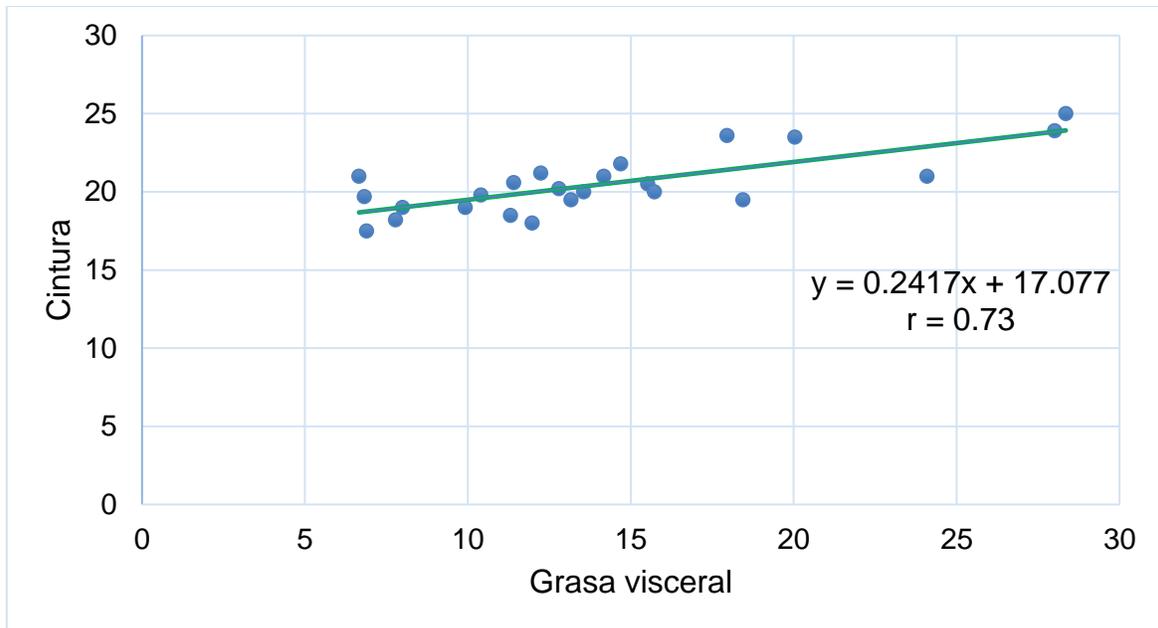
Marineli (2015) reportó que la semilla de chía molida no tiene un efecto de tratamiento al suplementar una dieta rica en fructosa y grasa. Así se observa un incremento uniforme del peso de la grasa visceral en los tratamientos que tienen un aporte de fructosa, tengan o no suplementación con chía molida.



**Figura 6.** Grasa visceral en ratas no obesas y obesas, con y sin suplemento de chía entera y molida.

#### 6.1.4. Correlación grasa visceral-perímetro abdominal

Finalmente, como era de esperarse, se registró correlación significativa (0.73,  $p < .0001$ ) entre el peso de la grasa visceral y el perímetro abdominal.

