



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD ÁREA ACADÉMICA DE NUTRICIÓN

“Evaluación de indicadores metabólicos y en el porcentaje de grasa corporal en pacientes con síndrome metabólico que consumen gelatina con cáscara de tuna (*Opuntia ficus-indica* L.)”

Licenciatura en Nutrición

P R E S E N T A

P.L.Nutric. Beatriz Mendoza Avila
No. cuenta: 307493

Bajo la Dirección de: M en NH. Zuli
Guadalupe Calderón Ramos
Codirección de: Dra. Nelly del Socorro Cruz
Cansino



San Agustín Tlaxiaca, Hgo., noviembre 2020



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD
ÁREA ACADÉMICA DE NUTRICIÓN**



De acuerdo con el artículo 40 del Reglamento de Titulación vigente, el jurado de examen recepcional designado, autoriza para su impresión la Tesis titulada

"Evaluación de indicadores metabólicos y en el porcentaje de grasa corporal en pacientes con síndrome metabólico que consumen gelatina con cáscara de tuna (*Opuntia ficus-indica* L.)"

Que para obtener el Título de Licenciada de Nutrición sustenta la Pasante

C. Beatriz Mendoza Avila

**ATENTAMENTE
Pachuca, Hidalgo, 10 de noviembre de 2020
"Amor, Orden y Progreso"**

PRESIDENTE:	DRA. GUADALUPE LÓPEZ RODRÍGUEZ
SECRETARIO:	DR. LUIS DELGADO OLIVARES
PRIMER VOCAL:	DR. ERNESTO ALANÍS GARCÍA
SEGUNDO VOCAL:	DRA. NELLY DEL SOCORRO CRUZ CANSINO
TERCER VOCAL:	M. en N.C. ZULI G. CALDERÓN RAMOS
PRIMER SUPLENTE:	DR. MARCOS M. GALVÁN GARCÍA
SEGUNDO SUPLENTE:	M. en N.C. ARIANNA OMAÑA COVARRUBIAS

Dedicatoria

Cuando Thomas Edison inventó la bombilla, dijo: “No fracasé mil veces. La bombilla fue un invento en mil pasos”. Charles F. Kettering llamaba a los fracasos “las señales hacia el camino del éxito”. Con suerte, cada error que cometemos se convierte en una lección de sabiduría, transformando los obstáculos en peldaños.

Dedico este proyecto a mis padres, por haberme inculcado los valores que hacen de mi la persona que soy el día de hoy.

A mi hermana Cori y mi hermano Arturo mis compañeros de vida y cómplices de aventuras.

A mis sobrinos Valeria y Joan a los cuales quisiera verlos cumplir cada una de sus metas, los amo con el alma.

A mis amigos que se convirtieron en mi segunda familia, por su amistad sincera y regalarme bonitos recuerdos que atesorare toda la vida.

Agradecimientos

A veces solo tienes que mirar hacia atrás y ver el camino que has recorrido, algunos caminos son más largos que otros y puede haber tropiezos, pero lo importante es llegar a esa meta que te has propuesto y decir ¡lo logré!. La vida se va construyendo de todas aquellas experiencias que hemos vivido, pero valen más la pena cuando obtenemos algún aprendizaje de ellas.

Primero que nada, quiero agradecer a Dios por haberme brindado la paciencia y fortaleza que necesitaba en los momentos más difíciles. A mis padres les agradezco infinitamente por todo su apoyo durante esta etapa de mi vida, gracias por su comprensión, su cariño, su paciencia y su fe.

Me gustaría agradecer a todos mis amigos que me acompañaron en este proceso, Mariel (Lupita) has sido mi compañera y confidente desde que entramos a la carrera, hemos compartido tantos momentos juntas que te has vuelto parte de mi familia, de corazón muchas gracias por ayudarme siempre que estuvo en tus manos, por tus consejos, las pláticas en el fondo del laboratorio y todas las risas que compartimos, te quiero mucho.

Lis y Luis 1 aunque no nos conocimos durante la carrera, el servicio social nos unió, no recuerdo el momento exacto en el que empezó nuestra amistad (si recuerdo cuando Lis me dijo que limpiara la tarja), pero de repente ya estábamos organizando alguna salida o convivio en el laboratorio, gracias por compartirme sus conocimientos, palabras de aliento y sus guisados que llevaban al laboratorio, los quiero.

Luis 2 amigo creo que no me alcanzan las palabras para agradecerte todo tu apoyo, siempre que pudiste me ayudaste, tanto académicamente como moralmente, eres una gran persona.

Andrea creo que nunca voy a olvidar esos días que llegábamos a las 7 de la mañana (a veces corriendo), cuando había mucho material para lavar en el laboratorio (lavar, lavar, lavar), amiga muchas gracias por escucharme cada vez que te pedía una

opinión o algún consejo para mi proyecto, gracias por todas esas risas y momentos divertidos que compartimos.

Mariana y Mosy, gracias por su amistad todos estos años, por cada platica, por los consejos, por su ayuda, en mi corazón tienen un lugar especial, las quiero mucho.

Chava (Mtro. Salvador) gracias por resolver mis dudas sobre alguna técnica en el laboratorio, por compartir tu proyecto conmigo y por ser un gran amigo.

Glo muchas gracias por guiarme en la estadística, siempre que tenía alguna duda recurría a ti, eres una excelente compañera y amiga.

A la Mtra. Claudia, Alice y Dra. Quina (ya vámonos) gracias por ayudarme a resolver mis dudas y siempre regalarme un poco de su tiempo cada que lo necesité, las aprecio mucho.

Lili siempre dispuesta ayudar, te agradezco por aclarar mis dudas en las metodologías, por tus consejos y por ayudarme a recolectar mis firmas, eres una gran persona.

Pau, Pao, Luis 3 y Josué, amigos no podían faltar ustedes gracias, gracias, gracias, cada visita a Actopan se convertía en una nueva aventura a su lado, su apoyo con los pacientes me fue de gran ayuda, los quiero mucho.

Itz que me acompañó durante este proceso, que siempre me brindó una sonrisa y una amistad sincera, gracias.

A Lore, Nery, Jessica, Iris y Marijo, aunque fue poco el tiempo que convivimos nunca faltaron las risas a su lado y las pláticas motivadoras, fue un placer conocerlas chicas.

A Deyan, Miguel, Fanny y Luis, más que mis compañeros de trabajo, son mis amigos, gracias por escucharme siempre que lo necesité y por los ánimos que me dieron.

A la Dra. Nelly por haberme guiado en mi tesis, por sus consejos, el apoyo que me brindo a través de su experiencia, el tiempo dedicado a las revisiones y correcciones, muchas gracias.

A la Mtra. Zuli por brindarme las herramientas en la parte clínica y el material necesario para culminar este proyecto.

A la Dra. Guadalupe, Dr. Luis, Dr. Alanis, Dr. Marcos, Mtra. Arianna y Mtra. Lore por enriquecer este proyecto con sus conocimientos y observaciones.

No hay palabras que expresen lo importante que son para mí, le agradezco a la vida por haber puesto en mi camino a personas tan maravillosas como ustedes, a ti que estás leyendo esto gracias por ayudarme a despejar mis dudas sobre alguna técnica, metodología o procedimiento, por haberme apoyado con mis pacientes, por estar ahí cada que necesitaba un consejo, por darme ánimos y no desesperar cuando las cosas no salían bien. Mi segunda familia son todos ustedes, guardaré con mucho cariño cada momento que compartimos, los convivios, seminarios, cumpleaños, baby shower y el conocimiento que siempre me brindaron.

Mis más sinceros agradecimientos los quiero mucho.

Índice general

1. Resumen	1
2. Marco teórico	5
2.1. Síndrome metabólico	5
2.1.1. Definición.....	5
2.2. Componentes del Síndrome metabólico	6
2.2.1. Obesidad central.....	6
2.2.2. Reducción de colesterol HDL	7
2.2.3. Triglicéridos elevados	7
2.2.4. Presión sanguínea elevada	8
2.2.5. Glucosa plasmática en ayunas elevada	8
2.3. Porcentaje de grasa corporal	9
2.4. Antioxidantes.....	10
2.5. Importancia de los antioxidantes en el síndrome metabólico	12
2.6. Generalidades de <i>Opuntia ficus-indica</i> L.....	13
2.6.1. <i>Opuntia ficus-indica</i> L.	13
2.6.2. Tuna	14
2.6.3. Composición nutricional de la tuna.....	15
2.6.4. Cáscara de tuna	16
2.6.5. Composición nutricional de la cáscara de tuna.....	17
2.7. Antioxidantes en la cáscara de tuna.....	18
2.8. Fibra dietética en la cáscara de tuna y sus beneficios en la salud	18
2.9. Productos elaborados a partir de residuos de frutas.....	19
2.10. Gelatinas	19
3. Problema de investigación.....	21

4. Justificación	22
5. Objetivos.....	23
6. Hipótesis.....	24
7. Diseño metodológico	24
7.1. Tipo de estudio.....	24
7.2. Obtención de materia prima	27
7.3. Elaboración de la gelatina	27
7.4. Análisis químico proximal	28
7.4.1. Humedad	28
7.4.2. Proteína	28
7.4.3. Carbohidratos totales.....	29
7.4.4. Cenizas.....	29
7.4.5. Fibra dietética total	30
7.5. Análisis microbiológico	31
7.6. Contenido de antioxidantes.....	31
7.6.1. Betacianinas y betaxantinas	31
7.6.2. Compuestos fenólicos totales	32
7.6.3. Ácido ascórbico	32
7.7. Actividad antioxidante y actividad quelante	33
7.7.1. Actividad antioxidante por el método de ABTS•	33
7.7.2. Actividad antioxidante por el método de DPPH•	34
7.7.3. Actividad quelante	34
7.8. Selección de la muestra	35
7.8.1. Tamaño de la muestra.....	35
7.9. Criterios de inclusión	35

7.10. Criterios de exclusión	36
7.11. Criterios de eliminación	36
7.12. Diseño experimental.....	36
7.13. Métodos y técnicas de medición	36
7.13.1. Dieta.....	36
7.13.2. Antropometría.....	37
7.13.3. Determinación de porcentaje de grasa.....	39
7.13.4. Perfil bioquímico.....	40
7.13.5. Clínicos.....	41
7.14. Análisis estadístico.....	41
7.14 Consideraciones éticas	42
8. Resultados y discusión	43
8.1. Análisis químico proximal.....	43
8.2. Análisis microbiológico.....	44
8.3. Contenido de antioxidantes.....	46
8.3.1. Betalaínas.....	46
8.3.2. Compuestos fenólicos totales.....	48
8.3.3. Ácido ascórbico	50
8.4. Actividad antioxidante y actividad quelante.....	51
8.4.1. Actividad antioxidante por ABTS*.....	51
8.4.2. Actividad antioxidante por DPPH*	52
8.4.3. Actividad quelante	54
8.5. Descripción de características basales en los pacientes con SM	55
8.6. Dieta.....	58
8.7. Comparación de resultados basales vs finales	60

8.8. Antropometría y porcentaje de grasa	61
8.9. Perfil bioquímico.....	63
8.10. Clínicos	66
9. Conclusiones	68
10. Referencias	69
11. Anexos	86

Índice de tablas

	Título	Página
Tabla 1	Componentes del síndrome metabólico (SM) de la Federación Internacional de Diabetes	5
Tabla 2	Factores epidemiológicos asociados al exceso de peso.	10
Tabla 3	Composición proximal del fruto de <i>Opuntia ficus-indica</i> L.	15
Tabla 4	Composición proximal de la cáscara de <i>Opuntia ficus-indica</i> L.	17
Tabla 5	Porciones por grupo de alimento en hombres y mujeres semanalmente.	34
Tabla 6	Clasificación de IMC de acuerdo a la OMS	37
Tabla 7	Clasificación del porcentaje de grasa por sexo y edad	37
Tabla 8	Composición química proximal de la gelatina de cáscara de tuna y la gelatina comercial.	41
Tabla 9	Valores microbiológicos (Log10UFC/mL) de la gelatina de cáscara de tuna y gelatina comercial.	43
Tabla 10	Valores antropométricos, porcentaje de grasa, bioquímicos y clínicos basales por grupo.	55
Tabla 11	Frecuencia de consumo de alimentos inicial y final del grupo GT y GC .	57
Tabla 12	Resultados pre y post del consumo de la GT y la GC durante los 3 meses de intervención.	58
Tabla 13	Número de pacientes por grupo de estudio fuera de los rangos ideales en los parámetros bioquímicos basales y número de pacientes que alcanzaron su rango ideal al final de la intervención.	66

Índice de figuras

N°	Título	Página
Figura 1	Planta de <i>Opuntia ficus-indica</i> L.	12
Figura 2	Fruto de <i>Opuntia ficus-indica</i> L.	13
Figura 3	Principales estados productores de tuna en México	14
Figura 4	Diseño metodológico etapa 1 y 2	23
Figura 5	Contenido de betalaínas de gelatinas durante el almacenamiento	46
Figura 6	Contenido de fenoles totales de gelatinas durante el almacenamiento	47
Figura 7	Contenido de ácido ascórbico de gelatinas durante el almacenamiento	48
Figura 8	Actividad antioxidante por inhibición del radical ABTS [•] de gelatinas durante el almacenamiento.	50
Figura 9	Actividad antioxidante por inhibición del radical DPPH de gelatinas durante el almacenamiento.	51
Figura 10	Actividad quelante de gelatinas durante el almacenamiento	53

Abreviaturas

% GC: Porcentaje de grasa corporal

µL: Microlitros

µmol: micromoles

ABTS: Ácido 2.2-azino-bis-(3
etilbenzotiazolin-6-sulfónico

AOAC: Association of Official
Analytical Chemists

AQP: análisis químico proximal

c-HDL: colesterol unido a las
lipoproteínas de alta densidad

DPPH: 2.6-Difenil-1-Picrilhidrazil

DT2: diabetes tipo 2

EAG: Equivalentes de Ácido Gálico

ENSANUT: Encuesta Nacional de
Salud y Nutrición

ENSANUT MC: Encuesta Nacional de
Salud y Nutrición de Medio Camino

ET: Equivalentes de Trolox

EUA: Estados Unidos de América

FID: Federación Internacional de
Diabetes

GC: gelatina comercial

GT: gelatina elaborada con cáscara de
tuna

H: hombre/hombres

HTA: hipertensión arterial

IMC: Índice de masa corporal

ISAK: International Society for the
Advancement of Kinanthropometry

L: Litros

Log10: Logaritmo base 10

M: mujer/mujeres

mg: miligramos

min: Minutos

NOM: Norma Oficial Mexicana

°C: Grados Centígrados

OMS: Organización Mundial de la
Salud

PA: presión arterial

PAD: presión arterial diastólica

PAS: presión arterial sistólica

pzas: piezas

rpm: Revoluciones por minuto

RL: radicales libres

ROS: especies reactivas de oxígeno

SM: Síndrome Metabólico

UFC: Unidades Formadoras de
Colonias

1. Resumen

Las enfermedades no transmisibles han ido en aumento, en especial la obesidad teniendo como consecuencia el desarrollo del síndrome metabólico (SM), por lo anterior en la actualidad se buscan productos con fuentes de antioxidantes y fibra que generen un beneficio a la salud de los consumidores. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del consumo de gelatina con cáscara de tuna (*Opuntia ficus-indica* L.) en pacientes con síndrome metabólico de Actopan, Hidalgo, mediante los indicadores metabólicos y el porcentaje de grasa corporal. Con la cáscara de tuna púrpura liofilizada, se elaboró una gelatina de tuna (GT): (cáscara de tuna (1 g), grenetina (3 g), agua (50 mL) y Stevia (2 g), y como comparación se utilizó una gelatina comercial (GC) sabor cereza. Se realizó el análisis químico proximal en la GT, mientras que el análisis microbiología, contenido betalainas, contenido fenólico total, ácido ascórbico (AA) y actividad antioxidante y quelante, se evaluaron en ambas gelatinas, durante 7 días de almacenamiento a 4°C. Los pacientes de estudio, incluyeron 40 individuos con un rango de edad de entre 30 y 59 años, se les asignó aleatoriamente el tipo de gelatina, ambos grupos consumieron 1 gelatina diaria por 5 días a la semana por 3 meses. Se realizaron evaluaciones en la dieta (frecuencia de alimentos) antropométricas (peso, talla, circunferencia de cintura), porcentaje de grasa corporal (Bod-Pod), bioquímicos como colesterol HDL, colesterol total, triglicéridos y glucosa en ayunas y clínicos (presión arterial) antes y después del consumo de la gelatina por grupo. Para el análisis estadístico de las gelatinas, se utilizó una T Student (comparación entre las muestras por día de almacenamiento) y un ANOVA (comparación de cada muestra entre sus días de almacenamiento). Mientras que para los pacientes una T Student, entre los valores basales de los grupos GT y GC, así como también, los basales con los finales de un mismo grupo de estudio. En el análisis microbiológico, la GT se encontró dentro de los rangos establecidos por la norma de calidad para gelatinas comestibles destinadas al mercado interior. En contenido y actividad antioxidante durante el almacenamiento, se encontraron valores mayores ($p < 0.05$) en la GT en contenido y actividad antioxidante en comparación con la GC. Con respecto a los

datos basales, ambos grupos cumplieron con los parámetros para considerarlos pacientes con SM. Al comparar las medias iniciales con las medias finales por cada grupo de estudio, el grupo de la GT tuvo un incremento ($p < 0.05$) en c-HDL (35.37 a 39.08 mg/dL) y una disminución ($p < 0.05$) de triglicéridos (178.37 a 146.96 mg/dL); mientras que el grupo de la GC mostró un aumento ($p < 0.05$) en el peso (79.68 a 80.43 kg) e IMC (32.70 a 33.02 kg/m²). A pesar de que disminuyeron los parámetros de c-HDL y triglicéridos en los pacientes que consumieron GT, seguían con diagnóstico de SM, sin embargo, el consumo de la cáscara de tuna podría considerarse como prevención y se sugiere realizar futuras investigaciones enfocadas en el impacto de los antioxidantes en estos pacientes.

Palabras clave: Síndrome metabólico, cáscara de tuna (*Opuntia ficus-indica* L.) antioxidantes, porcentaje de grasa, perfil bioquímico.

Abstract

Non-communicable diseases have been on the rise, especially obesity, resulting in the development of metabolic syndrome (MS), for the above, products with sources of antioxidants and fiber are currently being sought that generate a benefit to the health of consumers. The objective of the present work was to evaluate the effect of the consumption of gelatin with cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.) in patients with metabolic syndrome from Actopan, Hidalgo, by means of metabolic indicators and the percentage of body fat. With lyophilized purple cactus pear peel, a cactus pear jelly (CPJ) was made: (cactus pear peel (1 g), gelatin (3 g), water (50 mL) and Stevia (2 g), and as comparison a commercial gelatin (CJ) cherry flavor. Proximal chemical analysis was performed in the CPJ, while microbiology analysis, betalain content, total phenolic content, ascorbic acid (AA) and antioxidant and chelating activity were evaluated in both jellies during 7 days of storage at 4 ° C. The study patients included 40 individuals with an age range between 30 and 59 years, the type of gelatin was randomly assigned, both groups consumed 1 jelly daily for 5 days a week during 3 months. Anthropometric assessments (weight, height, waist circumference), body fat percentage (Bod-Pod), biochemicals such as HDL cholesterol, total cholesterol, triglycerides and glucose in fasting and clinical (blood pressure) before and after consumption of gelatin by group were performed. To statistical analysis of the jellies, a Student's T (comparison between the samples per day of storage) and an ANOVA (comparison of each sample between its days of storage) were used. While for the patients, a Student's T, between the baseline values of the GT and GC groups, as well as the baseline values with the ends of the same study group. In the microbiological analysis, the CPJ was found within the ranges established by the standard quality for edible gelatins destined for the domestic market. In antioxidant content and antioxidant activity during storage, highest values ($p < 0.05$) in CPJ in antioxidant content and activity in comparison to CJ were found. Regarding the baseline data, both groups cumplied the parameters to consider them as patients with MS. When comparing the initial means with the final means for each study group, the CPJ group had an increase ($p < 0.05$) in c-HDL (35.37 to 39.08 mg/dL) and

a decrease ($p < 0.05$) in triglycerides (178.37 to 146.96 mg/dL); while the CJ group showed an increase ($p < 0.05$) in weight (79.68 to 80.43 kg) and BMI (32.70 to 33.02 kg/m²). Although c-HDL and triglyceride parameters decreased the patients who consumed CPJ, they continued with a diagnosis of MS, however, the consumption of cactus pear peel could be considered as prevention and it is suggested to carry out future research focused on the impact of antioxidants on these patients.

Key words: Metabolic syndrome, cactus pear peel (*Opuntia ficus-indica* L.), antioxidants, fat percentage, biochemical profile.

2. Marco teórico

2.1. Síndrome metabólico

2.1.1. Definición

El síndrome metabólico (SM) se define como el conjunto de alteraciones metabólicas constituido por la obesidad de distribución central, disminución de la concentración de colesterol unido a las lipoproteínas de alta densidad (c-HDL), elevación de la concentración de triglicéridos, aumento de la presión arterial (PA) y la hiperglucemia (FID, 2006; Zimmet & Serrano-Ríos, 2005). Para que una persona se considere con SM, debe presentar obesidad central más 2 de 4 componentes adicionales mencionados en la tabla 1 (Alberti et al., 2006).

Tabla 1. Componentes del SM de la Federación Internacional de Diabetes

Componente	Descripción
Obesidad Central*	≥ 90 cm para hombres (H) y ≥ 80 cm para mujeres (M) para étnicos del sur y centroamericanos.
Triglicéridos elevados	$\geq 1,7$ mmol / L (150 mg/dL)
Reducción de colesterol HDL	<1.03 mmol / L (40 mg/dL) en hombres <1.29 mmol / L (50 mg/dL) en mujeres
Aumento de la presión sanguínea	Sistólica: ≥ 130 mmHg Diastólica: ≥ 85 mmHg
Elevada glucosa en plasma en ayunas	Glucosa en plasma en ayunas $\geq 5,6$ mmol / l (100 mg/dL) o diabetes tipo 2 previamente diagnosticada

*Si el Índice de Masa Corporal (IMC) es > 30 kg/m², se puede asumir la obesidad central y no es necesario medir la circunferencia de cintura. Fuente: FID, 2006; Alberti et al., 2006.

La prevalencia general de SM en países de América Latina es de 24.9%, siendo ligeramente más común en mujeres (25.3%) que en hombres (23.2%), teniendo mayor prevalencia en personas mayores de 50 años (Dávila-Torres et al., 2015), cabe mencionar que la prevalencia del SM puede variar entre un 20 y un 40%, de acuerdo con la población, grupo de edad y criterio diagnóstico utilizado (Mathiew-Quirós et al., 2014). De acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT, 2006), la prevalencia en México de SM, tomando los parámetros establecidos por la FID fue de 49.8%, mayor en mujeres (52.7%) que en hombres (46.4%) (Rojas et al., 2010).

2.2. Componentes del Síndrome metabólico

2.2.1. Obesidad central

La obesidad central se define como un incremento del perímetro abdominal, lo cual representa una medida indirecta del aumento de grasa visceral (Lizarzaburu-Robles, 2013). La medida de referencia para obesidad a nivel central es la circunferencia de cintura con valores para hombres ≥ 90 cm y ≥ 80 cm para mujeres (FID, 2006). Existe evidencia que vincula a la circunferencia de cintura con la enfermedad cardiovascular y otros componentes del SM, ya que la grasa visceral acumulada implica la formación en el tejido graso de adipoquinas, que conllevan a estados proinflamatorios (Lizarzaburu-Robles, 2013).

La ENSANUT 2018 sobre la prevalencia de sobrepeso y obesidad a nivel nacional, los adultos de 20 años y más, presentaron un porcentaje para sobrepeso y obesidad del 75.2%, de ese porcentaje un 39.1% corresponde a sobrepeso y un 36.1% a obesidad. Para la ENSANUT 2012 la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad fue de 71.2%, mientras que en la ENSANUT MC 2016 fue de 72.5%. La ENSANUT MC 2016 reportó la prevalencia de obesidad abdominal en adultos (20 años o más) la cual fue de 76.6% y por sexo la prevalencia en hombres fue de 65.4% y en mujeres 87.7%.

Al comparar la prevalencia de obesidad abdominal entre la ENSANUT 2012 y la ENSANUT MC 2016, reportaron un incremento estadísticamente significativo en el porcentaje de las mujeres siendo de 82.8% vs 87.7%, respectivamente (ENSANUT MC, 2016).

2.2.2. Reducción de colesterol HDL

La reducción en la concentración de c-HDL, se relaciona un incremento en los niveles de ácidos grasos libres, los cuales llegan al hígado y hay una mayor secreción de apolipoproteína B (componente proteico principal de las lipoproteínas VLDL y LDL) ocasionando hipertrigliceridemia y niveles bajos de c-HDL (Pereira-Rodríguez, 2016). También se ha asociado con la obesidad, ya que hay una disminución de adiponectina, que provoca un incremento en el nivel de triglicéridos (Lizarzaburu-Robles, 2013).

