



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE NUTRICIÓN

**Efecto de la torta proteica de *Jatropha*
curcas, sobre el perfil lipídico en ratas obesas**

TESIS

MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN

PRESENTA:

Licenciada en Nutrición

Alma Iris Cruz Toledo

CUERNAVACA, MORELOS

Febrero, 2019

EFFECTO DE LA TORTA PROTEICA DE JATROPHA CURCAS EN EL PERFIL LIPÍDICO EN RATAS OBESAS

Tesis realizada por **Alma Iris Cruz Toledo** bajo la dirección del Comité Revisor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el título de:

MAESTRA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN

COMITÉ REVISOR

Director de tesis: _____

Dr. Juan José Acevedo Fernández

Revisor: _____

Dra. Ollin Celeste Martínez

Revisor: _____

Dra. Azucena Salazar Piña

Revisor: _____

Dra. Lorena Armenta Villegas

Revisor: _____

Dra. Delia Vanessa López Guerrero

Revisor: _____

Dra. Araceli Ortiz Rodríguez

Revisor: _____

Dra. América Ivette Barrera Molina

Cuernavaca, Morelos, 2019

Dedicatorias.

A mis padres y a todas las personas que creyeron y me apoyaron en este nuevo camino de aprendizaje, porque

“Para realizar un gran sueño, lo primero que hace falta es una gran aptitud para soñar; luego, persistencia, que es la fe en el sueño de uno”. **Dr. Hans Seiy**

Agradecimientos.

Con estas líneas quiero expresar mi agradecimiento a cada uno de mis tutores que han contribuido a la realización de este trabajo, sin cuya ayuda no hubiera sido posible. Resulta para mí un deber y una satisfacción mostrar mi más sincero reconocimiento:

- De manera particular a la Dra. Gabriela Mendoza Madrigal, quien me ha acompañado a través de este camino de aprendizaje con gran paciencia y comprensión en cada paso que hemos dado en este corto, pero significativo tiempo. En Ella he encontrado más que una tutora, una gran amiga que me ha impulsado a siempre seguir adelante a pesar de los obstáculos que se presenten.

- De manera especial al Dr. Juan José Acevedo Fernández y Elizabeth Negrete León, quienes durante este periodo de aprendizaje me enseñaron a "moverme" en un laboratorio, por sus consejos, por haber orientado en la parte experimental con animales, cordialidad y simpatía.

- A la Dra. Ollin Celeste Martínez Ramírez y la Dra. Azucena Salazar Piña, por su apoyo y orientación para la realización del proyecto tesis, al igual que por sus consejos y experiencias que me brindaron para mejorar tanto en lo profesional como lo personal.

- Por último, pero no menos importante un agradecimiento al Conacyt por a verme otorgado una beca para poder llevar a cabo mis estudios y haber logrado terminar la investigación en el proyecto de tesis.

ÍNDICE

Dedicatorias	2
Agradecimientos	3
Índice de figuras	6
Índice de tablas	9
Abreviaturas	10
Resumen	11
Abstract	12
1.- Introducción	13
1.1.- Sobre peso y obesidad.....	13
1.2.- Función de lípidos.	15
1.3.- Epidemiología de sobre peso y obesidad.	18
1.4.- Factores de riesgo de sobre peso, obesidad, dislipidemias y manejo nutricional	21
1.5.- <i>Jatropha curcas</i>	26
1.6.- Toxicología de la <i>J. curcas</i>	29
1.6.1.- Extracción de aceite por medio de solventes	30
1.6.2.- Extracción mecánica del aceite de <i>J. curca</i> no tóxica.....	30
1.7.- Desgrasado de la torta proteica	31
1.8.- Evidencia científica de la utilización de la <i>J. curcas</i>	31
2.-Justificación	35
3.- HIPÓTESIS	36

4.- OBJETIVOS	36
4.1.- Objetivo general	36
4.2. - Objetivos específicos	36
5.- Materiales y Métodos.	37
5.1.-Obtención de materia prima.....	38
5.2.- Modelo animal	39
5.3.- Alimentación de las ratas	40
5.3.1- Alimento con mantequilla.....	40
5.4. Inducción de la obesidad en el modelo animal.	41
5.4.1.- Alimento funcional con <i>J. curcas</i>	42
5.5.- Evaluación del efecto del alimento con <i>J. curcas</i> no tóxica.	43
5.6.- Evaluación bromatológica de la semilla y torta proteica <i>J. curcas Fernanda</i> no tóxica.....	43
5.7.- Espectroscopía infrarroja transformada de Fourier en distintas presentaciones de la <i>Jatropha curcas</i> y alimento Rodent Diet 5001.	45
5.7.- Pruebas bioquímicas.....	46
5.8. - Análisis estadístico.....	46
6. – Resultados	47
6.1.- Densidad calórica del alimento para la inducción a obesidad.....	47
6.2.- Evaluación del alimento con mantequilla (obesogénico).....	48
6.3.- Evaluación del efecto del alimento obesogénico en peso, triglicéridos y glucosa.	49
6.4.-Evaluación del perfil de lípidos.....	51
6.5.- Consumo de alimento con la tarta proteica <i>J. curcas F.</i>	52

6.6.- Evaluación del efecto del alimento la torta proteica de <i>J. curcas F.</i> en peso, triglicéridos y glucosa.....	53
6.7.- Composición de la torta proteica <i>J. curcas Fernanda</i> con grasa y sin grasa.....	56
6.8.- Grupos funcionales de la torta proteica de <i>J. curcas F.</i>	57
6.9.- Comparación entre cada uno de los alimentos	61
7.- Discusiones.	68
8.- Conclusiones	74
9.- Referencias	75
11.- Anexos	82
11.1.- Carta de apoyo por la empresa BIOMAZATL S.C. de R.L. de C.V.....	82
11.2.- Certificado de no toxicidad.....	83

Índice de figuras

Figura 1. Clasificación del IMC.....	15
Figura 2. Comparación de las categorías de IMC en mujeres de 20 a 49 años de edad, participantes en la ENN 88, ENSANUT 2006 y 2012 México	20
Figura 3. Comparacion de las prevalencia de sobrepeso y obesidad hombres >20 años de edad, participantes en la ENN 2000, ENSANUT 2006 y 2012 México.....	20
Figura 4. Contenido de aceite en diferentes plantas oleoginosas, <i>Jatropha curcas</i>	27

Figura 5. Perfil de ácidos grasos presentes en el aceite de <i>J.atropha curcas</i> en diferentes regiones.....	28
Figura. 6. Comparación de ácidos grasos entre las semillas más utilizadas para su consumo y la <i>J. curcas</i> no tóxica de Yautepec Mor	29
Figura. 7. Materiales y metodo	38
Figura. 8. Diferentes fases de la semilla de <i>J. curcas</i>	39
Figura. 9. Ratas Wistar en experimentación con dieta enriquecida con mantequilla y con <i>J. curcas</i>	41
Figura 10. Elaboración del alimento para inducir obesidad y el alimento funcional a base de <i>J. curcas</i>	42
Figura 11. Equipo FTIR	46
Figura. 12. Consumo y delta de peso con el alimento de inducción a obesidad .	49
Figura. 13. Comparación de los tratamientos del alimento obesogénico en la alteración del peso A.....	51
Figura. 14. Comparación de los tratamientos del alimento obesogénico en la alteración glucosa	51
Figura 15. Comparación de los tratamientos del alimento obesogénico en la alteración de TG.....	52
Figura 16. Consumo de alimento y delta de peso en distintos grupos de experimentación	54
Figura 17. Comparación en peso (g) de las ratas vs tratamiento al consumir el alimento funcional..	54

Figura 18. Comparación de los tratamientos del alimento funcional en la alteración glucosa.....	55
Figura 19. Comparación de los tratamientos del alimento funcional en la alteración de TG.....	56
Figura 20. FTIR en el alimento del laboratorio Rodent Diet 5001	59
Figura 21. FTIR en la semilla completa y harina de <i>J. curcas F.</i>	60
Figura 22. FTIR en el alimento utilizado como tratamiento.....	61
Figura 23. Porcentaje de cambio de peso.....	63
Figura 24. Comparación del grupo control con experimentales (5 y 10% mantequilla y <i>Jatropha</i>) vs tiempo.....	63
Figura 25. Comparación del grupo control con los grupos experimentales (15 y 20% mantequilla y <i>Jatropha</i>) vs tiempo.....	65
Figura 26. Comparación general de los triglicéridos a través del tiempo de experimentación con los dos alimentos reconstituidos.....	66
Figura 27. Comparación del grupo control con agua al 20% sacarosa y los grupos 5% y 10% de ambos alimentos utilizados	67
Figura 28. Comparación del con los grupos controles y los grupos del 15% y 20% de ambos alimentos utilizados.....	68

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de ácidos grasos de <i>J. curcas</i> de Yautepec, Morelos, México	29
Tabla 2. Densidad calórica del alimento utilizado para inducir la obesidad....	48
Tabla 3. Triglicéridos durante la fase de inducción a obesidad con el alimento hipercalórico	53
Tabla 4. Triglicéridos durante el tratamiento de la obesidad con el alimento funcional 57Densidad calórica del alimento utilizado para inducir la obesidad43	43
Tabla 5. Estudio bromatológico de <i>J. curcas</i> F. antes y después de la extracción del aceite.....	58
Tabla 6. Comparación de los grupos funcionales de la semilla y de la harina con grasa de <i>J. curcas</i> F.....	60

Abreviaturas

- 1) ECNT (Enfermedades Crónicas No Transmisibles)
- 2) DM2 (Diabetes Mellitus tipo 2)
- 3) OMS (Organización Mundial de la Salud)
- 4) IMC (Índice de Masa Corporal)
- 5) CmB (Circunferencia media braquial)
- 6) ICC (Índice de Cintura Cadera)
- 7) IE (Ingesta Energética)
- 8) GET (Gasto Energético Total)
- 9) CHO (Hidratos de carbono o Carbohidratos)
- 10)GE (Gasto Energético)
- 11)VLDL (Lipoproteínas de muy baja densidad)
- 12)ILSI (International Life Science Institut)
- 13)FUFOSE (Functional Food Science in Europe)
- 14)ENSANUT (Encuesta Nacional Salud y Nutrición)
- 15)AOAC (Asociación Oficial de Químicos Agrícolas)
- 16)PKC (Protein Kinasa C)
- 17)FTIR (Espectroscopía de infrarrojo transformada de Fourier)
- 18)HDL (Lipoproteína de Alta Densidad)
- 19)LDL (Lipoproteína de Baja Densidad)
- 20)TG (Triglicéridos)
- 21)CHOL (Colesterol)

Resumen.

La *Jatropha curcas F* no tóxica, es una planta oleaginosa que proviene de la familia Euforbiácea, todas sus partes son utilizadas en bioenergéticos, biocombustibles, cosméticos y en la disminución de lípidos en sangre. Se realizaron dos alimentos uno para la inducción a obesidad de las ratas y el otro como tratamiento. El objetivo fue evaluar el efecto de la torta de *J. curcas F*. no tóxica en el perfil lipídico en ratas obesas, para poder prevenir o mejorar la calidad de vida de pacientes con ECNT.

En ambos alimentos realizados se utilizaron en distintos porcentajes (5%, 10%, 15% y 20%), de grasa y de *J. curcas F* junto al alimento estándar y se suministró al mismo lote de ratas macho Wistar, a los cuales se evaluó el peso, glucosa y lípidos en sangre a través del tiempo.

El análisis estadístico fue mediante una ANOVA y T- Student se observó el comportamiento de cada parámetro evaluado. El análisis bromatológico mostro un 23.51 ± 0.30 de proteína y de ceniza 5.67 ± 0.5 , después de la extracción del aceite, para la espectroscopia de infrarrojo transformada de Fourier (FTIR), permitió ver la diferencia en los grupos funcionales de cada muestra analizada. Durante la inducción a obesidad aumentó el peso corporal, triglicéridos y consumo de alimento de los modelos experimentales y el alimento utilizado como tratamiento con torta proteica de *J. curcas* tubo una disminución en los triglicéridos

Palabras clave. Alimento funcional, *J. curcas Fernanda no tóxica*, triglicéridos, sobrepeso, obesidad, ECNT.

Abstract

The non-toxic *Jatropha Curcas F.* is an oleaginous plant from the Euphorbiaceae family. Every part of the plant is used in bioenergetics, biofuel and cosmetics and in the decrease of blood lipids. Two foods were made one for induction a obesity in rats and other as tratament. The objective was to evaluate the effect of *J. curcas F.* nontoxic cake on the lipid profile in rats obese, in order to prevent or improve the quality of life of patients with NCD's.

In both of them with different fat and *J. Curcas F.* percentages (5%, 10%, 15% and 20%), of fat and of *J.curcas F.* together with the standard food. Obesogenic Food and functional food were supplied to male Wistar rats, to which weight, glucose and blood lipids were assessed over time. The analysis of the data was through a ANOVA, post hock and T-Student was observed the behavior of each parameter evaluated. The Bromatological assay showed a protein concentration of 23.51 ± 0.30 and ash 5.67 ± 0.5 , after oil extraction, for Fourier Transformed Infrared Spectroscopy (FTIR), allowed to see the difference in the functional groups of each sample analyzed. During the induction to obesity increased body weight, triglycerides and food consumption of experimental models. For its part, the functional food with 20% *J. Curcas F.* reduced the body weight and triglycerides.

Keywords. Functional food, *J. Curcas Fernanda* non-toxic, triglycerides, overweight, obesity, NCD's.

1.- Introducción

1.1.- Sobrepeso y obesidad

El sobrepeso y obesidad es reconocido actualmente como uno de los retos más importantes de salud pública en el mundo, dada su magnitud, la rapidez de su incremento y el efecto negativo que ejerce sobre la salud de la población que la padece, debido a que aumenta significativamente el riesgo de padecer enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), como la diabetes mellitus tipo 2, enfermedades cardiovasculares, cáncer, osteoartritis, dislipidemias entre otras. En México, se estima que el 90% de los casos con sobrepeso y obesidad presentan Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2).¹

De acuerdo con la organización mundial de salud (OMS), la obesidad se caracteriza por acumulación anormal o excesiva de grasa perjudicial para la salud, se identifica con el índice de masa corporal (IMC), el cual se obtiene al dividir el peso entre talla al cuadrado de cada persona, se clasifica el sobrepeso con un IMC mayor de 25 y la obesidad mayor de 30, como se muestra en la figura 1.^{1,2} El IMC es un indicador del panorama general de la composición de cada individuo adulto. Existen otras mediciones y clasificaciones más puntuales para poder tener composición corporal y el riesgo que tiene cada uno de los pacientes a padecer obesidad o dislipidemias y así prevenir complicaciones como hipertensión, arterioesclerosis, entre otras (Figura 1).

Tales medidas pueden ser la circunferencia media braquial (CmB), índice cintura cadera (ICC) y porcentaje de masa grasa estas medidas nos indican las reservas

energético-proteicas, distribución de la grasa corporal al igual que el riesgo cardiovascular y síndrome metabólico del individuo³.

$$\text{FÓRMULA IMC} = \frac{\text{PESO}}{\text{ESTATURA} \times \text{ESTATURA (m)}}$$

Clasificación	IMC (kg/m ²)	
	Valores principales	Valores adicionales
Bajo peso	<18,50	<18,50
Delgadez severa	<16,00	<16,00
Delgadez moderada	16,00 - 16,99	16,00 - 16,99
Delgadez leve	17,00 - 18,49	17,00 - 18,49
Normal	18,5 - 24,99	18,5 - 22,99
		23,00 - 24,99
Sobrepeso	≥25,00	≥25,00
Preobeso	25,00 - 29,99	25,00 - 27,49
		27,50 - 29,99
Obesidad	≥30,00	≥30,00
Obesidad leve	30,00 - 34,99	30,00 - 32,49
		32,50 - 34,99
Obesidad media	35,00 - 39,99	35,00 - 37,49
		37,50 - 39,99
Obesidad mórbida	≥40,00	≥40,00



Figura. 1 Clasificación del Índice de Masa Corporal (IMC) para adultos, según la OMS¹⁻².

El sobrepeso y obesidad ocurren cuando hay un desequilibrio entre ingesta energética (IE) y el gasto energético total (GET), dando un aumento en el tejido adiposo⁴. El GET tiene una relación entre la masa magra y la mezcla metabólica oxidada que está relacionada con los alimentos ingeridos, la capacidad de adaptación del cuerpo y la velocidad de consumo energético. Para mantener el equilibrio energético, es necesario oxidar los alimentos ingeridos y cualquier

desviación ya sea mayor o menor provoca un desbalance. ^{4,5} De esta manera se presentan las alteraciones en las medidas antropométricas, donde los pacientes tienden a presentar obesidad, diabetes, hipertensión, hipertrigliceridemia. El costo para el tratamiento de estas alteraciones metabólicas en México en el 2012 fluctúa entre 78,000 millones y 101,000 millones².

En el momento que surge una ingesta mayor hay un desequilibrio en el balance energético en donde se ve afectado nuestro organismo en un aumento de peso.

El peso corporal está determinado por una interrelación compleja de diversos factores como el apetito, el control de la ingesta, la absorción de nutrimentos, reguladores neuroendócrinos, formas de almacenamiento de energía y el gasto energético total ⁶.

1.2.- Función de lípidos.

Los lípidos procedentes de la dieta o sintetizados a partir de un exceso de carbohidratos (CHO), son transportados al tejido adiposo como quilomicrones o lipoproteínas de baja densidad (VLDL), después los triglicéridos de estas partículas son hidrolizados por la lipoproteinlipasa localizada en los capilares endoteliales, introducidos en el adipocito y reesterificados como triglicéridos tisulares, durante los períodos de balance positivo de energía, los ácidos grasos son almacenados en la célula en forma de triglicéridos; por eso, cuando la ingestión supera el gasto, se produce la obesidad ⁷. En la medida en que se acumulan lípidos en el adipocito, este se hipertrofia y es el momento en que la célula ha alcanzado su tamaño máximo.

El adipocito es una célula altamente diferenciada con tres funciones: almacén, liberación de energía y endocrino metabólico, se deriva de su precursor el adipoblasto, es identificado por genes y proteínas específicas como el factor gamma de proliferación y activación capaz de llevar los fibroblastos indiferenciados a diferenciarse como adipocitos ⁸.