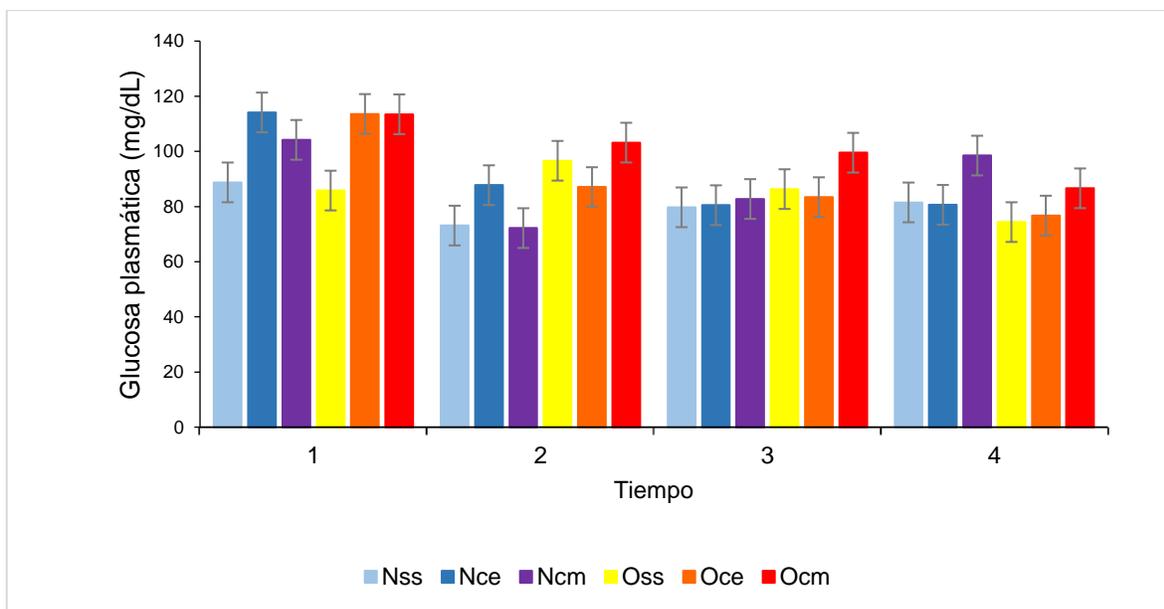


**Figura 7.** Correlación entre perímetro de la cintura y grasa visceral

## 6.2. Pruebas bioquímicas

### 6.2.1. Glucosa

Las concentraciones plasmáticas de glucosa se muestran en la Figura 4. Con base en el análisis estadístico, la concentración de glucosa permanece sin cambios significativos. En las ratas normales se observa una tendencia a disminuir cuando son suplementadas con chía. Según lo reportado por Tavares (2015), el consumo de semilla de chía molida (35 g/día) en alimentos de consumo habitual, no provoca efectos de tratamiento manteniendo la glucosa dentro de rangos normales. Creus (2016) reporta que las dietas ricas en sacarosa para establecer un modelo de dislipidemias y resistencia a la insulina, provocan un descenso en los niveles de glucosa plasmática desde los 3 m de tratamiento. Por otro lado, Chicco (2009), observa que los niveles plasmáticos de glucosa se mantienen cuando las unidades experimentales que reciben una dieta hipercalórica (sacarosa y aceite de maíz) y chía, pero las que no reciben chía, incrementan significativamente su glucosa, lo que no concuerda con nuestros hallazgos.



**Figura 8.** Concentración de glucosa en ratas normales y obesas, con y sin suplemento de chía entera y molida.

Nss= Normales sin suplementar; Nce= Normales con chía entera; Ncm= Normales con chía molida; Oss= Obesas sin suplementar; Oce= Obesas con chía entera; Ocm= Obesas con chía molida.