La función del c-HDL es transportar el colesterol desde los tejidos periféricos, incluyendo la pared arterial, hasta el hígado para su posterior excreción en forma de sales biliares, esta remoción de colesterol hace que la HDL sea considerada un factor antiaterogénico y protector de enfermedad cardiovascular (Alfonso & Sierra, 2008). Los niveles de c-HDL son una medida muy conocida de la salud cardíaca debido a su fuerte relación inversa con la enfermedad arterial coronaria (Daniels et al., 2009). Se considera un factor de riesgo para el SM valores <40 mg/dL en hombres y <50 mg/dL en mujeres, cuando estos aumentan se encuentran en una clasificación recomendable para las personas (FID, 2006; NOM-037-SSA2-2012).

2.2.3. Triglicéridos elevados

Gran parte de las enfermedades cardiovasculares se deben a la hipertrigliceridemia, que es un componente esencial en su aparición (Hartz, de Ferranti & Gidding, 2018). La hipertrigliceridemia se relaciona con mayor prevalencia de diabetes, obesidad e hipertensión arterial (Canalizo-Miranda et al., 2013). Los valores establecidos de triglicéridos elevados son ≥ 150 mg/dL (FID, 2006).

2.2.4. Presión sanguínea elevada

La presión sanguínea es una fuerza distribuida sobre un área de superficie y estará determinada por el volumen expulsado por el corazón hacia las arterias, a la elasticidad de las paredes arteriales y la velocidad a la que la sangre fluye fuera de las arterias (Magder, 2018); cuando se encuentra elevada (130/85 mmHg) se conoce como hipertensión arterial (HTA), y puede tener consecuencias a largo plazo como, retinopatía hipertensiva, neuropatía y cardiopatía (Pereira-Rodríguez, 2016). Entre la etiología de la HTA se encuentra la genética, consumo alto de sodio, edad avanzada, obesidad, dislipidemias, falta de actividad física y tabaquismo (Campos-Nonato et al., 2018).

La Federación Internacional de Diabetes (FID) establece que el valor para presión arterial sistólica (PAS) es ≥ 130 mmHg y presión arterial diastólica (PAD) ≥ 85 mmHg. La Organización Mundial de la Salud, refiere que mundialmente, uno de cada cinco adultos tiene la tensión arterial elevada y sus complicaciones derivadas son la causa de 9.4 millones de defunciones al año (OMS, 2015). La ENSANUT MC 2016 reportó una prevalencia del 25.5% de adultos mexicanos con HTA, de los cuales 58.7% ya contaban con un diagnóstico médico previo de hipertensión y un 40% desconocía tener la enfermedad; la prevalencia por sexo fue de 25.1% en mujeres y 24.9% en hombres. La ENSANUT 2018 mostró que 17.9% de la población de 20 años y más en el Estado de Hidalgo, presentaron un diagnóstico médico previo de hipertensión.

2.2.5. Glucosa plasmática en ayunas elevada

La diabetes se produce cuando una persona presenta niveles elevados de glucosa en sangre, debido a que el cuerpo no puede producir suficiente insulina o no puede utilizar insulina, esta es necesaria para transportar la glucosa desde la sangre al interior de las células y convertirse en energía (FID, 2017). La diabetes se clasifica en diabetes tipo 1, diabetes gestacional y diabetes tipo 2 (DT2). La DT2, se presenta más en personas con obesidad (sedentarias) y al desequilibrio que presentan en su

dieta. Si no existe un control de la DT2 puede provocar daños a largo plazo en varios órganos del cuerpo, que conlleva a la aparición de enfermedades cardiovasculares, neuropatía, nefropatía o enfermedades oculares que acaban en retinopatía y ceguera (Bravo, 2001). La FID establece una elevada glucosa en plasma en ayunas, cuando esta es ≥ 100 mg/dL. La FID en el año 2000 mencionó que a nivel mundial había 151 millones de adultos con diabetes (20-79 años), para el 2017 el número de personas con diabetes alcanzó los 451 millones a nivel mundial en la edad de 18 a 99 años y para el año 2045, se estima que 693 millones de personas de 18 a 99 años o 629 millones de personas de 20 a 79 años tendrán diabetes (FID, 2017).

México se encuentra en la lista de los 10 países con mayor número de personas con diabetes. Al hacer una comparación entre la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de 2000, 2006 y 2012, la diabetes por diagnóstico médico previo (excluyendo los casos que desconocían su condición), aumentó de 5.8% en la ENSANUT 2000 a 7.0% en 2006 y a 9.2% en 2012 (Rojas-Martínez et al., 2018). La ENSANUT 2018 refiere que un 10.3% (8.6 millones de personas) de la población mexicana contó con un diagnóstico previo de diabetes (11.4% en mujeres y 9.1% hombres), en donde Hidalgo estuvo entre las 5 entidades con los porcentajes más altos. De acuerdo a los datos obtenidos en las encuestas se sugiere que la prevalencia de diabetes entre adultos (>20 años) puede llegar a 13.7-22.5% para el año 2050 (Meza et al., 2015).

2.3. Porcentaje de grasa corporal

El porcentaje de grasa corporal (%GC) indica la masa grasa presente en el cuerpo (Rodríguez-Valdés et al., 2019). La grasa es un componente del cuerpo humano que se acumula en forma de tejido graso o adiposo, el cual se encuentra en depósitos subcutáneos y viscerales (Pérez et al., 2010). En la obesidad, pueden aumentar los depósitos de tejido adiposo, ya que ocurre una hipertrofia de los adipocitos (aumento de tamaño), esta hipertrofia puede dar origen a un proceso de inflamación (Suárez-Carmona et al., 2017). Se considera que un elevado porcentaje de grasa corporal puede desencadenar diversas enfermedades crónicas no

transmisibles, como por ejemplo enfermedad coronaria, hipertensión arterial, DT2, entre otras (Cardozo et al., 2016).

Al revisar cada uno de los factores anteriores se sabe que una de las principales causas para el desarrollo del SM es la obesidad central, en donde existe un desequilibrio energético entre calorías consumidas y calorías gastadas. En la tabla 2 se muestran algunos factores epidemiológicos asociados al exceso de peso (Moreno, 2012). Desde el punto de vista de la nutrición, el desequilibrio energético a largo plazo tiene consecuencias como el desarrollo enfermedades no transmisibles. Existen factores protectores como el consumo de alimentos que contienen antioxidantes, los cuales juegan un papel importante como defensa contra el estrés oxidativo como por ejemplo la vitamina C, compuestos fenólicos, betalainas, vitamina E, carotenoides, que pueden prevenir enfermedades como el cáncer, hipercolesterolemia, la aterosclerosis o enfermedades cardiovasculares y diabetes (Albano et al., 2015; Abdel-Hameed et al., 2014).

Tabla 2. Factores epidemiológicos asociados al exceso de peso.

Demográficos	Socioculturales	Conductuales	Actividad Física
>Edad	<Nivel de educación	<Ingesta alimentaria	Sedentarismo
Sexo femenino	<Ingreso económico	Tabaquismo	
Raza			

Fuente: Moreno, 2012.

2.4. Antioxidantes

Los antioxidantes se han definido como sustancias que protegen a las células, a los tejidos e incluso al ADN contra el estrés oxidativo (Aranda et al., 2017). El estrés oxidativo se asocia con un desequilibrio en la mayor producción de radicales libres (RL) y un déficit en el sistema antioxidante (Coronado et al., 2015). Un radical libre

es un componente que en su estructura tiene uno o más electrones no apareados, por lo que tienden a captar electrones de moléculas estables, con el propósito de alcanzar su estabilidad electroquímica, sin embargo, la molécula que era estable pierde su electrón, convirtiéndose en un radical libre y así se inicia una reacción en cadena (Agüero et al., 2019).

Los antioxidantes se van a clasificar en 2 grupos principales, que son antioxidantes enzimáticos o endógenos y no enzimáticos o exógenos (Carocho & Ferreira, 2013). En el primer grupo se encuentra a la superóxidodismutasa, catalasa, glutatión peróxidasa y glutatión reductasa; en el segundo sistema de defensa se encuentran, vitamina C, vitamina E, vitamina A, los flavonoides y polifenoles y minerales como, cobre, zinc, magnesio y selenio (Delgado-Olivares et al., 2010). El ácido ascórbico es soluble en agua y proporciona su capacidad antioxidante en la fase acuosa intracelular y extracelular, tiene la capacidad de donar electrones y estabilizar especies reactivas de oxígeno (ROS), de igual manera la vitamina C convierte los RL de la vitamina E, en vitamina E (Birben et al., 2012), la vitamina E es soluble en lípidos por lo que protege la estructura principalmente de membranas, ayuda en la peroxidación lipídica al donar su hidrógeno fenólico a los radicales peroxilo formando radicales tocoferoxilo y aunque también son radicales, no son reactivos y no pueden continuar la reacción oxidativa en cadena (Carocho & Ferreira, 2013). La vitamina A (beta caroteno) reacciona con radicales peroxilo, hidroxilo y superóxido (Birben et al., 2012). Las propiedades antioxidantes de los flavonoides, se deben a sus grupos hidroxilo fenólicos y pueden actuar como agente reductor, inhibición de oxidasas e incluso como quelantes de metales, algunos de los flavonoides más estudiados son la catequina, la catequina-galato, la quercetina y el kaempferol (Procházková et al., 2011). La quercetina, miricetina y el kaempferol, son flavonoides que poseen una alta actividad neutralizadora de RL, grupo fenólico que poseen actúa directamente capturando electrones desapareados de las ROS (Quiñones et al., 2012). Los polifenoles gracias a los grupos que poseen dan al polifenol la capacidad de actuar como donante de un átomo de hidrógeno o como donante de un electrón a un radical libre (Andreu, et al., 2018). Los minerales no

actúan directamente sobre los RL, sin embargo, forman parte de la estructura de algunas enzimas antioxidantes (Caroncho & Ferreira, 2013).

2.5. Importancia de los antioxidantes en el síndrome metabólico

En estudios epidemiológicos se ha informado que el consumo frecuente de frutas y verduras con elevado contenido de antioxidantes naturales, reduce la incidencia de enfermedades como las cardiovasculares y diabetes (Abdel-Hameed et al., 2014). Los beneficios que aportan, sugieren un potencial terapéutico para el SM, en especial los compuestos fenólicos, ya que se han asociado con un bien a la salud debido a su actividad antioxidante, hipoglucemiante e hipolipemiante (El-Mostafa et al., 2014), previniendo contra enfermedades como el cáncer, hipercolesterolemia, la aterosclerosis o enfermedades cardiovasculares y diabetes (Abdel-Hameed et al., 2014).

Existe evidencia de estudios en ratones hipercolesterolémicos, que tuvieron un consumo de antioxidantes en su dieta elevado, se produjo una reducción de colesterol y en lipoproteínas de baja densidad (LDL), sin presentar manifestaciones tóxicas (Phil-Sun & Kye-Taek, 2006). En un estudio realizado en mujeres con SM se observó una disminución de triglicéridos y aumento del c-HDL, así como reducción de los niveles de glucosa en sangre en un ensayo con adultos con obesidad y pre-diabetes (Osuna-Martínez et al., 2014). En pacientes afectados con hipercolesterolemia se redujo significativamente los niveles plasmáticos de c-LDL (Santos-Díaz et al., 2017). Se ha comprobado que la tuna (*Opuntia ficus-indica* L.) es rica en antioxidantes y que el contenido de fenoles totales es alto (Díaz et al., 2017). No existe una ingesta diaria recomendada para los antioxidantes, sin embargo, Valencia-Avilés et al. (2017) indica que la ingesta diaria de fenoles es de entre 25 mg-1 g/día, mientras que Navarro-Gonzalez et al. (2017), mencionan que la ingesta de valores superiores a 600 mg por día tienen un efecto protector frente a las enfermedades no transmisibles.

2.6. Generalidades de *Opuntia ficus-indica* L.

2.6.1. *Opuntia ficus-indica* L.

El nopal (*Opuntia ficus-indica* L.), se considera una planta arborescente, o en forma de matorrales, puede alcanzar 3 m de altura, sus cladodios son oblongos, miden entre 32 y 44 cm de largo, de ancho entre 18 a 25 cm y 1.8 a 2.3 cm de espesor, su color generalmente es verde pálido a oscuro, con series de aréolas espirales y Los gloquidios generalmente son abundantes en las aréolas próximas al cladodio (Figura 1) (Reyes-Agüero et al., 2005), pertenece la familia de angiospermas dicotiledóneas (*Cactaceae*) (El-Mostafa et al., 2014), es un cactus que se adapta al clima extremo (Bensadón et al., 2010) crece en todos los países semiáridos en todo el mundo (Galati et al., 2003); sin embargo, la parte central de México albergan la mayor diversidad de este cactus (Bensadón et al., 2010). Esta familia engloba alrededor de 1,500 especies, de las que al menos 850 crecen en México y se calcula que cerca de 80% son endémicas (López-Collado et al., 2013).

Entre sus usos están principalmente la alimentación, tanto de su fruto que es la tuna, como cladodio entero que es la penca; otras aplicaciones son como el forraje (ganado vacuno y ovino) e industrialmente en la obtención de alcohol, colorantes, jabón, pectinas y aceites (Torres-Ponce et al., 2015).



Figura 1. Planta de *Opuntia ficus-indica* L.

2.6.2. Tuna

La tuna (*Opuntia ficus-indica* L.) es un fruto grande y dulce (Santos-Díaz et al., 2017), se caracterizan por tener una pulpa carnosa y jugosa entremezclada con un gran número de semillas pequeñas y encerrado por una cáscara gruesa con pequeñas espinas (Figura 2). Las proporciones en peso de pulpa, cáscara y semillas son 28-50%, 37-67% y 2-10% (Jiménez-Aguilar et al., 2015). Las tunas pueden ser de distintos colores como color verde lima, naranja, rojo o violeta (Onakpoya et al., 2015), estos son atribuidos a las betalaínas. Existen dos clases principales de pigmentos de betalaína, las betaxantinas de color amarillo-naranja y las betacianinas de color rojo púrpura (Felker et al., 2008).



Figura 2. Fruto de *Opuntia ficus-indica* L.

México es el país con mayor producción de tuna en el mundo (Aquino-Bolaños et al., 2012), siendo uno de los principales centros de origen y dispersión del género *Opuntia* (Figuroa-Cares et al., 2010) y con la más grande diversidad de colores del fruto (Aquino-Bolaños et al., 2012).

Algunas de sus ventajas son los bajos requerimientos tecnológicos y el limitado uso de insumos que intervienen en su producción, capacidad de adaptación a ambientes hostiles, donde se multiplican y desarrollan fácilmente, destacando su valor nutritivo, por lo anterior su cultivo brinda una alternativa económica y social de producción (Ramírez-Abarca et al., 2015).

Los principales Estados productores de nopal y tuna son: Morelos, Zacatecas, Estado de México, Puebla, Hidalgo, Jalisco, y D.F (Figura 3) (FAO, 2011). Hidalgo es uno de los centros de producción de tuna más importantes del país con una superficie promedio de cultivo de 5,255 hectáreas, equivalente a 11.3% del total nacional (Jolalpa-Barrera et al., 2011).



Figura 3. Principales estados productores de tuna en México.

2.6.3. Composición nutricional de la tuna

En la tabla 3 se muestra la composición nutricional del fruto de *Opuntia ficus-indica* L., en donde uno de los mayores componentes es el agua que varía de acuerdo a la estación, ya sea húmedo o seco; de igual manera el contenido de ceniza va a depender de la edad del fruto; así como, también de la estación; la vitamina C se encontrará en mayores concentraciones si es que la intensidad de la luz durante la temporada de crecimiento es alta; los valores de proteína y carbohidratos dependen de la estación del año de recolección (Chiteva & Wairagu, 2013).

Tabla 3. Composición proximal del fruto de *Opuntia ficus-indica* L.

Nutriente	Cantidad
Contenido de agua	87.07 %
Proteína	1.03 %
Cenizas	4.03 %
Grasa cruda	0.40 %
Fibra cruda	1.37 %
Valor calórico	3.77 kcal/g
Azúcares	59.40 %
Carbohidratos	92.57 %
Vitamina C	5.17 mg/100 g
Mg ²⁺	63.4 mg/100g
Na ¹⁺	18.7 mg/100g
K ¹⁺	108.8 mg/100g
Ca ²⁺	316.5 mg/100g
Mn ²⁺	37.8 mg/100g
Fe ²⁺	25.9 mg/100g
Zn ²⁺	12.6 mg/100g
Cu ²⁺	0.01 mg/100g
P ⁵⁺	0.05 mg/100g

Fuente modificada de: Chiteva & Wairagu, 2013.

2.6.4. Cáscara de tuna

La tuna tiene una parte carnosa que es la pulpa, en la cual se encuentran insertas semillas aproximadamente entre 100 o 400 por fruta, protegida por una corteza de mayor dureza denominada pericarpio o cáscara (Cerezal & Duarte, 2005). Hasta ahora, la cáscara y las semillas de la tuna son subproductos de desecho de la misma y deben de aprovecharse para generar productos con valor agregado, por lo que es importante establecer estrategias para su aprovechamiento considerando los volúmenes de desperdicio (Lozada-Carbajal, 2007), permitiendo así implementar

las denominadas tecnologías sin residuos y buscar generar un beneficio al medio ambiente y a la alimentación humana (Nayhua-Yana, 2017).

2.6.5. Composición nutricional de la cáscara de tuna

La tabla 4 muestra la composición nutricional de la cáscara de tuna, en donde se puede notar un alto contenido en agua; en el análisis de minerales se observa que la cáscara es rica en potasio, magnesio y calcio, siendo baja en sodio (Salim et al., 2009).

Tabla 4. Composición proximal de la cáscara de *Opuntia ficus-indica L.*

Nutriente	Cantidad
Contenido de agua	90.33 %
Proteína	1.45 %
Lípidos	1.06 %
Cenizas	3.05 %
Carbohidratos	27.6 %
Sacarosa	2.25 %
Glucosa	14 %
Fructosa	2.29 %
Almidón	7.12 %
Fibra total	40.8 %
Hemicelulosa	20.8 %
Celulosa	71.4 %
Pectina	7.71 %
Lignina	0.06 %
Ca ²⁺	2090 mg/100g
Mg ²⁺	322 mg/100g
Na ¹⁺	<0.85 mg/100g
K ¹⁺	3430 mg/100g
P ⁵⁺	0.064 mg/100g

Fe ²⁺	8.31 mg/100g
Cu ²⁺	<0.85 mg/100g
Zn ²⁺	1.70 mg/100g
Mn ²⁺	72.9 mg/100g

Fuente modificada de: Salim et al., 2009; El-Kossori et al., 1998.

2.7. Antioxidantes en la cáscara de tuna

Estudios mencionan que la cáscara de *Opuntia ficus-indica* L. contiene antioxidantes como flavonoides (quercetina, isorhamnetin, kaempferol, luteolina) y betalainas, especialmente en fenólicos totales, en comparación con otras cáscaras de frutas y verduras (Chougui et al., 2015; Fernández-López et al., 2010). Las vitaminas que se encuentran en la cáscara de tuna incluye vitamina E, vitamina C y vitamina K, van a inhibir el daño que causan los radicales libres (Santos-Díaz et al., 2017). La vitamina C puede actuar en conjunto con otros agentes como por ejemplo los compuestos fenólicos ayudando a proteger al cuerpo contra el estrés oxidativo (Scalbert & Williamson, 2000). De modo que su utilización como suplemento dietético tiene efectos benéficos para la salud humana, utilizándose como una posible terapia de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo (Ali & Abou-Ellella, 2015).

2.8. Fibra dietética en la cáscara de tuna y sus beneficios en la salud

La fibra dietética es aquella parte comestible de las plantas, resistente a la digestión y absorción en el intestino delgado. Se puede fermentar completa o parcialmente en el intestino grueso (Escudero-Álvarez & González Sánchez, 2006). El consumir entre 20 o 30 g/día de fibra puede disminuir entre un 12-20% el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Jáuregui et al., 2007). En algunas investigaciones se ha realizado el análisis para la determinación de fibra dietética en la cáscara de tuna. El-Kossori et al. (1998) reporta valores de un 40.8% de fibra total de la cual un 20.8% es hemicelulosa, 71.4% celulosa, 7.71% pectina y 0.06% lignina.

Se recomienda que pacientes con obesidad consuman fibra, ya que tiene una densidad calórica baja, causa una sensación de saciedad y también aumenta la excreción de grasa en las heces (Almeida-Alvarado et al., 2014). Otros de los beneficios con los que se ha relacionado es con una reducción del c-LDL y con una disminución del 40-45% en el desarrollo de cáncer de colon y recto (Vilcanqui-Pérez, 2017).

2.9. Productos elaborados a partir de residuos de frutas

En los últimos años se ha visto cierta inquietud acerca del aprovechamiento de residuos, encontrando a los orgánicos entre los más representativos, en donde se encuentran las cáscaras y semillas. En la actualidad gracias a diversas investigaciones se ha encontrado que contienen compuestos como fibra, vitaminas, minerales, aceites esenciales y antioxidantes que benefician a la salud (Vélez et al., 2009). Algunos de los productos que se han elaborado son galletas, panes y mermeladas adicionados con cáscaras de frutos cítricos, elaboración de mermelada con cáscara de maracuyá, sandía y tuna (Vélez et al., 2009; Chávez-Ganchala, 2018; Sandoval-Calderón, 2016), también se han incorporado cáscaras a la elaboración de gelatinas como por ejemplo cáscara de plátano y tuna (Lee et al., 2010; Manzur, 2017).

2.10. Gelatinas

“Se entiende por postre de gelatina de sabores, al producto elaborado por mezcla de azúcar refinada, grenetina de grado comestible adicionado de aditivos permitidos, que preparado de acuerdo con las indicaciones del envase se obtiene un postre listo para su consumo. Debe de cumplir con un color, olor, sabor y aspecto característico de acuerdo con la composición, sabor y presentación del producto. Se permiten algunos aditivos como saborizantes y colorantes naturales o artificiales, acidulantes y otras sales (ácido cítrico, ácido fumárico, ácido tartárico, ácido adípico, ácido málico, ácido L-ascórbico, citrato de sodio, ortofosfato de sodio (mono, di ó tribásico) polifosfato de sodio o carbonato de calcio; conservadores (Benzoato de

sodio, sorbato de sodio y propionato de sodio, en la cantidad estrictamente necesaria) y edulcorantes autorizados por la secretaría de salubridad y asistencia, en la cantidad estrictamente necesaria. No deberá contener ningún contaminante químico en cantidades que puedan representar un riesgo para la salud. Los límites máximos para estos contaminantes quedan sujetos a lo que establezca la Secretaría de Salubridad y Asistencia” (NMX-F-041-1983).

3. Problema de investigación

Evidencias científicas han asociado que factores como el estilo de vida, la rápida urbanización, los malos hábitos de alimentación, el sedentarismo, el consumo de tabaco, de bebidas azucaradas y alcohólicas, así como la genética, son factores de riesgo que en combinación determinan la aparición de enfermedades no transmisibles como la hipertensión, diabetes, dislipidemias, entre otras.

De acuerdo con los datos presentados en la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, en la población de 20 años y más, se ha observado un aumento en el porcentaje de sobrepeso y obesidad, diabetes, hipertensión arterial y triglicéridos.

Todos estos factores contribuyen en el desarrollo del síndrome metabólico, considerando también a las enfermedades cardiovasculares que son una de las principales causas de muerte para ambos sexos en México.

Investigaciones han relacionado al desequilibrio entre una mayor producción de especies reactivas de oxígeno y menor cantidad de antioxidantes en el cuerpo, como un factor que influye en la aparición de los componentes del síndrome metabólico. Se ha encontrado que en pacientes con síndrome metabólico las concentraciones de antioxidantes en sangre son bajas. Estudios en ratas han reportado un efecto positivo en el consumo de cítricos (naranja, mandarina y toronja), té verde, miel y apio, donde la mayoría han encontrado una disminución en triglicéridos, colesterol total, reducción de peso y glucosa en sangre. En pacientes con síndrome metabólico que consumieron jugo de tomate observaron un ligero aumento en el c-HDL y en otro estudio en donde tomaron jugo de granada se redujeron los valores de presión arterial y los niveles de triglicéridos. Respecto al género *Opuntia ficus-indica* L. (nopal, joconostle y tuna) en pacientes con síndrome metabólico y diabetes, se ha encontrado una disminución en los niveles de triglicéridos, un aumento de c-HDL y una disminución de la glucosa, debido a los antioxidantes y la fibra que los caracteriza. Por lo que la cáscara de tuna podría ser una alternativa para su consumo en estos pacientes, el cual es un residuo no utilizado, con alto contenido de antioxidantes y fibra.