El adipocito segrega una serie de sustancias con funciones diversas y con implicaciones clínicas, como son: factor de crecimiento tumoral alfa, proteína C reactiva, molécula de adhesión intercelular, angiotensinógeno, inhibidores del activador del plasminógeno, adiponectina, resistina y leptina ⁹. La distribución de los adipocitos y su capacidad de diferenciación está condicionada genéticamente ¹⁰, por eso, mientras mayor sea la fuerza genética para la obesidad, mayor será la probabilidad de que este proceso se desarrolle con el menor esfuerzo y la mayor rapidez. Una de las principales proteínas asociadas con la regulación de la obesidad es la leptina, producida fundamentalmente por el tejido adiposo, cruza la barrera hematoencefálica mediante la circulación al tejido nervioso, teniendo como órgano blanco al hipotálamo, primordialmente el centro de la saciedad en donde disminuye los niveles del péptido, produciendo la sensación de saciedad ¹¹.

La termogénesis adaptativa es una forma de GE en forma de calor, que tiene lugar en el tejido adiposo pardo, el cual tiene como función la producción de calor. En sus mitocondrias, las proteínas UCP1 desacoplan la fosforilación oxidativa y el resultado de este es la conversión de energía en calor. La inervación simpática de este tejido se ve incrementado por la estimulación de los Beta 3 receptores exclusivos del tejido

graso y su estimulación produce cambios en su estructura, lo que promueve la generación de calor en respuesta al frío y la ingesta ⁴.

La ingesta de los nutrientes no solo se regula por los procesos fisiológicos antes mencionados sino que también por estímulos visuales y aromáticos provenientes de los alimentos. Las regiones que regula el apetito residen principalmente en el hipotálamo ya que su estimulación eléctrica de esta área inhibe la alimentación y produce respuestas catabólicas para mantener el equilibrio dentro del organismo, cuando se tiene lesiones del hipotálamo ventromedial se lleva a la hiperfagia y obesidad ¹¹.

Los niveles de ácidos grasos libres, reflejan el grado de acumulación de tejido adiposo y pudieran contribuir a una regulación a largo plazo de la ingesta alimentaria. La β -oxidación de ácidos grasos representa un estímulo de saciedad y su inhibición aumenta la ingesta de alimentos en ratas, otros metabolitos, como el glicerol, malato, 3-hidroxiutirato, lactato o piruvato, son capaces de inhibir la ingesta de alimentos en ratas ¹¹. Otro hecho importante lo constituye el envejecimiento, ya que cuando ocurre éste se pierde masa magra, que si no es balanceado con una disminución de la ingesta, lleva a la ganancia de peso lenta e irremediablemente. Además, aunque el aumento de peso está mediado por ambos tejidos (magro y graso), hay que recordar que, llegado el límite superior de crecimiento del tejido magro, todo aumento posterior depende de la grasa cuyo gasto energético es menor, por lo cual el GET tiende a estabilizarse o disminuir de acuerdo con el punto inicial, y si la IE permanece igual, habrá más ganancia de peso¹².

La degradación de los lípidos comienza en el intestino delgado en la 2ª porción del duodeno, donde hay una interacción con la bilis y posteriormente son emulsionadas. Mediante las lipasas segregadas por el páncreas, se rompen los enlaces de los triglicéridos, quedando ácidos grasos libres, di- y monoglicéridos ⁴.

Los ácidos grasos libres y los monoglicéridos son absorbidos por los enterocitos de la pared intestinal. Los ácidos grasos con cadenas <14 carbonos entran directamente en el sistema de la vena porta y son transportados hacia el hígado, mientras que las cadenas >14 carbonos se vuelven a esterificar dentro del enterocito y entran en circulación a través de la ruta linfática en forma de quilomicrones. Las vitaminas liposolubles (vitaminas A, D, E y K) y el colesterol son liberados directamente en el hígado como una parte de los restos de los quilomicrones ¹⁵.

1.3.- Epidemiología de sobrepeso y obesidad.

El sobrepeso, obesidad y las ECNT, así como también a la elevación en el perfil lipídico se han asociado con un aumento en la morbilidad de la población y con una disminución en la esperanza de vida¹³.

En la actualidad, la prevalencia de sobrepeso y obesidad en México son alarmantes, siendo más preocupantes en la población infantil; ya que estas enfermedades repercuten de manera importante en la salud y el desempeño a lo largo de la vida. Es así que la prevalencia de ECNT, en las últimas décadas ha ido en aumento, lo cual ha quedado documentado en las Encuestas Nacionales de Salud y Nutrición en el 2012 (Figura 2) ¹⁴.

Prevalencia de sobrepeso y obesidad* en población de 20 o más años de edad, en la ENSANUT 2012 y ENSANUT MC 2016.

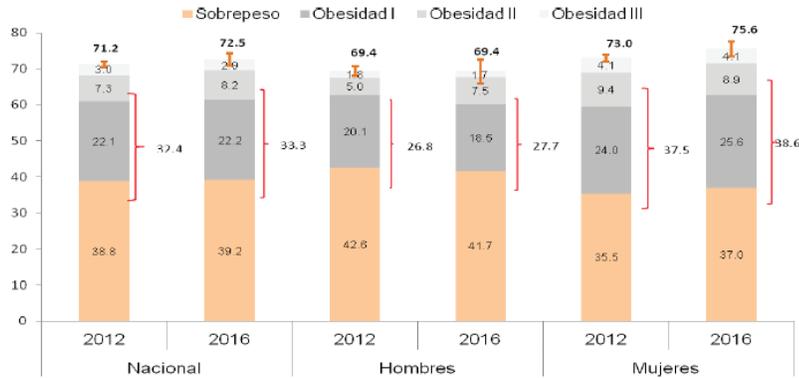


Figura. 2 Clasificación del Índice de Masa Corporal (IMC) descrita por la OMS= 25.0-29.9 kg/m², obesidad grado I= 30.0-34.9 Kg/m², obesidad grado II=35.0-39.9 Kg/m², grado III ≥40.0 Kg/m²^{1,14}.

En adultos de 20 o más años de edad la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad fue de 71.2% en el 2012 y 72.5% en 2016, siendo mayor prevalencia en mujeres.

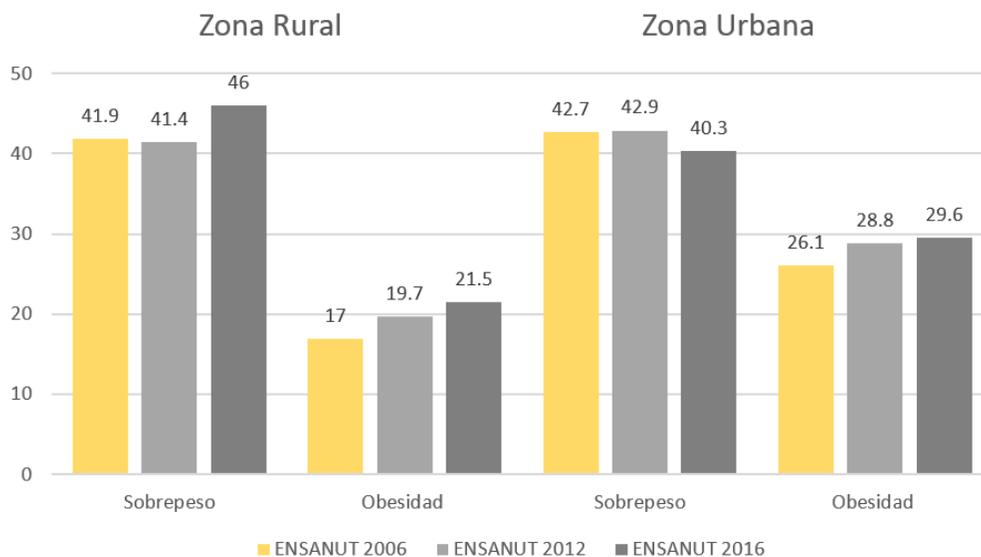


Fig. 3 Comparación de la prevalencia de sobrepeso y obesidad en hombre >20 años de edad, participantes en la ENSANUT 2006, 2012 y 2016. México¹⁴.

La prevalencia de sobrepeso se mantuvo entre el 2012 y 2016, la prevalencia de obesidad aumento un 5.4%. En hombres la prevalencia de sobrepeso aumento 1.1% y la obesidad un 42.8%. En cuanto la prevalencia de obesidad abdominal es de 76.6%, en donde al categorizado por sexo en hombres es de 65.4 y de 87.7% en mujeres, estas estadísticas muestra que van en aumento a traves de los años llevara a tener enfermedades crónicas no trasmisible en donde la obesidad es el principal factor de riesgo para presentar hipertensión arterial, dislipidemias, enfermedad coronaria, enfermedad vascular cerebral, osteoartritis, y los cánceres de mama, esófago, colon, endometrio y riñón, entre otras. Las cuales ponen en riesgo la viabilidad del sistema de salud ¹⁴. Al haber una acumulación excesiva de tejido adiposo, el proceso fisiológico más afectado es el metabolismo de los lípidos, donde al tener una concentración elevada de lípidos en sangre comienzan los problemas en el organismo¹⁵. Cada una de estas enfermedades está relacionada con el exceso de grasa en el cuerpo humano, adquirido principalmente por medio de los alimentos ingeridos en la dieta. Los alimentos grasos, para ser procesados adecuadamente se mezclan y procesan en automático por retroalimentación nerviosa y hormonal.

La prevención y el control de las enfermedades crónicas es una necesidad cada vez más apremiante. De acuerdo con la OMS, las enfermedades crónicas son la principal causa de mortalidad y representan más de 60% del total de las defunciones en el mundo, en su mayoría de los casos relacionada a sobrepeso y obesidad. Se calcula que alrededor de 36 millones de muertes, esto es más del 50% de las registradas en el mundo en 2008, tuvieron como causa ECNT, principalmente

enfermedades cardiovasculares, cánceres, enfermedades respiratorias crónicas y diabetes¹³.

Esta alta prevalencia de sobrepeso y obesidad representa un problema de salud pública, resultante de la ingestión de dietas elevadas en alimentos con alta densidad energética, bajos en fibra y un elevado consumo de bebidas con aporte energético, en combinación con una escasa actividad física; siendo los principales factores de riesgo para el desarrollo de una serie de enfermedades de tipo crónico no transmisibles ¹⁴.

1.4.- Factores de riesgo de sobrepeso, obesidad, dislipidemias y manejo nutricional

La causa principal por la cual se presenta el sobrepeso y obesidad, es por el desequilibrio energético entre las calorías ingeridas y gastadas, aunado a ello está la inactividad física (sedentarismo), la predisposición genética, peso al nacer mayor a 4 kg (macrosómico), la alimentación temprana del menor (alimentación familiar antes de los 6 meses de edad), entre otros, estos factores van a predisponer que el niño en la edad adulta sea obeso ¹⁴. Así mismo, aumentó el consumo de azúcar en un periodo de 7 años (1999-2006), los niños pequeños (1-4 años de edad) consumen el doble y los escolares (5-11 años de edad) casi el triple de bebidas azucaradas ¹⁶.

Las dislipidemias los factores de riesgo son una ingesta inadecuada de grasas y bebidas azucaradas así también el consumo de bebidas azucaradas y alimentos refinados este tipo de alimentos causa que haya un aumento de colesterol y los triglicéridos.

El manejo nutricional para la obesidad y dislipidemias se basa en reducir el consumo de grasa saturada por debajo del 10% de la energía total, con un aporte proteico de 10-20% y un 60-80% entre hidratos de carbono (CHO) y grasa insaturada, restringiendo en 500 kcal el consumo energético habitual requerido, así mismo añadir actividad física, aumentar la disponibilidad, accesibilidad y el consumo de agua potable simple, aumentar el consumo de frutas y verduras, leguminosas, cereales de granos enteros y fibra en la dieta, Disminuir el tamaño de las porciones en restaurantes y expendios de alimentos preparados o alimentos industrializados, promover la lactancia materna exclusiva hasta los seis meses de edad y principalmente la modificación de la conducta alimentaria ¹⁷¹⁸:

A pesar de estas pautas, no se ha observado algún cambio significativo en la disminución de estos padecimientos y sus complicaciones en la salud. El desapego a estas intervenciones pudiera ser por el *modus vivendi* que se tiene, por lo cual nace la iniciativa de una propuesta natural del manejo en los lípidos para ayudar a mejorar las condiciones nutricionales del país, con la realización de un alimento funcional ^{16,19}.

Algunos estudios realizados con estos alimentos se mencionan a continuación. Se utilizó un yogurt adicionado con 3 g de ácidos grasos omega 3, el cual fue consumido por 10 semanas (3 g/día). El resultado mostró que el consumo de este alimento mejora significativamente los valores de cHDL, el índice de omega 3 y disminuye los valores de triglicéridos⁵⁴. Otro alimento diseñado para tal fin es una bebida adicionada con 30 g de polvo de linaza horneado, la cual se consumió durante 3 meses, posterior a esto se observó una disminución significativa en el

colesterol total, triglicéridos, cLDL y en el de muy baja densidad, con elevación del cHDL⁵⁵.

Otros elementos utilizados son los esteres estanoles de plantas, los cuales parcialmente bloquean la absorción del colesterol en el tracto digestivo, con la consecuente reducción de los niveles de lípidos en suero. Se han adicionado a yogurt, cuyo consumo durante 4 semanas a razón de 4 g/día produjo una reducción significativa en el colesterol total (7.2%) y en el c LDL (10.3%) en pacientes con hipercolesterolemia⁵⁶.

1.4 Alimentos funcionales

Los alimentos funcionales aportan un efecto benéfico para la salud en el organismo, de manera independiente a los nutrientes del propio alimento según el International Life Science Institut (ILSI), los cuales debería ser un complemento para el mejoramiento de la calidad de vida, disminuir la incidencia de las ECNT, al igual que su prevención.¹⁹

Por el incremento del consumo de los alimentos funcionales en el mundo, surge un organismo denominado FUFOSSE (Functional Food Science in Europe), el cual regula la información dirigida al consumidor sobre los efectos favorables que este tipo de alimentos ejercen para la nutrición y para la prevención de enfermedades, así mismo que estos alimentos funcionales estén científicamente probados¹⁹.

Los alimentos funcionales se clasifican de la siguiente manera: probióticos contienen microorganismos *vivos*, los prebióticos son sustancias no digeribles que forman parte de los alimentos y simbióticos que es la asociación de un probiótico

con un prebiótico ²⁰. En la presente investigación se evaluó un alimento funcional tipo prebiótico, derivado de *J. curcas*. Actualmente hay estudios acerca de fructanos tipo inulina (oligosacáridos no digeribles: inulina, hidrolizados enzimáticos de la inulina, oligofruetosacáridos (C2-10), fructosacáridos sintéticos de cadena larga) ²⁰.

Los prebióticos, al no ser digeribles pueden estimular selectivamente el crecimiento y/o actividad de bacterias benéficas (*Bifidobacterium*) en el colon²⁰. Las fibras prebióticas tipo oligofruetosas favorecen la producción colónica de butirato, el cual es utilizado como fuente de energía por los enterocitos del colon, fomentando la maduración y regeneración del epitelio intestinal con importante efecto anticancerígeno. ²¹

El consumo de oligofruetososa, glucooligosacáridos y galactooligosacáridos incrementa la absorción de calcio y su respectiva fijación en huesos estimulando además la absorción y retención de otros minerales particularmente magnesio y hierro ²².

Los β -glucanos va depender de la fuente de origen, aquellos provenientes de levaduras son inmunoestimulantes y los que vienen de cereales tiene efecto en la reducción de las concentraciones plasmáticas de colesterol y glucosa, estos últimos por el retraso del vaciamiento gástrico debido a la viscosidad que genera, al igual se cree que aumenta la producción de propionato que inhibe la síntesis hepática de lípidos ²³.

Hay ciertos CHO complejos que atraviesan el tracto gastrointestinal (TGI), sin ser atacados por las enzimas digestivas y en el colon son utilizados como substratos por las bacterias residentes ²⁴.

Un estudio señala que el almidón resistente (rico en amilosa), decrece la concentración de triacilglicéridos hepáticos (-50), y séricos (-20%), en ratas, lo que va acompañado de contenidos inferiores de colesterol en suero y lipoproteínas ricas en triacilglicéridos²⁵.

Hay resultados divergentes, en un estudio realizado en Reino Unido en el 2000 realizado en 62 pacientes con hipercolesterolemia moderada, la administración de 3 g de β -glucanos de avena o de salvado de trigo en yogurt bajo en grasa por 8 semanas no afectó los niveles de colesterol ²⁶, Karmally et en 2005 reporto una disminución significativa de un 4,5% estos niveles en 152 sujetos que consumían la misma cantidad de β -glucanos de avena por 6 semanas ¹⁵, estas diferencias podrían deberse a la composición o al proceso de preparación y de administración²⁷.

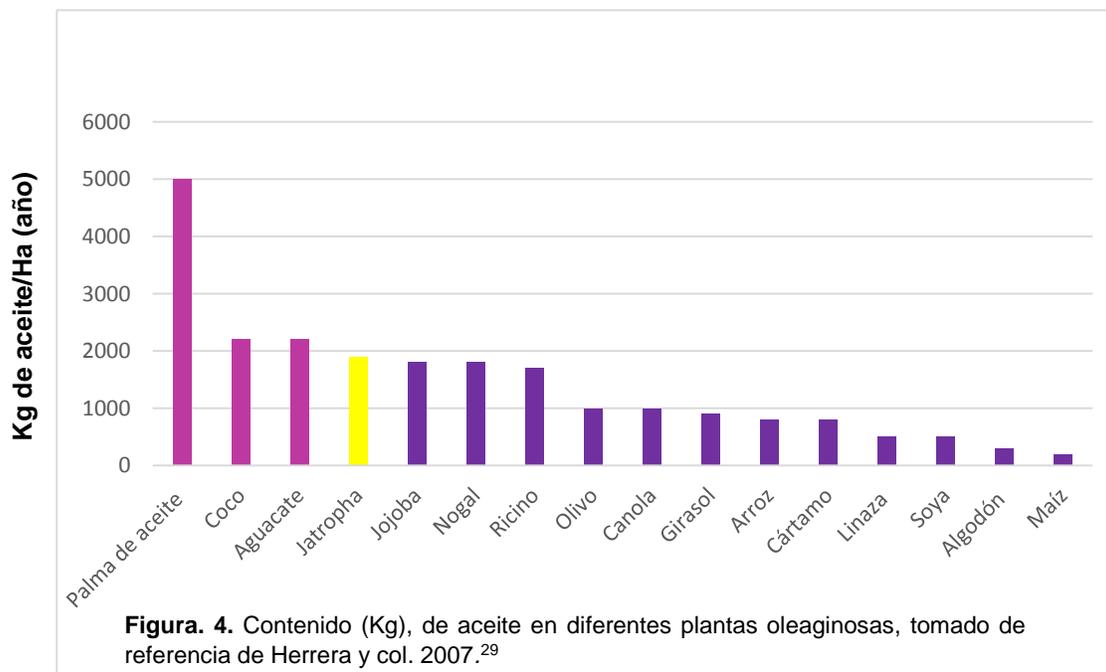
Teniendo en cuenta lo anterior, la semilla de *J. curcas* no tóxica evaluada en esta investigación tiene el mismo componente bioactivo (β -glucanos), pero tiene diferente origen, administración y preparación a los ya mencionados.