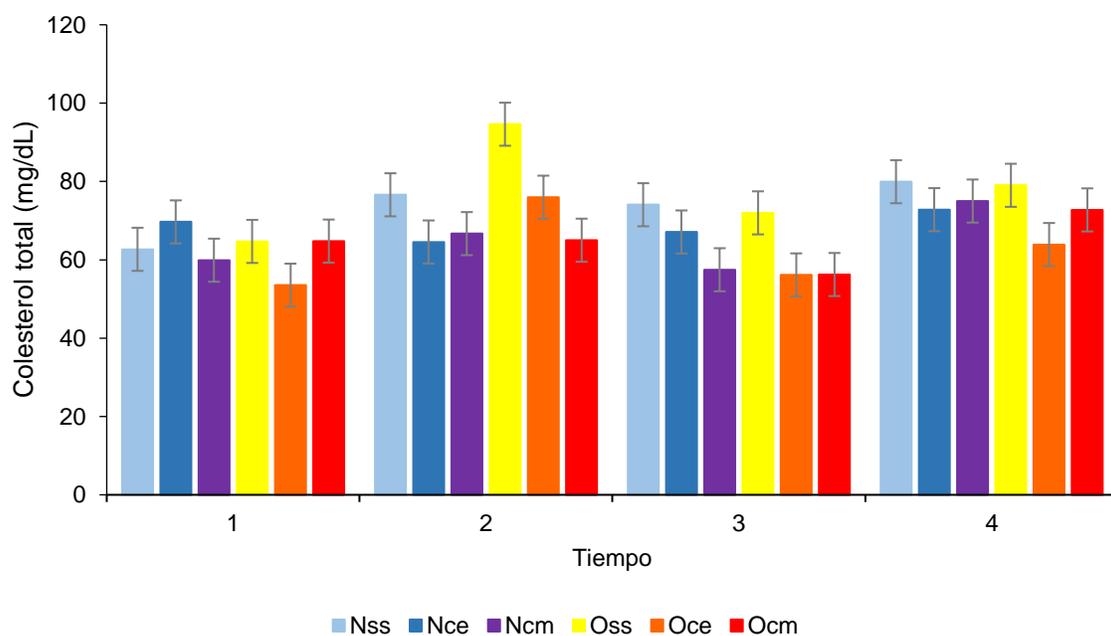
### 6.2.2. Colesterol

El colesterol no mostró diferencias significativas entre tratamientos y condición corporal; sin embargo, sí se presentó efecto por el tiempo ( $p=0.0003$ ), esto debido a las variaciones entre inicio y final de algunos valores (Fig. 6). El tratamiento de ratas obesas sin suplementación alcanzó los 96 mg/dl de colesterol total, siendo el valor más elevado alcanzado de todo el experimento pero que se encuentra dentro de los valores de referencia (Melo, 2012). Todos los tratamientos presentaron una tendencia a disminuir al final del experimento.

Tavares (2015) determinó que el consumo de 35g/día de semilla de chía molida en alimentos de consumo habitual, no provoca efectos de tratamiento ni en pacientes con parámetros de colesterol dentro de rangos normales, ni pacientes con colesterol total por encima de los valores normales en comparación con grupos no

suplementados con semilla de chía, hallazgo similar a lo sucedido en éste experimento.

Según lo reportado por Creus *et al.* (2016) y Chicco (2009), la semilla de chía entera y molida en dietas formuladas con sacarosa y aceite de maíz provoca una reducción en los niveles de colesterol, en comparación con los grupos que no tienen suplementación e incrementan su colesterol plasmático significativamente.



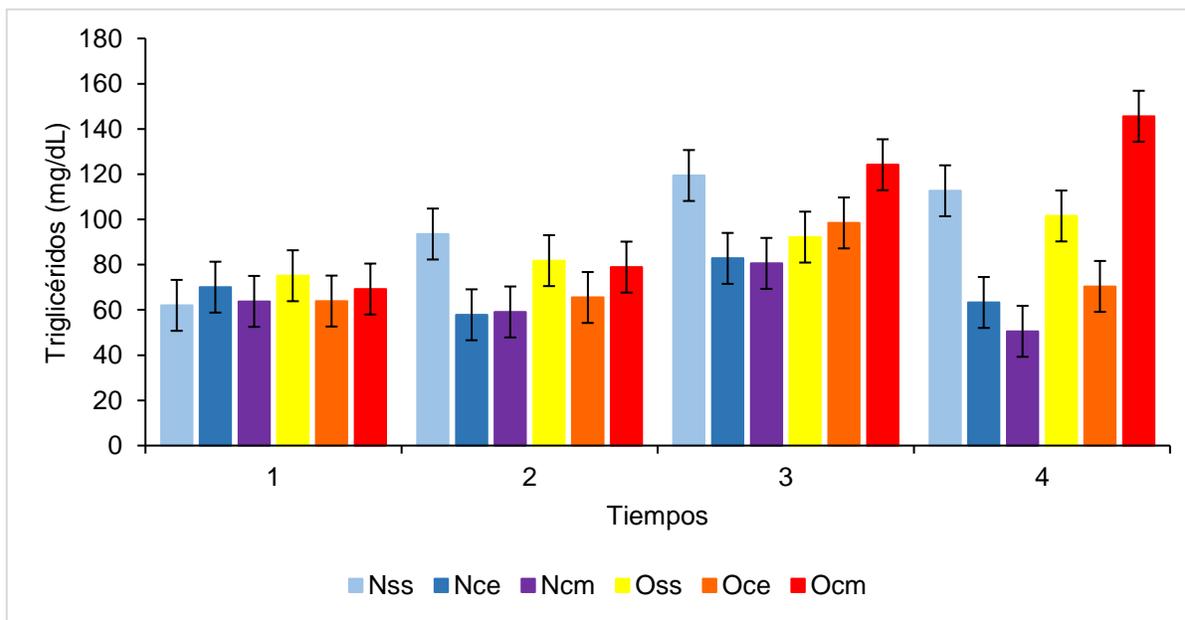
**Figura 9.** Concentración de colesterol en ratas no obesas y obesas, con y sin suplemento de chía entera y molida.