4. Justificación

Se han realizado estudios de los beneficios que tienen los antioxidantes en algunos de los componentes del SM, debido a la capacidad que tienen estos para donar sus electrones a las especies reactivas de oxígeno. El género de *Opuntia ficus-indica L.* se ha caracterizado por poseer compuestos antioxidantes como son compuestos fenólicos, ácido ascórbico y betalainas, así como fibra, en México su importancia económica está basada principalmente en la producción del nopal y del fruto que es la tuna, dentro de los diferentes tipos de tuna se encuentra la tuna púrpura, que al consumirla se desecha la cáscara, la cual tiene un alto contenido de antioxidantes y fibra y por lo general se utiliza como alimento para ganado. Actualmente se buscan fuentes naturales que contengan componentes bioactivos, que podrían contribuir en el tratamiento del síndrome metabólico. Como ya se mencionó anteriormente se ha comprobado que la cáscara de tuna posee compuestos antioxidantes y fibra, sin embargo, no se han reportado estudios de este subproducto de la tuna en pacientes con síndrome metabólico, por lo que al adicionarla a un producto sería mejor aprovechada, como es adicionarla a una gelatina que podría ser una alternativa para pacientes con este padecimiento.

5. Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto del consumo de gelatina con cáscara de tuna (*Opuntia ficus-indica* L.) en pacientes con síndrome metabólico de Actopan, Hidalgo mediante los indicadores metabólicos y el porcentaje de grasa corporal.

Objetivos específicos

- Determinar la composición química proximal de una gelatina adicionada con cáscara de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica* L.) para el consumo en pacientes con síndrome metabólico.
- Analizar las propiedades microbiológicas y antioxidantes durante el almacenamiento de una gelatina adicionada con cáscara de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica* L.) y una gelatina comercial para el consumo en pacientes con síndrome metabólico.
- Evaluar el consumo de frecuencia de alimentos de dos grupos de pacientes con síndrome metabólico que consumen gelatina de cáscara de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica* L.) y gelatina comercial, para conocer sus hábitos de alimentación a través de la intervención.
- Determinar los cambios antropométricos de peso y circunferencia de cintura en pacientes con síndrome metabólico, que consumen gelatina de cáscara de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica* L.) y en pacientes que consumen gelatina comercial.
- Evaluar los cambios en el porcentaje de grasa, en pacientes con síndrome metabólico, que consumen gelatina de cáscara de tuna púrpura y en pacientes que consumen gelatina comercial.
- Evaluar cambios en el perfil bioquímico (c-HDL, colesterol total, triglicéridos y glucosa en plasma en ayunas) en pacientes con síndrome metabólico, que consumen gelatina de cáscara de tuna púrpura y en pacientes que consumen una gelatina comercial.

6. Hipótesis

El consumo de la gelatina elaborada con cáscara de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica L.*) durante 3 meses, promoverá cambios positivos en los indicadores metabólicos (aumento de c-HDL, disminución de colesterol total, triglicéridos y glucosa en ayunas) y disminución del porcentaje de grasa, en pacientes con síndrome metabólico.

7. Diseño metodológico

7.1. Tipo de estudio

Estudio piloto experimental de tipo ensayo clínico, doble ciego, longitudinal aleatorizado. En la figura 4 se muestra la metodología utilizada, la cual se dividió en dos etapas; etapa 1) Caracterización de gelatina (figura 4.1) y etapa 2) Evaluación de indicadores metabólicos y en el porcentaje de grasa corporal (figura 4.2).

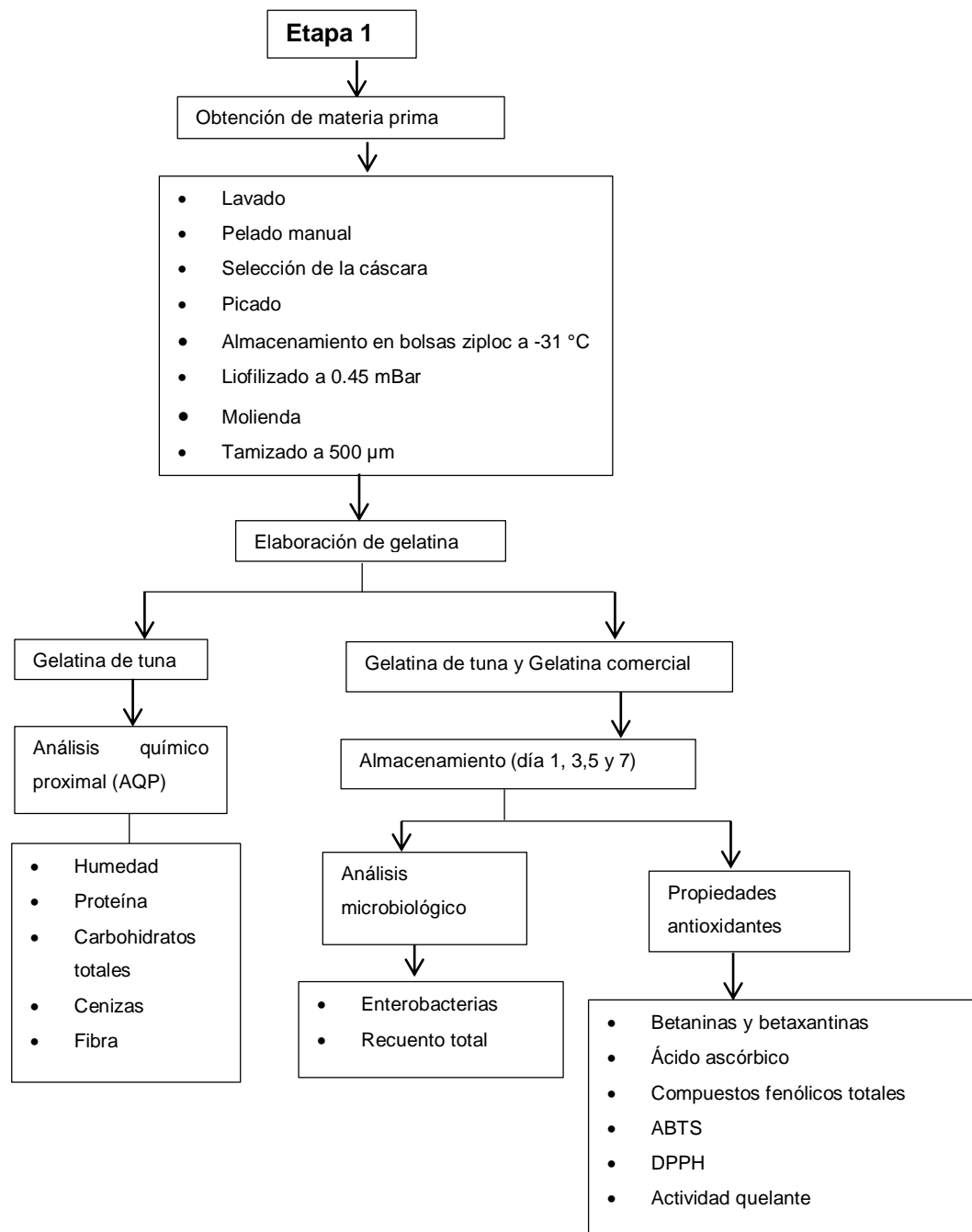


Figura 4.1 Diseño metodológico fase 1

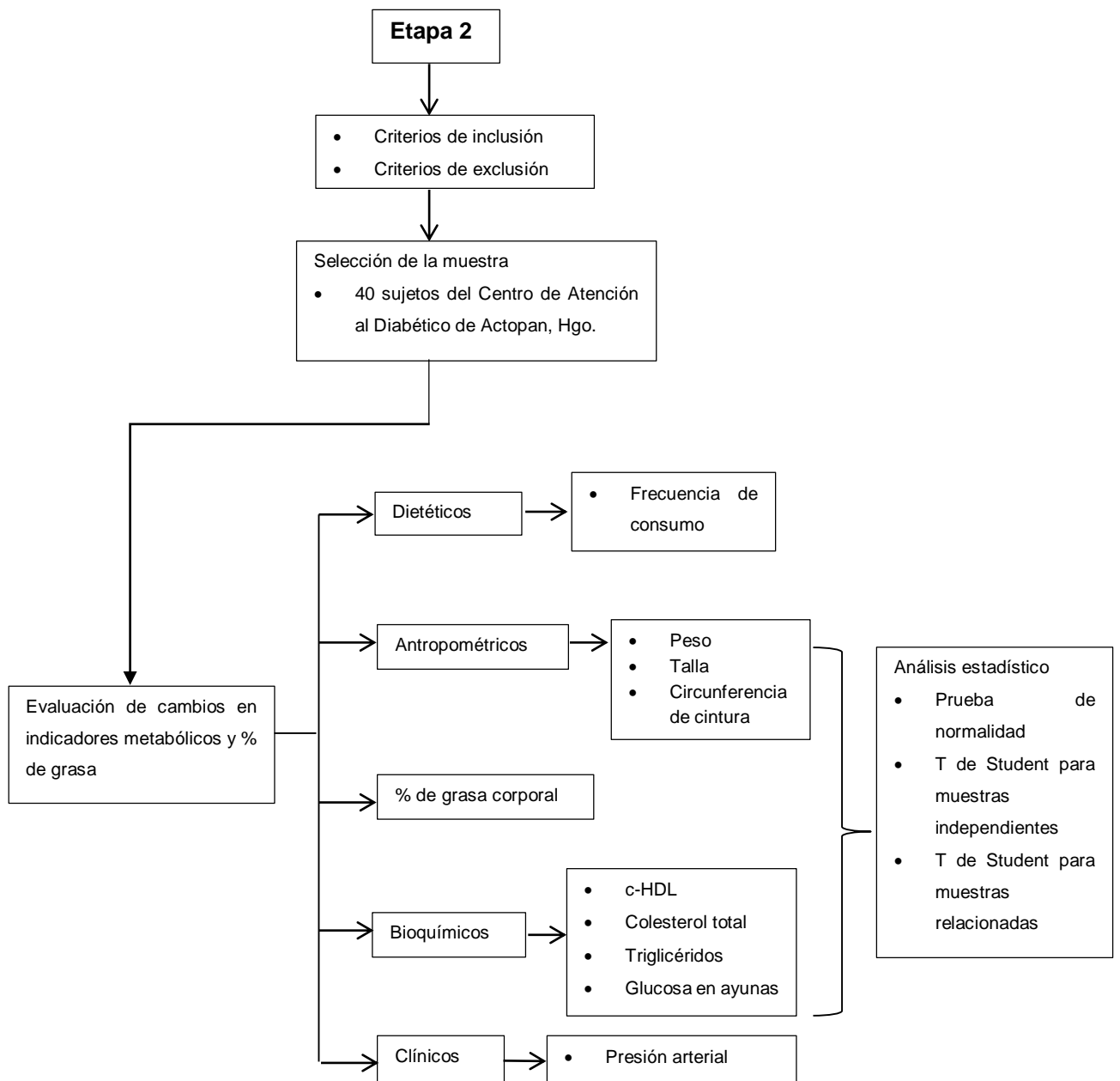


Figura 4.2 Diseño metodológico fase 2

Etapas 1

7.2. Obtención de materia prima

La materia prima se obtuvo de la central de abastos de Pachuca, Hgo. Las tunas púrpura (*Opuntia ficus-indica L.*) fueron lavadas con agua corriente y jabón, con la ayuda de un cepillo se limpiaron quitando las espinas, posteriormente se desinfectaron en agua esterilizada con Microdyn®. Los frutos se pelaron manualmente, separando el pericarpio del resto de los componentes y se excluyeron las piezas que presentaron algún daño externo.

Las cáscaras se picaron en trozos pequeños, se guardaron en bolsas ziploc y se almacenaron a una temperatura de -31 °C (grados centígrados), después se liofilizaron (liofilizadora VWR26671-581 Labconco, USA), ya que la muestra estuvo deshidratada se realizó la molienda en un molino analítico (IKA, A11 Basic, EUA) y el tamizaje a 500 micras (µm).

7.3. Elaboración de la gelatina

Para la gelatina con cáscara de tuna (GT) de 50 gramos se le añadió 1 gr de polvo liofilizado de cáscara de tuna, se le adicionó gnetina comercial (Progel diamante 315° bloom®) como gelificante y 2 g de stevia (stevia super life®) como edulcorante natural, en 50 ml de agua. Para la gelatina comercial (GC) se utilizó una marca comercial (D' Gari®) sabor cereza, 6 gr en 50 ml de agua. De acuerdo a Valencia-Avilés et al. (2017) la ingesta diaria de fenoles es de entre 25 mg- 1 g/día, mientras que Navarro-Gonzalez et al. (2017) mencionan que la ingesta de valores superiores a 600 mg por día tiene un efecto protector frente a las enfermedades no transmisibles.

7.4. Análisis químico proximal

7.4.1. Humedad

El contenido de humedad se determinó por el método AOAC 926.08, 1999, el cual se fundamenta en la medición de la masa de agua en una masa conocida de muestra, el contenido de humedad se determina midiendo la masa de la gelatina antes y después de eliminar el agua por evaporación. Los crisoles se sometieron a peso constante y se pesó 1 gramo de muestra y después se introdujeron al horno de secado (Scorpion Scientific, 168242, México), a 105 ° C por 3 horas, ya que en este tiempo el peso se volvió constante. Para terminar, se hizo nuevamente el pesaje de los crisoles con muestra y se realizó la diferencia, para determinar su contenido de agua se empleó la siguiente fórmula. Los resultados fueron reportados en porcentaje de humedad.

$$\%H = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

Donde:

%H= Porcentaje de humedad

Pi= Peso Inicial

Pf= Peso final

7.4.2. Proteína

Se evaluó por el método establecido por la AOAC 920.123., 1999 basado en la digestión por ácido sulfúrico, se utilizó sulfato de potasio como catalizador para elevar el punto de ebullición, para liberar el nitrógeno de la proteína y retener el nitrógeno como sal de amonio. La concentración de nitrógeno presente en la muestra se multiplicó por el factor de conversión (6.25). Esta metodología se realizó con 0.2 g de muestra, a la cual se le adicionó una tableta catalizadora kjeldahl, 2 mL de agua destilada y 15 mL de ácido sulfúrico. Durante el proceso de digestión dio como resultado la formación de sulfato de amonio el cual en presencia de un

excedente de hidróxido de sodio al 32% liberó amoniaco, para posteriormente ser sometido a destilación colectando en ácido bórico al 3% dando como resultado la formación de borato de amonio, el cual fue valorado con HCL 0.1 N. Para la determinación de se empleó el equipo de digestión (Gerhardt, Nood K88, Alemania), destilación (Gerhardt, Vapodest 50, Alemania) y neutralización (Gerhardt, Tur, Alemania) Los resultados se reportaron en porcentaje de proteína.

7.4.3. Carbohidratos totales

Esta prueba detecta las pentosas y hexosas, el reactivo las deshidrata formando furfural (derivados de las pentosas) e hidroximetilfurfurales (a partir de hexosas). Estos derivados reaccionan con el orcinol y, generando cambios en la coloración. Primeramente, se realizó una curva de calibración, tomando como patrón glucosa a 250 ppm, en diferentes concentraciones (0 µL, 20 µL, 40 µL, 60 µL, 80 µL, 100 µL y 120 µL). Para las muestras se tomaron 250 µL y se le añadió 1 mL de orcinol, se colocó en un baño con ebullición por 5 min, posteriormente se dejó enfriar a temperatura ambiente, por último, se realizó la lectura de absorbancia a 540 nm en un lector de microplacas (Power Wave XS UV-Biotek, software KC Junior, USA) (Brückner, 1955; Cruz & Soler, 2014). Los resultados se expresaron en porcentaje de carbohidratos totales.

7.4.4. Cenizas

Se utilizó el método gravimétrico para la determinación de cenizas, el cual está basado en la destrucción de la materia orgánica presente en la muestra por calcinación y determinación gravimétrica del residuo (AOAC 935.42, 1999). Se pesaron las muestras (1 g), las cuales se sometieron a carbonización de forma manual a fuego directo con mechero y en campana de extracción. Posteriormente se introdujeron en la mufla (Furnace, 1500, FD1535M, EUA) a 550 °C durante 5 horas continuas con la finalidad de realizar la incineración. Por último, se enfriaron en desecador durante 15 minutos y se pesó el residuo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%C = \frac{Pi - Pf}{Pi} * 100$$

Donde:

%C= Porcentaje de cenizas

Pi= Peso Inicial

Pf= Peso final

Los resultados fueron reportados en porcentaje de cenizas.

7.4.5. Fibra dietética total

Para esta determinación se utilizó el kit de Sigma-Aldrich (TDF-100A), mediante métodos enzimáticos y gravimétricos (AOAC 985.29 y 960.52, 1990) bajo las especificaciones del fabricante. Este ensayo determina el contenido total de fibra dietética de los alimentos mediante una combinación de métodos. Las muestras secas, y libres de grasa fueron gelatinizadas con α -amilasa y luego digerido enzimáticamente con la proteasa y amiloglucosidasa para eliminar la proteína y el almidón presente en la muestra. Se añadió etanol 4 veces el volumen final de la etapa enzimática para precipitar la fibra dietética soluble. El residuo se filtró y se lavó con etanol 78% (40 ml), etanol 95% (10 ml) y acetona (10 ml). Después del secado, se pesó el residuo. La mitad de las muestras fueron analizadas para proteínas y los otros fueron incinerados cenizas. La fibra dietética total se obtuvo a partir de los residuos, menos el peso de la proteína y cenizas. Los resultados fueron reportados en porcentaje de fibra dietética total, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%FDT = \frac{[(R \text{ muestra} - P \text{ muestra} - A \text{ muestras} - B)]}{PM} * 100$$

Dónde:

%FDT= Porcentaje de fibra dietética total

R= Promedio del peso residual (mg)

P= Promedio del peso proteico (mg)

A= Promedio del peso de las cenizas (mg)

B= Blanco

7.5. Análisis microbiológico

Se realizaron diluciones por triplicado, en una solución de agua de peptona para la enumeración microbiana. El recuento de microorganismos aerobios mesófilos, se determinó en agar para métodos estándar (PCA), incubando a 30°C durante 48 h (LSI-3016a, Labtech, Korea). El recuento de enterobacterias se determinó en medio de glucosa biliar rojo violeta (VRBG) incubando a 37°C durante 24h. Los resultados se expresaron como logaritmo 10 de unidades de formación de colonias por mililitro de muestra (\log^{10} UFC/mL) (Cruz et al., 2007).

7.6. Contenido de antioxidantes

7.6.1. Betacianinas y betaxantinas

El contenido de betacianinas y betaxantinas se determinaron según el método de Stintzing et al. (2005) con una lectura a 535 nm para cuantificación de betacianinas (pigmentos rojos-púrpura) y de 480 nm para betaxantinas (pigmentos amarillos), con un lector de microplacas (Power Wave XS UV-Biotek, USA). La muestra se diluyó en agua desionizada en una proporción 1:10 y se colocarán 200 μ l con un blanco de agua desionizada en microplacas. El contenido de betacianinas y betaxantinas se reportó como miligramos equivalentes de betalaínas por 100 gramos (mg EB/100 g) y se calculó con la siguiente ecuación (Stintzing et al., 2005).

$$\text{Mg/L} = \{(A * FD * PM * 1000 / \epsilon * l)\}$$

En donde:

A= Absorbancia a 535 o 480 nm

FD= Factor de dilución

PM= Peso Molecular

ϵ = Coeficiente de extinción molar

l = Volumen de celda (0.316 cm³)

Coeficiente de extinción molar:

Betacianinas: ϵ = 60000 L / (mol cm). PM = 550 g/mol

Betaxantinas: ϵ = 48000 L / (mol cm). PM = 308 g/mol.

7.6.2. Compuestos fenólicos totales

El contenido de compuestos fenólicos se determinó mediante procedimiento establecido por Folin-Ciocalteu, el cual se basa en la capacidad de los fenoles para reaccionar con agentes oxidantes. El reactivo de Folin-Ciocalteu contiene molibdato y tungstato sódico, que reaccionan con cualquier tipo de fenol, formando complejos fosfomolibdico-fosfotúngstico (Peterson, 1979). Se preparó el reactivo Folin-Ciocalteu, aplicando una solución de 1 mL de Folin aforado a 10 mL con agua desionizada; solución de Carbonato de sodio (7.5 g en 100 mL de agua); solución de Ácido gálico (15 mg en 50 mL de agua). Se construyó una curva estándar de ácido gálico, con concentraciones de 0, 100, 200, 300 mg/L (Ácido gálico/agua desionizada). La concentración se determinó por espectrofotometría y la absorbancia se midió a 765 nm en un lector de microplacas utilizando como blanco agua desionizada. Se tomaron 100 μ L de muestra de cada uno de los tratamientos, se les adicionó 500 μ L de folin y 400 μ L de carbonato de sodio en viales Eppendorf y se agitaron en Vortex, dejando reposar 30 minutos. Se determinó el contenido de fenoles totales al igual que en la curva estándar, el análisis se realizó por triplicado expresando los resultados como mg equivalentes de ácido gálico por 100 gramos (me EAG/100 g) (Stintzing et al., 2005).

7.6.3. Ácido ascórbico

Se utilizó el método colorimétrico, empleando el reactivo DCPI que tiene una coloración azul-violeta que al reaccionar con el ácido ascórbico (AA) se lleva a cabo una decoloración a rosa tenue o incoloro. Se preparó solución de 2,6-Diclorofenolindofenol con 3 mg de DCPI diluido a 250 mL de agua desionizada; solución de ácido oxálico con 1g de ácido oxálico diluido a 250 mL de agua

desionizada; 5 mg de ácido ascórbico diluido con 100 mL de la solución de ácido oxálico antes preparada y con una solución amortiguadora (3 g de acetato de sodio aforado con 10 mL de ácido acético glacial y 7 mL de agua desionizada). Se construyó una curva estándar de ácido ascórbico usando concentraciones de 0, 10, 20, 30, 40, 50 mg/L (ácido ascórbico/agua desionizada). La concentración se determinó por espectrofotometría y la absorbancia se midió a 520 nm en un lector de microplacas utilizando como blanco ácido oxálico. Se tomaron 100 μ L de muestra de cada uno de los tratamientos, se les adicionó 100 μ L de amortiguador y 800 μ L de DCPI en viales Eppendorf y se agitaron en Vortex. Se determinó la concentración de ácido ascórbico igual que en la curva estándar, el análisis se realizó por triplicado, expresando los resultados como mg equivalentes de ácido ascórbico por 100 gramos (mg EAA/100 g) (Dürüst, Sümengen, & Dürüst, 1997).

7.7. Actividad antioxidante y actividad quelante

7.7.1. Actividad antioxidante por el método de ABTS•

Esta determinación se fundamenta en la cuantificación de la decoloración del radical ABTS•+, debido a la interacción con especies donantes de hidrógeno o de electrones (Re et al., 1999). El radical catiónico ABTS•+ es un cromóforo que absorbe a una longitud de onda de 734 nm y se genera por una reacción de oxidación del ABTS con persulfato de potasio. Se realizó preparando una solución de ABTS al 7 mmol (76.8 mg de ABTS diluido en 20 mL de agua desionizada), se agregó persulfato de potasio al 2.45 mmol, (6.6 mg en 10 mL de agua); se dejó reposar por 16 horas y se realizó una dilución en agua desionizada, hasta obtener la lectura de absorbancia de 0.7 ± 0.1 a 754 nm. Se utilizó una curva estándar, con una solución con 3.75mg de Trolox en 50 mL de etanol, realizando concentraciones de 0, 60, 120, 180, 240, 300 μ mol/L. Se tomaron 100 μ L de muestra y 900 μ L de la dilución de ABTS, se dejó reposar 7 minutos (min) y se realizó la lectura en espectrofotométrica a 754 nm en el lector de microplacas. La actividad antioxidante se expresó como micromoles equivalentes de trolox por 100 gramos (μ mol ET/100 g) (Kuskoski et al., 2005).

7.7.2. Actividad antioxidante por el método de DPPH•

El DPPH• es un radical que tiene un electrón desapareado y es de color azul-violeta, decolorándose hacia amarillo pálido por la reacción de la presencia de una sustancia antioxidante, siendo medida espectrofotométricamente a 517 nm. Por diferencia de absorbancia se determina el porcentaje de captación del radical libre DPPH (Chávez, 2004). Se preparó una solución con 7.4 mg de DPPH aforando a 100 mL de etanol. Se utilizó una curva estándar de Trolox, en concentraciones de 0,100, 200, 300 $\mu\text{mol ET/L}$. Se colocaron 100 μL de las muestras y 500 μL de la solución DPPH, agitando en el vortex y dejándolo reposar durante una hora. Se midió la absorbancia del sobrenadante a 520 nm, utilizando el lector de microplacas. La actividad antioxidante, se expresó en micromoles equivalentes de trolox en 100 gramos ($\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$) (Morales & Jiménez-Pérez, 2001).