1.5.- *Jatropha curcas*.

La *J. curcas* es una oleaginosa de porte arbustivo, viene de familia *Euphorbiaceae*, originaria de México y Centroamérica, pero crece en la mayoría de los países tropicales.

Se le cultiva en América Central, Sudamérica, Sureste de Asia, India y África, dentro de la cual se encuentran plantas cuyas semillas tienen un alto contenido de aceite no comestible que es utilizado para la síntesis de biodiesel ²⁸.

La *J. curcas* tiene un alto contenido de grasa (55%) y de proteína (25%), donde el contenido de lípidos es mayor que en otras especies oleaginosas, como se muestra en Figura 4 ²⁹.



El contenido aceite que contiene la *J. curcas* varía dependiendo del lugar donde se plante, en la Figura 5 se muestra el contenido de aceite en diferentes regiones ²⁸.

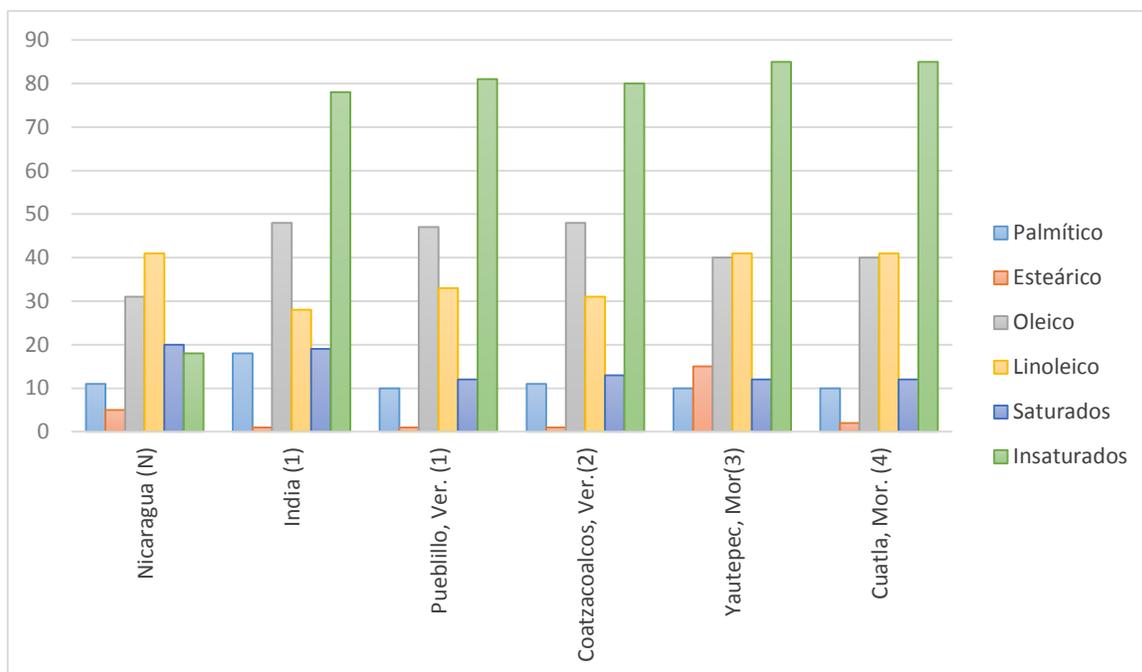


Figura 5. Perfil de ácidos grasos presentes en el aceite de *J. curcas* en diferentes regiones, tomado de referencia de Herrera y col. 2007.

Hay dos variedades de *J. curcas*, las cuales puede ser tóxica y no tóxica, donde la variedad tóxica se usa principalmente para la fabricación de biocombustible, fertilizantes, mientras que la variedad no tóxica, además de la fabricación de lo antes mencionado también se utiliza como alimentación para ganado, fabricación de jabón y para enfermedades que afectan a la flora intestinal, úlceras y dolor reumático ^{30,33}.

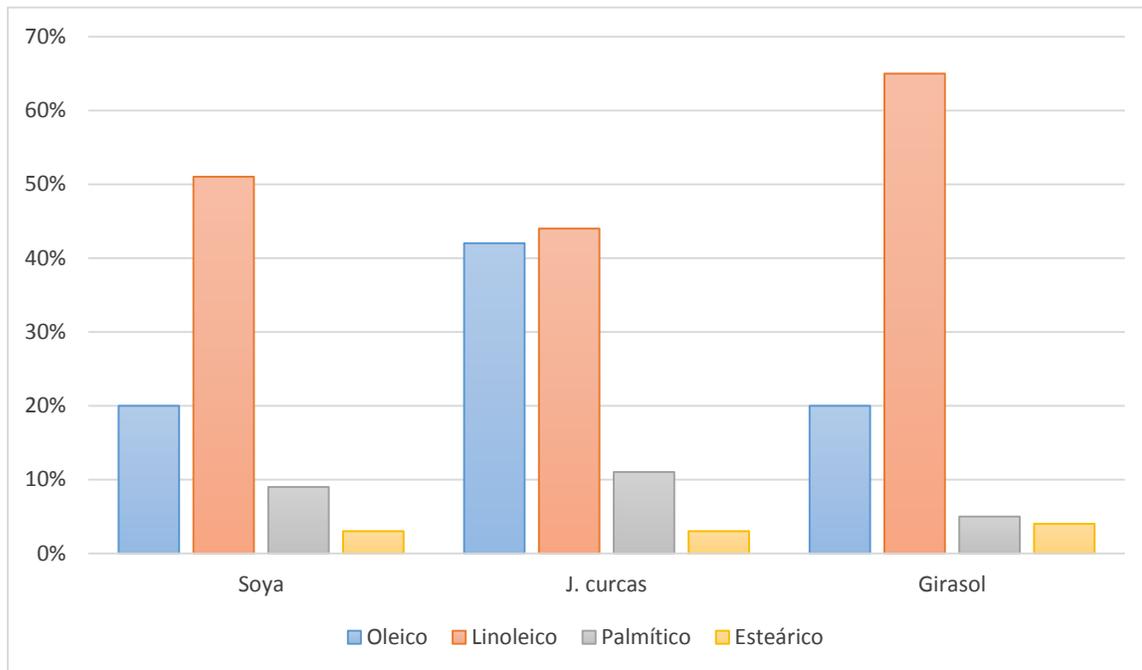


Figura. 6 Comparación de ácidos grasos entre la soya, el girasol y *J. curcas*, tomado de referencia de Herrera y col. 2007

En Morelos se ha encontrado la variedad *J. curcas linnaeus* (no tóxica) reportada así por no tener presencia de ésteres de formol, los cuales definen cuando una variedad es tóxica, en la Tabla 1 se presenta el porcentaje y el tipo de aminoácidos

29.

Tabla 1. Composición de ácidos grasos de aceite de *Jatropha curcas* de Yautepec, Morelos, México.

Ácido graso	(%)
Oleico	41-42
Linoleico	42-44
Palmítico	9-11
Esteárico	2-3
Mirístico	0.3-0.4
Palmitoleico	0.3-0.4

Tomando de referencia de Herrera y col.2007

Se ha encontrado que semillas de los estados de Veracruz, Puebla, Quintana Roo y Yucatán son consumidas después de ser tostadas para la elaboración de platillos tradicionales como pipián, tamales, salsas o consumo directo. ³¹

1.6.- Toxicología de la *J. curcas*.

Se han realizado diversos estudios para poder identificar la toxicidad de *J. curcas*, la cual aumenta en relación con la concentración, el tipo de principio activo, el tiempo de uso y el lugar geográfico de donde se extrae ²⁸.

El efecto tóxico de *J. curcas* ha sido reportado en todas las partes de la planta, la semilla, ha mostrado síntomas como dolor abdominal, diarrea, hemorragia, pérdida de apetito, disnea, desequilibrio nervioso y ojos hundidos, estas manifestaciones se han presentado en diferentes especies animales. La toxicidad depende de la vía de administración y el proceso previo que lleve la planta y el modelo animal que se utilice ²⁸.

Por otro lado, se ha reportado que la mayoría del contenido tóxico de la semilla de *J. curcas* se pierde en cuanto es sometida al calor, de los cuales solo quedan presentes la curcina, la cual está presente en diversos alimentos como granos (trigo y cebada) y vegetales (remolacha, espinaca y espárrago), así mismo en ratones se determinó que suministrando por vía oral una DL50 960 mg/kg, el extracto mostró un efecto benéfico para el tratamiento de enfermedades infecciosas de la piel ³². En México y América Central se han encontrado especies en que no presentan el efecto tóxico. *J. curcas* procedente de México son empleadas para alimentar pollos y cerdos e incluso, después de ser hervidas o asadas, son utilizadas para preparar platillos tradicionales. También se ha reportado la ganancia de peso en ratones

alimentados con semillas de esta especie proveniente de Veracruz, México ³¹, Para el estudio realizado se debe realizar la extracción de aceite de la semilla para utilizar el producto de desecho (torta proteica).

1.7. Extracción de aceite de *J. curcas* no tóxica

El aceite de *J. curcas* no tóxica se puede extraer por medio de dos técnicas: por extracción mecánica y por solventes.

La extracción mecánica es preferida para plantas pequeñas debido a la baja inversión requerida. Comúnmente las plantas de extracción que procesan menos de 100 t/día emplean extracción mecánica, esto se lleva a cabo por medio de comprensión en frío. Las plantas que procesan más de 300 t/día emplean extracción por solventes ³⁵.

1.6.1.- Extracción de aceite por medio de solventes

Este tipo de extracción, el material debe de ser laminado o molido sin sufrir extracción, se lleva a cabo cuando se van a procesar más 300 toneladas por día por su rapidez y mejor aprovechamiento, porque permite mayor contacto entre la materia sólida y el solvente ^{35,37}.

Los procesos de extracción por solventes requieren movimiento continuo del solvente, en donde como principal solvente que se utiliza es el n-hexano, posteriormente se hace la extracción empleando un extractor tipo Soxhlet ^{38,39}.

1.6.2.- Extracción mecánica del aceite de *J. curca* no tóxica

En el proceso de extracción por prensado la materia prima (semilla de *J. curcas*) se somete a presión en prensas operadas por lotes o en forma continua.

En el proceso general de extracción, inicialmente se pela el fruto para obtener la semilla de *Jatropha* envuelta en una cubierta pergaminosa de color grisáceo, que es necesario eliminar (FACT 2010) ³⁶.

Posterior a la limpieza de las semillas, se llevan a la prensa que las comprimirá a altas presiones permitiendo la salida del aceite por medio de ranuras de drenaje y la torta por la boquilla de restricción de salida. En la extracción mecánica el control de la humedad es importante para mantener una temperatura adecuada. Lo ideal es que las semillas contengan entre 2 y 3% de humedad para la extracción completa y entre 4 y 6% para pre extracción ³⁵.

Al finalizar el proceso de extracción es necesaria una etapa de purificación que consiste inicialmente en la sedimentación para eliminar el 25% de las impurezas en el volumen total del aceite crudo, seguido de las siguientes etapas ^{35,37}.

1.7.- Desgrasado de la torta proteica

La extracción completa del aceite en la torta de *J. curcas* se lleva a cabo calentando la torta a 60 °C, la cual es prensada nuevamente para retirar por completo el aceite que quede en la extracción inicial. La prensa comprime a altas presiones permitiendo la salida de aceite por medio de ranuras de drenaje y la torta por la boquilla de restricción de salida ³⁴.

Posteriormente la torta proteica se empaca en costales de rafia con capacidad de 60 litros y posteriormente se almacena en bodega.

1.8.- Evidencia científica de la utilización de la *J. curcas*

Njintang-Yanou N. y col. (2013) realizaron estudios en ratas de experimentación, donde se observó que *J. curcas* puede ser utilizada como una alternativa de

tratamiento natural contra la obesidad y sus alteraciones metabólicas. En dicho estudio se compararon dos oleaginosas: *A. floribunda* y *J. curcas* en el cual evaluaron la actividad antioxidante y el perfil lipídico después de la administración de extractos crudos de ambas semillas, en ratas albinas, alimentadas antes de la administración de los extractos con una dieta alta en grasas, donde mostraron diferencias estadísticas significativas en la composición de cada una, ambas presentaron un efecto hipolipemiante y controlan la glucosa en sangre ⁴⁰.

Kamitori y col. (2016), evaluaron el potencial antioxidante de raíz y hoja de la *J. curcas*, donde se mostró que uno de los componentes antioxidantes tuvo un efecto protector y un efecto anti-cancerígeno ⁴¹. Mishra y col. (2010), determinaron que la dosis letal en los modelos experimentales fue de 2500 mg/kg de *J. curcas*, la reducción en el nivel de glucosa en sangre en las ratas tratadas con dosis de 250 mg/kg fue de 219.5 a 116.5 mg/dl ($p < 0,001$), mientras que la administración oral de 500 mg / kg de *J. curcas* redujo el nivel de glucosa de 237.0 a 98.83 mg/dl ($p < 0,001$), ⁴².

Además, León y col. (2016) sugieren que los ésteres de formol están presentes en *J. curcas*, los cuales podrían estar implicados en la activación de PKC, que podría ser responsable de la alta secreción de insulina. Se destaca la necesidad de seguir trabajando a nivel molecular para dilucidar el mecanismo de acción de *J. curcas* en el tratamiento para la obesidad y sus complicaciones metabólicas ⁴³.

Por otra parte, se han llevado diversos estudios en distintos modelos animales, uno de ellos en tilapias realizado por Elizeth García en 2012, en el cual evaluaron cuatro dietas para tilapia, con un proceso de conservación denominada ensilaje⁴⁴. El

pescado ensilado (hidrolizado) y pasta de *J. curcas*, esta última con dos extracciones de aceite (compresión y hexano), donde terminó con $55.14 \pm$ % de proteína y $15.29 \pm 0.40\%$ de lípidos. Al añadir la torta de *J. curcas* se observó un mayor crecimiento, por lo que es una opción viable para la alimentación de tilapia⁴⁴.

En otro estudio se alimentaron pollos broiler, en donde la pasta residual de *J. curcas* se sometió a tres tratamientos de detoxificación (seco, húmedo y químico). Después de la detoxificación se molió la pasta hasta quedar en 700 micras, posteriormente se generaron las dietas experimentales, las cuales estaban basadas en maíz, soja y *J. curcas* (0, 10 y 20 %), además del complejo Rovabio Excel AP. La dieta experimental, tiene mayor digestibilidad de grasa, mayor ganancia de peso y es una opción viable para reemplazar la pasta de soja puesto que hay una mayor digestibilidad de los componentes nutritivos como la proteína ⁴⁵.

La caracterización funcional de las principales fracciones proteínicas de reserva en semillas de *J. curcas* no tóxica, es importante una vez que se vaya mejorando la extracción del aceite para la fabricación de biocombustibles. Mediante electroforesis se han identificado cinco bandas principales de albúminas, globulinas y glutelinas. La porción mayoritaria presentó una buena capacidad de absorción. Con estas características también hay posibilidad de utilización en la industria alimentaria ⁴⁶.

Otra caracterización que se le realizó a la *J. curcas* después de la extracción del aceite en frío, es el de la torta proteica. Se analizaron 5 muestras de torta, de 1 kg de peso cada una, donde se evaluó las cenizas, humedad, proteínas e hidratos de carbono (CHO). En la mayoría de los casos fueron similares a los reportados en

otros estudios. Sin embargo, los CHO fueron de 51.9%, mayor a lo que se reportado por Makkar *et al.* (1998) y Peralta-Flores *et al.* (2012). Los principales son los glucanos con un 31.7%, los cuales son necesarios para el desarrollo y crecimiento animal debido a que intervienen directamente en el metabolismo ⁴⁷.

2.-Justificación

Las ECNT representan el 60% de las muertes a nivel mundial y el 80% en países medios y bajos, esperándose un incremento de 7% aproximadamente en la siguiente década. Las estrategias requeridas para el control de las ECNT son complejas y costosas, donde muchos pacientes son tratados en forma tardía o insuficiente. Por lo tanto, la prevención y el tratamiento eficaz de las ECNT deben ser una prioridad en las políticas públicas, y podrían ser abordados desde la alimentación y nutrición, por medio del diseño de un alimento funcional el cual será basado por uno de los subproductos de la *J. curcas* no tóxica.

La cual se han estudiado otras partes de la misma en donde se encontró tener una disminución de lípidos en sangre, teniendo este efecto en los lípidos podría disminuir el riesgo de padecer ECNT.

Por otro lado, *J. curcas* no tóxica es un recurso originario de México, es plantada en suelos abandonados, arenosos, áridos etc., lo cual permite adaptarse a distintas condiciones ambientales. La torta de *J. curcas* no tóxica es un subproducto obtenido después de la extracción del aceite que actualmente es desechado, el cual tienen un alto porcentaje de proteína que generalmente es desaprovechado.

En el estado de Morelos se han reportado variedades no tóxicas de *J. curcas*, por lo cual nace la inquietud de aprovechar esta torta proteica que puede ser empleada en el control y mejoramiento del perfil lipídico de ratas obesas y prevenir ECNT.

3.- HIPÓTESIS.

La torta proteica de *J. curcas* no tóxica podría tener un efecto positivo en la disminución en la concentración de lípidos en ratas obesas.

4.- OBJETIVOS.

4.1.- Objetivo general

Evaluar el efecto de la torta proteica de *J. curca* no tóxica sobre el perfil lipídico de las ratas obesas.