Nss= Normales sin suplementar; Nce= Normales con chía entera; Ncm= Normales con chía molida; Oss= Obesas sin suplementar; Oce= Obesas con chía entera; Ocm= Obesas con chía molida.

### 6.2.3. Triglicéridos

Los niveles de triglicéridos fueron diferentes en el tiempo ( $p < 0.0001$ ) y condición ( $p = 0.0028$ ). De acuerdo a lo observado durante el tratamiento, la semilla de chía

molida en las ratas obesas, fue la única que los incrementó significativamente pero se encuentran dentro de los parámetros normales (Melo, 2012). Las ratas normales con suplementación de chía en ambas presentaciones, tuvieron una tendencia a permanecer en el mismo nivel durante todo el tratamiento.



**Figura 10.** Concentración de triglicéridos en ratas no obesas y obesas, con y sin suplemento de chía entera y molida.

Nss= Normales sin suplementar; Nce= Normales con chía entera; Ncm= Normales con chía molida; Oss= Obesas sin suplementar; Oce= Obesas con chía entera; Ocm= Obesas con chía molida.

Según lo reportado por Creus *et al.* (2016), se presenta una disminución significativa en los niveles de triglicéridos en ratas desde los tres meses de tratamiento en el grupo suplementado con dieta rica en sacarosa lo que no concuerda con nuestros resultados. Por otro lado, Chicco (2009), refuerza éste estudio, ya que observó que el consumo de semilla de chía provoca un comportamiento similar de los tratamientos con dieta rica en calorías y una dieta

normal sin suplementación. Confirmando que al no consumir chía, los niveles de triglicéridos se elevan notablemente.

Según lo reportado por Tavares (2015) el consumo de semilla de 35 g/día de chía molida en alimentos de consumo habitual, no provoca efectos de tratamiento ni en pacientes con parámetros de triglicéridos dentro de rangos normales, ni pacientes con triglicéridos por encima de los parámetros normales en comparación con grupos no suplementados con semilla de chía.

## **7. CONCLUSIONES**

El presente estudio demostró que la suplementación con *S. hispanica* entera no provoca reducción en el peso corporal. Sin embargo, en animales normales, la semilla de chía molida generó un incremento igual que a las ratas que recibieron una dieta alta en calorías. Además, en los animales obesos, que fueron suplementados con la semilla molida, la grasa visceral se incrementó notablemente. El perímetro abdominal no mostró cambios en ningún tratamiento. A pesar de que la semilla de chía no provoca una reducción del perímetro abdominal, está correlacionado el incremento de la grasa visceral con del perímetro abdominal.

En cuanto a las variables bioquímicas analizadas, la glucosa tiende a disminuir en todos los tratamientos. El colesterol también mostró una tendencia a disminuir. Los triglicéridos se elevaron significativamente en los animales obesos suplementados con chía molida, el resto, se mantuvieron.