7.7.3. Actividad quelante

La actividad quelante se basa en en la reacción de la molécula quelante de referencia con el ion ferroso (Fe^{2+}), posteriormente el ion ferroso que no fue quelado reacciona con la ferrozina generando color. Se preparó cloruro férrico (II) 1.985 mg aforado en 5 ml de agua destilada, 24.6 mg de ferrozina aforada en 10 ml de agua destilada y se diluyó ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) en 5 ml de agua destilada. Se tomaron 100 μL de la muestra, más 50 μL cloruro férrico (II), más 450 μL de metanol, se coloca en el vortex y se deja reposar 5 minutos, posteriormente se le añaden 400 μL de ferrozina, se agita en el vortex y se deja reposar por otros 10 minutos. La absorbancia se mide a 562 nm utilizando un lector de microplacas (Power Wave XS UV-Biotek, software KC Junior, USA). Para el cálculo de la actividad quelante (% AQ) se aplicó la siguiente ecuación (Gülcin et al., 2003)

$$\% \text{ AQ} = [(A_0 - A_1)/A_0] * 100 \quad (4)$$

Dónde:

A_0 = absorbancia de la muestra control.

A_1 = absorbancia de la muestra.

Etapa 2

7.8. Selección de la muestra

De los pacientes que asistieron al Centro de Atención al Diabético en la región de Actopan, Hgo. y que cumplieron con los criterios de inclusión, se les invitó a participar de manera voluntaria en el estudio, todos firmaron una carta de consentimiento informado (Anexo 1), en donde se describió el objetivo del proyecto de investigación, las pruebas a realizar y el lugar en donde se llevó a cabo. Se seleccionaron 40 individuos entre 30 y 59 años de edad, se calculó como pérdida el 10%, posteriormente se dividieron en 2 grupos de ambos sexos aleatoriamente.

7.8.1. Tamaño de la muestra

Para el tamaño de muestra de un estudio piloto, es recomendable incluir entre 30 y 50 sujetos, los cuales deben de poseer las características que se desean medir en la población de estudio (García-García et al., 2013).

7.9. Criterios de inclusión

- Pacientes hombres y mujeres de 30 a 59 años que de acuerdo a los criterios de la Federación Internacional de Diabetes presentaron SM
- Pacientes que aceptaron consumir la gelatina por un periodo de tres meses
- Pacientes que contaron con un lugar adecuado para la conservación de las gelatinas
- Pacientes que aceptaron acudir al IC Sa para evaluar su porcentaje de grasa en el Bod-Pod al inicio y al final del estudio
- Pacientes que aceptaron firmar la carta de consentimiento informado

7.10. Criterios de exclusión

- Pacientes que presentaron complicaciones crónicas, como insuficiencia renal
- Mujeres embarazadas, en periodo de lactancia y diabetes gestacional
- Pacientes que presentaron alguna alergia o complicación al ingerir alguno de los componentes de la gelatina de tuna

7.11. Criterios de eliminación

- Pacientes que decidan abandonar el estudio
- Pacientes que contengan dispositivos de metal o médicos
- Pacientes que no acudieron por las gelatinas

7.12. Diseño experimental

De los 40 pacientes iniciales 30 cumplieron con los criterios de inclusión, los cuales fueron asignados aleatoriamente en 2 grupos, 19 suplementados con gelatina de cáscara de tuna (*Opuntia ficus-indica L.*), 11 con gelatina comercial. Se les pidió a los pacientes consumir 1 gelatina diaria en las mañanas, 5 días a la semana, durante 3 meses. Las gelatinas para el grupo que consumió GT y el grupo que consumió GC, fueron similares en color, peso y embalaje.

7.13. Métodos y técnicas de medición

7.13.1. Dieta

Se realizó una frecuencia de consumo de alimentos tomada de la ENSANUT MC 2016, la cual se muestra en el anexo 4. Para evaluar si los pacientes consumen las porciones adecuadas por grupo de alimento se utilizó como referencia la NOM 037-SSA2-2012, para la prevención, tratamiento y control de las dislipidemias. Cada porción se multiplicó por 7 obteniendo así las porciones semanales, clasificándose como aceptable, alto y bajo consumo.

Tabla 5. Porciones por grupo de alimento en hombres y mujeres semanalmente.

	Mujeres (1600 kcal)	Porción semanal	Hombres (1800 kcal)	Porción semanal
Verduras	5 pzas	35 pzas	5 pzas	35 pzas
Frutas	5 pzas	35 pzas	5 pzas	35 pzas
Leguminosas	1.5 pzas	10.5 pzas	2 pzas	35 pzas
Cereales y tubérculos	6 pzas	42 pzas	6 pzas	42 pzas
Alimentos de origen animal	5 pzas	35 pzas	5 pzas	35 pzas
Lácteos	2 pzas	14 pzas	2 pzas	35 pzas
Aceites y grasas	5.5 pzas	38.5 pzas	6 pzas	42 pzas

Fuente: NOM 037--SSA2-2012, para la prevención, tratamiento y control de las dislipidemias

7.13.2. Antropometría

La evaluación antropométrica se realizó siguiendo las recomendaciones del Manual de Estándares Internacionales para la Evaluación Antropométrica (ISAK); (International Society for the Advancement of Kinanthropometry, 2001). Las medidas que se efectuaron fueron; peso, talla, circunferencia de cintura; para dichas mediciones se llevó a cabo la estandarización con el método Habicht del personal que tomó las mediciones (Velázquez et al., 2002).

Peso

La medición se toma sin zapatos y con la menor cantidad de ropa posterior del vaciado intestinal y de la vejiga. Se verifica que la báscula esté leyendo en 0, la determinación se realizó mientras el sujeto se pone de pie sobre el centro de la balanza sin estar apoyado y con el peso distribuido uniformemente sobre ambos pies, posteriormente se toma la lectura (International Society for the Advancement

of Kinanthropometry, 2001). Para la medición se utilizó una báscula de bioimpedancia. Tanita TBF 300 A.

Talla

El piso y la pared donde se instala el estadímetro, deben estar rígidos, planos, sin algún borde que impida la formación de un ángulo de 90°C. La medición se realiza con el sujeto descalzo, se necesitan dos personas para la medición y se requiere que el sujeto se ponga de pie, con los pies juntos y los talones, las nalgas y la parte superior de la espalda tocando la escala. La cabeza del sujeto debe colocarse en el plano de Frankfort (entre el punto más inferior de la órbita y el punto más alto del meato auditivo). El medidor coloca las manos lo suficientemente lejos a lo largo de la línea de la mandíbula del sujeto, para garantizar que la presión ascendente se transfiera a través de los procesos mastoideos. Se indica al sujeto que tome y mantenga una respiración profunda y mientras mantiene la cabeza en el plano de Frankfort, el medidor aplica una elevación suave hacia arriba a través de los procesos mastoideos. La persona que realiza el registro coloca el cabezal del estadímetro firmemente sobre el vértice, aplastando el pelo tanto como sea posible. La medición se toma al final de una respiración profunda hacia adentro (International Society for the Advancement of Kinanthropometry, 2001). Para realizar la medición se utilizó un estadímetro portátil SECA 213.

Circunferencia de cintura (CC)

La medición se realiza indicando al sujeto que asuma una posición relajada de pie, con los brazos cruzados sobre el tórax. La circunferencia se toma al nivel del punto más estrecho entre el borde costal inferior (10ª costilla) y la cresta ilíaca. El medidor se para frente al sujeto que abduce los brazos ligeramente permitiendo que la cinta pase alrededor del abdomen. El talón de la cinta y la carcasa se sujetan con la mano derecha mientras la mano izquierda se usa para ajustar el nivel de la cinta en la parte posterior al nivel adjudicado del punto más estrecho. El medidor reanuda el control del trazo con la mano izquierda y, con la técnica de la mano cruzada, coloca la cinta al frente en el nivel objetivo. El sujeto es instruido para bajar sus brazos a la

posición relajada. Luego, la cinta se reajusta según sea necesario, El sujeto debe respirar normalmente y la medición se toma al final de una espiración normal (International Society for the Advancement of Kinanthropometry, 2001). La medición se realizó con una cinta antropométrica LUFKIN Executive Thinkline (2 m / 6ft W606ME). En la tabla 1 se presentan los valores de circunferencia de cintura que se tomaron como referencia de la Federación Internacional de Diabetes (FID).

Índice de masa corporal

El índice de masa corporal (IMC) es utilizado como un indicador simple de la relación entre el peso y la talla que se utiliza frecuentemente para identificar el sobrepeso y la obesidad en los adultos (OMS, 2018). Su cálculo se realizó dividiendo el peso de una persona en kilogramos por el cuadrado de su talla en metros (kg/m^2). Se considera un valor de bajo peso (≤ 18.5) y obesidad a partir de un valor de ≥ 30 kg/m^2 como se indica en la tabla 6.

Tabla 6. Clasificación de IMC de acuerdo a la OMS

Criterios	Índice de masa corporal (kg/m^2).
Bajo peso	≤ 18.5
Normal	18.5-24.9
Sobrepeso	≥ 25 -29.9
Obesidad	≥ 30
Obesidad de clase 1	30.0-34.9
Obesidad de clase 2	35.0-39.9
Obesidad de clase 3	≥ 40

Fuente: "Obesidad y sobrepeso", OMS, 2018.

7.13.3. Determinación de porcentaje de grasa

La medición del porcentaje de grasa se realizó mediante el procedimiento de pletismografía de desplazamiento de aire, proporcionado comercialmente como el

sistema BOD-POD, utiliza la variación en la presión y el volumen, mientras que el sujeto descansa dentro de una cámara sellada, para estimar densidad corporal (Ginde et al., 2005), la descripción de la técnica se muestra en el anexo 2. El porcentaje de grasa es un excelente indicador para evaluar el estado nutricional de los participantes (Gallagher et al., 2000).

Los criterios de clasificación de la masa grasa se dan por porcentajes, los puntos de corte son los siguientes:

Tabla 7. Clasificación del porcentaje de grasa por sexo y edad

Clasificación	Femenino		Masculino	
	20-39	40-59	20-39	40-59
Bajo	<21.0	<23.0	<8.0	<11.0
Normal	21.1-32.9	23.1-33.9	8.1-19.9	11.1-21.9
Elevado	33.0-38.9	34.0-39.9	20.0-24.9	22.0-27.9
Muy elevado	≥39.0	≥40.0	≥25.0	≥28.0

Fuente: Gallagher et al., 2000.

7.13.4. Perfil bioquímico

La obtención de las muestras sanguíneas se realizó con el apoyo del personal capacitado mediante venopunción, en cualquiera de ambos brazos, con agujas y tubos estériles adicionados con sílice como activador de coagulación (Montero et al., 2015).

Las pruebas que se realizaron en el perfil bioquímico incluyeron la determinación de colesterol HDL, colesterol total, triglicéridos y glucosa en ayunas. Se realizó la toma de muestra sanguínea, posteriormente se realizó la separación de suero y plasma por medio de centrifugación, utilizando una centrífuga marca Hamilton Bell durante 15 minutos con una velocidad de 6500 revoluciones por minuto (rpm), para su análisis bioquímico se utilizaron kits enzimáticos marca Spinreact, posteriormente se utilizó un lector de microplacas a una longitud de onda de 505 nm.

Una vez obtenidos los valores, se clasificaron considerando los parámetros de referencia de acuerdo a la Federación Internacional de Diabetes (tabla 1) y para colesterol total se utilizó un valor <200 mg/dL considerando los valores propuestos por el ATP III (Rubio et al., 2004).

7.13.5. Clínicos

Presión arterial

Se utilizó un Esfigmomanómetro Riester Big Ben Round. Se tomaron referencia los valores de la Federación Internacional de Diabetes (tabla 1). La medición se tomó después de 5 minutos en reposo y con una abstinencia de fumar, tomar café, productos cafeinados y refrescos de cola, por lo menos 30 min antes de la medición de acuerdo a PROY-NOM-030-SSA2-2017, Para la prevención, detección, diagnóstico, tratamiento y control de la hipertensión arterial sistémica (PROY-NOM, 2017). En el anexo 3 se presentan las especificaciones para la toma de presión arterial.

7.14. Análisis estadístico

El análisis estadístico se determinó mediante el software estadístico SPSS versión 15 (SPSS Inc. Chicago EE.UU.). Se realizó una prueba de T de Student, para antioxidantes comparando la gelatina de tuna con la gelatina comercial y un análisis de varianza (ANOVA) aplicando la prueba de Tukey para conocer las diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las muestras de gelatina a través de los días de almacenamiento en antioxidantes.

Referente a los sujetos de estudio se realizó una prueba de normalidad por Shapiro-Wilk para muestras menores a 30 sujetos. La cual resultó tener una distribución normal ($p > 0.05$), siendo una prueba paramétrica, por lo cual se utilizó una T de Student para muestras independientes para los indicadores basales y T de Student para muestras relacionadas comparando las mediciones basales vs mediciones finales, obteniendo medias, desviación estándar y nivel de significancia.

7.14 Consideraciones éticas

El protocolo fue aprobado por el Comité de Ética del Instituto de Ciencias de la Salud (ICSa) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), con número asignado por el mismo comité: CEEI-000020-2019. Dicho documento fue incluido en el anexo 5, siguiendo la Declaración de Helsinki (Anexo 6), los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos y las consideraciones éticas conforme lo dicta la ley general de salud en materia de investigación en salud. Se utilizó una carta de consentimiento informado (Anexo 1) y la autorización de los responsables del Centro de Atención al Diabético de Actopan Hidalgo, donde se explicaron de manera breve y clara los procedimientos a realizar, así como los beneficios y riesgos posibles durante la participación y la confidencialidad y posibilidad de abandonar la investigación en el momento que prefieran. Se tuvieron además las consideraciones mencionadas en los artículos 13, 14 fracción IV, 16, 17 y 18, así como 20, 21 y 22.

8. Resultados y discusión

8.1. Análisis químico proximal

En la tabla 8 se muestra la composición química proximal de la GT. El contenido de proteínas en la se debe principalmente a la composición de la grenetina que se utilizó en su elaboración, la cual se obtiene a partir del colágeno de la piel y los huesos de animales, se trata de una proteína compuesta por aminoácidos como prolina, hidroxiprolina, alanina y glicina (Mitchell, 1976). En el contenido de carbohidratos totales obtuvo valores bajos, ya que fue adicionada con Stevia. El porcentaje de ceniza reportado en la gelatina se debe a los minerales que posee la cáscara de tuna principalmente son calcio, potasio y magnesio, mientras que la fibra corresponde a la celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina (El-Kossori et al., 1998; Salim et al., 2009). Dentro de los componentes de grasa está constituido por ácido palmitoleico, palmítico, araquidónico, esteárico, oleico, linoleico y linolénico (El-Said et al., 2011).

Lee et al. (2010) realizaron la composición proximal de 3 gelatinas de cáscara de plátano a diferentes concentraciones. En promedio tuvieron un porcentaje de humedad de 38.9%, cenizas 1.1%, proteína 1.08, grasa 0.38%, carbohidratos totales 58.15% y fibra 8.61%, estas mostraron un porcentaje mayor de carbohidratos totales y fibra comparados con la gelatina de la presente investigación. Carvalho et al. (2012) elaboraron una gelatina de Zapote (*Quararibea cordata Vischer*), en donde reportaron un porcentaje de humedad de 32.68%, cenizas 0.17%, proteína 0.78%, lípidos 0.11% y carbohidratos 66.04%. En el presente trabajo la GT tuvo porcentajes más altos en humedad, ceniza, proteína y lípidos.

Las diferencias entre porcentajes pueden cambiar de acuerdo a la parte de la fruta utilizada, a la cantidad agregada, a los ingredientes que se utilizaron para su preparación, así como las condiciones de elaboración, ya que algunos parámetros cambian si es que se aumenta o disminuye un ingrediente, como por ejemplo la pulpa que se utiliza durante la producción o si la gelatina fue elaborada con pectina o grenetina (Lee et al., 2010; Rodríguez-Bombón, 2014).

Tabla 8. Composición química proximal de la gelatina de cáscara de tuna.

Determinación	Porcentaje (%) en la GT
Humedad	88.82 ± 0.13
Proteína	6.67 ± 0.01
Carbohidratos totales	1.27 ± 0.003
Ceniza	1.28 ± 0.07
Fibra dietética total	1.4 ± 0.10
Grasa	0.52 ± 0.17

8.2. Análisis microbiológico

Se presenta el contenido para mesófilos aerobios y enterobacterias en la GT y GC durante el almacenamiento (tabla 9), en donde se observa que en la GT hubo un crecimiento microbiológico de mesófilos aerobios en el día 1 y 3, para el día 5 y 7 no se observó crecimiento; en cuanto a enterobacterias no se detectó la presencia de estas. Para la GC no se detectaron mesófilos aerobios y tampoco enterobacterias.

Manzur (2017) elaboró una gelatina de cáscara de tuna en donde reporta valores de 2.38 Log₁₀UFC/mL en mesófilos aerobios y 1.90 Log₁₀UFC/mL en enterobacterias. Estos resultados fueron un poco más altos a los obtenidos para mesófilos aerobios en el presente estudio. Selvamuthukumaran et al. (2007), realizaron una gelatina de espinos cerval en donde encontraron valores de 0.5 Log₁₀UFC/mL para mesófilos aerobios, mientras que no hubo presencia de enterobacterias. Ventura et al. (2013) elaboraron una gelatina de jugo de granada adicionada con extracto de cáscara de granada, en la cual no se detectó crecimiento de mesófilos aerobios y de enterobacterias durante el almacenamiento.

Selvamuthukumaran et al. (2007), indican que la nula presencia de enterobacterias se debe a un manejo higiénico en la preparación de las gelatinas, así como en el almacenamiento.

Se ha demostrado que algunos compuestos bioactivos presentes en las frutas o las cáscaras de los mismos, también presentan actividad antimicrobiana, como es el caso de los compuestos polifenólicos (Vega, 2011; Reyes-Munguía et al., 2016), en donde pueden funcionar como agentes bactericidas (Campos-Arias, 2016). Posiblemente lo anterior pudo tener relación con el comportamiento encontrado en la disminución y total inactivación de mesófilos aerobios durante el almacenamiento en este estudio.

La norma de calidad para gelatinas comestibles destinadas al mercado interior (1984), estableció criterios para conteo microbiológico en gelatinas, donde menciona que no debe haber presencia de enterobacterias y el límite de mesófilos aerobios es 5×10^3 UFC/g ($3.69 \text{ Log}_{10}\text{UFC/mL}$). Por lo tanto, las enterobacterias como los mesófilos aerobios en la GT se encuentran dentro de los rangos establecidos por la norma.

Tabla 9. Valores microbiológicos ($\text{Log}_{10}\text{UFC/mL}$) de la gelatina de cáscara de tuna y gelatina comercial

Días	Gelatina cáscara de tuna		Gelatina comercial	
	Mesófilos aerobios ($\text{Log}_{10}\text{UFC/mL}$)	Enterobacterias ($\text{Log}_{10}\text{UFC/mL}$)	Mesófilos aerobios ($\text{Log}_{10}\text{UFC/mL}$)	Enterobacterias ($\text{Log}_{10}\text{UFC/mL}$)
1	2.85 ± 0.27	N/P	N/P	N/P
3	2.79 ± 0.17	N/P	N/P	N/P
5	N/P	N/P	N/P	N/P
7	N/P	N/P	N/P	N/P

N/P: no presentó

8.3. Contenido de antioxidantes

8.3.1. Betalaínas

Los resultados de contenido de betalaínas durante el almacenamiento se muestran en la figura 5. Las betacianinas en la GT se encontraron en un rango de 3.23 a 1.97 mg EB/100 g y en la GC de 0.66 a 0.63 mg EB/100 g (Figura 5a). En cuanto a las betaxantinas (Figura 5b) la GT presentó valores de 1.35 mg EB/100 g a 0.87 mg EB/100 g y la GC 0.53 mg EB/100 g a 0.48 mg EB/100 g (Figura 5b). Se observó que los valores de la GT fueron mayores significativamente ($p < 0.05$) que los de la GC en cada uno de los días de almacenamiento, tanto en contenido de betacianinas así como en betaxantinas.

En una gelatina adicionada con cáscara de tuna púrpura por Manzur (2017), presentaron valores de 2.64 mg EB/100 g para betacianinas y de 5.9 mg EB/100 g para betaxantinas, el contenido de betacianinas es similar, sin embargo, el contenido de betaxantinas es más alto comparado con la gelatina de este estudio en el día 1. En un concentrado de tuna morada reportan para betacianinas concentraciones de 66.62 mg EB/100 g y betaxantinas de 57.90 mg EB/100 g, (Huaranga, 2014), los cuales fueron mayores a los de la GT.

Durante los días de almacenamiento por muestra se observa que, en la GT, el contenido de betacianina y betaxantinas van disminuyendo ($p < 0.05$) a través de los días, obteniendo una disminución de 1.3 mg y 0.5 mg, del día 1 al último día de almacenamiento respectivamente. Mientras que, en la GC, los valores se mantuvieron de manera similar ($p > 0.05$).

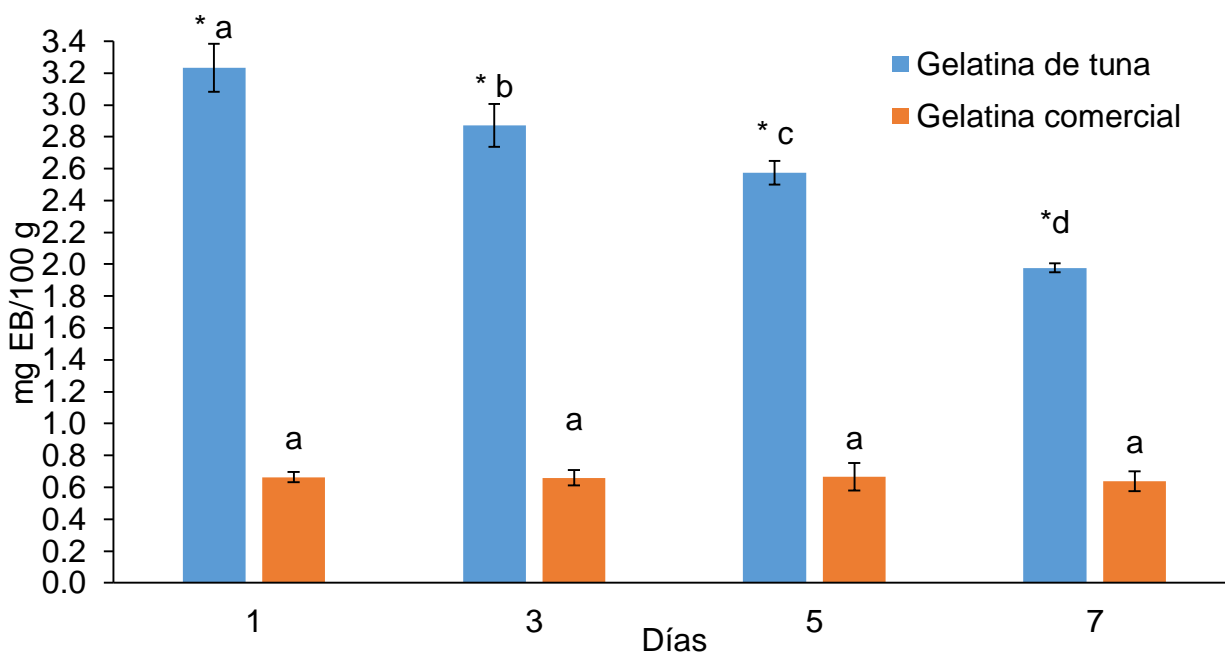
No existen estudios respecto a las betalainas durante el almacenamiento en gelatinas adicionadas con cáscara, jugos o pulpa, sin embargo, en jugos pasteurizados por Moreno et al. (2007), realizaron 4 diferentes formulaciones de jugo de naranja y toronja, de los cuales 2 contenían pulpa de tuna y 2 pulpa de remolacha, estuvieron almacenados en botellas ámbar de vidrio previamente

esterilizados por 21 días a 7°C, y reportaron a los 14 días una degradación de las betalainas.

La ligera disminución de betalainas en la GT, durante el almacenamiento, pudo verse afectada por un mayor contenido de actividad de agua, ya que estas son más inestables si la actividad de agua y el contenido de humedad son elevadas, favoreciendo la ruptura del enlace de aldimina que las conforman (Herbach et al., 2006; Badui et al., 2006; Mancha et al., 2019). También podría atribuirse según Moreno et al. (2007) al oxígeno presente en los espacios de cabeza de los envases.