4.2. - Objetivos específicos

- Diseñar un alimento de engorda para la inducción a obesidad en ratas macho.
- Diseñar un alimento a base de torta proteica *J. curcas* como tratamiento.
- Conocer la composición de los alimentos constituidos.
- Medir parámetros bioquímicos tales como colesterol LDL, HDL, triglicéridos sobre el modelo de obesidad durante un periodo de dos meses.
- Analizar los resultados y evaluar el impacto de la torta proteica de *J. curcas* sobre el perfil lipídico de las ratas obesas.

5.- Materiales y Métodos.

En la Figura 7 se muestra el diagrama experimental que se llevó a cabo la investigación del efecto de la torta proteica de *J. curcas* en el perfil lipídico de ratas obesas inducidas con dietas con diferente contenido calórico.

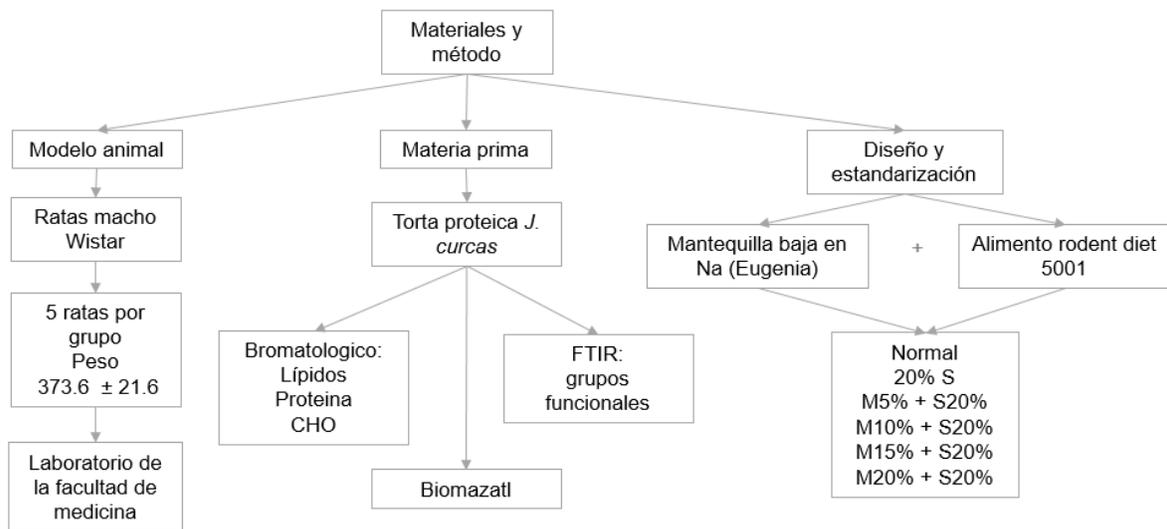


Figura 7. materiales y metodos del estudio

5.1.-Obtención de materia prima.

La torta proteica de *J. Curcas Fernanda* no tóxica se obtuvo de la empresa Biomazatl S.C. de R.L. de C.V. La recolección del fruto se realiza en verano cuando está madura, seca y se torna de color negro como en el recuadro C, esto es porque si tiene las condiciones antes mencionadas facilita la extracción del aceite. Estos genotipos no tóxicos tienen una ventaja adicional, la parte resultante del prensado (torta proteica), se utilizó como materia prima para elaboración del alimento funcional ²¹.



Figura. 8. Diferentes fases de la semilla *J. curcas* (A) Fruto verde de *J. curcas*, B) Corte transversal del fruto de *J. curcas* en etapa de recolección y C) semilla de *J. curcas*.²¹

5.2.- Modelo animal

Se utilizaron ratas machos Wistar que se obtuvieron del bioterio de la Facultad de Medicina de la UAEM con 9 semanas de edad. Las instalaciones utilizadas para los animales de laboratorio sean para la reproducción o experimentación se llevó acabo en óptimas condiciones ⁵⁰.

Se realizaron 6 grupos de 5 ratas cada uno a los cuales se les suministró un alimento para inducir a obesidad y elevar su perfil de lípidos, las cuales al inicio de la administración tenían un peso de $373.6 \pm 21.6g$.

El suministro de agua fue a libre demanda, durante el periodo de experimentación los bebederos se desinfectaron y lavaron 3 veces/semana, para evitar el alojamiento de microorganismos patógenos. La cama de las ratas hechas de aserrín es removida periódicamente (3 veces/semana) para evitar la formación de amoniaco y de mal olor ⁵⁰.

Se evaluaron 5 grupos tratados con agua azucarada al 20% por 10 semanas y uno con agua de estéril, 4 grupos experimentales a los cuales se les suministró alimento obesogénico para la inducción a obesidad con un peso inicial aproximado $373.6 \pm 21.6 g$., para la administración del alimento funcional se utilizaron los mismos grupos que se indujeron a obesidad, siendo con las mismas características en la suministración del agua, solo se cambió el tipo de alimento, el utilizado como tratamiento en donde se agregó la torta proteica de *J. curcas F.* Al inicio del tratamiento con el alimento con *J. curcas F.*, el peso aproximado fue $538.7 \pm 40.9g$ de peso de las ratas Figura 10.

El suministro del alimento obesogénico utilizado para la inducción a obesidad, se colocaba 500g cada semana, al finalizar la semana se pesaba nuevamente el alimento suministrado para ver su consumo de cada grupo, de igual forma con el alimento que se utilizó como tratamiento en la alteración de lípidos en sangre. (Figura 11).



Figura 9. Ratas Wistar en experimentación con dieta enriquecida con mantequilla y con *Jatropha curcas*.

5.3.- Alimentación de las ratas

5.3.1- Alimento con mantequilla.

La fabricación del alimento para inducir a obesidad se llevó a cabo mediante una reconstitución de pellets con mantequilla marca Eugenia baja en sodio. El porcentaje de mantequilla fue de 5%, 10%, 15% y 20% teniendo como base el alimento Rodent Diet 5001.

La cual se evaluó la densidad calórica por cada uno de los grupos experimentales donde por gramo de lípidos es 9 kcal por gramo y del alimento Rodent Diet 5001 tiene 2.91 kcal por gramo, teniendo en cuenta esta información se obtiene la densidad calórica con la siguiente manera.

$$DC = (\text{g. de grasa}) (\text{kcal por gramo}) + (\text{g. Rodent Diet 5001}) (2.91 \text{ kcal/g})$$

La inducción a obesidad se realizó por un periodo de 4 semanas de administración del alimento obesogénico el cual se suministró a 4 grupos experimentales con distintos porcentajes de mantequilla (5%, 10%, 15% y 20%) y se pesó cada semana para determinar el consumo del alimento en las ratas obesas. Durante la formación de los pellets, se agregó el 50% de agua para formar una masa, después se comprimió y formó el pellet con una jeringa de 50 ml (figura 12).



Figura 10. Elaboración del alimento para la inducción a obesidad y el alimento funcional a base de *J. curcas F.* (A. alimento Rodent Diet 5001, B Mezcla de mantequilla y alimento Rodent Diet 5001, C alimento en forma de pellets.

Desde el inicio hasta el final de la administración del alimento obesogénico se evaluaron diferentes parámetros como son el peso, el cual fue con una báscula (TORREY, L-EQ), para llevar el control de peso, de esta forma conocer el momento de las ratas fueran obesas por medio de una curva de peso, éste fue tomado semanalmente durante las 10 semanas de experimentación.

5.4. Inducción de la obesidad en el modelo animal.

Se utilizaron dos grupos control, en uno de ellos de 5 ratas a las cuales se les suministró solución de sacarosa al 20% y dieta estándar para roedores de laboratorio mientras que el otro grupo consumió el alimento estándar y agua estéril.

El modelo de obesidad se indujo por medio de una solución alta en sacarosa 20% como agua de bebida *ad libitum* y alimento obesogénico enriquecido con

mantequilla. El alimento y el agua azucarada se suministró durante 10 semanas antes de iniciar el tratamiento con el alimento funcional enriquecido con *J. curcas* en ratas Wistar.

5.4.1.- Alimento funcional con *J. curcas*

Para la fabricación del alimento funcional se utilizó alimento base del laboratorio (Rodent Diet 5001) y torta proteica de *J. curcas* *Fernanda* no tóxica. Se utilizaron los mismos porcentajes que el alimento para la inducción a la obesidad descrito previamente, a las mismas ratas se le suministró este nuevo alimento.

Dependiendo del porcentaje de torta proteica de *J. curcas* para cada tratamiento (5%, 10%, 15%, 20%), se multiplicó y mezcló homogéneamente los gramos de torta proteica de *J. curcas* y los gramos del alimento base para garantizar la misma manipulación de los alimentos administrado. Se suministró 500 g de alimento por semana se pesó para determinar el consumo del alimento de tratamiento en las ratas.

El alimento base del laboratorio Rodent Diet 5001, está hecho a base de soja y contiene alimentos de origen marino, tal como harina de pescado, que confieren la mayor cantidad de ácidos grasos omega 3, contiene 29.9% de proteína cruda, que contienen amino ácidos esenciales y no esenciales, grasa cruda 13.4%, en su mayoría ácidos grasos poliinsaturados y 56.7 % de CHO, con una densidad calórica de 2.91 Kcal /g.

En la preparación de cada uno de los alimentos funcionales, se añadió el porcentaje correspondiente de torta proteica de *J. curcas* y se mezcló con el alimento base

Rodent diet 5001 hasta formar una mezcla homogénea, a la cual se agregó el 50% de agua para formar una pasta. Después se formaron los pellets y se dejaron en secar a temperatura ambiente durante una semana, para obtener la dureza esperada para su consumo. Cada lote fue identificado con la fecha, porcentaje y cantidad de alimento producida (Figura 12).

5.5.- Evaluación del efecto del alimento con *J. curcas* no tóxica.

Para la evaluación del alimento funcional de *J. curcas* se generaron 4 grupos experimentales y 2 controles, con 5 ratas por grupo. El promedio general de peso de las ratas inicial fue 506.4 ± 148.7 g, al inicio de la administración del alimento como tratamiento para la disminución de lípidos con una media de 530g y 532g, con los modelos experimentales se formaron en 6 grupos (Figura 13):

A cada uno de los grupos se tomó el peso, glucosa y perfil lipídico (colesterol HDL, LDL, TG, relación de HDL y colesterol), para observar el efecto de la torta proteica de *J. curcas* no tóxica en ratas obesas durante dos meses de tratamiento con el alimento funcional.

5.6.- Evaluación bromatológica de la semilla y torta proteica *J. curcas Fernanda* no tóxica.

La torta proteica se presenta en costales de 60 litros, los cuales están almacenados en un ambiente sin humedad, poca luz y a temperatura ambiente.

Se realizó un estudio bromatológico a la semilla y la torta proteica de *J. curcas Fernanda* no tóxica con grasa y sin grasa, la determinación proximal se realizó de

acuerdo a los métodos establecidos por la AOAC (Association of Official Analytical Chemists) los cuales se describen a continuación por cada componente analizado:

- Humedad (Método 925.09) por secado en estufa a 105° C por 4 h.
- Cenizas (Método 923.03), residuo inorgánico resultante de la incineración a 550 °C durante 4 h hasta la pérdida total de la materia orgánica.
- Grasa cruda o extracto etéreo (Método 920.39), extracción 4 h con hexano en un sistema Soxhlet.
- Proteína cruda (Método 954.01), por el método Kjeldahl, por una digestión ácida (ácido sulfúrico) de la muestra y posteriormente una destilación alcalina (hidróxido de sodio), usando 6.25 como factor de conversión de nitrógeno a proteína.
- Fibra cruda (Método 962.09), residuo orgánico combustible e insoluble que se obtiene después de que la muestra fue sometida a digestiones ácida y alcalina.
- Carbohidratos totales. Se estimaron por diferencia al 100% como el extracto libre de nitrógeno (ELN).

Las pruebas se realizaron en el laboratorio de Ciencias de los Alimentos de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán ²².

5.7.- Espectroscopía infrarroja transformada de Furier en distintas presentaciones de la *Jatropha curcas* y alimento Rodent Diet 5001.

Esta técnica proporciona un espectro en el que se observan las bandas resultantes de las vibraciones, estiramientos y flexiones de los enlaces presentes, las sustancias inorgánicas y orgánicas, es posible identificar señales correspondientes a los grupos funcionales de forma muy precisa. El espectro infrarrojo se dice representar la huella digital de las moléculas y permite realizar la identificación de los materiales. El equipo está dotado de un detector de diamante que permite el análisis directo de la superficie del objeto de estudio ⁴⁸⁻⁴⁹.

Por lo antes mencionado se realizó esta prueba a la semilla de la *J. curcas Fernanda* no tóxica en distintas presentaciones de la misma y el alimento utilizado en el laboratorio (Rodent Diet 5001) y al alimento funcional con el 15% de *J. curcas Fernanda* no tóxica, se fijó aproximadamente 1.5 cm² de la muestra sobre el cristal detector, el cual se introdujo al espectrofotómetro (Figura 10), los datos obtenidos se graficaron en el software SigmaPlot v12.



Figura 11. Equipo para el estudio de FTIR Frontier Perkin Elmer. ⁴⁸⁻⁴⁹

5.7.- Pruebas bioquímicas

El perfil de lípidos se evaluó en cada tratamiento, para lo cual la muestra de sangre se obtuvo por medio de un corte pequeño de la punta de la cola de cada una de las ratas utilizadas en el estudio, posteriormente se colocó una gota en las tiras reactivas *Mission* (marca ACON), el cual permite lecturas individuales o multiparamétricas cuantitativas de colesterol total (CHOL), lipoproteína de colesterol de alta densidad (HDL), triglicéridos (TG), relación de colesterol y HDL, lipoproteína de colesterol de baja densidad (LDL), los resultados son de 15 segundos por cada una de las muestra, tiene rangos de medida de CHOL: 100-500 mg/ dl, HDL 15-100 mg/dl y de TG 45-650mg/dl.

La muestra sanguínea se obtuvo de un corte pequeño en la cola de la rata, por medio de punción capilar, las tiras reactivas con la muestra de sangre se introdujeron en el equipo para su lectura.

5.8. - Análisis estadístico

Los datos obtenidos se procesaron y analizaron con el programa Graph-Pad prism 6 y se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas entre los tratamientos y t de Student no pareada, según sea el caso, en la obtención de la significancia estadística se tomó con una $p < 0.05$ como estadísticamente significativo.

6. – Resultados

6.1.- Densidad calórica del alimento para la inducción a obesidad

Debido a que se evaluó el cambio del perfil lipídico, peso y alteraciones en los niveles de glucosa basal, es importante conocer la ingesta de kcal del alimento obesogénico en los tratamientos experimentales, por tanto, el consumo energético se muestra en la Tabla 4.

Para la formulación del alimento para la inducción a obesidad utilizado en los diferentes tratamientos experimentales se evaluó la densidad calórica a cada uno de los cuatro grupos en experimentación, los datos se tomaron de la etiqueta del alimento utilizado en el laboratorio (Rodent Diet 5001), al igual que en la bibliografía para el gramo de grasa que se utilizó y por 500g, que es la ingesta suministrada semanalmente.

$$DC = (\text{g. de grasa}) (\text{kcal por gramo}) + (\text{g. Rodent Diet 5001}) (2.91 \text{ kcal/g})$$

Tabla 2. Densidad calórica del alimento con 5%, 10%, 15% y 20% de mantequilla, representado por g y por 500g, que fue el consumo semanal.

Alimento obesogénico	Densidad calórica	Densidad calórica en 500g
Normal	2.91 Kcal/g	1455 Kcal
5% mantequilla	3.21 Kcal/g	1607.2 Kcal
10% mantequilla	3.51 Kcal/g	1759.5 Kcal
15% mantequilla	3.82 Kcal/g	1911.7 Kcal
20% mantequilla	4.12 Kcal/g	2064 Kcal

6.2.- Evaluación del alimento con mantequilla (obesogénico)

Para determinar el delta de peso de las ratas tratadas se empleó la siguiente ecuación:

$$\Delta P = \frac{\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}}{\text{Peso final (g)}}$$

En cuanto al consumo de alimento obesogénico se observó que hay mayor aceptación y consumo en el tratamiento con el 15 por ciento de mantequilla y agua con 20% de sacarosa (15%+20%MS), al igual que fue uno de los que tuvo mayor delta de peso en comparación con los demás tratamientos (Figura 18).

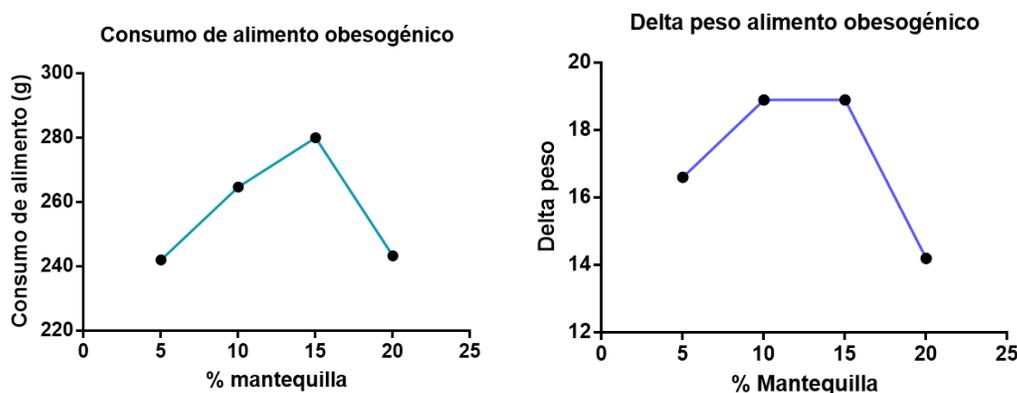


Figura 12. Consumo de alimento y delta de peso en distintos grupos, 5%+20%MS, 10% + 20% MS, 15% + 20%MS, 20% +20% MS.

Lo antes mencionado nos indica que entre mayor cantidad de mantequilla incorporada en el alimento obesogénico tiende hacer más frágil, en donde el tratamiento 20 por ciento de mantequilla y agua con 20% de sacarosa (20%MS) fue el menos aceptado en cuanto al consumo y a su vez tubo menor cambio de delta de peso.