Con base en lo anterior, podemos concluir que *S. hispánica* puede ser utilizada entera como alimento de uso habitual en condiciones normales y con obesidad, brindando un importante aporte de fibra alimentaria, que a su vez sirve como control sobre los metabolitos en sangre. La chía molida mostró la capacidad de brindar soporte nutricional como suplemento alimenticio teniendo la capacidad de incrementar el peso corporal y la grasa visceral de los animales que la consumieron.

## REFERENCIAS

- Armstrong, D. 2004. Application for approval of whole chia (*Salvia hispanica* L.) seed and ground whole seed as novel food ingredient. Northern Ireland, R Craig & Sons; <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/chiaapplication.pdf>
- Ayerza, R.; & Coates, W. 2005a. Chia: Rediscovering a Forgotten Crop of the Aztecs. *Chronicle of Higher Education*. 51:16.
- Ayerza, R.; & Coates, W. 2005b. Ground chia seed and chia oil effects on plasma lipids and fatty acids in the rat. *Nutr. Res.*, 25, 995–1003.
- Ayerza, R.; Coates, W.; & Lauria, M. 2002. Chia Seed (*Salvia hispánica* L.) as an  $\omega$ -3 Fatty Acid Source for Broilers: Influence on Fatty Acid Composition, Cholesterol and Fat Content of White and Dark Meats, Growth Performance, and Sensory Characteristics. *Poultry Science*, 81:826-837.
- Ayerza, R.; & Coates, W. 2001. Chia Seeds: New Source of Omega-3 Fatty Acids, Natural Antioxidants, and Dietetic Fiber; Southwest Center for Natural Products Research & Commercialization, Office of Arid Lands Studies: Tucson, AZ.
- Ayerza, R.; & Coates, W. 2009. Some quality components of four chia (*Salvia hispanica*) genotypes grown under tropical coastal desert ecosystem conditions. *Asian J. Plant Sci.*, 8, 301–307.
- Bourges, H.; Casanueva, E.; & Rosado, J.L. 2008. Recomendaciones de la Ingestión de Nutrimientos para la Población Mexicana. Tomo 2. México. Editorial panamericana. Pp. 188-190
- Bukasov, S.M. 1963. Las plantas cultivadas de México, Guatemala Y Colombia. Publicación miscelánea #20. Instituto interamericano de ciencias agrícolas de la OEA. Lima, Perú. pp:193-194
- Bushway, A.A.; Belyea, P.R.; & Bushway, R.J. 1981 Chia seed as a source of oil, polysaccharide, and protein. *J. Food Sci.*, 46, 1349–1350.
- Cahill, J. 2003. Ethnobotany of chia, *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae). *Econ Bot* 57:604–618