Respecto a la GC, la estabilidad de las betacianinas y betaxantinas durante el almacenamiento, podría atribuirse a su contenido de ácido cítrico, el cual es un conservador que permite la estabilidad de las betalaínas de factores como el oxígeno, temperatura y la luz (Hernández-Rodríguez & Salazar-Tijerino, 2017). Así como también algunos componentes como azúcares, ácidos y sal pueden disminuir la actividad de agua, estabilizando las betalaínas (Herbach et al., 2006; Clayton, 2012).

a)



b)

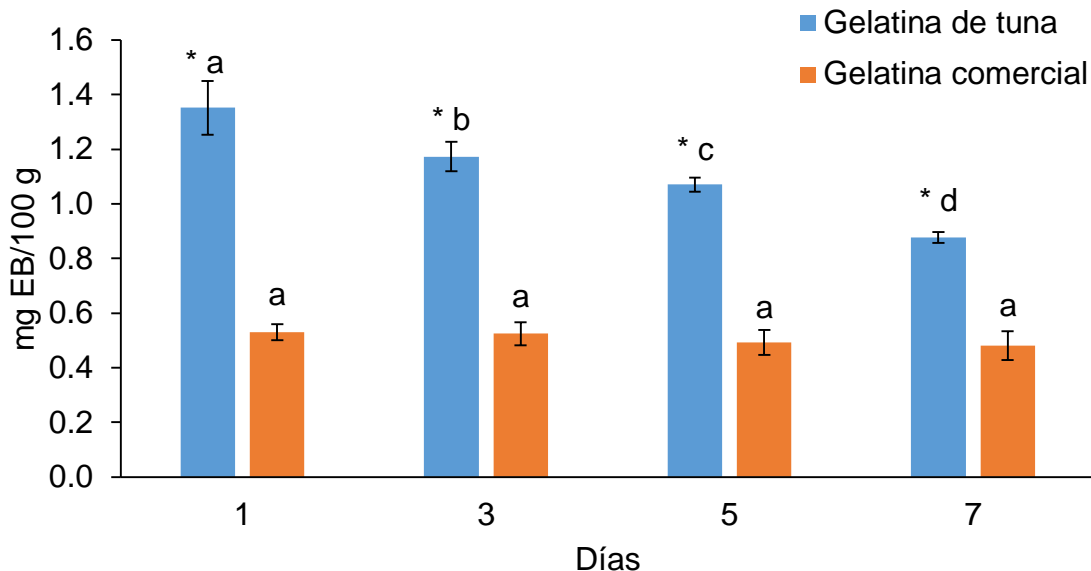


Figura 5. Contenido de betacianinas (a) y betaxantinas (b) de gelatinas durante el almacenamiento, *Indica diferencia ($p < 0.05$) comparando GT con GC por día. ^{a-d} Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$) de GT o GC a través de sus días de almacenamiento.

8.3.2. Compuestos fenólicos totales

En la Figura 6 se muestran los resultados del contenido de fenoles totales durante los días de almacenamiento, los valores de la GT se encontraron en un rango de 75.79 a 62.87 mg EAG/100 g y los de la GC de 6.28 a 5.55 mg EAG/100 g, se puede observar que la GT fue mayor significativamente ($p < 0.05$) comparado con la GC en cada día analizado. Ventura et al. (2013) reportaron valores más bajos (54.4 mg EAG/100 g) en una gelatina de jugo comercial de granada adicionada con extracto acuoso de cáscara de granada, mientras que en un estudio realizado en gelatina adicionado con 16 g de cáscara de plátano, el contenido de fenoles fue de 102 mg EAG/100 g (Lee et al., 2010), mayor que en la GT del presente estudio, sin embargo los gramos de la cáscara adicionada fue mayor, por lo que si se adicionará 3 g de cáscara de tuna a la gelatina, el contenido de fenoles sería similar.

De acuerdo al comportamiento de las gelatinas durante sus días de almacenamiento, en el día 1 la GT presentó valores más altos (62.87 ± 1.97 mg

EAG/100 g) ($p < 0.05$) con respecto a los días 3 y 5 (50.48 ± 1.48 y 53.90 ± 4.5 , respectivamente), mostrando valores similares ($p > 0.05$) entre estos 2 días, sin embargo, en el día 7 se observó un incremento significativamente con respecto a los demás días ($p < 0.05$). Por su parte la GC no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los días analizados.

No existe información de gelatinas de tuna durante el almacenamiento, sin embargo, en un estudio realizado en especies de nopal almacenado a 6°C por 4 días, reportaron un aumento significativo ($p < 0.05$) en el día 4 (Resendiz-Otero et al., 2016), misma tendencia fue reportada en un estudio realizado por Ochoa & Guerrero (2011), en un jugo de tuna púrpura almacenado a 4°C por 21 días. La disminución de los fenoles en los días 3 y 5, así como el aumento en el día 7, se pudo deber a que posiblemente primero haya ocurrido una oxidación de estos compuestos formando radicales fenoxi y posteriormente el ácido ascórbico pudo haber proporcionado átomos de hidrógeno a los radicales fenoxi, incrementado el contenido de fenoles (Resendiz-Otero et al., 2017; Fennema, 2000).

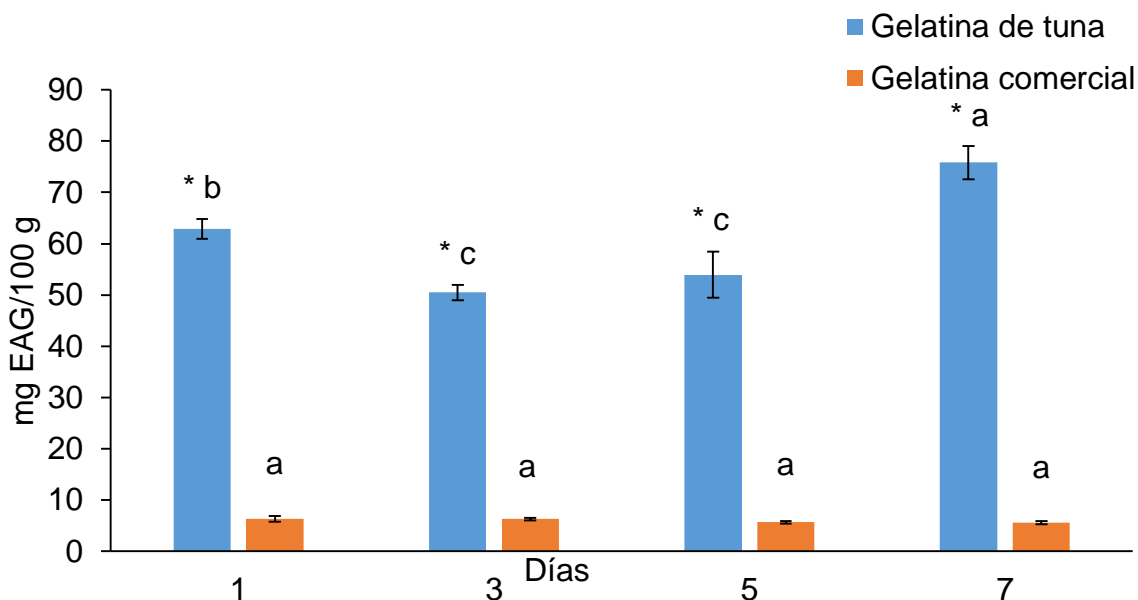


Figura 6. Contenido de fenoles totales de gelatinas durante el almacenamiento. *Indica diferencia ($p < 0.05$) comparando GT con GC por día. ^{a-c} Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$) de GT o GC a través de sus días de almacenamiento.

8.3.3. Ácido ascórbico

En los resultados de ácido ascórbico se puede ver que en la GC no se detectó la presencia de ácido ascórbico, mientras que la GT obtuvo valores de 32.27 a 30.89 (mg EAA/100 g) (Figura 7). Se encontraron valores similares en una mezcla de un concentrado de pulpa de tuna verde pasteurizada adicionada con cáscara molida en relación 3:1 de 32.4 mg EAA/100 g) (Cerezal y Duarte, 2005), mientras Manzur, (2017) reportó un valor más alto (392.4 mg EAA/100 g) en una gelatina adicionada con cáscara de tuna púrpura en el día 1.

La GT no mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) durante los días de almacenamiento. No existen reportes similares a este estudio durante el almacenamiento, sin embargo, en un estudio por Galani et al. (2017), sobre distintas variedades de papa almacenadas a 4°C durante 0, 30, 60 y 90 días, mostraron un comportamiento similar. Un comportamiento opuesto fue encontrado en un estudio de gomitas elaboradas con un concentrado de penca de maguey almacenadas en refrigeración (4°C) por 0, 15 y 30 días, presentando un descenso notable del día 0 al día 15, estabilizándose en los días posteriores (Ayala & Sánchez, 2012). Por lo que el comportamiento puede variar dependiendo del alimento de estudio, así como en la elaboración y matriz del alimento o subproducto adicionado.

Se observa que la GT se mantuvo estable el ácido ascórbico hasta el día 5. Manzur (2017) encontró contenido de ácido cítrico, ácido málico y ácido oxálico en la cáscara de tuna púrpura y Akbıyık et al. (2012), mencionan que estos componentes funcionan como protectores del ácido ascórbico previniendo las reacciones de oxidación catalizadas por metales de transición. Por otro lado, Galani et al. (2017), refiere que durante el almacenamiento hay agentes quelantes o inhibidores de la ácido ascórbico oxidasa en la matriz alimenticia, que protege a la vitamina C contra la oxidación.

La adición de cáscara de tuna en la elaboración en gelatinas podría ser una buena alternativa para el consumidor, proporcionando alto contenido de compuestos

bioactivos en la ingesta en este tipo de alimentos, en lugar del consumo de una gelatina comercial.

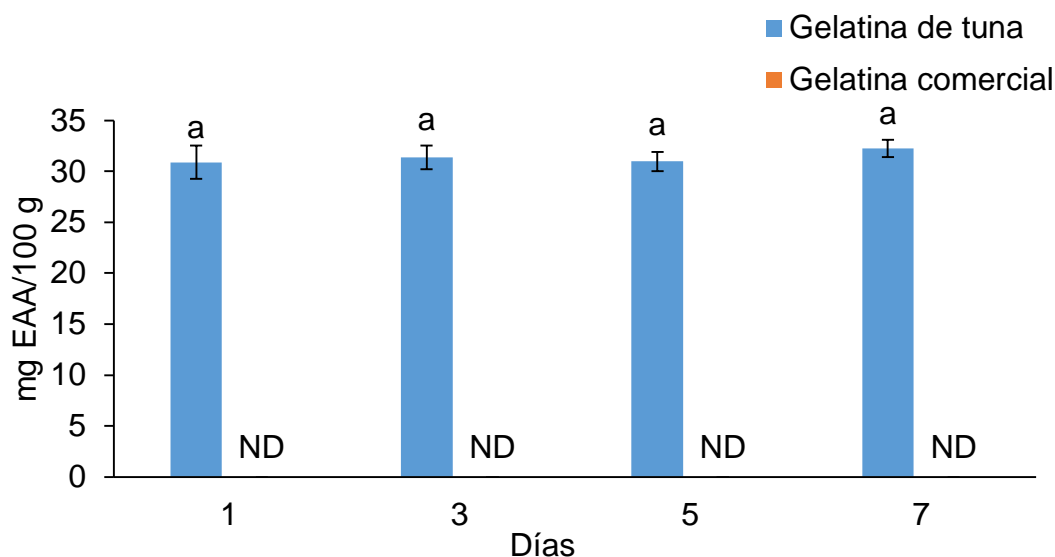


Figura 7. Contenido de ácido ascórbico de gelatinas durante el almacenamiento. Letras iguales indica que no existe diferencia significativa ($p>0.05$) a través de sus días. ND indica No Detectado.

8.4. Actividad antioxidante y actividad quelante

8.4.1. Actividad antioxidante por ABTS

La actividad antioxidante por inhibición del radical ABTS• se aprecia en la figura 8. Los valores que se obtuvieron en el almacenamiento para la GT fueron de 20 a 20.70 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ y para la GC de 4.09 a 4.21 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$. La GT presentó valores mayores en comparación con la GC ($p<0.05$) en cada día de almacenamiento. En una investigación de una gelatina de cáscara de tuna los valores reportados fueron de 23.36 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ (Manzur, 2017) siendo similares a los del presente estudio en el día 1.

De acuerdo a la evolución de cada gelatina durante los días de almacenamiento, tanto la GT como la GC se mantuvieron estables sin presentar diferencias significativas ($p>0.05$).

Este mismo comportamiento se identificó en 2 gelatinas, a la primera se le añadió pulpa de higo y a la segunda pulpa de uva, estuvieron almacenadas a temperatura ambiente (25 ± 2 °C) durante 0, 30, 60 y 90 días, manteniendo valores estables (Bof et al., 2012). Según Flores-Álvarez et al., (2011), indica que, durante el almacenamiento, existe sinergia entre los componentes que intervienen en la actividad antioxidante que existen en los frutos como son los fenoles, carotenoides, ácido ascórbico, entre otros, los cuales también se encuentran en la GT del presente estudio.

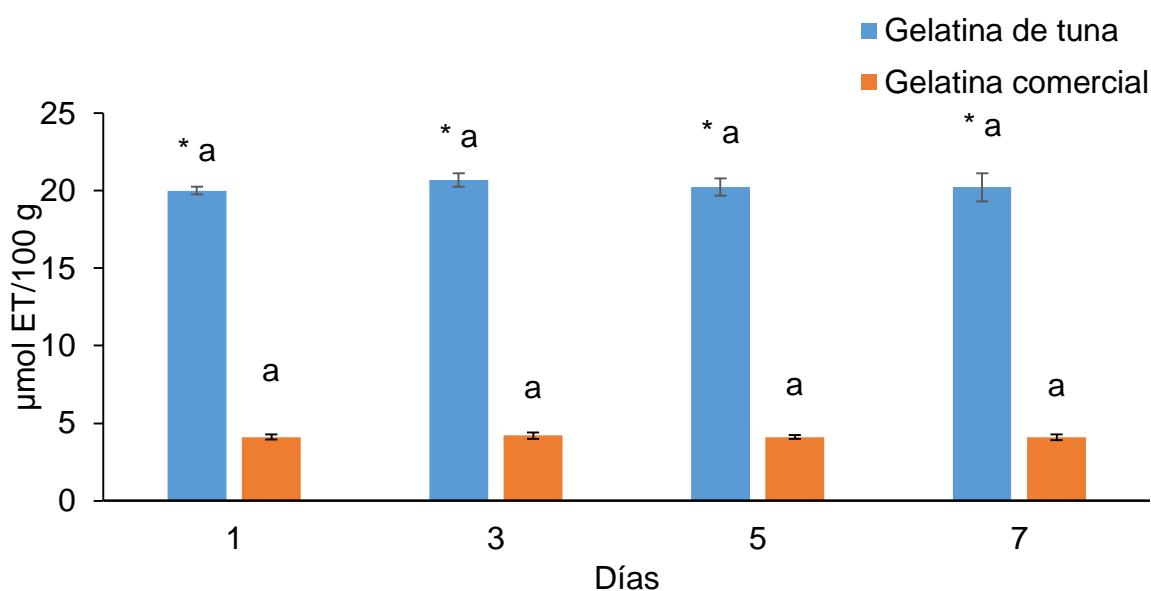


Figura 8. Actividad antioxidante por inhibición del radical ABTS \cdot de gelatinas durante el almacenamiento. *Indica diferencia ($p < 0.05$) comparando GT con GC por día. Letras iguales indica que no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) a través de sus días de almacenamiento.

8.4.2. Actividad antioxidante por DPPH \cdot

Se muestra en la figura 9 la actividad antioxidante por DPPH \cdot , en donde los valores que se obtuvieron en el almacenamiento estuvieron entre 40.94 y 110.71 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ en la GT, y 25.75 a 32.64 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ en la GC; siendo significativamente mayor ($p < 0.05$) la GT comparado con la GC en cada día analizado. Kopjar et al. (2016) realizaron una gelatina de jugo naranja (250 ml),

reportando valores de 545.80 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ por otro lado, Manzur (2017) en una gelatina de cáscara de tuna púrpura, en donde añadió 8 gr de polvo liofilizado, obtuvo valores de 376.29 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$, los cuales fueron más altos que los del presente estudio en el día 1.

Observando los resultados de cada gelatina durante los días de almacenamiento, en la GT, el día 1 obtuvo valores más altos (62.39 ± 5.1) con respecto al día 3 (40.94 ± 5.69), no obstante, para los días 5 y 7 se observó un aumento significativo ($p < 0.05$) con respecto a los días anteriores, presentando valores similares con 110.57 ± 2.65 y 110.71 ± 5.69 , respectivamente. Este comportamiento pudo deberse el contenido de vitamina C, pero principalmente de compuestos fenólicos, siendo los principales responsables de la actividad de eliminación de radicales libres de DPPH (Aadil et al., 2013), esto podría estar relacionado con los resultados que se obtuvieron en el contenido de fenoles (Figura 6), ya que el comportamiento fue similar en el último día de almacenamiento.

Estudios en mermeladas de diferentes frutos como fresa (almacenado 4 semanas a 4°C), higo, cereza y naranja (almacenado 5 meses a 25°C), han reportado una disminución de la actividad antioxidante en el tiempo de almacenamiento (Rababah et al., 2011; Kopjar et al., 2009). Esta disminución podría ser causada por la degradación de los antioxidantes presentes en el producto, principalmente al contenido de compuestos fenólicos totales (Kopjar et al., 2009; 2016).

Por otro lado, los resultados de la GC en la actividad antioxidante, presentó una disminución significativa ($p < 0.05$). del día 1 ($32.64 \pm .92$) con respecto al 7 (25.75 ± 6.87) de almacenamiento. Su contenido podría deberse a los fenoles, ácido cítrico y betalaínas que se encontraron.

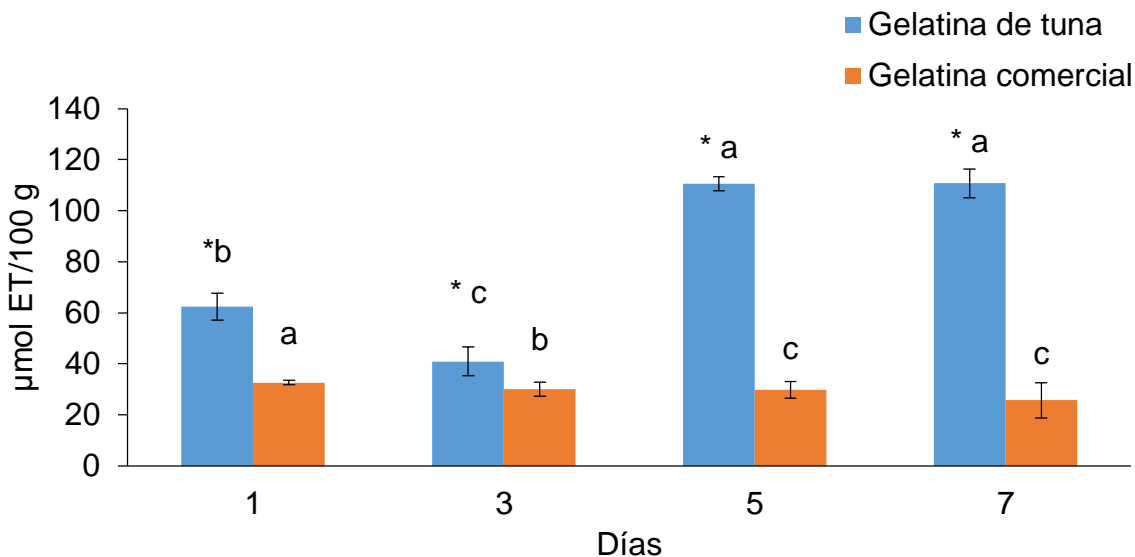


Figura 9. Actividad antioxidante por inhibición del radical DPPH^{*} de gelatinas durante el almacenamiento, *Indica diferencia ($p < 0.05$) comparando GT con GC por día. ^{a-c} Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$) de GT o GC a través de sus días de almacenamiento.

8.4.3. Actividad quelante

Los resultados de la actividad quelante reportada en la GT y la GC, los valores obtenidos fueron de 37.11 a 40.18 % en la GT y de 1.50 a 13.07 % en la GC (Figura 10). Como los resultados anteriores, la GT fue significativamente mayor ($p < 0.05$) que la GC en cada uno de los días de almacenamiento. Ayala y Sánchez, (2012) presentaron 65% de actividad quelante en gomitas adicionadas con extracto concentrado de penca de maguey, el cual es más alto que el encontrado en la GT.

Los valores de cada gelatina por día de almacenamiento, la GT en los días 1, 3 y 5 no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$), hasta el día 7 en donde se observa un aumento en el % de actividad quelante. Ayala y Sánchez, (2012) en unas gomitas elaboradas con extracto concentrado de penca de maguey almacenadas a 4° durante 0, 15 y 30 días, observaron un aumento hasta el último día. Este comportamiento se debe principalmente a la suma de los compuestos presentes en la cáscara de tuna, que tienen la capacidad de quelar el ion hierro como son los compuestos fenólicos y el ácido ascórbico (Sumaya-Martínez et al., 2011), como se observa en la figura 6 en el día 7, fue donde hubo mayor contenido

de fenoles. De igual manera pudieron haber influido otros componentes que no fueron analizados en el presente trabajo como el ácido cítrico, málico y oxálico, que también presentan actividad quelante (Akbiyik et al. 2012).

Por otro lado, la GC fue presentando disminución del % de actividad quelante en el transcurso los días 1, 3 y 5 días, incluso para el día 7 ya no se detectó actividad quelante.

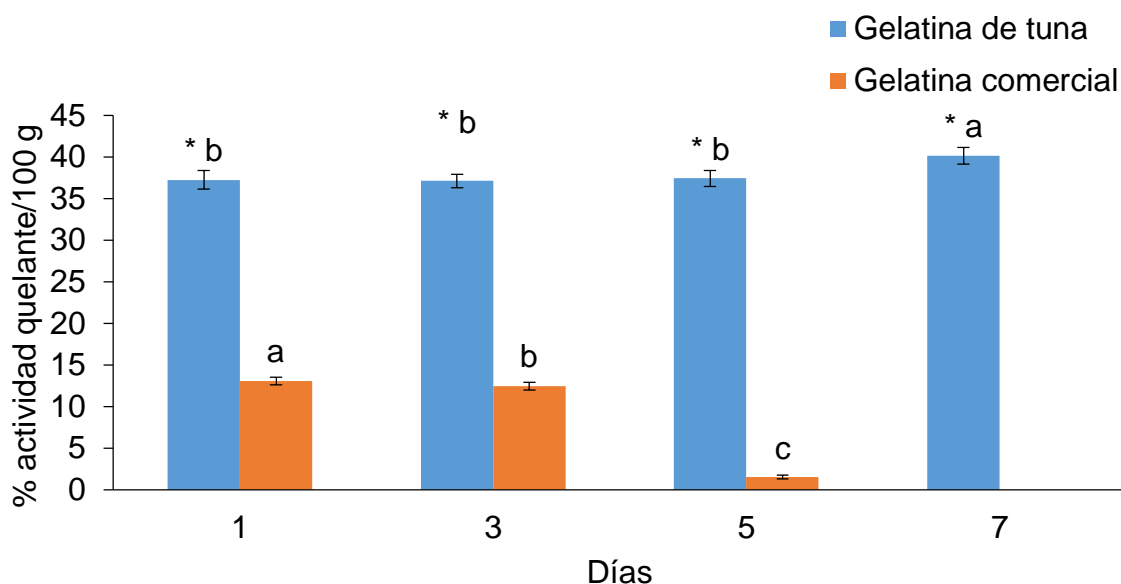


Figura 10. Actividad quelante de gelatinas durante el almacenamiento. *Indica diferencia ($p < 0.05$) comparando GT con GC por día. ^{a-c} Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$) de GT o GC a través de sus días de almacenamiento.

8.5. Descripción de características basales en los pacientes con SM

Posterior al análisis de las muestras, se procedió a realizar la selección de los pacientes que participaron en este trabajo. En total 40 sujetos cumplieron con los criterios de inclusión, sin embargo, 10 fueron descartados, de estos, 8 fueron por voluntad propia y 2 por inasistencia semanal a la entrega de las gelatinas. Por lo que únicamente 30 completaron el estudio, 19 en el grupo que consumieron gelatina de tuna (GT) y 11 en el grupo que consumieron gelatina comercial (GC). La diferencia entre el número de pacientes en cada grupo dependió principalmente del

compromiso, responsabilidad e interés de cada uno de los pacientes que participaron. Los pacientes del grupo GT tuvieron un promedio de edad de 49.42 ± 7.6 , mientras que el grupo GC de 52.27 ± 7.8 .