Por otra parte tenemos la cuestión fisiológica, donde se conoce que los lípidos es el segundo macronutriente que tarda más tiempo en su degradación, por tanto podría tener el efecto de saciedad de manera más pronta y que evite que las ratas con el tratamiento de 20 por ciento de mantequilla y agua con 20% de sacarosa (20% MS) consuma menos alimento, por lo cual el tratamiento del 15 por ciento de mantequilla y agua con 20% de sacarosa (15%MS) es el mejor tratamiento para inducir a obesidad teniendo la mejor aceptación para su consumo al igual que tuvo mayor aumento de peso.

6.3.- Evaluación del efecto del alimento obesogénico en peso, triglicéridos y glucosa.

En la Figura 18 se muestra la comparación entre los tratamientos del alimento de obesogénico y su efecto en el peso. Los grupos 2 al 6 se le suministró el 20% de sacarosa en el agua y el grupo 1 es el control.

En los tratamientos experimentales, se observó un aumento constante durante la inducción a obesidad. Por otra parte, el grupo 15 por ciento de mantequilla y agua con 20% de sacarosa (15%MS) es que tuvo una diferencia estadísticamente significativa al compararlo con los grupos con alimento y agua habitual (N), alimento normal y agua con el 20% de sacarosa (20%NS), y 20 por ciento de mantequilla y agua con 20% de sacarosa (20% MS), con una $P < 0.05$, el grupo N y 20%SN (controles), los cuales son los que tuvieron el menor aumento de peso comparado con los grupos experimentados.

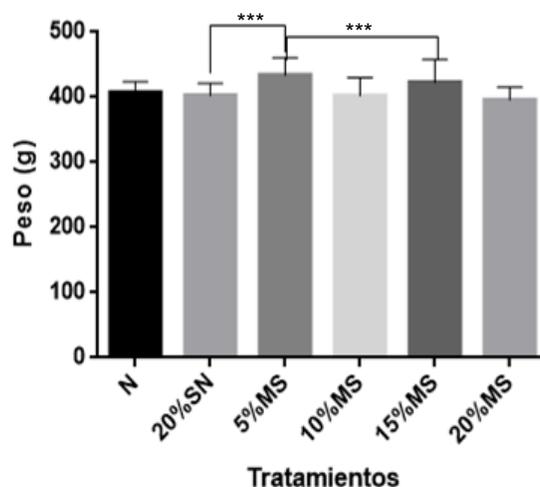


Figura 13. Comparación de los tratamientos del alimento obesogénico en la alteración del peso. Normal (N), 20% Sacarosa (SN), 5% de mantequilla + 20% Sacarosa (5%MS), 10% de mantequilla + 20% Sacarosa (10%MS), 15% de mantequilla + 20% Sacarosa (15%MS), 20% de mantequilla + 20% Sacarosa (20%MS), con una $p < 0.05$ estadísticamente significativo. (ANOVA y tukey).

Debemos destacar que el 15%MS fue el que obtuvo mejor respuesta en el consumo de alimento y el aumento de peso con los otros tratamientos analizados.

Por otro lado, se realizó una comparación de los tratamientos para ver si había modificación en los niveles de glucosa, donde se observó que no hay ninguna diferencia estadísticamente significativa $P < 0.05$, entre cada uno de ellos como se muestra en la Figura. 19, durante la inducción a obesidad los niveles de glucosa se mantuvieron entre 102.5 ± 10.8 al inicio y 110.2 ± 23.3 mg/dL de glucosa en sangre.

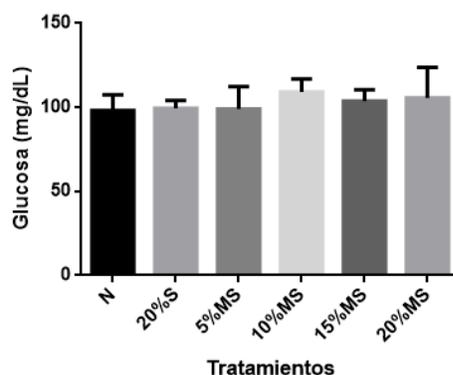


Figura 114. Comparación de los tratamientos del alimento de obesogénico en la alteración de glucosa. N, 20%SN, 5%MS, 10%MS, 15%MS, 20%MS, no hay diferencia estadísticamente significativa $p < 0.05$ (ANOVA).

6.4.-Evaluación del perfil de lípidos

En la Figura 20 se muestra el comportamiento de los triglicéridos, donde podemos determinar que el grupo 20%MS tiene mayor alteración, pero el 15%MS, es el que tiene un ascenso constante en triglicéridos Tabla 5, esto a pesar que no encontramos una diferencia significativa $P < 0.05$ entre grupos.

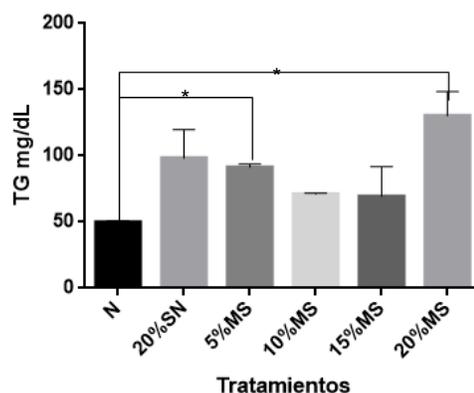


Figura.15. Comparación de los tratamientos del alimento de obesogénico en la alteración de TG, en grupo N (Normal), 20%SN (20% Sacarosa), 5%MS (mantequilla y sacarosa), 10%MS (mantequilla y sacarosa), 15%MS (mantequilla y sacarosa), 20%MS (mantequilla y sacarosa), si hay una diferencia estadísticamente significativa $*p < 0.05$ (ANOVA y t-Student).

En la Tabla 5 se muestran los niveles de triglicéridos a través de 30 días de tratamiento con el alimento obesogénico, se tomaron muestra de sangre cada 15 días, donde se observa que el 20%MS se encuentran más alto en la inducción, en los otros grupos solo el 15%MS tiene una elevación constante, a pesar de que no hay diferencia estadísticamente significativa $p < 0.05$ entre el 15%MS y los grupos experimentales, pero si hay en el grupo N vs 20%MS y N vs 5% con una $p < 0.05$ Figura 20.

Tabla 3. Perfil de triglicéridos mg/dL (TG) a través de tiempo.

Tratamiento	TG mg/dL basal	TG mg/dL 15 días	TG mg/dL 30 días	P < 0.05
5%MS	83.4	82	73	ns
10%MS	70.5	71.5	67.2	ns
15%MS	53.5	98.8	105	ns
20%MS	103.2	160.6	145.3	ns
20%S	102	119.8	84	ns
Normal	67	50.5	165	ns

Prueba estadística ANOVA con una P<0.05, ns: (No significativa)

6.5.- Consumo de alimento con la tarta proteica *J. curcas F.*

En cuanto al consumo de alimento funcional con la adición de la torta proteica de *J. curcas F.* en distintos porcentajes, se observó que hay mayor aceptación y consumo en el grupo de 15%JS, en comparación con los demás tratamientos. Para determinar Δ de peso fue mediante la siguiente ecuación.

$$\Delta P = \frac{\text{Peso inicial (g)} - \text{Peso final (g)}}{\text{Peso final (g)}}$$

Después de las semanas de tratamiento con el alimento funcional se observa que en el grupo de 15 por ciento de *J. curcas* más el agua al 20% de sacarosa (15%JS) tuvo mayor pérdida de peso de acuerdo a la ecuación antes mencionada y el siguiente grupo fue el del 20 por ciento de *J. curcas* más el agua al 20% de sacarosa (20%JS), lo que nos muestra que entre mayor contenido de *J. curcas* en el alimento tendrán mejor pérdida de peso, esto mejorando la firmeza del alimento lo cual podría ser que el del 20 por ciento de *J. curcas* más el agua al 20% de sacarosa (20%JS) tuviera menos consumo de alimento y el mismo proceso fisiológico que se mencionó en el primer alimento.

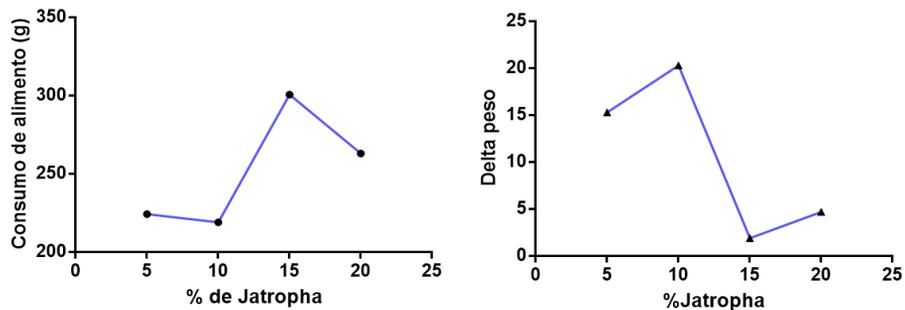


Figura 16. Consumo de alimento y delta de peso en distintos grupos, 5%+20%MS, 10% + 20% MS, 15% + 20%MS, 20% +20% MS.

Por lo que en estas graficas encontramos tener una disminución de peso entre mayor porcentaje de la torta proteica de *J. curcas F.*, al igual que tiene una buena aceptación en el consumo proporcionado a los animales de estudio.

6.6.- Evaluación del efecto del alimento la torta proteica de *J. curcas F.* en peso, triglicéridos y glucosa

Para la evaluación del efecto del alimento funcional, se tomaron en las mismas condiciones que el alimento de engorda como se muestra en la sección 6.5, cambiando la toma de muestra.

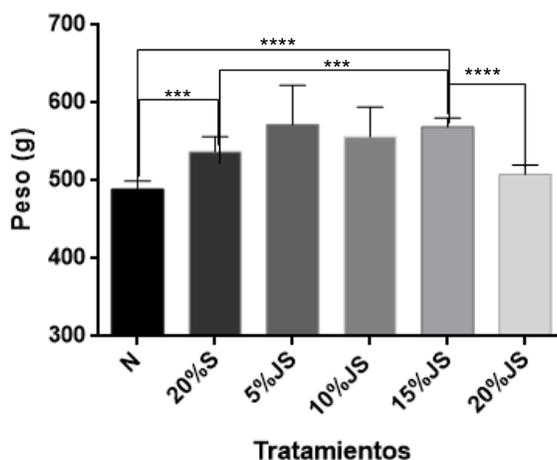


Figura 17. Comparación en peso (g) de las ratas vs tratamiento al consumir alimento funciona, se observa que hay un aumento estadísticamente significativo entre el 15%MS y 20%MS, así como en el 15%MS y N $P < 0.0001$ (ANOVA, Post Hock).

En el caso del peso de las ratas, la medición fue semanal, por otro lado, la glucosa y triglicéridos (TG), solo se tomó al inicio, a la mitad y al final del tratamiento, ya que no se observó cambio en las mediciones cada 15 días como realizó con el alimento para la inducción a obesidad.

El promedio del peso al inicio del tratamiento fue de 506 ± 148.7 g y para el final del tratamiento se obtuvo un promedio de 475.5 ± 169.7 g peso en donde hubo una disminución aproximadamente de 30.5g lo cual fue estadísticamente significativo con una $P < 0.05$ y 15%MS es el que tuvo el mayor aumento de peso.

Al comparar cada uno de los grupos con el alimento funcional no se observó una diferencia estadísticamente significativa $p < 0.05$ en los niveles de glucosa en sangre al transcurrir el tiempo (Figura. 22).

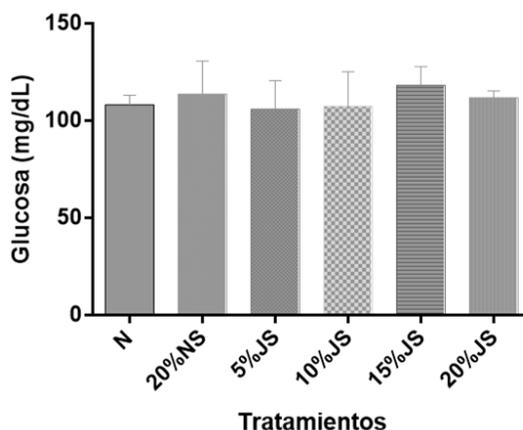


Figura 18. Comparación en glucosa (mg/dL) de las ratas vs tratamiento al consumir alimento funcional, no hay diferencia estadísticamente significativa $P < 0.05$ entre los grupos (ANOVA, TUKEY).

En el caso de los lípidos, se midieron los triglicéridos al inicio, medio y final del tratamiento, esto por observaciones en la estandarización del alimento obesogénico donde no hubo una diferencia con los otros parámetros.

Para el alimento funcional en cuestión a los triglicéridos se encontró que no hay diferencia significativa $p < 0.05$ entre los mismos grupos como se muestra en la Figura 23 se puede observar que el grupo de 20%JS es el que contiene mayor elevación de TG, entre estos grupos el 20%SN es el que menos elevación tiene, más adelante se comparara entre los 2 alimentos reconstituidos, para ver la eficiencia del alimento funcional que contiene torta proteica de *J. curcas F.*

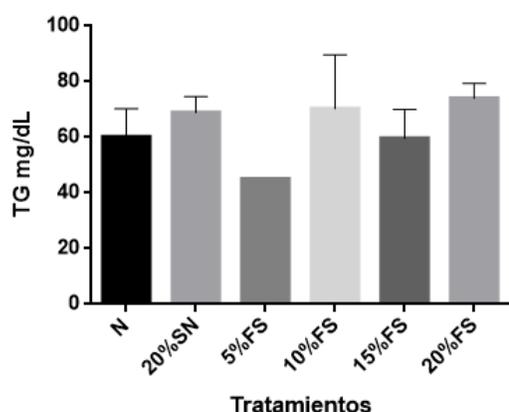


Figura. 19. Comparación de los tratamientos del alimento funcional en la alteración de TG, en grupo N, 20%SN (Sacarosa), 5%FS (Funcional y sacarosa), 10%FS (Funcional y sacarosa), 15%FS (Funcional y sacarosa), 20%FS (Funcional y sacarosa), no hay una diferencia estadísticamente significativa $p < 0.05$ (ANOVA y Tukey).

En la Tabla 4 se muestra una disminución de TG si se compara el inicio con los valores finales, donde se puede ver que el 20%FS es que mayor disminución tiene entre los demás grupos, después sigue el 15%FS entre los grupos que reciben el tratamiento con el alimento funcional, pero a pesar de ver esta tendencia no muestra una diferencia estadísticamente significativa con una $p < 0.05$.

Tabla 4. Perfil de triglicéridos (TG) a través de tiempo con alimento de engorda y alimento funcional

Tratamiento	Inicio AF (mg/dL)	Intermedio (mg/dL)	Final (mg/dL)	<i>P</i> < 0.05
5%FS	56.4	10.8	64.8	ns
10%FS	32	85.3	35.8	ns
15%FS	67	12.2	45	ns
20%FS	70.2	77.8	1.2	ns
20%SN	56.6	19.2	19	ns
Normal	45	21.5	45	ns

Prueba estadística ANOVA con una $P < 0.05$, ns: (No significativa)

Por lo cual se tendría que aumentar el tiempo de administración del alimento funcional y ya que solo se administró por 10 semanas el tratamiento, esto para poder observar una mejor diferencia entre cada uno de los grupos y poder observar la eficiencia de la torta proteica de *J. curcas F.* para la disminución de lípidos en sangre.

6.7.- Composición de la torta proteica *J. curcas Fernanda* con grasa y sin grasa.

La composición de la semilla y la torta proteica de *J curcas Fernanda* cambia de acuerdo al lugar, así como sus condiciones de cultivo y el método de extracción del aceite. A mayor extracción de aceite, aumenta la concentración de proteína, cenizas y fibra como se muestra en la tabla 2.

Tabla 5. Composición de la torta *J. curcas Fernanda*.

Componentes	Torta <i>J. curcas Fernanda</i> con grasa.	Torta <i>J. curcas Fernanda</i> sin grasa.	<i>P</i> <0.05
Grasa	60.98 ± 1.45	51.94 ± 0.42	< 0.05
Proteína	17.31 ± 0.13	23.51 ± 0.30	<0.0001
Ceniza	4.47 ± 0.14	5.67 ± 0.5	<0.05
Fibra	8.08 ± 0.00	9.92 ± 0.64	ns

Prueba estadística ANOVA con una *P*<0.05, ns: (No significativa)

El contenido de los componentes presentes en la tarta de *J. curcas Fernanda* cambia de manera importante cuando se aplica un proceso de extracción de aceite, presentando una diferencia estadísticamente significativa con una *P* <0.05 en la grasa y la ceniza, y con una *p*<0.0001 la proteína después de la extracción del aceite.

6.8.- Grupos funcionales de la torta proteica de *J. curcas F.*

El análisis de espectroscopía de infrarrojo transformada de Fourier (FTIR), identifica los grupos funcionales del alimento utilizado con las ratas en el laboratorio (Rodent diet 5001), de la semilla completa de *J. curcas F.*, la torta (harina) proteica con grasa y sin grasa, al igual que el alimento reconstituido (alimento funcional) con el 15% de *J. curcas F.*, esto para corroborar la composición en cada una de las presentaciones.

Para el alimento base que se utiliza en el laboratorio (Rodent diet 5001) observamos que solo se encuentran tres segmentos importantes que se encuentran entre 1000

y 3000 cm^{-1} , a 2900 cm^{-1} se identifican la banda correspondiente al estiramiento C-H, la banda 1600 cm^{-1} corresponde a la flexión de un enlace N-H de amina y una vibración a 1000 cm^{-1} de enlace C-O (Figura 14).

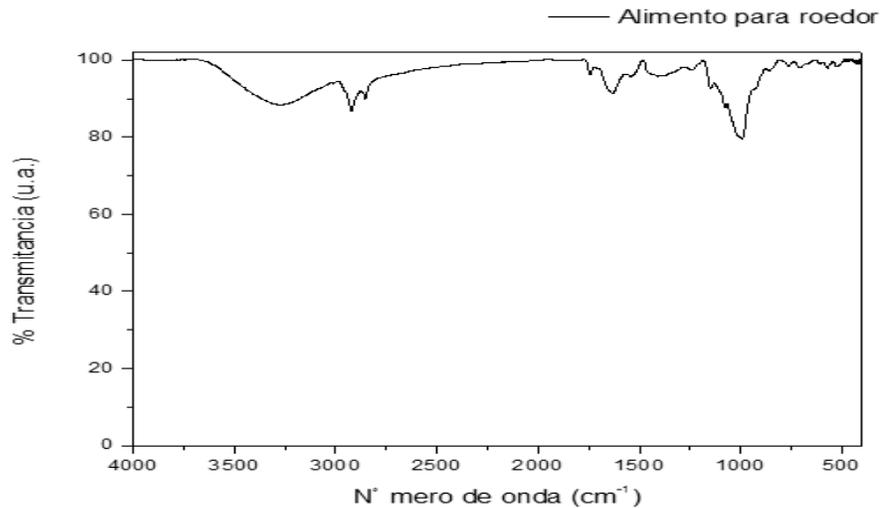


Figura 20. Análisis de FTIR del alimento Rodent diet 5001 para conocer los grupos funcionales basales.