- Chicco, A.G.; D'Alessandro, M.E.; Hein G.J.; Oliva, M.E.; & Lombardo, Y.B. 2009. Dietary chia seed (*Salvia hispanica* L.) rich in  $\alpha$ -linolenic acid improves adiposity and normalizes hypertriacylglycerlaemia and insulin resistance in dyslipaemic rats. Argentina. British Journal of Nutrition. 101, 41-50.
- Clifford, C.B.; & Giknis, M.L. 2008. Clinical Laboratory Parameter for Crl:WI (Han). Enlínea:[http://www.criver.com/SiteCollectionDocuments/rm\\_rm\\_r\\_Wistar\\_Han\\_clin\\_lab\\_parameters\\_08.pdf](http://www.criver.com/SiteCollectionDocuments/rm_rm_r_Wistar_Han_clin_lab_parameters_08.pdf).
- Creus, A.; Ferreira, M.R.; Oliva, M.E.; & Lombardo, B. 2016. Mechanisms involved in the improvement of lipotoxicity and impaired lipid metabolism by dietary  $\alpha$ -Linolenic acid rich *Salvia hispanica* L (Salba) seed in the heart of dyslipemic insulin-resistant rats. Journal of Clinical Medicine. 5:18.
- Dantas, J.A.; Ambiel, C.R.; Cuman, R.K.N.; Baroni, S.; & BERSANI-AMADO, C.A. 2006. Valores de referência de alguns parâmetros fisiológicos de ratos do Biotério Central da Universidade Estadual de Maringá, Estado do Paraná. Acta Scientiarum. Health Science, vol. 28, n. 2, p. 165-170.
- Davidse, G.M.; Sousa Sánchez, S.; Knapp, F.; & Chiang, C. 2012. (Editores generales). Rubiaceae a Verbenaceae. Flora Mesoamericana. Volumen 4 parte 2; 1-533.
- De Luis Román, D.A.; Bellido Guerrero, D.; & García Luna, P.P., 2012. Dietoterapia, Nutrición Clínica y Metabolismo. Editorial Diaz de Santos. Madrid. Pp 277-283
- de Souza, F.C.; Fomes, L.F.S.; da Silva, G.E.; & Rosa, G. 2015. Effect of chia seed (*Salvia hispanica* L.) consumption on cardiovascular risk factors in humans: a systematic review. Nutrición hospitalaria. 32(5): 1909-1918
- Diario Oficial de la Federación. 1984. REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE SALUD EN MATERIA DE INVESTIGACIÓN PARA LA SALUD. Titulo séptimo. Capítulo único. Artículos del 121 al 126. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/rlgsmis.html>

- ENSANUT. 2012. Encuesta nacional de salud y nutrición. Resultados nacionales. En línea: <http://ensanut.insp.mx/informes/ENSANUT2012ResultadosNacionales.pdf>
- ENSANUT. 2012. Encuesta nacional de salud y nutrición. Resultados por entidad federativa. En línea: [https://www.insp.mx/images/stories/ENSANUT/centro-occidente/San\\_Luis\\_Potosi%C3%8C-OCT.pdf](https://www.insp.mx/images/stories/ENSANUT/centro-occidente/San_Luis_Potosi%C3%8C-OCT.pdf)
- ENSANUT. 2012. Evidencia pública para la política pública en salud. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. En línea: <http://ensanut.insp.mx/doctos/analiticos/ObesidadAdultos.pdf>
- Escott-Stump, S. 2011. Nutrición Diagnóstico y Tratamiento. 7ª ed. USA: Lippincott Williams & Wilkins.
- FAO. 1997. Situación de Seguridad Alimentaria en América Latina. In: Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición, Santiago, Chile, pp 29-40 [disp http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/AH833S00.htm](http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/AH833S00.htm)
- Fernández, I.; Ayerza, R.; Coates, W.; Vidueiros, S.M.; Slobodianik.; & Pallaro, A.N. 2006. Nutritional characteristics of chia. Actualización en Nutrición. Tucson, Arizona 85706, USA, Office of Arid Lands Studies, The University of Arizona. 7: 23–25.
- Gallagher, M.L. Capítulo 3. In: Mahan, L.K.; Escott-Stump, S.; & Raymon, J.L. 2013. Krause Dietoterapia. Elsevier. España. Pp 40-48.
- Henry, H.S.; Mittleman, M.; & McCrohan, M. 1990. Introducción de la chía y la goma de tragacanto en los Estados Unidos. In: Avances en las cosechas nuevas; Janick, O.J., J.E. Simon, J.E., Eds.; Prensa de la Madera: Portland, OH, pp 252-256.
- Ixtaina, V.Y.; Martínez, M.L.; Spotorno. V.; Mateo, C.M.; Maestri, D.M.; Diehl, B.W.K.; Nolasco, S.M.; & Tomás, M.C. 2011. Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. J. Food Compos. Anal., 24, 166–174.