A continuación, se muestran los valores obtenidos respecto a los parámetros antropométricos, porcentaje de grasa, bioquímicos y clínicos basales por grupo de estudio (tabla 10), en donde se observa que no se presentó diferencia significativa en todos los parámetros evaluados entre GT y GC. Las medidas basales de los pacientes (hombres y mujeres) que participaron en este proyecto, tanto el grupo GT como el grupo GC, mostraron rangos fuera de los valores normales en circunferencia de cintura, c-HDL, triglicéridos y glucosa en ayunas. Los primeros factores para diagnosticar a un paciente con SM, es tener una circunferencia de cintura para hombres ≥ 90 cm y ≥ 80 cm para mujeres, c-HDL <40 mg/dL para hombres y <50 mg/dL para mujeres, triglicéridos >150 mg/dL, glucosa en ayunas >100 mg/dL (FID, 2005). Por lo anterior los pacientes seleccionados tenían SM. Todos los pacientes presentaron valores de presión arterial $<130/85$ mmHg.

Con respecto a los resultados colesterol total, se puede observar que la media del grupo GC en colesterol total se encuentra en un valor deseable (<200 mg/dL), pero muy cerca de llegar a los 200 mg/dL que es el valor límite (ATP-III, 2004), mientras que el grupo GT rebasó los valores normales.

En el IMC y porcentaje de grasa corporal ambos grupos reportaron valores altos, ya que la OMS (2018) reporta que los rangos normales son de 18.5 a 24.9 kg/m² y Gallegher et al. (2000) de 23.1-33.9% (mujeres) y 11.1-21.9% (hombres) respectivamente.

Tabla 10. Valores antropométricos, porcentaje de grasa, bioquímicos y clínicos basales por grupo.

	Grupo	Media	P
Peso (Kg)	GT	77.63 ± 17.58	0.795
	GC	79.68 ± 16.56	
Talla (cm)	GT	1.56 ± 10	0.928
	GC	1.55 ± .09	
Perímetro de cintura (cm)	GT	102.13 ± 11.19	0.592
	GC	105.93 ± 11.48	
IMC (Kg/m ²)	GT	31.34 ± 4.51	0.624
	GC	32.70 ± 5.30	
Masa grasa (%)	GT	37.26 ± 5.27	0.635
	GC	40.96 ± 5.97	
c-HDL (mg/dL)	GT	35.37 ± 10.66	0.814
	GC	37.30 ± 9.96	
Colesterol total (mg/dL)	GT	206.71 ± 45.88	0.501
	GC	194.65 ± 33.63	
Triglicéridos (mg/dL)	GT	178.37 ± 50.81	0.795
	GC	177.12 ± 68.46	
Glucosa en ayunas (mg/dL)	GT	185.48 ± 89.01	0.353
	GC	190.86 ± 114.62	
Presión sistólica (mmHg)	GT	121.21 ± 16.24	0.734
	GC	125.90 ± 16.55	
Presión diastólica (mmHg)	GT	79.94 ± 10.72	0.333
	GC	83.18 ± 6.80	

*Indica diferencia (p<0.05) comparando el grupo GT con el grupo GC.

8.6. Dieta

Frecuencia de consumo de alimentos

Al analizar la frecuencia de consumo de alimentos según los valores de referencia de la NOM 037-SSA2-2012 utilizados en esta investigación, se puede ver en la tabla 11 los resultados del porcentaje consumo (bajo, aceptable y alto), previo y post-intervención del grupo GT y GC.

De acuerdo al consumo de frecuencia de los grupos de alimentos, los pacientes del grupo GT del 0 a 21% se encontraron en un consumo de frecuencia aceptable, mientras que el grupo GC fue de 0% a 27.2%, esto indica que el consumo de los alimentos es muy bajo, a excepción del grupo de cereales y tubérculos, ya que el 57.8% y el 81.8% del grupo GT y GC, respectivamente, su frecuencia de consumo es alto. Cuando los hidratos de carbono son consumidos por encima de las necesidades energéticas de cada persona, el organismo lo convierte en grasa (triglicéridos) y se almacenan en el tejido adiposo, que posteriormente puede utilizarse de forma estructural o como energía (FAO, 2002). Uno de los indicadores del SM metabólico de los pacientes es la circunferencia de cintura elevada, debido al almacenamiento de grasa en los adipocitos (Hernández-Rodríguez et al., 2018; Manzur et al., 2010), por lo que la frecuencia de consumo de cereales (bolillos, pan bimbo, galletas, tortilla) sobrepasa los límites establecidos para mantener un equilibrio entre los grupos de alimentos.

Al concluir la intervención en los pacientes y evaluar su frecuencia de consumo por grupos de alimentos, se puede ver que del total del grupo que consumió GT y el grupo GC, presentaron un consumo de frecuencia aceptable de 0% al 26.3% y de 0 al 27.2%, respectivamente, el comportamiento fue similar a los resultados de la evaluación de consumo de frecuencia inicia, excepto en el grupo de los cereales y tubérculos para ambos grupos de estudio y leguminosas en el grupo GT. En el grupo de cereales y tubérculos se observó que hubo una disminución de 42.1% (GT) y un 54.5% (GC) en la frecuencia de consumo alto al final de la intervención, mientras

que, en el grupo de las leguminosas, el porcentaje de pacientes (GT) aumentaron en la frecuencia de consumo aceptable (15.8%).

La ingesta alimentaria se encuentra entre los factores epidemiológicos asociados al exceso de peso, el desequilibrio energético entre las calorías consumidas y calorías gastadas a largo plazo tiene consecuencias como el desarrollo de SM, entre otras enfermedades no transmisibles (Moreno, 2012). Una alimentación balanceada con un aporte de fibra diario (20-30 g), rica en antioxidantes (frutas y vegetales), baja en grasas saturadas y grasas trans, pudiera ejercer un papel importante en la prevención de enfermedades no transmisibles (Alissa & Ferns, 2017).

Tabla 11. Porcentaje de frecuencia de consumo por grupo de alimentos del grupo GT y GC.

Grupo de alimentos	Grupo GT						Grupo GC					
	Inicial		Final				Inicial		Final			
	% cb	% cac	% ca	% cb	% cac	% ca	% cb	% cac	% ca	% cb	% cac	% ca
Verduras	73.6	21	5.2	100	0	0	90.9	0	9	90.9	9	0
Frutas	78.9	21	0	94.7	5.2	0	90.9	9	0	90.9	9	0
Cereales y tubérculos	31.5	10.5	57.8	31.5	26.3	42.1	9	9	81.8	18.1	27.2	54.5
Leguminosas	100	0	0	73.6	15.8	10.5	81.8	18.1	0	81.8	18.1	0
Alimentos de origen animal	89.4	0	10.5	100	0	0	72.7	18.1	9	81.8	9	9
Lácteos	100	0	0	94.7	5.3	0	72.7	27.2	0	90.9	9	0
Aceites y grasas	78.9	15.78	5.2	94.7	5.2	0	72.7	9	18.1	72.7	12.3	15

%cb (porcentaje de consumo bajo); % cac (porcentaje de consumo aceptable); % ca (porcentaje de consumo alto).

8.7. Comparación de resultados basales vs finales

Al término de los 3 meses de consumo de la gelatina, se realizaron las segundas mediciones antropométricas, porcentaje de grasa, bioquímicos, clínicos. En la tabla 12 se muestran los resultados de las medidas basales y finales por grupo evaluado.

Tabla 12. Resultados pre y post del consumo de la GT y la GC durante los 3 meses de intervención.

	Gelatina tuna			Gelatina comercial		
	Basal	Final	<i>P</i>	Basal	Final	<i>P</i>
Peso (Kg)	77.63 ± 17.58	77.59 ± 16.88	0.960	79.68 ± 16.56	80.43 ± 16.44	0.025*
Perímetro de cintura (cm)	102.13 ± 11.19	102.02 ± 11.19	0.798	105.93 ± 11.48	106.42 ± 11.46	0.339
IMC (Kg/m²)	31.34 ± 4.51	31.32 ± 3.99	0.956	32.70 ± 1.6	33.02 ± 1.59	0.029*
Masa grasa (%)	37.26 ± 5.27	37.77 ± 7.72	0.641	40.96 ± 5.97	41.95 ± 6.32	0.060
c-HDL (mg/dL)	35.37 ± 10.66	39.08 ± 9.69	0.027*	37.30 ± 9.96	39.60 ± 13.95	0.555
Colesterol total (mg/dL)	206.71 ± 45.88	202.66 ± 49.47	0.112	194.65 ± 33.63	187.79 ± 33.73	0.206
Triglicéridos (mg/dL)	178.37 ± 50.81	146.96 ± 31.81	0.002*	177.12 ± 68.46	184.26 ± 34.26	0.759
Glucosa en ayunas (mg/dL)	185.48 ± 89.01	160.33 ± 69.12	0.187	190.86 ± 114.62	167.46 ± 74.42	0.284
Presión sistólica (mmHg)	121.21 ± 16.24	123.36 ± 17.73	0.434	125.90 ± 16.55	123 ± 16.73	0.505

Presión	79.94	±	76.84	±	0.141	83.18	±	82 ± 6.14	0.224
diastólica	10.72		7.98			6.80			
(mmHg)									

*Indica diferencia ($p < 0.05$) comparando las medias basales vs las medias finales en el grupo GT y así como también comparando las medias del grupo GC).

8.8. Antropometría y porcentaje de grasa

En relación a la evaluación antropométrica de peso, circunferencia de cintura e IMC, así como en el porcentaje de grasa, no se observó ningún cambio significativo ($p > 0.05$) durante los 3 meses en el consumo de la gelatina en el grupo que consumió GT (Tabla 12). A pesar de no haber presentado diferencias significativas en el grupo GT, del 100% de los pacientes, se apreció que al final del estudio, el 31.5% de los pacientes disminuyeron en el peso, el 26.31% en la circunferencia de cintura, un 31.5 % en el IMC y 42.1% en porcentaje de grasa.

El grupo que consumió GC presentó un aumento de peso significativo (79.68 ± 16.56 a 80.43 ± 16.44 , $p = .025$), no se observaron diferencias en circunferencia de cintura y en el porcentaje de grasa ($p > 0.05$), el IMC incrementó significativamente de los valores iniciales a los finales (32.70 ± 1.6 vs 33.02 ± 1.59 , $p = .029$). Del 100% de los individuos al término de la intervención el 81.8% aumentaron de peso, 31.3% en la circunferencia de cintura y 63% en porcentaje de grasa.

De los resultados anteriores se podría considerar a la gelatina elaborada con cáscara de tuna como una mejor elección para el consumidor, ya que la mayoría de los pacientes de GT mantuvieron sus parámetros antropométricos e incluso algunos disminuyeron.

En la actualidad no se han realizado ensayos clínicos que evalúen los efectos de la cáscara de *Opuntia ficus-indica* L. sobre cambios antropométricos y en el porcentaje de grasa en pacientes con SM; sin embargo, se han realizado investigaciones en algunos de los componentes del género opuntia, empezando por el cladodio de nopal.

Grube et al. (2013), realizaron una intervención (12 semanas) en pacientes con obesidad y sobrepeso (18-60 años), de los cuales 59 consumieron tabletas de 500 mg que contenían fibra natural de *Opuntia ficus-indica* L. enriquecido con fibra soluble de acacia spp. y otro grupo de pacientes (59) consumió el placebo (celulosa microcristalina), ambos grupos lo consumieron 3 veces al día, se les aconsejó realizar actividad física (30 minutos), así como también llevar una dieta controlada. Los resultados obtenidos reportaron que el grupo de intervención tuvo una reducción significativa en el peso, circunferencia de cintura, IMC y porcentaje de grasa comparado con el grupo placebo.

En un ensayo clínico realizado por Fabela-Illescas et al. (2015), reclutaron a 20 pacientes con diabetes tipo 2, hipertensión, sobrepeso y obesidad, para medir el efecto de una bebida (mezcla de nopal más 250 mL de agua potable), sobre el peso corporal y la circunferencia de cintura, comparando los valores basales con los finales. La bebida se consumió por la mañana diariamente en ayunas por 30 días. Los resultados al final del estudio mostraron una reducción significativa en ambas variables, con respecto a las medidas basales.

Godard et al. (2010) evaluaron el efecto de una cápsula de 400 mg (mezcla de 75% cladodio de *Opuntia ficus-indica* L. y 25% cáscara de tuna), en el peso y el porcentaje de grasa por 16 semanas en 15 pacientes con obesidad y pre- diabetes (20-50 años), utilizaron un grupo placebo (14 pacientes) que consumió una cápsula de 400 mg con celulosa microcristalina. Al final los resultados no arrojaron diferencia entre los grupos en estas 2 variables.

Grube et al. (2013) y Fabela-Illescas et al. (2015) indican que la disminución de los valores antropométricos, así como el porcentaje de grasa se relaciona con el contenido de fibra dietética, debido que la grasa de la dieta forma complejos de grasa y fibra que no son absorbidos por el intestino, permitiendo así una mayor excreción. En el presente trabajo a pesar de que no se observaron diferencias significativas, se encontró una ligera disminución en el grupo GT en los parámetros antropométricos estudiados, lo que se podría atribuir a la fibra presente en la GT.

8.9. Perfil bioquímico

En la tabla 12 se observan los resultados de los parámetros bioquímicos. Los individuos del grupo GT presentaron cambios significativos para las variables de c-HDL, con un aumento ($p < 0.05$) de los valores iniciales de 35.37 ± 10.66 frente a los valores finales de 39.08 ± 9.69 , así como una reducción en los triglicéridos (178.37 ± 50.81 vs 146.96 ± 31.81), en colesterol total, así como en glucosa en ayunas los sujetos no presentaron ningún cambio durante la intervención. Del total de los pacientes, el 78.9% tuvo un aumento de c-HDL; en triglicéridos, colesterol total y glucosa en ayunas hubo una disminución del 73.6%, 57.8% y 63.1%, respectivamente.

El grupo GC no presentó ningún cambio durante la intervención. De todo el grupo evaluado un 36.3% tuvo un aumento de c-HDL, una reducción de colesterol total de un 45.4%, triglicéridos y glucosa en ayunas del 36.3%.

En un estudio en donde se proporcionó una suplementación con jugo de tuna púrpura, donde participaron 22 atletas masculinos sanos, divididos aleatoriamente en 2 grupos, 11 del grupo experimental (GE) y 11 el grupo control, la media de edad fue de 21 ± 0.84 ; ambos grupos siguieron una dieta similar de 3000 kcal/día. La intervención fue de 2 semanas en donde el grupo control siguió una dieta normal y el GE fue suplementado con el jugo (50 ml 3 veces al día). Reportaron una disminución significativa en el GE después de la suplementación con *Opuntia ficus-indica* L. para las variables colesterol total y triglicéridos, en relación con el grupo control. Por el contrario, el c-HDL y la glucosa no se observaron cambios (Khoulood et al., 2018).

En mujeres diagnosticadas con SM, se realizó una suplementación con una cápsula a base de nopal (1.6 g) durante 6 semanas, 3 veces al día. Fueron 35 mujeres en el grupo experimental y 33 en el grupo placebo. Ambos grupos siguieron una dieta equilibrada (aproximadamente 2000 kcal), con actividad física (30 min/día). En los resultados de los datos bioquímicos, el grupo experimental consiguió un aumento

significativo en el c-HDL a diferencia del grupo placebo, en cuanto a los triglicéridos observaron una reducción, sin embargo, no fue significativa (Linarès et al., 2007).

Los resultados de las 2 anteriores investigaciones, relacionan un aumento de c-HDL y una disminución de triglicéridos con el aporte de fibra y antioxidantes que contienen los suplementos. La fibra podría tener una posible intervención en la absorción de lípidos o ácidos biliares (Linarès et al., 2007). Además, diversas investigaciones realizadas en *Opuntia ficus-indica L.*, han demostrado la capacidad antioxidante que tiene. La tuna púrpura posee compuestos fenólicos, flavonoides y pigmentos, así como la vitamina C, que le brindan la capacidad de captar radicales libres (Fernández-López et al., 2010; Khouloud et al., 2018). El grupo que conforma los fenoles se ha relacionado con una disminución en el colesterol oxidado, debido a su capacidad para quelar metales y ser donadores de hidrógeno gracias al grupo hidroxilo que poseen (Creus, 2004).

Igualmente, la vitamina C juega un papel importante protegiendo al c-HDL del daño oxidativo de los lípidos, permitiéndole así participar en el transporte inverso del colesterol, el cual consiste en la eliminación de colesterol no esterificado de las membranas celulares extrahepáticas, hacia donde se esterifica por medio de la lecitina colesterol aciltransferasa (LCAT), los ésteres de colesterol que se encuentran en las lipoproteínas HDL se transfieren al hígado para su procesamiento y excreción a través de la bilis. Se conoce que la oxidación de c-HDL cambia la estructura de la apolipoproteína A1, alterando así la capacidad de que esta sea reconocida por la LCAT (Lecitin colesterol acil transferasa), inhibiendo la esterificación del colesterol extrahepático, de igual manera se ha encontrado que la vitamina C eleva las concentraciones de la apo A1 favoreciendo el transporte reverso del colesterol. (Nagano & Kita, 1991; McRae, 2008).

Para el presente estudio se les indicó a los pacientes seguir con sus estilos de vida habituales (ejercicio y dieta); sin embargo en la evaluación de la frecuencia de consumo se observó que modificaron sus hábitos dietéticos, ya que en el grupo GT antes de la intervención el 100% de los pacientes estuvieron en consumo bajo de

leguminosas y al final de la intervención el 15.8% y el 10.5% de la población se encontraron en la frecuencia de consumo aceptable y alto, respectivamente, también se observó que el porcentaje de la población disminuyó en la frecuencia de consumo alto de 57.8% a 42.1 %, e incremento del 10.5% a 26.3% en consumo aceptable, al inicio y final de la intervención, respectivamente (ver tabla 12). Estos cambios pudieron haber favorecido en la disminución de los triglicéridos, ya que las leguminosas proporcionan fibra, las cuales contienen fibra soluble e insoluble que impide la absorción de la grasa; y la disminución del consumo de cereales y tubérculos evita el almacenamiento en forma de triglicéridos en el tejido adiposo (FAO, 2002).

Es importante destacar que la muestra de estudio fue pequeña, sin embargo, los resultados obtenidos podrían servir como base o indicios en próximas investigaciones.

A pesar de no haber encontrado una diferencia significativa durante los 3 meses en los resultados de glucosa en ayunas en el grupo GT, se pudo apreciar una ligera reducción de los valores iniciales 185.48 mg/dL vs finales 160.33 mg/dL. Si a la gelatina se le hubiera adicionado una mayor cantidad de cáscara de tuna en el presente estudio, posiblemente los resultados hubieran sido más favorables, ya que en un estudio donde se evaluó el efecto de la ingestión de cáscara de xoconostle (*O. joconostle*) en la glucosa, a 10 mujeres con diabetes tipo 2, donde ingirieron 50 g de cáscara 3 veces por semana durante 5 semanas. Las pacientes mostraron una disminución gradual de los niveles séricos de glucosa, con un máximo del 50% respecto al basal. Los resultados encontrados lo relacionan al contenido de fibra y calcio de la cáscara de xoconostle (Pimienta-Barrios et al., 2008). Ambos compuestos tienen una función hipoglucemiante, el calcio al entrar del espacio extracelular estimula la secreción de insulina en las células B del páncreas, debido a que la concentración citosólica de calcio es crítica durante la inducción de la secreción de insulina (Nobel, 1983; Turk et al., 1993), y la fibra (pectina y celulosa) presente en la cáscara retrasan la absorción intestinal de la glucosa (Salim et al., 2009; El-Kossori et al., 1998; Frati-Munari et al., 1983; Butterweck et al., 2010).

Los pacientes que alcanzaron el rango ideal al final de la intervención se muestran en la tabla 13. Del grupo que consumieron GT, en el parámetro de c-HDL fueron 2 pacientes (1 H y 1 M) con valores de 45.27 y 55.33 mg/dL, respectivamente, en el grupo GC, 1 paciente (H) aumentó sus niveles a 48.41 mg/dL. Para glucosa en ayunas, en el grupo GT fueron 3 personas con una disminución de 74.08, 95.62 y 88.19 mg/dL. En triglicéridos también se observó una reducción <150 mg/dL en 4 pacientes que consumieron GT (120.87, 135.71, 142.85 y 141.09 mg/dL) y 2 pacientes que consumieron GC (142.85 y 125.27 mg/dL). Por último, en colesterol total tanto del grupo GT como del grupo GC, 1 paciente obtuvo valores ideales de 195.81 y 192.07 mg/dL, respectivamente.

Tabla 13. Número de pacientes por grupo de estudio fuera de los rangos ideales en los parámetros bioquímicos basales y número de pacientes que alcanzaron su rango ideal al final de la intervención.

Parámetro	Rango de ideal	Grupo GT o GC	Basal (pacientes fuera del rango ideal)	Final (pacientes que alcanzaron su rango ideal)
c-HDL	≥40 mg/dL H	GT	17	2
	≥50 mg/dL M	GC	9	1
Glucosa en ayunas	<100 mg/dL	GT	17	3
		GC	8	0
Triglicéridos	<150 mg/dL	GT	15	4
		GC	8	2
Colesterol total	<200 mg/dL	GT	12	1
		GC	4	1

El grupo de la GT estuvo conformado por 19 pacientes y el grupo de la GC por 11 pacientes.

8.10. Clínicos

Presión Arterial

En presión arterial sistólica y diastólica, no se consiguió una diferencia significativa en el grupo GT ni en el grupo GC. Sin embargo, se obtuvo una disminución de la presión arterial sistólica del 31.5% y diastólica del 52.63% del total del grupo GT al

final de la intervención. En el grupo GC de todos los pacientes evaluados un 27.2% presentaron un descenso tanto de la presión arterial sistólica como diastólica.

Un punto importante que se debe considerar para explicar los resultados que arrojó esta determinación, es que aquellos pacientes que ya tenían un diagnóstico previo de hipertensión, la mayoría tomaban medicamento para su control.

La presión arterial se ve afectada por diversos factores en el estilo de vida, la dieta juega un papel importante, existen estudios que relacionan que el consumo de antioxidantes (polifenoles y vitamina c) favorece en la disminución de presión arterial (Esquivel & Jiménez-Fernández, 2010; Stull et al., 2015; Baradaran et al., 2014). En las personas que tienen hipertensión se ha demostrado que tienen una mayor producción de hidropéroxido lipídico y de peróxido de hidrógeno, por lo que los antioxidantes podrían interferir reaccionando con estos y tener un efecto positivo, sin embargo, no se ha demostrado significativamente que la suplementación de estos compuestos sea eficaz después de haber realizado la intervención (Baradaran et al., 2014). Es importante que las personas que tienen presión arterial elevada, no dependan solo de un suplemento si desean controlar su hipertensión, sino que deben seguir un tratamiento con antihipertensivos y cambios en la dieta.

9. Conclusiones

Los resultados muestran que, en el análisis de las gelatinas, la GT proporciona un bajo contenido de carbohidratos, los valores en recuento de microorganismos, la GT y la GC se encontraron dentro de los rangos establecidos por la norma de calidad para gelatinas comestibles destinadas al mercado interior. La GT durante el almacenamiento, presentó los valores más altos en contenido de antioxidantes y de actividad antioxidante en comparación con la GC, por lo que la adición de cáscara de tuna en la elaboración de gelatinas podría ser una alternativa más saludable para el consumidor. En los resultados del estudio de los pacientes que consumieron GT y GC, en la frecuencia de consumo de alimentos, el grupo que consumió GT así como el grupo que consumió GC, mostraron un bajo consumo de frutas y verduras (antes y después de la intervención), un alto consumo de cereales y tubérculos en ambos grupos antes de la intervención y redujeron su porcentaje de su consumo posterior a la intervención; en el grupo de la GT hubo un incremento en el porcentaje de sujetos que consumieron leguminosas. En los parámetros bioquímicos, el grupo que consumió GT aumentó significativamente en las concentraciones de c-HDL al final de la intervención, una reducción en los niveles de triglicéridos. En glucosa en ayunas, el grupo que consumió GT no presentó diferencia estadísticamente significativa al final de la intervención, sin embargo, tuvo una disminución en el 63.1% del total del grupo.

10. Referencias

- Aadil, R. M., Zeng, X. A., Han, Z., & Sun, D. W. (2013). Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. *Food Chemistry*, 141(3), 3201-3206.
- Abdel-Hameed, E.-S. S., Nagaty, M. A., Salman, M. S. & Bazaid, S. A. (2014). Phytochemicals, nutritionals and antioxidant properties of two prickly pear cactus cultivars (*Opuntia ficus-indica* L. Mill.) growing in Taif, KSA. *Food Chemistry*, 160(1), 31-38.
- Agüero, S. D. L. Á. M., Aguilera, A. S. Z., & Rubio, T. V. (2019). Estrés oxidativo y antioxidantes: efectos en el embarazo. *Revista Médica Sinergia*, 4(5), 89-100.
- Akbıyık, T., Sönmezoğlu, İ., Güçlü, K., Tor, İ., & Apak, R. (2012). Protection of ascorbic acid from copper (II)- catalyzed oxidative degradation in the presence of fruit acids: Citric, oxalic, tartaric, malic, malonic, and fumaric acids. *International Journal of Food Properties*, 15(2), 398-411.
- Albano, C., Negro, C., Tommasi, N., Gerardi, C., Mita, G., Miceli, A., & Blando, F. (2015). Betalains, phenols and antioxidant capacity in cactus pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] fruits from Apulia (South Italy) genotypes. *Antioxidants*, 4(2), 269-280.
- Alberti, K. G., Zimmet, P. & Shaw, J. (2006). Metabolic syndrome--a new world-wide definition. A Consensus Statement from the International Diabetes Federation. *Diabetic Medicine*, 23(5), 469-480.
- Alfonso, J. E. & Sierra, I. D. (2008). Elevando el colesterol HDL: ¿Cuál es la mejor estrategia?. *Revista da Associação Médica Brasileira*, 54(4), 369-376.
- Ali, R. F. & Abou-Elella, F. M. (2015). Antioxidant and Anticancer Activities of Different Constituents Extracted from Egyptian Prickly Pear Cactus (*Opuntia ficus-indica*) Peel. *Biochemistry & Analytical Biochemistry*, 3(2), 1-9.
- Alissa, E. M., & Ferns, G. A. (2017). Dietary fruits and vegetables and cardiovascular diseases risk. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(9), 1950-1962.