El FTIR de la semilla completa, comparándola con la torta (harina) con grasa sólo se diferencian por la presencia de un compuesto funcional, la cual es una amina ³⁵ con una vibración en 1653.02 cm^{-1} , dicha amina podría estar presente en la cáscara

ya que para realizar la torta solo se retiró la primera capa de la semilla de *J. curcas* F., por tanto no hay una diferencia entre los grupos funcionales (Figura 15).

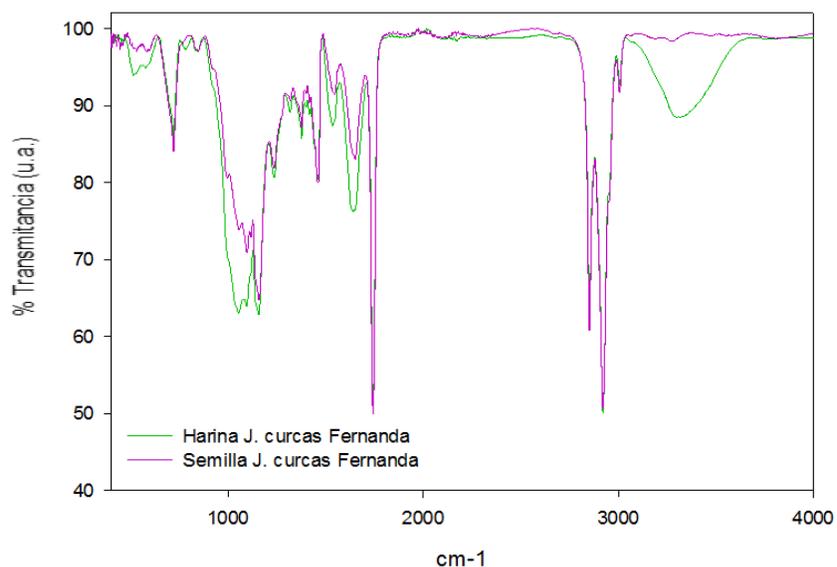


Figura 21. Análisis de FTIR de la semilla completa y harina sin grasa de *J. curcas* F, para conocer los grupos funcionales. En esta comparación solo se diferencia por una amina.

En la Tabla 3 se observa de manera más puntual cada vibración y su interacción con los grupos funcionales para la semilla y harina de *J. curcas Fernanda no toxica* con y sin grasa, la cual fue utilizada en el presente estudio.

Tabla 6. Comparación de grupos funcionales de la semilla completa, harina con grasa, harina sin grasa *J. Curcas Fernanda*

Semilla completa		Harina con grasa		Harina sin grasa	
Vibración cm-1	Interacción	Vibración cm-1	Interacción	Vibración cm-1	Interacción
2922.34	CH	2922.34	CH	2922.34	CH
2852.97	CH	2852.97	CH	2852.97	CH
1743.95	C ₅ H ₁₀	1743.95	C ₅ H ₁₀	1743.95	C ₅ H ₁₀
1653.02	NH ₂	1653.02	NH ₂	1653.02	NH ₂
1641.24	NH ₂				
1458.41	C-C	1458.41	C-C		
1156.83	CO	1156.83	CO		
1054.13	CO	1054.13	CO	1054.13	CO
721.50	C-CL	721.50	C-CL		

Para la harina sin grasa de *J. curcas F.* se encontró en el análisis FTIR presencia de grupos funcionales en las siguientes vibraciones 1054.13, 1641.24, 1743.95, 2852.97, 2922.34 cm^{-1} , los cuales corresponden a C-O, N-H, C-H, C_5H_{10} , C-H respectivamente (Tabla 3).

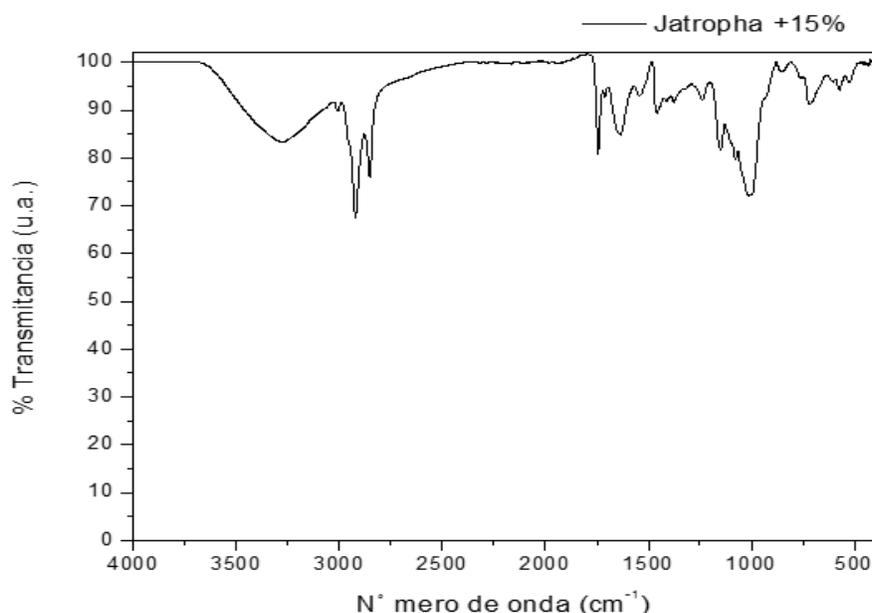


Figura 22. Análisis de FTIR del alimento funcional con el 15% de harina sin grasa de *J. curca F.*

El análisis FTIR del alimento funcional se llevó a cabo para la formulación del alimento con el 15% de la harina, por lo que tienen vibraciones similares a las otras presentaciones de la materia prima, lo que se diferencia de esta última es el porcentaje de transmitancia el cual tiene una ligera diferencia entre las vibraciones, siendo más similar a la harina con grasa, esto a consecuencia que el alimento base tiene gran cantidad de ácidos grasos provenientes de la harina de pescado lo cual nos está mostrando una semejanza (Figura. 16).

6.9.- Comparación entre cada uno de los alimentos

Anteriormente se evaluaron los alimentos por separado y su comportamiento entre cada uno de los parámetros medidos durante el experimento, en este apartado se hará una comparación entre los dos alimentos utilizados para ver con mayor detenimiento su eficiencia para la disminución de lípidos en sangre en ratas obesas. Para realizar esta comparación se determinará el porcentaje de cambio de peso y TG que son los dos parámetros más importantes en este estudio.

De manera general comparando a los 2 meses con el alimento obesogénico y posteriormente a los 4 meses con el alimento funcional, donde el porcentaje de cambio se obtuvo mediante las siguientes ecuaciones.

$$\%CP = \frac{\text{Peso (g)2 meses} * 100}{\text{Peso inicial (g)}} \text{ Y } \%CP = \frac{\text{Peso (g)4 meses} * 100}{\text{Peso (g)2 meses}}$$

Al momento de comparar el alimento obesogénico con el alimento funcional en conjunto con todos los grupos podemos ver que el grupo control N se mantiene aproximadamente en el mismo rango de porcentaje, el de 20%NS sigue ligeramente en aumento.

Los demás grupos que recibieron alguno de los alimentos reconstituidos comparándolos con su mismo porcentaje, pero distinto alimento vemos que todos tuvieron una disminución de porcentaje de cambio de peso Figura 25.

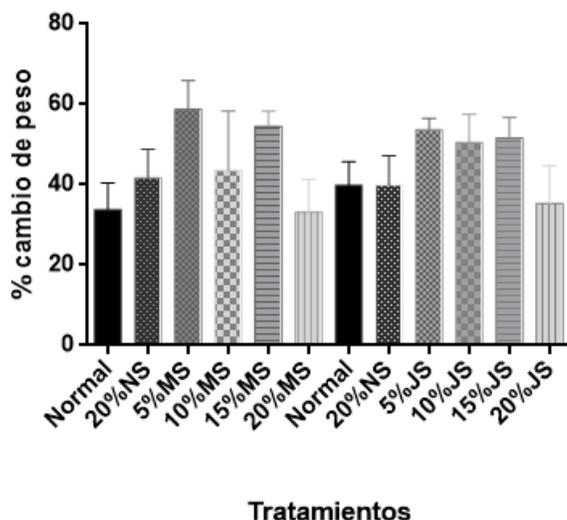


Figura. 23. Porcentaje de cambio de peso entre los alimentos.

De manera más específica el grupo 15%MS comparándolo con el 15%JS y los grupos 20%MS y 20%JS viéndolos a través del tiempo y sacando el porcentaje de cambio estas comparaciones son las que se observa una diferencia estadísticamente significativa con una $P < 0.05$.

Los otros dos grupos que recibieron los distintos alimentos si muestran una disminución, pero no presentaron una estadística significativa como los ya antes mencionados.

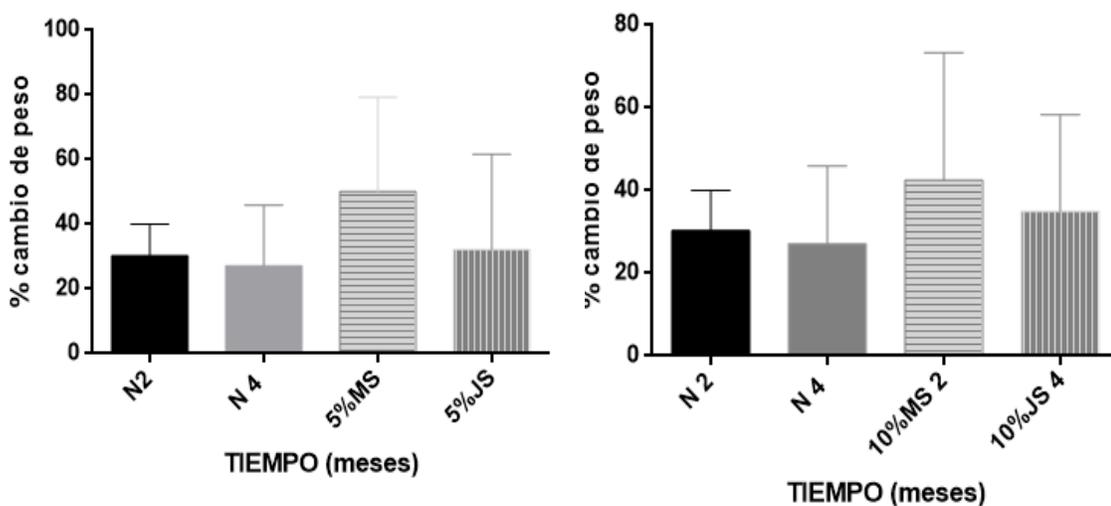


Figura. 24. Comparación del grupo control con los grupos experimentales vs tiempo. En los grupos 5%MS VS 5%FS y 10%MS VS 10%FS, no muestran estadísticamente significativo pero si hay una disminución (T-Student), N2 (grupo normal 2 meses), N4 (grupo normal 4 meses), 5%MS2 (grupo de 5% mantequilla y agua con sacarosa 2 meses), 5%MS4 (grupo de 5% mantequilla y agua con sacarosa 4 meses), 10%MS2 (grupo 10% mantequilla más agua 20% sacarosa a los 2 meses), 10%MS4 (grupo 10% mantequilla más agua 20% sacarosa a los 4 meses).

En la Figura 24 se muestra de manera más clara la comparación de los primeros grupos de experimentación con el porcentaje de cambio de peso con respecto al tiempo total del estudio realizado, en donde se encontró que en estos dos grupos no hay una diferencia significativa $P < 0.05$, pero si se puede apreciar una disminución de peso al comparar a los 2 meses que fue el tiempo de la suministración del alimento obesogénico y a los 4 meses que fue al finalizar el tratamiento con el alimento funcional.

Por otra parte en la Figura 25, se muestra lo contrario a lo antes mencionado ya que en este caso los dos últimos grupos de experimentación si muestran una diferencia estadísticamente significativa con una $P < 0.05\%$, en donde se observa que el grupo de 15% de *J. curcas F.* y agua al 20% de sacarosa (15%MS), a los dos meses en comparación 15% de *J. curcas F.* y agua al 20% de sacarosa (15%JS) a los cuatro meses aproximadamente disminuyó 5 por ciento de peso y en el grupo 20% de *J. curcas* y agua al 20% de sacarosa (20%MS) a los dos meses comparándolo con 15% de *J. curcas F.* y agua al 20% de sacarosa (15JS) a los 4 meses es aproximadamente el doble de la disminución al grupo anterior, entonces podemos decir que entre mayor porcentaje de *J. curcas F.* contenga el alimento mayor será el porcentaje de cambio de peso.

En cuestión a los triglicéridos a través del tiempo de experimentación se encontró

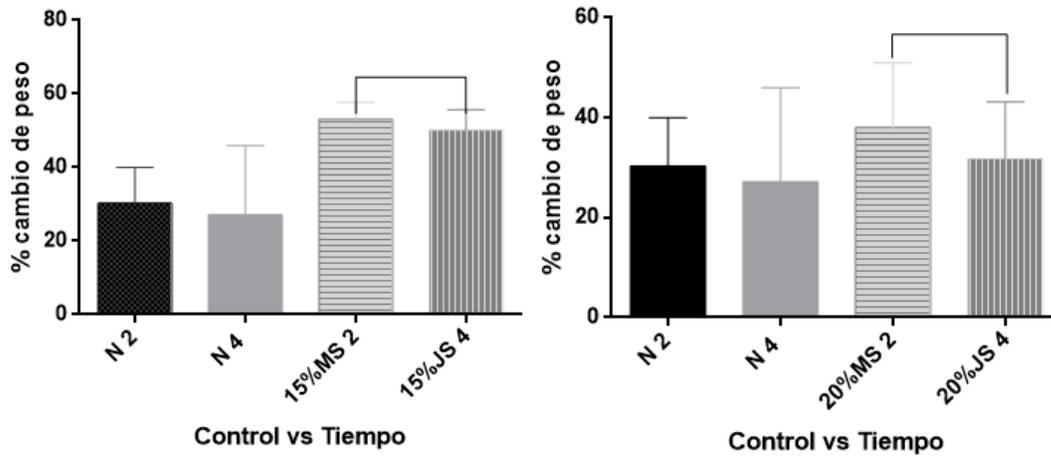


Figura. 25. Comparación del grupo control con los grupos experimentales vs tiempo. Muestra una estadísticamente significativa con $P < 0.05$ en los grupos 15%MS VS 15%FS y 20%MS VS 20%FS, (T-Student), N2 (grupo normal 2 meses), N4 (grupo normal 4 meses), 15%MS2 (grupo de 15% mantequilla y agua con sacarosa 2 meses), 15%MS4 (grupo de 15% mantequilla y agua con sacarosa 4 meses), 20%MS2 (grupo 20% mantequilla más agua 20% sacarosa a los 2 meses), 20%MS4 (grupo 20% mantequilla más agua 20% sacarosa a los 4 meses).

que hay una diferencia estadísticamente significativa con un $P < 0.05$ comparando a los dos meses de la administración del alimento obesogénico para la inducción a obesidad y a los cuatro meses con el alimento funcional, así mismo podemos decir que durante la administración del alimento funcional hay una disminución de triglicéridos independientemente del porcentaje de la torta proteica de *J. curcas F.*

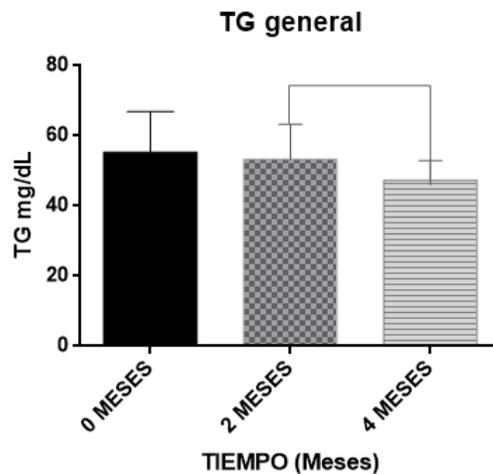


Figura. 26. Comparación general de los triglicéridos a través del tiempo de experimentación con los dos alimentos reconstituidos, muestra una estadísticamente significativo entre los 2 meses en la inducción a obesidad y a los 4 meses con el alimento funcional con una $P < 0.05$ (ANOVA y Tukey).

En el grupo con el 5% de ambos alimentos administrados comparandolo con el grupo 2, que es uno de los controles ya que de esa manera en la literatura inducen a la obesidad^{51,52}.

Observando su comportamiento de los triglicéridos durante el total del tiempo de experimentación observamos que no es estadísticamente significativo, pero si vemos una tendencia en la disminución conforme fue pasando el tiempo, lo cual no era lo ideal porque se esperaba tener a los dos meses una elevación mayor de los triglicéridos a los 2 meses de la administración del alimento obesogénico, a pesar de esto es mayor la disminución de triglicéridos a los 4 meses que fue la finalización del estudio.

Por otra parte comparando a los grupos de experimentación con el grupo 2 del 20%NS y el 10%MS hay una diferencia estadísticamente significativa con un $P < 0.05$.