- Kritchevsky, D. 1988. Dietary Fiber. *Ann Rev*; 8:301-28 In; Bourges H.; Casanueva E.; & Rosado J.L. 2008. Recomendaciones de la Ingestión de Nutrientes para la Población Mexicana. TOMO 2. México. Editorial panamericana. Pp. 159-169
- López Blanco, M. 2005. I Foro de Alimentación y Nutrición: Retos y compromisos. Disp:[http://www.fundacionbengoa.org/i\\_foro\\_alimentacion\\_nutricion\\_informacion/transicion\\_alimentaria\\_nutricional.asp](http://www.fundacionbengoa.org/i_foro_alimentacion_nutricion_informacion/transicion_alimentaria_nutricional.asp)
- Marineli, R.S.; Moura, C.S.; Moraes, É.A.; Lenquiste, S.A.; Lollo, P.C.; Morato, P.N.; Amaya-Farfan, J.; & Marostica, M.R Jr. 2015. Chía (*Salvia hispanica* L.) enhances HSP, PGC-1 $\alpha$  expressions and improves glucose tolerance in diet-induced obese rats. *Nutrition*. 31(5):740-748.
- Melo, M.G.D.; Dória, G. A. A.; Serafini, M.R.; & Araújo, A. A. S. 2012. Valores de referência Hematológicos e Bioquímicos de Ratos (*Rattus norvegicus* linhagem Wistar) provenientes do biotério central da Universidade Federal de Sergipe. *Scientia Plena* 8, 049903
- Miguel, P.; & Niño, A., 2009. Consecuencias de la obesidad. ACIMED. Scielo. Cuba.v.29. n.4
- Moreno Altamirano, L.; Hernández Montoya, D.; Silberman, M.; Capraro, S.; García García, J.J.; Soto Estrada, G.; & Sandoval Bosh, E. 2014. La transición alimentaria y la doble carga de malnutrición: cambios en los patrones alimentarios de 1961 a 2009 en el contexto socioeconómico mexicano. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 2014; 64(4):231-240.
- Moreno Altamirano, L.; Silberman, M.; Hernández Montoya, D.; Capraro S.; Soto Estrada, G.; García García, J.J.; & Sandoval Bosh, E., 2015. Diabetes tipo 2 y patrones de alimentación de 1961 a 2009: algunos de sus determinantes sociales en México. *Gaceta Médica de México* 151(3), 354-68
- Muñoz, L.A.; Cobos, A.; Diaz, O.; & Aguilera, J.M. 2013. Chia Seed (*Salvia hispanica*): An Ancient Grain and a New Functional Food. *Food reviews international*. 29. 394-408.

- Nieman, D.C.; Cayea, E.J.; Austin, M.D.; Henson, D.A.; McAnulty, S.R.; & Jin, F. 2009. Chia seed does not promote weight loss or alter disease risk factors in overweight adults. USA. Nutr Res; 29(6):414-8
- Olvera, G.; Gonzalo M.; & Carral F. Capítulo 2. Requerimientos nutricionales in. De Luis Román, D.A.; Bellido Guerrero, D.; & García Luna. 2012. Dietoterapia, Nutrición Clínica y Metabolismo. Editorial Díaz de Santos. Madrid. PP. 55-60
- OMS. 2016, Obesidad y Sobrepeso. Nota descriptiva. N°311. Organización Mundial de la Salud En línea: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>
- OMS. 2010, Informe sobre la situación mundial de las enfermedades no transmisibles 2010. Resumen de orientación. Organización mundial de la salud en línea: [http://www.who.int/nmh/publications/ncd\\_report\\_summary\\_es.pdf](http://www.who.int/nmh/publications/ncd_report_summary_es.pdf)
- Porras, P.; Jiménez, M.T.; Sosa, M.E.; Palau, E.; & López, A. 2014. Physical properties, chemical characterization and fatty acid composition of Mexican chia (*Salvia hispanica* L. seeds. International Journal of Food Science and Technology. 49:571-577.
- Reyes-Caudillo, E.; Tecante A., & Valdivia-López, M.A. 2008. Dietary fiber content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. Food Chem., 107, 656–663.
- Rosado, J.L.; Capítulo 9. Fibra dietética. In: Bourges, H.; Casanueva, E.; & Rosado, J.L. 2008. Recomendaciones de la Ingestión de Nutrientes para la Población Mexicana. TOMO 2. México. Editorial panamericana. Pp. 159-169.
- Rosado, J.L.; Camacho, R.; & Bourges, H. 1999. Adición de vitaminas y de minerales a las harinas de maíz y de trigo en México. Salud Pub Mex; 41 (2):130-7
- Rosado, J.L. 2001 Dietary fiber intake in México: Recommendations and actual consumption patterns. En: Cho SS, Dreher ML, editors. Handbook of dietary fiber. Nueva York: Marcel Dekker Inc.p 835-43.