- Almeida-Alvarado, S. L., Aguilar-López, T., & Hervert-Hernández, D. (2014). La fibra y sus beneficios a la salud. In *Anales Venezolanos de Nutrición*, 27(1), 73-76.
- Andreu, L., Nuncio-Jáuregui, N., Carbonell-Barrachina, A., Legua, P. & Hernández, F. (2018). Antioxidant properties and chemical characterization of Spanish *Opuntia ficus-indica* L. Mill. cladodes and fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(4), 1566-1573.
- AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International; 926.08 Moisture in Cheese; 935.42 Ash of Cheese; 933.05 Fat in Cheese; 920.123 Nitrogen in Cheese. 16 ed. 1999.
- Aquino-Bolaños, E. N., Chavarría-Moctezuma, Y., Chávez-Servia, J. L., Guzmán-Gerónimo, R. I., Silva-Hernández, E. R. & Verdalet Guzmán, I. (2012). Caracterización fisicoquímica de siete variedades de tuna (*Opuntia spp.*) color rojo-violeta y estabilidad del pigmento de las dos variedades con mayor concentración. *Investigación y Ciencia*, 20(55), 3-10.
- Aranda, A. G., Araque, A. F., Rodríguez, R. C., & Aragües, A. R. (2017). Glaucoma y antioxidantes: revisión sistemática. *Revista Mexicana de Oftalmología*, 91(3), 112-121.
- Ayala, A., & Sánchez, J.A. (2012). Elaboración y caracterización funcional de gomitas adicionadas con extracto concentrado de penca de maguey (*Agave salmiana*). Tesis. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias de la Salud, Pachuca, Hidalgo.
- Badui, S., Rodríguez, H. B., & Morales, A. A. (2006). *Química de los alimentos*. México: Pearson Educación.
- Baradaran, A., Nasri, H., & Rafieian-Kopaei, M. (2014). Oxidative stress and hypertension: Possibility of hypertension therapy with antioxidants. *Journal of Research in Medical Sciences: the Official Journal of Isfahan University of Medical Sciences*, 19(4), 358.
- Bensadón, S., Hervert-Hernández, D., Sayago-Ayerdi, S. G., & Goni, I. (2010). By-products of *Opuntia ficus-indica* as a source of antioxidant dietary fiber. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(3), 210-216.

- Birben, E., Sahiner, U. M., Sackesen, C., Erzurum, S., & Kalayci, O. (2012). Oxidative stress and antioxidant defense. *World Allergy Organization Journal*, 5(1), 9-19.
- Bof, C. J., Fontana, R. C., Piemolini-Barreto, L. T., & Sandri, I. G. (2012). Effect of freezing and processing technologies on the antioxidant capacity of fruit pulp and jelly. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55(1), 107-114.
- Bravo, J. M. (2001). Complicaciones de la diabetes mellitus. Diagnóstico y tratamiento. *SEMERGEN-Medicina de Familia*, 27(3), 132-145.
- Brückner, J. (1955). Estimation of monosaccharides by the orcinol–sulphuric acid reaction. *Biochemical Journal*, 60(2), 200-205.
- Butterweck, V., Semlin, L., Feistel, B., Pischel, I., Bauer, K., & Verspohl, E. J. (2011). Comparative evaluation of two different *Opuntia ficus-indica* extracts for blood sugar lowering effects in rats. *Phytotherapy Research*, 25(3), 370-375.
- Campos-Arias, M. P. (2016). Formulación de nanopartículas biopoliméricas con compuestos antimicrobianos obtenidos a partir de extractos vegetales. Tesis. Instituto Politécnico Nacional, México.
- Campos-Nonato, I., Hernández-Barrera, L., Pedroza-Tobías, A., Medina, C. & Barquera, S. (2018). Hipertensión arterial en adultos mexicanos: prevalencia, diagnóstico y tipo de tratamiento. *Ensanut MC 2016. Salud Pública de México*, 60(3), 233-243.
- Canalizo-Miranda, E., Favela-Pérez, E. A., Salas-Anaya, J. A., Gómez-Díaz, R., Jara-Espino, R., Torres-Arreola, L. d. P. & Viniegra-Osorio, A. (2013). Guía de práctica clínica diagnóstico y tratamiento de las dislipidemias. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 52(6), 700-709.
- Cardozo, L. A., Cuervo-Guzman, Y. A., & Murcia-Torres, J. A. (2016). Body fat percentage and prevalence of overweight-obesity in college students of sports performance in Bogotá, Colombia. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 36(3), 68-75.

- Caroch, M. & Ferreira, I. (2013). A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. *Food and Chemical Toxicology*, 51(1), 15-25.
- Carvalho, V. S., Damiani, C., Asquieri, E. R., Orsi, D. C., & Nishi, A. C. F. (2012). Development and antioxidant capacity of sapota pulp jelly (*Quararibea cordata* Vischer). *Ciência e Agrotecnologia*, 36(3), 341-347.
- Cerezal, P. & Duarte, G. (2005). Algunas características de tunas (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) cosechadas en el altiplano andino de la 2da región de Chile. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 1(7), 34-60.
- Cerezal, P., & Duarte, G. (2005). Use of skin in the elaboration of concentrated products of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller). *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 7(1), 61-83.
- Chávez, J. (2004). Curso Principios bioactivos de plantas andinas y amazónicas del Perú. Capacidad antioxidante de compuestos bioactivos. Facultad de Ciencias, Departamento de Química. UNALM.
- Chávez-Ganchala, C. A. (2018). Desarrollo de mermelada de pulpa y cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*), endulzada con stevia (*Stevia rebaudiana*). Tesis. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador.
- Chiteva, R. & Wairagu, N. (2013). Chemical and nutritional content of *Opuntia ficus-indica* (L.). *African Journal of Biotechnology*, 12(21), 3309-3312.
- Chougui, N., Djerroud, N., Naraoui, F., Hadjal, S., Aliane, K., Zeroual, B. & Larbat, R. (2015). Physicochemical properties and storage stability of margarine containing *Opuntia ficus-indica* peel extract as antioxidant. *Food Chemistry*, 173(1), 382-390.
- Clayton, K., Bush, D., & Keener, K. (2012). Emprendimientos alimentarios. Métodos para la conservación de alimentos. Purdue University - Department of Food Science 745 Agriculture Mall Drive West Lafayette, IN. Recuperado de <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/FS/FS-15-S-W.pdf>.

- Coronado, M., Vega y León, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, 42(2), 206-212.
- Creus, E. G. (2004). Compuestos fenólicos. *Offarm*, 23(6), 81-84.
- Cruz, N., Capellas, M., Hernández, M., Trujillo, A. J., Guamis, B. & Ferragut, V. (2007). Ultra high pressure homogenization of soymilk: Microbiological, physicochemical and microstructural characteristics. *Food Research International*, 40(6), 725-732.
- Cruz, L. M. & Soler, R. A. (2014). *Manual de métodos generales para determinación de carbohidratos*. Colombia: UPTC.
- Daniels, T. F., Killinger, K. M., Michal, J. J., Wright Jr, R. W. & Jiang, Z. (2009). Lipoproteins, cholesterol homeostasis and cardiac health. *International Journal of Biological Sciences*, 5(5), 474-488.
- Dávila-Torres, J., González-Izquierdo, J. J. & Barrera-Cruz, A. (2015). Panorama de la obesidad en México. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 53(2), 241-249.
- Delgado-Olivares, L., Betanzos-Cabrera, G. & Sumaya-Martínez, M. T. (2010). Importancia de los antioxidantes dietarios en la disminución del estrés oxidativo. *Investigación y Ciencia*, 18(50), 10-15.
- Díaz, M. D. S. S., de la Rosa, A. P. B., Héliès-Toussaint, C., Guéraud, F., & Nègre-Salvayre, A. (2017). *Opuntia* spp.: characterization and benefits in chronic diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017.
- Dürüst, N., Sümengen, D. & Dürüst, Y. (1997). Ascorbic Acid and Element Contents of Foods of Trabzon (Turkey). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(6), 2085-2087.
- El-Kossori, R. L., Villaume, C., El Boustant, E., Sauvaire, Y. & Méjean, L. (1998). Composition of pulp, skin and seeds of prickly pears fruit (*Opuntia ficus-indica* sp.). *Plant Foods for Human Nutrition*, 52(3), 263-270.
- El-Mostafa, K., El-Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El-Kebbaj, M. S. & Cherkaoui-Malki, M. (2014). Nopal cactus (*Opuntia ficus-*

indica) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. *Molecules*, 19(9), 14879-14901.

- El-Said, N. M., Nagib, A. I., Rahman, Z. A., & Deraz, S. F. (2011). Prickly pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill] peels: chemical composition, nutritional value, and protective effects on liver and kidney functions and cholesterol in rats. *Functional Plant Science and Biotechnology*, 5(1), 30-35.
- ENSANUT. (2016). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino, Frecuencia de consumo de adolescentes-adultos (>12 años de edad). Recuperado de https://ensanut.insp.mx/ensanut2016/descarga_bases.php#.XE_LcVwzblU
- ENSANUT. (2016). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino. Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/209093/ENSANUT.pdf>
- ENSANUT. (2018). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. Recuperado de https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut_2018_presentacion_resultados.pdf
- Escudero-Álvarez, E., & González-Sánchez, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, 21(1), 61-72.
- Esquivel S, V., & Jiménez-Fernández, M. (2010). Nutritional aspects in the prevention and treatment of hypertension. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 19(1), 42-47.
- Fabela-Illescas, H. E., Ávila-Domínguez, R., Hernández-Pacheco, A., Ariza Ortega, J. A., & Betanzos-Cabrera, G. (2015). Efecto de una bebida a base de nopal (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-dyck) en pacientes de una población rural de Hidalgo, México: ensayo clínico piloto. *Nutrición Hospitalaria*, 32(6), 2710-2714.
- FAO. (2011). México gana mercado internacional la tuna y el nopal. Recuperado de <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/507632/>.
- Federación Internacional de Diabetes. (2006). Diabetes Atlas 3. Recuperado de <https://www.idf.org/our-activities/advocacy-awareness/resources-andtools/22:atlas-3rd-edition.html>.

- Federación Internacional de Diabetes. (2017). Diabetes Atlas 8. Recuperado de <http://fmdiabetes.org/wp-content/uploads/2018/03/IDF-2017.pdf>.
- Felker, P., Stintzing, F. C., Müssig, E., Leitenberger, M., Carle, R., Vogt, T. & Bunch, R. (2008). Colour inheritance in cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruits. *Annals of Applied Biology*, 152(3), 307-318.
- Fennema, O. R. (1993). *Química de los alimentos*. Acribia.
- Fernández-López, J. A., Almela, L., Obón, J. M., & Castellar, R. (2010). Determination of antioxidant constituents in cactus pear fruits. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(3), 253-259.
- Figueroa-Cares, I., Martínez-Damián, M., Rodríguez-Pérez, J., Colinas y Leon, M., Valle-Guadarrama, S., Ramirez-Ramirez, S. & Gallegos-Vázquez, C. (2010). Pigments content, other compounds and antioxidant capacity in 12 cactus pear cultivars (*Opuntia spp.*) from Mexico. *Agrociencia*, 44(7), 763-771.
- Flores-Álvarez, M.C., Vergara-Balderas, F.T. & Guerrero-Be, J.A. (2011). Efecto del tiempo de almacenamiento y tipo de procesamiento en los antioxidantes del nopal. *Temas selectos de ingeniería en alimentos*, 2(1), 84-96.
- Frati-Munari, A. C., Fernández-Harp, J. A., Banales-Ham, M., & Ariza-Andraca, C. R. (1983). Decreased blood glucose and insulin by nopal (*Opuntia sp.*). *Archivos de Investigación Médica*, 14(3), 269-274.
- Galani, J. H. Y., Mankad, P. M., Shah, A. K., Patel, N. J., Acharya, R. R., & Talati, J. G. (2017). Effect of Storage Temperature on Vitamin C, Total Phenolics, UPLC Phenolic Acid Profile and Antioxidant Capacity of Eleven Potato (*Solanum tuberosum*) Varieties. *Horticultural Plant Journal*, 3(2), 73-89.
- Galani, J. H., Patel, J. S., Patel, N. J., & Talati, J. G. (2017). Storage of fruits and vegetables in refrigerator increases their phenolic acids but decreases the total phenolics, anthocyanins and vitamin C with subsequent loss of their antioxidant capacity. *Antioxidants*, 6(3), 59.

- Galati, E. M., Mondello, M. R., Giuffrida, D., Dugo, G., Miceli, N., Pergolizzi, S. & Taviano, M. F. (2003). Chemical characterization and biological effects of Sicilian *Opuntia ficus-indica* (L.) mill. Fruit juice: antioxidant and antiulcerogenic activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(17), 4903-4908.
- Gallagher, D., Heymsfield, S. B., Heo, M., Jebb, S. A., Murgatroyd, P. R., & Sakamoto, Y. (2000). Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(3), 694-701.
- García-García, J. A., Reding-Bernal, A., & López-Alvarenga, J. C. (2013). Sample size calculation in medical education research. *Inv Ed Med*, 2(8), 217-24.
- Ginde, S. R., Geliebter, A., Rubiano, F., Silva, A. M., Wang, J., Heshka, S. & Heymsfield, S. B. (2005). Air displacement plethysmography: validation in overweight and obese subjects. *Obesity a Research Journal*, 13(7), 1232-1237.
- Godard, M. P., Ewing, B. A., Pischel, I., Ziegler, A., Benedek, B., & Feistel, B. (2010). Acute blood glucose lowering effects and long-term safety of OpunDia™ supplementation in pre-diabetic males and females. *Journal of Ethnopharmacology*, 130(3), 631-634.
- Grube, B., Chong, P. W., Lau, K. Z., & Orzechowski, H. D. (2013). A natural fiber complex reduces body weight in the overweight and obese: a double-blind, randomized, placebo-controlled study. *Obesity*, 21(1), 58-64.
- Gülcin, I., Buyukokuroglu, M. E. y Kufrevioglu, O. I. (2003). Metal chelating and hydrogen peroxide scavenging effects of melatonin. *Journal of Pineal Research*, 34, 278-281.
- Hartz, J. C., de Ferranti, S. & Gidding, S. (2018). Hypertriglyceridemia in Diabetes Mellitus: Implications for Pediatric Care. *Journal of the Endocrine Society*, 2(6), 497-512.

- Herbach, K. M., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2006). Betalain stability and degradation—structural and chromatic aspects. *Journal of Food Science*, 71(4), 41-50.
- Hernández-Rodríguez G, Salazar-Tijerino M. (2017). Efecto de las betalaínas y fenoles solubles totales de pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*) como antioxidantes en yogur. Tesis. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.
- Hernández-Rodríguez, J., Moncada Espinal, O. M., & Domínguez, Y. A. (2018). Utilidad del índice cintura/cadera en la detección del riesgo cardiometabólico en individuos sobrepesos y obesos. *Revista Cubana de Endocrinología*, 29(2), 1-16.
- Huaranga, M. (2014). Evaluación de betaninas y actividad antioxidante en pulpa concentrada de tuna (*Opuntia ficus-indica*) ecotipo morado. Tesis. Huancayo. Universidad del Centro del Perú.
- ISAK, International Society for the Advancement of Kinanthropometry. (2001). En: *International Standards for Anthropometric Assessment*. International Society for the Advancement of Kinanthropometry, Australia. 49-76.
- Jáuregui, G. D. C. B., Colchado, J. L. S., & Tello, C. M. Q. (2016). Perspectivas tecnológicas y nutricionales de la fibra dietética. *Pueblo Continente*, 18(2), 253-265.
- Jiménez-Aguilar, D. M., López-Martínez, J. M., Hernández-Brenes, C., Gutiérrez-Urbe, J. A. & Welti-Chanes, J. (2015). Dietary fiber, phytochemical composition and antioxidant activity of Mexican commercial varieties of cactus pear. *Journal of Food Composition and Analysis*, 41(1), 66-73.
- Jolalpa-Barrera, J. L., Aguilar-Zamora, A., Ortiz-Barreto, O. & García-López, L. (2011). Producción y comercialización de tuna en fresco bajo diferentes modalidades en Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 28(1), 605-614.
- Khouloud, A., Abedelmalek, S., Chtourou, H., & Souissi, N. (2018). The effect of *Opuntia ficus-indica* juice supplementation on oxidative stress,

cardiovascular parameters, and biochemical markers following yo-yo Intermittent recovery test. *Food Science & Nutrition*, 6(2), 259-268.

- Kopjar, M., Pichler, A., Turi, J., & Piližota, V. (2016). Influence of trehalose addition on antioxidant activity, colour and texture of orange jelly during storage. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(12), 2640-2646.
- Kopjar, M., Piližota, V., Tiban, N. N., Šubarić, D., Babić, J., Ačkar, Đ., & Sajdl, M. (2009). Strawberry jams: influence of different pectins on colour and textural properties. *Czech Journal of Food Sciences*, 27(1), 20-28.
- Kuskoski, E., Asuero, A., Troncoso, A., Mancini-Filho, J. & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, 25(4), 726-732.
- LATHAM, M. C. (2002). Macronutrientes: carbohidratos, grasas y proteínas. LATHAM, MC Nutrición humana en el mundo desarrollo. Roma: FAO, 101.
- Lee, E. H., Yeom, H. J., Ha, M. S., & Bae, D. H. (2010). Development of banana peel jelly and its antioxidant and textural properties. *Food Science and Biotechnology*, 19(2), 449-455.
- Leopoldini, M., Marino, T., Russo, N. & Toscano, M. (2004). Antioxidant Properties of Phenolic Compounds: H-Atom versus Electron Transfer Mechanism. *The Journal of Physical Chemistry A*, 108(22), 4916-4922.
- Linarès, E., Thimonier, C., & Degre, M. (2007). The effect of neopuntia® on blood lipid parameters—Risk factors for the metabolic syndrome (Syndrome χ). *Advances in Therapy*, 24(5), 1115-1125.
- Lizarzaburu-Robles, J. C. (2013). Metabolic syndrome: concept and practical application. *Annals of the Faculty of Medicine*, 74(4), 315-320.
- López-Collado, C. J., Malpica Vázquez, A., López Collado, J., García Pérez, E. & Sol-Sánchez, Á. (2013). Crecimiento de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. en la zona central de Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(1), 1005-1014.

- Lozada-Carbajal, M. A. (2007). Extracción y caracterización reológica de polisacáridos tipo pectina de la cáscara de tuna (*Opuntia spp.*). Tesis. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Magder, S. (2018). The meaning of blood pressure. *Critical Care*, 22(1), 257.
- Mancha, M. A. F., Rentería, A. L., & Chávez, A. (2019). Estructura y estabilidad de las betalaínas. *Interciencia*, 44(6), 318-325.
- Manzur, F., Alvear, C., & Alayón, A. N. (2010). Adipocitos, obesidad visceral, inflamación y enfermedad cardiovascular. *Revista Colombiana de Cardiología*, 17(5), 207-213.
- Manzur, S. 2017. Capacidad antioxidante y propiedad funcional de la fibra de cáscara de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*) ultrasónica para el desarrollo de una gelatina. Tesis. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Mathiew-Quirós, Á., Salinas-Martínez, A. M., Hernández-Herrera, R. J. & Gallardo-Vela, J. A. (2014). Síndrome metabólico en trabajadores de un hospital de segundo nivel. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 52(5), 580-587.
- McRae, M. P. (2008). Vitamin C supplementation lowers serum low-density lipoprotein cholesterol and triglycerides: a meta-analysis of 13 randomized controlled trials. *Journal of Chiropractic Medicine*, 7(2), 48-58.
- Meza, R., Barrientos-Gutierrez, T., Rojas-Martinez, R., Reynoso-Noverón, N., Palacio-Mejia, L. S., Lazcano-Ponce, E. & Hernández-Ávila, M. (2015). Burden of type 2 diabetes in Mexico: past, current and future prevalence and incidence rates. *Preventive Medicine*, 81(1), 445-450.
- Mitchell, J. R. (1976). Rheology of gels. *Journal of Texture Studies*, 7(3), 313-339.
- Montero, E. C., Santos, M. F., & Fernández, R. S. (2015). Plasma rico en plaquetas: aplicaciones en dermatología. *Actas Dermo-Sifiliográficas*, 106(2), 104-111.

- Morales, F. J. & Jiménez-Pérez, S. (2001). Free radical scavenging capacity of Maillard reaction products as related to colour and fluorescence. *Food Chemistry*, 72(1), 119-125.
- Moreno, M. (2012). Definición y clasificación de la obesidad. *Revista Médica Clínica las Condes*, 23(2), 124-128.
- Moreno, M., Betancourt, M., Pitre, A., García, D., Belén, D., & Medina, C. (2007). Evaluación de la estabilidad de bebidas cítricas acondicionadas con dos fuentes naturales de betalainas: tuna y remolacha. *Bioagro*, 19(3), 149-159.
- Nagano, Y., Arai, H., & Kita, T. (1991). High density lipoprotein loses its effect to stimulate efflux of cholesterol from foam cells after oxidative modification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 88(15), 6457-6461.
- Nayhua-Yana, C. M. (2017). Obtención de colorante natural a partir de la cáscara de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*) por el método de extracción sólido-líquido para su aplicación en la industria de alimentos, fruto proveniente del Distrito de San Cristóbal-Moquegua. Tesis. Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú.
- NMX-F-041-1983. ALIMENTOS. POSTRE DE GELATINA DE SABORES. FOODS FLAVORS GELATIN DESSERT. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.
- Nobel, P. S. (1983). Nutrient levels in cacti—relation to nocturnal acid accumulation and growth. *American Journal of Botany*, 70(8), 1244-1253.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-037-SSA2-2012, PARA LA PREVENCIÓN, TRATAMIENTO Y CONTROL DE LAS DISLIPIDEMIAS.
- Norma de calidad para gelatinas comestibles destinadas al mercado interior. (1984). Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/1984/03/17/pdfs/A07527-07529.pdf>.
- Ochoa, C & Guerrero, J. (2012). Efecto el almacenamiento a diferentes temperaturas sobre la calidad de tuna roja (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller). *Información Tecnológica*, 23(1), 117-128.

- Onakpoya, I. J., O'Sullivan, J. & Heneghan, C. J. (2015). The effect of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) on body weight and cardiovascular risk factors: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Nutrition*, 31(5), 640-646.
- Organización Mundial de la Salud. (2015). Preguntas y respuestas sobre la hipertensión. Recuperado de <http://www.who.int/features/qa/82/es/>.
- Organización Mundial de la Salud. (2018). Obesidad y Sobrepeso. Recuperado de <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Osuna-Martínez, U., Reyes-Esparza, J. & Rodríguez-Fragoso, L. (2014). Cactus (*Opuntia ficus-indica*): A review on its antioxidants properties and potential pharmacological use in chronic diseases. *Natural Products Chemistry & Research*, 2(6), 2-6.
- Pereira-Rodríguez, J. E., Melo-Ascanio, J., Caballero-Chavarro, M., Rincón-Gonzales, G., Jaimes-Martin, T., & Niño-Serrato, R. (2016). Síndrome metabólico. Apuntes de interés. *Revista cubana de cardiología y cirugía cardiovascular*, 22(2), 109-116.
- Pérez, M. M., Cabrera, W. P., Varela, G. M., & Garaulet, M. (2010). Regional distribution of the body fat: use of image techniques as tools for nutritional diagnosis. *Nutricion hospitalaria*, 25(2), 207-223.
- Peterson, G. (1979). Review of the Folin protein quantitation method of Lowry, Rosebrough, Farr and Randall, *Analytical biochemistry*, 100(2):201-220.
- Phil-Sun, O & Kye-Taek, L. (2006). Glycoprotein (90 kDa) Isolated from *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* M AKINO Lowers Plasma Lipid Level through Scavenging of Intracellular Radicals in Triton WR-1339-Induced Mice. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 29(7), 1391-1396.
- Pimienta-Barrios, E., Méndez-Morán, L., Ramírez-Hernández, B. C., de Alba-García, G., Javier, E., & Domínguez-Arias, R. M. (2008). Efecto de la ingestión del fruto de xoconostle (*Opuntia joconostle* Web.) sobre la glucosa y lípidos séricos. *Agrociencia*, 42(6), 645-653.