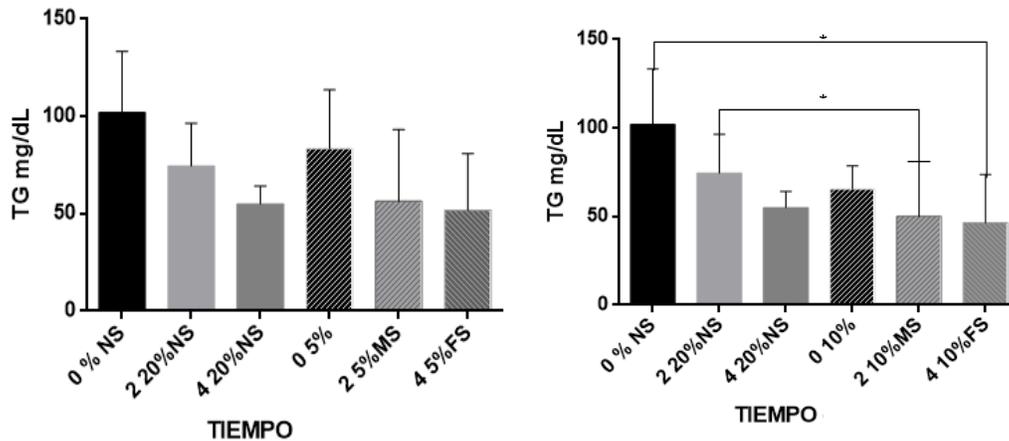


Figura. 27. Comparación del 2 al 20% sacarosa y los grupos del 5% y 10% de ambos alimentos utilizados. En donde solo hubo una diferencia estadística significativa $P < 0.05$ en el grupo del 10% a través del tiempo (ANOVA y t-Student).

Así mismo comparando los niveles de TG con el grupo al inicio, con solo el agua al 20%S vs el grupo a los 4 meses de experimentación donde ya se habían suministrado los dos alimentos realizados vemos también que tiene una diferencia estadísticamente significativa con una $P < 0.05$.

Al momento de analizar los dos últimos grupos con el grupo control con solo agua al 20%S, se observa que en el grupo con el 20%MS y el de 20%JS tienen el mismo efecto no esperado que el grupo de 5%MS y 5%JS, ya que presenta una tendencia a la disminución de los triglicéridos constante, cuando debería aumentar a los dos meses mayor en comparación a los parámetros iniciales.

El grupo con el 15% de ambos alimentos administrados fue el que tuvo el comportamiento esperado, porque en este grupo si hay una elevación de triglicéridos mayor en comparación con al inicio y al finalizar el experimento tiene

una disminución mayor esto a pesar de que no muestra una diferencia estadística significativa $p < 0.05$.

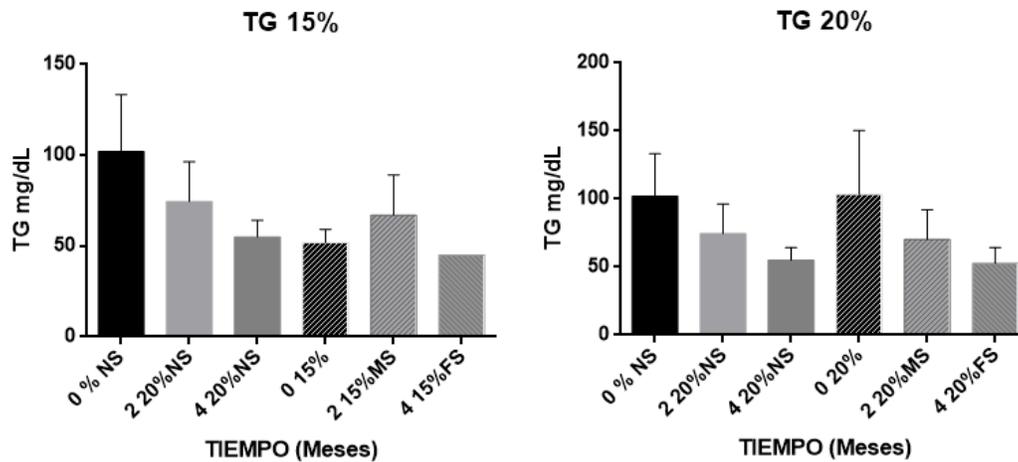


Figura. 28. Comparación del grupo al 20% sacarosa y los grupos del 15% y 20% de ambos alimentos utilizados. En donde el grupo de 15% en ambos alimentos tuvo el comportamiento esperado esto a pesar de no presentar una diferencia estadística significativa $P < 0.05$ a través del tiempo (ANOVA y Tstudent).

Pero si podemos decir que el grupo con el 15% tanto del alimento obesogénico como el alimento funcional tiene mayor alteración en peso y triglicéridos que son los dos parámetros más importantes en este estudio durante la inducción a obesidad, así mismo una disminución de triglicéridos y peso al administrar como tratamiento el alimento funcional.

7.- Discusiones.

La materia prima utilizada en el estudio fue la fruta de *Jatropha curcas*, esta produce tres almendras (semillas), en la cual cada una de ellas tiene aproximadamente entre el 50-60% de lípidos, 30-32% de proteína ⁴², en otro artículo nos muestra que tiene de lípidos el 55% y de proteína el 25% esto varía por el lugar donde se cultive y su cuidado. Comparándolo con otras especies oleaginosas (soja, girasol, linaza, jojoba, canola entre otras), determinamos que contiene una muy buena fuente de lípidos como de proteína ²⁰. El estudio realizado arrojó porcentajes similares en cuanto los lípidos y de proteína de *J. curcas F.*, comparando solo la torta proteica con grasa de *J. curcas L.*, la cual contiene 52.9 ± 0.01 y de proteína de 25 ± 0.05 . Otro componente importante de esta semilla es la fibra la cual está presente en estas dos plantas que se comparan, siendo que la utilizada tiene mayor concentración de la misma con un 8.08 ± 0.00 y en el artículo revisado es de 0.93 ± 0.05 ³¹, estas variaciones van dependiendo de la especie, del lugar y las condiciones que se cultive esta planta, cabe destacar que la torta proteica utilizada tiene mayor concentración de proteína.

Después a esta misma harina con grasa se le sometió al proceso de extracción, lo realizado fue por medio de una extracción mecánica en frío donde obtuvimos el 51.94 ± 0.42 en lípidos y 25 ± 0.05 de proteína, y por último 9.92 ± 0.64 de fibra y por el otro lado obtuvieron 5.30 ± 0.22 de lípidos, 57.13 ± 0.14 de proteína y de fibra fue de 4.42 ± 0.19 se realizaron dos procesos, el primero mecánico y el segundo por solventes.

Lo cual se tiene que mejorar el método de extracción, como lo reportado, si hay una tendencia que nos indica que entre mayor sea la extracción de aceite va en aumento las concentraciones del resto de componentes evaluados (Tabla 2).

El alimento utilizado como tratamiento tiene casi todos los grupos funcionales de la harina con grasa, exceptuando un C-CL con una vibración de 721.50 cm⁻¹, lo cual indica que el alimento de laboratorio contiene harina de pescado agrega los grupos funcionales que se pierden después de la extracción de aceite. Actualmente no se ha encontrado ningún artículo que verifique lo encontrado con esta prueba en la semilla utilizada para contrarrestar la información presentada, ya que la semilla actualmente es más utilizada para la fabricación de biocombustibles ^{19,21}, que en el ámbito nutricional.

Para la inducción a obesidad se ha realizado con agua azucarada ad libitum pero con una concentración de sacarosa al 35% durante 18 semanas por vía oral ³³, en otro artículo con el 50% de sacarosa durante 90 días ³⁴, comparando con la inducción realizada fue al 20% de solución de sacarosa pero requeríamos que fuese la alteración en menor tiempo por lo cual simulamos el consumo de grasa saturada con mantequilla mezclada en el alimento Rodent Diet 5001, el cual se utiliza en el laboratorio, lo cual nos dio una respuesta en 10 semanas de tratamiento llegar por arriba de los 500g por rata en los grupos experimentales cuando en los demás artículos solo se ha utilizado con sacarosa la cual lleva más tiempo en su inducción.

La densidad calórica para ver el aumento de energía que se le suministró a cada una de los grupos experimentales, teniendo en cuenta que el alimento base del laboratorio (Rodent Diet 5001), tiene 2.91 kcal por gramo en su etiquetado

nutricional y que los lípidos nos dan 9 kcal por gramo, de esta forma, se obtuvo 1455 Kcal de consumo habitual con solo el alimento base del laboratorio, posteriormente el grupo con el 5%MS consumió 1607.2 Kcal, 10%MS 1759.5 Kcal, 15%MS 1991.7 kcal y el 20%MS 2064 kcal, en cada uno de los tratamientos hay un aumento de 152 kcal por tratamiento. Se ve entre mayor porcentaje de mantequilla incorporado al alimento aumenta la densidad calórica de cada uno de los tratamientos, el 15%MS tuvo el mayor aceptación y aumento de Δ peso, esto podría deberse a la composición del mismo ya que conforme se iba aumentando la cantidad de grasa se hacía más frágil el alimento a la hora de suministrarlo a los grupos experimentales, por lo cual hay una diferencia importante en el consumo del alimento obesogénico, donde podemos ver que el 15%MS tuvo un consumo de 280g mientras que el 20%MS era de 240 g en promedio por semana aproximadamente, por lo cual es factible que sea el que mayor Δ de peso, en cuanto a lo reportado en otros estudios, nos muestran que el hecho de solo suministrar agua azucarada en distintos porcentajes, si hay un aumento de peso pero de manera más tardada ya que requieren mayor tiempo de administración.

El alimento obesogénico utilizado para la inducción a obesidad de los tratamientos experimentales, en donde aquí mostramos que, a pesar de haber tenido mayor consumo y delta de peso, a la hora de realizar la prueba estadística ANOVA, mostro que el 5%MS tiene mayor aumento de peso en comparación con los demás tratamientos dándonos una diferencia estadísticamente significativa con $P < 0.05$, exceptuando el 15%MS.

Durante la inducción a las ratas a obesidad solo se observó cambios en los TG, donde el 15%MS en entre mayor consumo de grasa hay mayor probabilidad de tener niveles elevados de TG en sangre, en cuanto a la glucosa sus niveles se mantuvieron entre 102.5 ± 10.8 al inicio y 110.2 ± 23.3 mg/dL al final de la inducción a obesidad por lo cual no hubo una diferencia estadísticamente significativa.

El alimento utilizado como tratamiento en donde al inicio de la administración al inicio obtuvimos un promedio de peso de 523 ± 35.6 g y al final un aumento de peso estadísticamente significativo $P < 0.001$ entre el 5%JS vs 20%JS* y N**, 10%JS vs 20%JS* y N**, el 15%JS vs 20%JS****, 20%SJ***, y N****, el 20%JS vs 20%SJ** y N*, por último el 20%SJ vs N***, es más significativo, el 15%JS con 300g de consumo por semana, con esto también fue mayor su consumo de este alimento en comparación con el alimento obesogénico, pero es el que menos delta de peso presentó, cabe mencionar que hay diferentes situaciones que se contradicen, por lo cual sería importante volver a realizar este tratamiento en particular para ver la efectividad del alimento, ya que hubo causas ambientales que no se pudieron controlar.

En el perfil de lípidos (colesterol HDL, LDL, TG, CHOL, relación en HDL-CHOL), no hubo alteración exceptuando a los TG donde los resultados mostraron que si hay una tendencia en la disminución de lípidos con una administración de 8 semanas por tratamiento.

En cuanto a la glucosa de igual forma no hubo ninguna alteración estadísticamente significativa manteniendo entre 100 y 118 mg/ dL de glucosa en sangre.

El estudio realizado no se ha encontrado referencia literaria en la forma de utilizar la pasta proteica (harina), de *J. curcas F.* pero si hay evidencia científica que muestra que tiene efecto hipolipemiente tal es el caso de Njintang-Yanou N. y col. (2013) realizaron estudios en ratas de experimentación, y encontraron que *J. curcas* puede ser utilizada como una alternativa de tratamiento natural contra la obesidad y sus alteraciones, en donde se comparó dos oleaginosas de *A. floribunda* y *J. curcas*, se evaluaron antioxidantes y perfil lipídico después de la administración de extractos crudos en ratas albinas, colocados en una dieta alta en grasas²⁶ que es similar a la inducción a obesidad realizada en el presente estudio.

El cual encontramos una tendencia marcada en la disminución de TG en sangre que a pesar de no haber una disminución estadísticamente significativa si se observa una disminución gradual en el 15%JS, al mismo tiempo que es el tratamiento con menor aumento de peso (véase tabla 6 y Figura. 21).

Estudio realizado por Kamitori y col. (2016) utilizaron otras partes de la misma planta en donde evaluaron el efecto antioxidante de raíz y hoja de la *J. curcas*, mostró que uno de los componentes antioxidantes tuvo un efecto protector y un efecto de anti-cancerígeno²⁷. Otro grupo funcional que tiene la torta o harina de *J. curcas F.* son los β -glucanos con un 31.7% los cuales son necesarios para el desarrollo y crecimiento animal debido a que intervienen directamente en el metabolismo³², hay un estudio realizado en 62 pacientes con hipercolesterolemia moderada, donde administraron 3g los β -glucanos de avena o de salvado de trigo en yogurt bajo en grasa por 8 semanas no afectó los niveles de colesterol¹⁴, mientras que Karmally et 2005 encontró una disminución significativa de 4,5% de colesterol en 152 sujetos

que consumían la misma cantidad de β -glucanos de avena por 6 semanas ¹⁵, de lo que nos podríamos plantear que pudiera ser el mecanismo de acción para poder tener el efecto hipolipemiante lo cual se tendría que corroborar en un estudio siguiente.

Realizando más análisis a nuestros datos obtenidos corroboramos que si hay una tendencia a la disminución tanto del peso como en los triglicéridos, a lo reportado en diversos estudios debemos tener en cuenta que en estos utilizaron extractos de la planta y en el estudio presentado es un subproducto que se obtiene después de solo un método de extracción de aceite y de manera económica es más factible que pudiera llegar a ser un tratamiento natural alternativo para pacientes con hipertrigliceridemia y obesidad.

Por ultimo de manera observacional ya que no existen estudios que se hayan realizado de manera similar el aquí presentado, la empresa que nos proporcionó la materia prima les da como alimento a su ganado de cerdos y observamos a la hora que se van al sacrificio tienen menor cantidad de grasa y tienen un peso mayor.

8.- Conclusiones

- En el consumo de alimento de obesogénico se encontró que el 15%MS es el alimento óptimo para tener una alteración en peso, lípidos y consumo en 10 semanas de tratamiento.
- El alimento funcional, se observó que entre mayor porcentaje de torta de *J. curcas* en el alimento funcional (15, 20%) hubo disminución en los lípidos en sangre.
- En el estudio bromatológico se observó que la torta proteica de *J. curcas Fernanda* tiene gran cantidad de grasa y fibra a otros artículos y no muestra una diferencia estadísticamente significativa entre sus componentes, pero si hay una tendencia en aumento de los componentes comparando el antes y el después de la extracción del aceite de la torta *J. curcas F.*
- El análisis espectroscópico FTIR muestra que no hay diferencia en los grupos funcionales al retirar la primera capa de la semilla, ya que solo se pierde una amina.

9.- Referencias.

1. Rivera J., Hernández M., Aguilar C., Vadillo F., Murayamá C. "Obesidad en México: Recomendaciones para una política de Estado. México", UNAM; 2012
2. Rivera J., Campos I., Barquera S., Gonzales T. "Situación de la obesidad en México, Epidemiología de la obesidad en México: magnitud, distribución, tendencias y factores de riesgo", 2012.
3. Scarcella C, Deppa JP. "Treatment of obesity: the need to target attention on high-risk patients characterized by abdominal obesity. *Cad Saud Publica* 2003;19 (suppl 1), S7-S19.
4. Scopinaro N. *The physiology of weight, Obesity online, 1997*(fecha de acceso 2017), URL <http://www.obesity-online.com/>.
5. Mercedes Elvira González Hita, Karen Gabriela Ambrosio Macías Y Sergio Sánchez Enríquez, "Regulación neuroendócrina del hambre, la saciedad y mantenimiento del balance energético" Vol. VIII • Número 3 • Diciembre 2006.
6. Barthel B, Cariou C, Lebos-Soison E, Mamos I. "Prevalence of obesity in children: study in the primary Parisian schools." *Sante Publ* 2001.
7. Langhans W. *Role of the liver in the metabolic control of eating: what we know and we do not know. Neurosci-Biobehav Rev.* 1996.
8. Flier JS, Foster DW. *Eating Disorders: Obesity, anorexia nerviosa and bulimia. En William's textbook of Endocrinology. 9 ed. Philadelphia: Saunders Company; 1998.*
9. Guerrero-Millo M. *Adipose tissue hormones. J Endocrinol* 2002 Nov, 25(10):855-61

10. *Cinti S. Adiposity differentiation and transdifferentiation: plasticity of the adipose organ. J Endocrinol 2002 Nov; 25(10)82335.*
11. Amparo Villar, "caracterización de polímeros y materiales", Alginet technologies 2002.
12. Lidia Esther Rodríguez Scull "Obesidad: fisiología, etiopatogenia y fisiopatología", Rev. Cubana Endocrinol 2003;14(2)
13. Comisión Federal de Mejora Regulatoria y Fundación Chespirito IAP, EL PROBLEMA DE LA OBESIDAD EN MÉXICO: diagnóstico y acciones regulatorias para enfrentarlo, agosto 2012.
14. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición "Evidencia de las Política Publica en Salud", 2012.
15. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, mundialmente conocida como (FAO), revisado 2017, <http://www.fao.org/docrep/V4700S/v4700s07.htm>
16. Gargallo M. Basulto J. Breton, I Quiles J. "Recomendaciones Nutricionales Basadas en la Evidencia para la Prevención del Sobrepeso y Obesidad en Adultos (Conceso FESNAD-SEEDO). Revista Española de Obesidad 2011.
17. Secretaría de Salud. Manual de Operación para las Intervenciones contra el sobrepeso y la obesidad en el marco del Acuerdo Nacional para la Salud Alimentaria. México; 2010.
18. Comisión Federal de Mejora Regulatoria y Fundación Chespirito IAP, EL PROBLEMA DE LA OBESIDAD EN MÉXICO: diagnóstico y acciones regulatorias para enfrentarlo, agosto 2012.

19. Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC), Guía de alimentos funcionales. Revisado en http://www.fesnad.org/resources/files/Publicaciones/guia_alimentos_funcionales.pdf
20. Roberfroid MB. Prebiotics and probiotics: are they functional foods. *Am J Clin Nutr* 2000; 71 (suppl):1682S-7S.
21. Ferrer B, Dalmau J. Alimentos funcionales. *Acta Pediatr Esp* 2001; 59: 150-155
22. Sarmiento Rubiano, L.A. "Functional foods, a new feeding alternative" Volumen 10 - Nº 1 - Año 2006.
23. N. Corzo1 y col. "Prebióticos; concepto, propiedades y efectos beneficiosos", *Nutr Hosp.* 2015;31(Supl. 1):99-118.
24. Scholz-Ahrens KE, Schaafsma G, Heuvel E, Schrezenmeir J. Efectos de los prebióticos en el metabolismo mineral. *Am J Clin Nutr* . 2001; 73 (supl): 459S-464S.
25. Lopez HW, Levrat-Verny MA, Coudray C, Besson C, Krespine V, Messenger A, Demigne C y Remesy : Class 2 resistant starches lower plasma and liver and improve mineral retention in rats. *J Nutri*, 200, 131:1283-1286.
26. Lovegrove JA, Clohessy A, Milon H, Williams CM. Modest doses of β -glucan do not reduce concentrations of potentially atherogenic lipoproteins. *Am J Clin Nutr*. 2000;72(1):49-55.