- Rosado, J.L.; López, O.; Madrigal, H.; & Huerta, Z. 1995. Consumption of dietary fiber in rural Mexico. *Ecol Food Nutr*; 34:129-36.
- Segura-Campos, M.R., Salazar-Vega, I.M., Chel-Guerrero, L.A, & Betancur-Ancona, D.A. (2013). Biological potential of chia (*Salvia hispanica* L.) protein hydrolysates and their incorporation into functional foods. *LWT Food Sci. Technol.* 50, 723–731.
- Statistical Analysis System (SAS Institute). 2002. User's guide: Statistics [CD-ROM Computer file]. (8th Versión). Cary, N.C. USA; Author.
- SIAP-SAGARPA. 2016. Producción agrícola: cierre de la producción agrícola por estado (Chía). Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. En línea: [www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/](http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/)
- Taga, M.S.; Miller, E.E.; & Pratt, D.E. 1984. Chia seeds as a source of natural lipids antioxidants. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 61, 928–932.
- Tavares, L.; Tavares, L.; Leite, R.; Surama, C.; & Silva, A.S. 2015. Chia induces clinically discrete weight loss and improves lipid profile only in altered previous values. *Nutrición hospitalaria* . 31(3):1176-1182
- The Chia Company. 2009 Request for scientific evaluation of substantial equivalence application for the approval of chia seeds (*Salvia Hispanica* L.) from The Chia Company for use in bread. Food Standards Agency: London, UK.
- U.S. Department of Agriculture (USDA). 2011. National Nutrient Database for Standard Reference, Release 24. Nutrient Data Laboratory Home Page. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service: Washington, DC. <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>
- Vuksan, V.; Whitham, D.; Sievenpiper, J.L.; Jenkins, A.L.; Rogovik, A.L.; Bazinet R.P.; Vidgen, E.; & Hanna, A. 2007. Supplementation of conventional therapy with the novel grain salba (*Salvia hispanica* L.) Improves Major and Emerging Cardiovascular Risk Factors in Type 2 Diabetes. *Clinical Care*, 30(11): 2804-2810

- Vuksan, V.; Jenkins, A.L.; Dias, A.G.; Lee, A.S.; Jovanovski, E.; Rogovik, A.L.; & Hanna, A. 2010. Reduction in postprandial glucose excursion and prolongation of satiety: possible explanation of the long-term effects of whole grain Salba (*Salvia hispanica* L.). *European Journal of Clinical Nutrition*, 64: 436-438.
- Walker, A.R.P. 1993. Does the dietary fiber hypothesis really “work”? *Cereal Foods World*; 38 (3):128-34 In: Bourges, H., Casanueva, E., Rosado, J.L. (2008) *Recomendaciones de la Ingestión de Nutrientes para la Población Mexicana*. TOMO 2. México. Editorial panamericana. Pp. 159-169.
- Yang, D.; Chang, Y.Y.; Hsu, C.L.; Liu, C.W.; Lin, Y.L.; Lin, Y.H.; Liu, K.C.; & Chen Y.C. 2010. Antiobesity and hypolipidemic effect of polyphenol-rich longan (*Dimocarpus longans* Lour.) flower water extract in hypercaloric-dietary rats. *J. Agric Food Chem.* 10:2020-2027.