27. Karmally W, Montez MG, Palmas W, Martínez W, Branstetter A, Ramakrishnan R, *et al.* Cholesterol-Lowering Benefits of Oat-Containing Cereal in Hispanic Americans. *J Am Diet Assoc.* 2005;105(6):967-70.
28. SAGARPA “Información Técnica de Semilla de *Jatropha curcas* mexicana para Exportación”, 2012
29. Herrera Martínez J, Instituto Politécnico Nacional Centro de Desarrollo de Productos Bióticos “Experiencia con *J. curcas* L. en México. 2007.
30. Sánchez-Sánchez O. M., Valdés-Rodríguez O. A., Sánchez-Herrera D. E. “Ecología y Etnobotánica de *Jatropha curcas* L”, 2015.
31. Ortiz Calderón A. L. Facultad de química de Querétaro “Composición Química de *Jatropha curcas* Toxica y No Toxica y Destoxificada, y Efecto de su Consumo Sobre Parámetros Nutricionales y Tóxicos en Pollos”, 2012.
32. Pecina Quintero V., Anaya López J. L., Montes García N., Herrera Corredor C. “Marcadores Moleculares: Herramienta para el Mejoramiento Genético de *Jatropha curcas* L. 2015.
33. Hernández-Rodríguez P. “Importancia química de *Jatropha curcas* y sus aplicaciones biológicas, farmacológicas e industriales”, Universidad de La Salle. Bogotá, Colombia, *Revista Cubana de Plantas Medicinales.* 2012.
34. Yate Segura A. V. “Evaluación del proceso de extracción del aceite de *Jatropha curcas* L. para la producción de biodiesel” Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia 2013.
35. Gerpen J, Pruszko R, Knothe G, Shanks B y Clements D (2006). *Building a Successful Biodiesel Business.* Estados Unidos: Biodiesel Basics. *American Oil Chemists Society Biodiesel Handbook.*

36. FACT (2010). *Fuels from Agricultural in Communal Technology*. Recuperado el 06 de Noviembre de 2011, de Jatropha Handbook full: http://www.fact-foundation.com/en/Knowledge_and_Expertise/Handbooks.
37. Cardona C, Gutiérrez L y Orrego C (2009). *Biodiésel*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.
38. NFPA (2011). *Standard for solvent extraction plants*. Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association.
39. Sánchez (2009). *Extracción de aceites esenciales experiencia Colombiana. II Congreso Internacional de plantas medicinales y aromáticas*. Disponible en: <http://sisav.valledelcauca.gov.co> (Último acceso: 26 de Noviembre de 2012)
40. Thaddée Boudjeko, Judith Emery Kanemoto Ngomoyogoli, Alice Louise Woguia, Nicolas Njintang Yanou, Partial, "Characterization, antioxidative properties and hypolipidemic effects of oilseed cake of *Allanblackia floribunda* and *Jatropha curcas*", 2013.
41. Kamitori K, Suzuki T, Katayama T, Hossain A, Noguchi C, Dong Y, Yamaguchi F, Tokuda M, "Inhibitory effect of isoamericanol A from *Jatropha curcas* seeds on the growth of MCF-7 human breast cancer cell line by G2/M cell cycle arrest. 2016.
42. Shanti Bhushan Mishra, M., Vijayakumar, Sanjeev Kumar Ojha, Amita Verma, "Antidiabetic Effect of *Jatropha curcas* L., Leaves Extract in Normal and Alloxan-Induced Diabetic Rats", 2010.
43. León Lopez, Marquez- Mota, Velazquez-Villegas, Galvez Mariscal, Arieta-D Baez, Davila Ortiz, Tovar, Torres, "Jatropha curcas Protein concentrate

- Stimulates Insulin Signalig, Lipogenesis, Protein Synthesis and the PKC α Pathway in Rat Liver, BMC, Complement Altern Med., 2015.
44. Elizeth García Urias, "Ensilado de pescado adicionado con pasta de *Jatropha curcas* no tóxica como alternativa para la alimentacion de tilapia (*Oreochromis niloticus*), Sinaloa, 2012.
45. Verónica Alexandra Granda Paz" Formulación de una dieta óptima para pollos broiler en fase de engorde, basada en la bioconversión de la pasta residual de piñón (*Jatropha curcas*) con enzimas fibrolíticas", 2012.
46. Eymer Alonso Castillo Moreno, "Caracterización funcional de las principales fracciones proteínicas de reserva en semilla toxicas de *J. curcas L*". Sinaloa 2012.
47. M. Rodríguez Rosa, Suárez-Hernández J., Támara-Hernández Y. Caracterización de la torta obtenida del prensado del fruto de *Jatropha curcas*, *Pastos y Forrajes*, Vol. 39, No. 1, enero-marzo, 72-75, 2016.
48. Coates John, "Interpretation of infrared spectra, a practical approach", Chichister, 2000.
49. M. Piqué Teresa, Vázquez Analía" Uso de espectroscopía infrarroja con transformada de furier (FTIR), en el estudio de la hidratación del cemento", vol. 3, pag. 62-71, de 2012.
50. NORMA Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio.
51. Yisel Gonzales, Alfonso Orestes, Tania Llerena, Odalys Alfonso, Magalis de la Barca, Yudel Gonzales "Metabolic síndrome in Wistar rats induce by sucrose rich-diet", vol 49, 2015

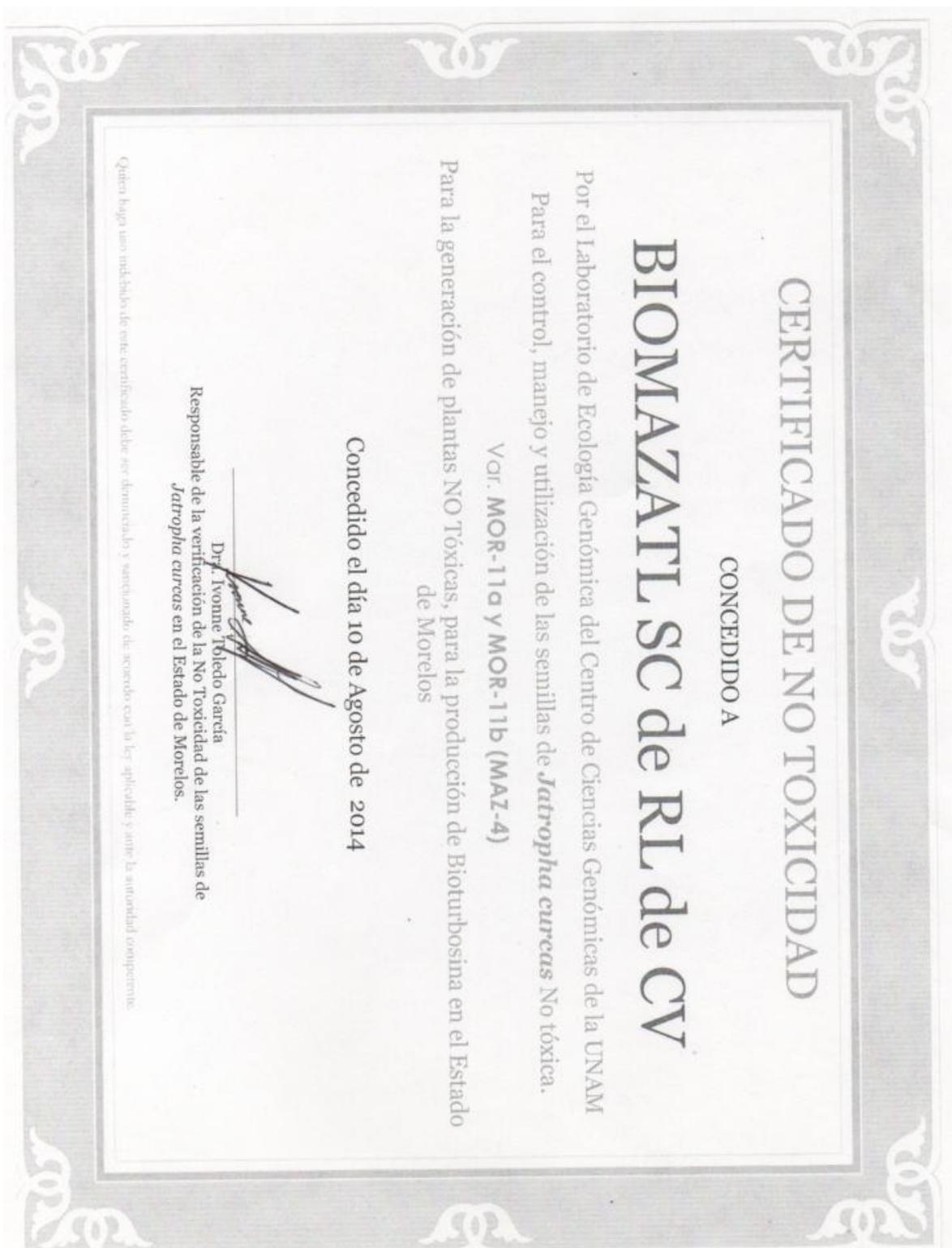
52. Maria Olguin, Marta, Gilda Revelant, Veronica Labourdette, Dario Marinozzi, Maria Venezia, Maria Singale, "efecto of a high fructose and sucrosa intake on metabolic parameters in obese diabetic rats", vol. 42 2015.
53. E. González-Jiménez y J. Schmidt Río-Valle, "Regulación de la ingesta alimentaria y del balance energético; factores y mecanismos implicados", *Nutr Hosp.* 2012;27(6):1850-1859.
54. Dawczynski C, Masse KA, Ness C, Kiehntopf M, Stepanow S, Platzer M, *et al.* (2013). Randomized placebo-controlled intervention with n-3 LC-PUFA-supplemented yoghurt: effects on circulating eicosanoids and cardiovascular risk factors. *Clin Nutr*, 2013, vol 32, num 5, pp 686-96. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23332800>
55. Saxena S, Katare C. (2014). Evaluation of flaxseed formulation as a potential therapeutic agent in mitigation of dyslipidemia. *Biomedical Journal*, 2014, vol 37, num 6, pp 386-390. doi:10.4103/2319-4170.126447
56. Vázquez-Trespacios EM, Romero-Palacio J. Efficacy of yogurt drink with added plant stanol esters (Benecol®, Colanta) in reducing total and LDL cholesterol in subjects with moderate hypercholesterolemia: a randomized placebocontrolled crossover trial NCT01461798. *Lipids in Health and Disease*, 2014, vol 13, pp 125. Recuperado de <http://www.lipidworld.com/content/13/1/125>
57. Association of Official Analytical Chemists (AOAC) internacional, 2015 derechos reservados,
https://www.aoac.org/aoac_prod_imis/AOAC/Publications/Official_Methods_of_Analysis/AOAC_Member/Pubs/OMA/AOAC_Official_Methods_of_Analysis.asp.

11.- Anexos

11.1.- Carta de apoyo por la empresa BIOMAZATL S.C. de R.L. de C.V.

	<p>BIOMAZATL SC de RL de CV La biotecnología al servicio de la patria BIO130221IF6 Galeana #3 Mazatepec, Mor. Tel: 777 3329250</p>
<p>Mazatepec Morelos a 27 septiembre del 2016</p>	
<p>Licenciada en Nutrición Alma Iris Cruz Toledo</p>	
<p>Presente.</p>	
<p>Por medio del presente documento me dirijo a usted como representante legal de la empresa BIOMAZATL SC de RL de CV, la cual se dedica al cultivo de <i>Jatropha curcas</i> no toxica, así como la obtención de aceite vegetal a partir de la semilla de <i>Jatropha</i>. Nuestra empresa está interesada en colaborar para todo desarrollo relacionado al manejo y consumo de cada uno de nuestros productos y sub productos, por lo que manifiesto el total apoyo para abastecer de las cantidades requeridas por su parte, para realizar las acciones que mejor convengas a su investigación y desarrollo.</p>	
<p>El material requerido será entregado en las instalaciones de nuestra planta de extracción una vez entregada la solicitud correspondiente.</p>	
<p>Sin más por el momento, me despido deseándole el mejor de los éxitos y agradeciendo su intención de colaboración hacia nuestra empresa.</p>	
<p>ATENTAMENTE</p>	
	
<p>Ing. Edgar Jaime Salinas Representante legal BIOMAZATL SC de RL de CV BIO130221IF6 Tel: 777 3329250</p>	

11.2.- Certificado de no toxicidad



11.3.- Carta de Ética



Facultad de Medicina

DR. JUAN JOSÉ ACEVEDO FERNÁNDEZ
Investigador de la Facultad de Medicina
Universidad Autónoma del Estado de
Morelos.
Presente.

Asunto: Autorización para la utilización
de animales para experimentación.

Estimado Dr. Acevedo

El Comité para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (CCUAL-FM-UAEM),
recibió su propuesta que lleva por título:

**“Efecto de la torta proteica de *Jatropha curcas*, sobre el perfil lipídico en
ratas obesas”.**

En su sesión extraordinaria del día 21 de marzo del 2018, el CCUAL-FM-UAEM,
autoriza la utilización de animales y los procedimientos realizados en ellos, con el
número de autorización: **005/2018**.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E .
Cuernavaca, Morelos; a 23 de Marzo del 2018.

Gerardo A.

MVZ. EDPV. GERARDO ARRELLIN ROSAS.
Secretario de CCUAL-FM-UAEM.

ccp. Archivo CCUAL.
ccp. MVZ. EDPV. Gerardo Arrellín Rosas. Coordinador del Bioterio FM-UAEM.

Calle Iztaccihuatl esq. Leñeros s/n, Col. Los volcanes
C.P.62350
Tel: 01 777 3 29 70 48

11.4.- Votos Sinodales

**FACULTAD DE NUTRICIÓN**



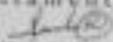
**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN.
Formato. Voto Sinodal.**

**COMISIÓN ACADÉMICA DE
LA MAESTRÍA EN CIENCIAS
DE LA NUTRICIÓN
PRESENTE**

Toda vez que el trabajo de Tesis realizado por el (la) C. Alma Iris Cruz Toledo, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula 102200160208, y que lleva por título "Efecto de la torta proteica de *Jatropha curcas*, sobre el perfil de lipídico en ratas obesas ha sido revisado a satisfacción me permito en mi carácter como miembro de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

1. La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva prestar a la presente:

Aientamente

Dra. Araceli Ortiz Rodriguez
Sinodal Titular.

Firmo para lo que resulte conducente, en la ciudad de Cuernavaca Morelos, a los 13 días del mes de febrero de 2019.

Calle Itzacshuatl 74 km. 100 Col. Las Volcanes, Cuernavaca, Mor., C.P. 62050
Tel. (777) 325 70 00. Ext. 7091 - 215 04 33 / academica@uam.mx

**UA
EM**

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN.
Formato. Voto Sinodal.

**COMISIÓN ACADÉMICA DE
LA MAESTRÍA EN CIENCIAS
DE LA NUTRICIÓN
PRESENTE**

Toda vez que el trabajo de Tesis realizado por el (la) C. Alma Iris Cruz Toledo, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula 102200160208, y que lleva por título "Efecto de la torta proteica de *Jatropha curcas*, sobre el perfil de lipídico en ratas obesas ha sido revisado a satisfacción me permito en mi carácter como miembro de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

- I. La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva prestar a la presente.

Atentamente

Dra. Vanessa López Guerrero
Sinodal Suplente.

Firmo para lo que resulte conducente, en la ciudad de Cuernavaca Morelos, a los 7 días del mes de febrero de 2019.



MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN.
Formato. Voto Sinodal.

**COMISIÓN ACADÉMICA DE
LA MAESTRÍA EN CIENCIAS
DE LA NUTRICIÓN
PRESENTE**

Toda vez que el trabajo de Tesis realizado por el (la) C. Alma Iris Cruz Toledo, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula 10220160208, y que lleva por título "Efecto de la torta proteica de *Jatropha curcas*, sobre el perfil lipídico en ratas obesas" ha sido revisado a satisfacción me permito en mi carácter como miembro de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

I. La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva prestar a la presente.

Atentamente

Dr(a). Ollin Celeste Martínez
Sinodal Titular.

Firmo para lo que resulte conducente, en la ciudad de Cuernavaca Morelos, a los 21 días del mes de enero de 2019.

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN.
Formato. Voto Sinodal.**

**COMISIÓN ACADÉMICA DE
LA MAESTRÍA EN CIENCIAS
DE LA NUTRICIÓN
PRESENTE**

Toda vez que el trabajo de Tesis realizado por el (la) C. Alma Iris Cruz Toledo, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula 10220160208, y que lleva por título "Efecto de la torta proteica de *Jatropha curcas*, sobre el perfil lipídico en ratas obesas" ha sido revisado a satisfacción me permito en mi carácter como miembro de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

I. La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva prestar a la presente.

Atentamente

Dra. Angélica Salazar Pila
Sinodal Titular.

Firmo para lo que resulte conducente, en la ciudad de Cuernavaca Morelos, a los 21 días del mes de enero de 2019.



**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN,
Formato, Voto Sinodal.**

**COMISIÓN ACADÉMICA DE
LA MAESTRÍA EN CIENCIAS
DE LA NUTRICIÓN
PRESENTE**

Toda vez que el trabajo de Tesis realizado por el (la) C. Alma Iris Cruz Toledo, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula 10220160208, y que lleva por título "Efecto de la torta proteica de *Jatropha curcas*, sobre el perfil lipídico en ratas obesas" ha sido revisado a satisfacción me permito en mi carácter como miembro de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva prestar a la presente.

Atentamente



Dr(a). América Véliz Barrera Molina
Sinodal Titular.

Firmo para lo que resulte conducente, en la ciudad de Cuernavaca Morelos, a los 21 días del mes de enero de 2019.