- Procházková, D., Boušová, I., & Wilhelmová, N. (2011). Antioxidant and prooxidant properties of flavonoids. *Fitoterapia*, 82(4), 513-523.
- PROY-NOM-030-SSA2-2017, Para la prevención, detección, diagnóstico, tratamiento y control de la hipertensión arterial sistémica.
- Quinones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). The polyphenols, naturally occurring compounds with beneficial effects on cardiovascular disease. *Nutrición hospitalaria*, 27(1), 76-89.
- Rababah, T. M., Al-Mahasneh, M. A., Kilani, I., Yang, W., Alhamad, M. N., Ereifej, K., & Al-u'datt, M. (2011). Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(6), 1096-1102.
- Ramírez-Abarca, O., Figueroa Hernández, E. & Espinosa Torres, L. E. (2015). Análisis de rentabilidad de la tuna en los municipios de nopaltepec y Axapusco, Estado de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 36(1), 1199-1210.
- Re, R., Pellegrini N, Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med*, 26(9-10):1231-7.
- Resendiz-Otero, M.F., Ronces-Arrieta, R., Betanzos-Cabrera, G., Fabela Illescas, H.E. & Ariza-Ortega, J.A. (2017). Efectos de la refrigeración sobre el contenido de fenoles y actividad antioxidante presente en especies de nopal: *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-dyck y Nopal *Opuntia ficus-indica* Educación y Salud Boletín Científico de Ciencias de la Salud del ICESA. 5(1), s.p.
- Reyes-Agüero, J. A., Aguirre-Rivera, J. R., & Hernández, H. M. (2005). Systematic notes and a detailed description of *Opuntia ficus-indica* (L) Mill. (CACTACEAE). *Agrociencia*, 39(4), 395-408.
- Reyes-Munguía, A., Carrillo-Inungaray, M. L., Carranza-Álvarez, C., Pimentel-González, D. J., & Alvarado-Sánchez, B. (2016). Antioxidant activity, antimicrobial and effects in the immune system of plants and fruits extracts. *Frontiers in Life Science*, 9(2), 90-98.

- Rodríguez-Bombón, P. E. (2014). Sustitución parcial de agar-agar por gelatina en la elaboración de gomitas con pulpa de maracuyá (*passiflora edulis*). Tesis. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Rodríguez-Valdés, S., Donoso-Riveros, D., Sánchez-Peña, E., Muñoz-Cofré, R., Conei, D., del Sol, M., & Escobar-Cabello, M. (2019). Uso del índice de masa corporal y porcentaje de grasa corporal en el análisis de la función pulmonar. *International Journal of Morphology*, 37(2), 592-599.
- Rojas, R., Aguilar-Salinas, C. A., Jimenez-Corona, A., Shamah-Levy, T., Rauda, J., Avila-Burgos, L. & Ponce, E. L. (2010). Metabolic syndrome in Mexican adults: results from the National Health and Nutrition Survey 2006. *Salud Pública de México*, 52(1), 511-18.
- Rojas-Martínez, R., Basto-Abreu, A., Aguilar-Salinas, C. A., Zárate-Rojas, E., Villalpando, S. & Barrientos-Gutiérrez, T. (2018). Prevalencia de diabetes por diagnóstico médico previo en México. *Salud Pública de México*, 60(1), 1-9.
- Rubio, M., Moreno, C., & Cabrerizo, L. (2004). Guías para el tratamiento de las dislipemias en el adulto: Adult Treatment Panel III (ATP-III). *Endocrinología y Nutrición*, 51(5), 254-265.
- Salim, N., Abdelwaheb, C., Rabah, C. & Ahcene, B. (2009). Chemical composition of *Opuntia ficus-indica* (L.) fruit. *African Journal of Biotechnology*, 8(8), 1623-1624.
- Sandoval-Calderón, E. A. (2016). Formulación y evaluación de las características físico químicas y organolépticas de una mermelada elaborada a partir de la cáscara de sandía (*Citrullus lanatus*). Tesis. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador.
- Santos-Díaz, M., Barba de la Rosa, A. P., Héliès-Toussaint, C., Guéraud, F., & Nègre-Salvayre, A. (2017). *Opuntia* spp.: Characterization and benefits in chronic diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 17(1), 1-17.
- Scalbert, A., & Williamson, G. (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *The Journal of Nutrition*, 130(8), 2073-2085.

- Selvamuthukumar, M., Khanum, F., & Bawa, A. S. (2007). Development of sea buckthorn mixed fruit jelly. *International Journal of Food Science & Technology*, 42(4), 403-410.
- Stintzing, F. C., Herbach, K. M., Mosshammer, M. R., Carle, R., Yi, W., Sellappan, S. & Felker, P. (2005). Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia spp.*) clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(2), 442-451.
- Stull, A. J., Cash, K. C., Champagne, C. M., Gupta, A. K., Boston, R., Beyl, R. A., ... & Cefalu, W. T. (2015). Blueberries improve endothelial function, but not blood pressure, in adults with metabolic syndrome: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Nutrients*, 7(6), 4107-4123.
- Suárez-Carmona, Walter, Sánchez-Oliver, Antonio Jesús, & González-Jurado, José Antonio. (2017). Fisiopatología de la obesidad: Perspectiva actual. *Revista chilena de nutrición*, 44(3), 226-233.
- Sumaya-Martínez, M. T., Cruz-Jaime, S., Madrigal-Santillán, E., García-Paredes, J. D., Cariño-Cortés, R., Cruz-Cansino, N., & Alanís-García, E. (2011). Betalain, acid ascorbic, phenolic contents and antioxidant properties of purple, red, yellow and white cactus pears. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(10), 6452-6468.
- Suverza-Fernández, A. & Huaua-Navarro, K. (2009). *Manual de antropometría México*, D.F: Universidad Iberoamericana.
- Torres-Ponce, R. L., Morales-Corral, D., Ballinas-Casarrubias, M. d. L. & Nevárez-Moorillón, G. V. (2015). El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(1), 1129-1142.
- Touati, N., Louaileche, H., & Makhoulouf, C. (2017). Effect of Time and Temperature Storage on Orange Beverage Stability. *EC Nutrition*, 11, 48-56.
- Turk, J., Gross, R. W., & Ramanadham, S. (1993). Amplification of insulin secretion by lipid messengers. *Diabetes*, 42(3), 367-374.
- Valencia-Avilés, E., Figueroa, I. I., Sosa-Martínez, E., Bartolomé-Camacho, M. C., Martínez-Flores, H. E., & García-Pérez, M. E. (2017). Polifenoles:

propiedades antioxidantes y toxicológicas. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, 16(1), 15-29.

- Vega, V. V. (2011). Enriquecimiento de la capacidad antioxidante y protección antimicrobiana del mango fresco cortado aplicando compuestos fenólicos de sus subproductos". Tesis. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Sonora, México.
- Velázquez, O., Lara, A., Tapia, F., Romo, L., Carrillo, J., Colin, M., & Montes, G. (2002). *Manual de Procedimientos. Toma de Medidas Clínicas y Antropometría en el Adulto y Adulto Mayor*. Secretaría de Salud.
- Vélez, L. M., Gañan, P., Severiche, J. D., Hincapié, G. A., & Restrepo, M. C. (2009). Aprovechamiento de la fibra dietaria de frutas y/o residuos de su transformación en la elaboración de productos de panificación y de maíz. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 7(2), 102-103.
- Ventura, J., Alarcón-Aguilar, F., Roman-Ramos, R., Campos-Sepulveda, E., Reyes-Vega, M. L., Boone-Villa, V. D., Jasso-Villagómez, E. I., & Aguilar, C. N. (2013). Quality and antioxidant properties of a reduced-sugar pomegranate juice jelly with an aqueous extract of pomegranate peels. *Food Chemistry*, 136(1), 109-115.
- Vilcanqui-Pérez, F. (2017). Fibra dietaria: nuevas definiciones, propiedades funcionales y beneficios para la salud. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 67(2), 146-154.
- Zimmet, P., Alberti, K. G. & Serrano-Rios, M. (2005). A new international diabetes federation worldwide definition of the metabolic syndrome: the rationale and the results. *Revista Española de Cardiología*, 58(12), 1371-1376.

11. Anexos

Anexo 1. Carta de consentimiento informado



INFORMACIÓN GENERAL



Título del proyecto: “Evaluación de cambios metabólicos y en el porcentaje de grasa en pacientes con síndrome metabólico suplementados con gelatina de cáscara de tuna (*Opuntia ficus-indica* L.)”

Investigadores: Mtra. Zuli Guadalupe Calderón Ramos, Dr. Nelly del Socorro Cruz Cansino y PLN. Beatriz Mendoza Avila

Sede donde se realizará el estudio: Centro de Atención al diabético de la región de Actopan, Hgo. e Instituto de Ciencias de la Salud.

Nombre **del** **paciente:**

Está usted invitado a participar en este estudio de investigación. Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como consentimiento informado y puede sentirse con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto. Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento, de la cual se le entregará una copia firmada y fechada.

Objetivo: La Licenciatura en Nutrición de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo está realizando un proyecto de investigación, colaborando con el Centro de Atención al Diabético, en donde el objetivo es determinar el efecto del consumo de gelatina de cáscara de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica* L.) en indicadores metabólicos y en el porcentaje de grasa en pacientes con síndrome metabólico.

Procedimiento: Se le realizará una frecuencia de consumo de alimentos, para conocer sus hábitos de alimentación, así como una evaluación antropométrica (peso, talla, circunferencia de cintura) y tensión arterial. Para la el porcentaje de grasa se realizará mediante el equipo Bod-Pod, será en la fecha posterior de acuerdo a lo agendado en el Instituto de Ciencias de la Salud, en la 4ta etapa, planta baja, en el laboratorio de evaluación nutricional (al fondo a la derecha de la planta baja), donde debe presentarse con ropa ligera, ya que al realizar la técnica debe tener la menor cantidad de ropa para un mejor resultado en las mediciones, esta debe ser lo más ajustada al cuerpo al momento de ingresar al BOD-POD, no debe de portar joyas, como aretes, reloj o ningún otro artefacto personal, presentarse en ayunas, sin usar desodorante, ni crema, en el caso de las mujeres no estar menstruando, ni lactando. Para las pruebas bioquímicas (determinación de glucosa en ayunas, colesterol total, triglicéridos y HDL) debe acudir con ayuno de 8 hrs aproximadamente. Estas evaluaciones tendrán una duración aproximadamente de 1 hora por lo que se le solicita que acuda con tiempo y puntualidad.

Todas las mediciones y pruebas antes mencionadas se realizarán en 2 ocasiones, la primera antes del consumo de la gelatina y la segunda al concluir los meses de administración.

El consumo de la gelatina será durante 3 meses, de jueves a martes (1 por día), éstas serán otorgadas semanalmente los días jueves a las 9:00 am por el investigador y es imprescindible su responsabilidad mantenerlas en refrigeración para su conservación.

Beneficios: Conocer sus resultados tanto antropométricos, clínicos y bioquímicos, así como si es que se presentó un cambio favorable a través del estudio.

Riesgos asociados con el estudio: Reacciones adversas al producto o puede ser que en la prueba realizada en el BOD-POD, en donde tiene que, en ingresar en una cámara, la cual posteriormente se cerrará, presente sensaciones como miedo, pánico o fobia.

Aclaraciones:

- Su decisión de participar en el estudio es completamente voluntaria.
- No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación.
- Si decide participar en el estudio puede retirarse en el momento que lo desee, aun cuando el investigador responsable no lo solicite, pudiendo informar o no, las razones de su decisión, la cual será respetada en su integridad.
- No recibirá pago por su participación.
- En el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo, al investigador responsable.
- La información obtenida en este estudio, utilizada para la identificación de cada paciente, será mantenida con estricta confidencialidad por el grupo de investigadores.

Contactos: Si es que usted tiene alguna pregunta o comentario, en relación al proyecto puede pedir información con el investigador responsable del proyecto: Mtra. Zuli Guadalupe Calderón Ramos al número 7717021029, correo electrónico: zramos@uaeh.edu.mx, Dr. Nelly del Socorro Cruz Cansino al número 7711476183 , correo electrónico: ncruz@uaeh.edu.mx o con PLN. Beatriz Mendoza Avila al número 7711289129, correo electrónico me307493@uaeh.edu.mx.

Consentimiento para su participación en el estudio

Yo, _____ he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación. Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento.

Firma del participante _____ Fecha: _____

Testigo 1 _____ Fecha: _____

Dirección:

Firma: _____ Relación con el participante _____

Testigo 2 _____ Fecha: _____

Dirección:

Firma: _____ Relación con el participante _____

Esta parte debe ser completada por el Investigador (o su representante):

He explicado al Sr(a). _____ la naturaleza y los propósitos de la investigación; le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implica su participación.

Firma del investigador

Anexo 2. Técnica de medición del porcentaje de grasa por BOD-POD

1. El sujeto deberá estar en ayuno, evacuará por completo la vejiga e intestino, se colocará el traje de baño, gorro de natación para comprimir el pelo y no portará objetos metálicos.
2. Se medirá la altura y peso corporal del paciente, para calcular la superficie corporal.
3. Se encenderá el BOD-POD junto con el ordenador.
4. En el ordenador se introducirá el usuario y contraseña del responsable.
5. Se verificará si el equipo esta calibrado.
6. Se introducirá los datos basales del paciente:
 - a) Nombre completo
 - b) Apellidos
 - c) Fecha de nacimiento (mes/día/año)
 - d) Género (Femenino-Masculino)
 - e) Estatura (cm)
 - f) Grupo étnico (población general)
 - g) Fórmula (Siri).
 - h) Coeficiente respiratorio (predictivo)
7. Se abrirá la puerta y se verificará que esté vacío.
8. Se cerrará la puerta del BOD-POD (Inicia la calibración).
9. Se abrirá la puerta, se introducirá la medida básica (cilindro) y se cerrará la puerta para estandarizar el peso.
10. Se deberá tarar la báscula, se pedirá al sujeto que se suba a la báscula para obtener su peso y, se solicitará que se baje de la báscula.
11. Se abrirá la puerta del BOD-POD, se sacará el cilindro
12. Se le solicitará al sujeto que entre al BOD-POD y se le explicará las indicaciones correspondientes y se cerrará la puerta del BOD-POD (1era medición).
13. Se abrirá y se cerrará la puerta del BOD-POD (2da medición).
14. En caso de alguna inconsistencia entre las mediciones, el equipo se solicitará una tercera medición.

15. Se abrirá la puerta del BOD-POD, se solicitará que el sujeto salga y, se cerrará la puerta.

16. Nos mostrará los resultados del sujeto.

Anexo 3. Presión arterial

Se medirá con el siguiente procedimiento:

- Comenzar la medición una vez que el sujeto se observe tranquilo, relajado durante al menos 5 min.
- Sentado con su brazo derecho descubierto y apoyado con la parte superior a nivel del corazón, espalda apoyada en la silla, las piernas sin cruzar y los pies en el suelo.
- Corroborar que la vulva del manguito del baumanómetro esté cerrada.
- Se envuelve el brazalete cómodamente alrededor del brazo del paciente, el borde más bajo debe estar a una pulgada por encima del doblez del codo.
- Se coloca el receptor de sonido del estetoscopio en la arteria radial a la altura del pliegue del codo cuidando que no se mueva.
- La perilla se bombea hasta 200 mmHg sobre el punto en que desaparece el pulso radial, indicando al adulto que se sintió la presión alrededor del brazo.
- Inmediatamente después, la válvula se abre ligeramente y constante, permitiendo que la presión descienda de manera lenta. La presión del mango se libera a una velocidad de 2 a 3 mmHg por segundo aproximadamente.
- El nivel en el cual se escucha el primer sonido se anota como presión sistólica (PAS) y cuando desaparecen todos los sonidos representa la presión diastólica (PAD).

Anexo 4. Dieta

**Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias de la Salud
Área Académica de Nutrición
Frecuencia de consumo de alimentos**

Nombre:					
Folio:		Género:	Masculino () Femenino ()	Edad:	años

Alimento	Porción	DÍAS DE LA SEMANA ¿Cuántos días comió o bebió usted?					VECES AL DÍA ¿Cuántas veces al día comió o bebió usted?				Tamaño de la porción	Número de porción
		Nunca	1	2-4	5-6	7	1	2-3	4-5	6		
PRODUCTOS LÁCTEOS												
Leche disconsa	1 vaso (240 mL)											
Otra leche especifique la marca												
	1 vaso (240 mL)											
	1 vaso (240 mL)											
	1 vaso (240 mL)											
Leche preparada de sabor	1 vaso (240 mL)											
Agregado a la leche												
a) Azúcar	1 cucharada cafetera copeteada (10 g)											E
b) Chocolate u otro saborizante	1 cucharada cafetera copeteada (10 g)											E
Queso panela o fresco o cottage	1 rebanada o 2 cucharadas soperas (30 g)											E
Quesos madurados (chihuahua, manchego, gouda, etc).	1 rebanada (30 g)											E
Yogur de vaso												
a) Entero natural	1 vaso de yogur (150 g)											E
b) Entero con frutas	1 vaso de yogur (150 g)											E
c) Bajo en grasa o light natural o con fruta (vitalinea, alpura light, lala light, etc).	1 vaso de yogur (150 g)											E
Yogur para beber												
a) Entero natural	1 envase (230 g)											E
b) Entero con frutas	1 envase (230 g)											E
c) Bajo en grasa o light natural o con fruta (vitalinea, alpura light, lala light, etc).	1 envase (230 g)											E
Danonino o similar	1 envase (45 g)											E
Yakult o similares	1 envase (80 mL)											E
FRUTAS												
Plátano	1 pieza mediana (176 g)											
Plátano frito	½ pieza mediana (113 g)											

Jícama	½ pieza mediana (163 g)												
Naranja o mandarina	1 pieza grande (206 g)												
Manzana o pera	1 pieza mediana (140 g)												
Melón o sandía	1 rebanada o ¾ tz. (115 g)												

Alimento	Porción	DÍAS DE LA SEMANA ¿Cuántos días comió o bebió usted?					VECES AL DÍA ¿Cuántas veces al día comió o bebió usted?				Tamaño de la porción	Número de porción	
		Nunca	1	2-4	5-6	7	1	2-3	4-5	6			
a) Chocolate (Chocokrispis)	1 taza (seco 30 g)											E	
b) Light/cuidado de figura (Special K)	1 taza (seco 30 g)											E	
c) Hojulea endulzada (Zucaritas)	1 taza (seco 30 g)											E	
d) Básico (Corn Flakes, Arroz inflado sin sabor)	1 taza (seco 30 g)											E	
e) Variedades (Apple jacks, honey snacks, corn pops)	1 taza (seco 30 g)											E	
f) Sabor a frutas (Froot loops)	1 taza (seco 30 g)											E	
g) Fibra (All bran)	1 taza (seco 30 g)											E	
h) Especialidades (Crusli)	1 taza (seco 30 g)											E	
i) Multiingredientes (Extra)	1 taza (seco 30 g)											E	
PRODUCTOS DE MAÍZ													
Antojitos con vegetales como sopes, quesadillas, tlacoyos, gorditas y enchiladas (NO TACOS)													
a) Sin freír	1 pieza (100 g)											E	
b) Fritos	1 pieza (100 g)											E	
Antojitos con res, cerdo, pollo, vísceras, etc., como tacos, quesadillas													
a) Sin freír	1 pieza (100 g)											E	
b) Fritos	1 pieza (100 g)											E	
Pozole (todo tipo)	1 plato (100 g)											E	
Tamal (todos tipos)	1 pieza (200 g)											E	
Atoles de maíz													
a) Atole con agua	1 taza (240 mL)												
b) Atole con leche (especificar tipo de leche)	1 taza (240 mL)												
BEBIDAS													
Refresco normal	1 vaso (240 mL)												

Refresco dieta	1 vaso (240 mL)												
Café													
a) Café sin azúcar	1 taza (240 mL)												
b) Azúcar agregada al café	1 cucharada cafetera copeteada (10 g)									E			
c) Leche agregada al café (especificar tipo de leche)	1 taza (240 mL)												
d) Sustituto de crema agregada al café	1 cucharada sopera (15 g)									E			
Té o infusión													
a) Té sin azúcar	1 taza (240 mL)												
b) Azúcar agregada al Té	1 cucharada cafetera copeteada (10 g)									E			
Jugos naturales sin azúcar	1 vaso (240 mL)												
Jugos naturales con azúcar	1 vaso (240 mL)												
Aguas de fruta natural sin azúcar	1 vaso (240 mL)												
Aguas de fruta natural con azúcar	1 vaso (240 mL)												
Bebidas o aguas de sabor industrializados sin azúcar (incluyendo dietéticas)	1 vaso (240 mL)												
Bebidas o aguas de sabor industrializadas con azúcar (frutsi, bonafina)	1 vaso (240 mL)												
Néctares de frutas o pulpa de frutas industrializados con azúcar (boing, jumex)	1 vaso (240 mL)												

Alimento	Porción	DÍAS DE LA SEMANA ¿Cuántos días comió o bebió usted?					VECES AL DÍA ¿Cuántas veces al día comió o bebió usted?				Tamaño de la porción	Número de porción
		Nunca	1	2-4	5-6	7	1	2-3	4-5	6		
Agua simple	1 vaso (240 mL)											
Bebidas alcohólicas (cerveza, vino, pulque)	1 vaso (240 mL)											
Bebidas alcohólicas (tequila, mezcal)	1 cuba o copa											
BOTANAS, DULCES Y POSTRES												
Chocolate	1 trozo (10 g) o 1 cucharada sopera (15 g)											E
Dulces (caramelos, paletas)	1 pieza (30 g)											E
Dulces enchilados (miguelitos, tamarindos)	1 pieza (30 g)											E
Frituras (todo tipos, incluyendo cacahuates)	1 paquete individual o bolsa chica (35 g)											E
Paletas y dulces de malvavisco (paleta payaso, bubu-lu-bu)	2 piezas pequeñas o 1 pieza grande (40g)											E
Gelatina, flan	1 pieza o rebanada (125 g)											E
Pastel o pay	1 pieza o rebanada (125 g)											E
Helado, nieves y paletas de agua	1 pieza o 1 bola (80 g)											E
Helado y paletas de leche	1 pieza o 1 bola (80 g)											E
Cacahuates, habas o pepitas	1 puño (35 g)											E
Palomitas de maíz de microondas o del cine (excepto acarameladas)	1 bolsa mediana (100 g)											E
Pastelillos y donas industrializadas	1 pieza (70 g)											E
Galletas dulces	2 piezas (32 g)											E
Barras de cereal	1 pieza (25 g)											E
SOPAS, CREMAS Y PASTAS												
Caldo de pollo, res o verduras (sólo caldo)	1 taza (240 mL)											E
Sopa o caldo con verduras	1 plato (240 mL)											E
Sopa de pasta												E
a) Sopa caldosa	1 plato o 1 taza (100 g)											E
b) Sopa seca	1 plato (100 g)											E

Crema de verduras	1 plato (240 mL)											E
Sopas instantáneas	1 vaso (64 g)											E
MISCELANEOS												
Limón por ejemplo en ensaladas, caldos o carnes												
Cebolla por ejemplo en salsa o caldillos (molida o entera)												
Chiles frescos por ejemplo en salsas, tacos, guisados (molido o entero)												
Chiles envasados o enlatados por ejemplo en sándwich, torta o guisados												
Chile seco por ejemplo en salsas, tacos, guisados (molido o entero)												
Tomate verde y jitomate por ejemplo en salsas, tacos o guisados (molido o entero)												
Azúcar por ejemplo en fresas o plátanos con crema	1 cucharada sopera (10 g)											E
Margarina	1 cucharada sopera (10 g)											E

Alimento	Porción	DÍAS DE LA SEMANA ¿Cuántos días comió o bebió usted?					VECES AL DÍA ¿Cuántas veces al día comió o bebió usted?				Tamaño de la porción	Número de porcion	
		Nunca	1	2-4	5-6	7	1	2-3	4-5	6			
Mantequilla	1 cucharada sopera (10 g)											E	
Mayonesa	1 cucharada sopera (10 g)											E	
Crema	1 cucharada sopera (10 g)											E	
Manteca vegetal	1 cucharada sopera (10 g)											E	
Manteca animal (cerdo o pollo)	1 cucharada sopera (10 g)											E	
Sal o condimento con sal agregada a sus alimentos													Cantidad agregada <hr/> 1. Poco 2. Moderada 3. Mucho
Cátsup													Cantidad agregada <hr/> 1. Poco 2. Moderada 3. Mucho
Salsa picante para botana agregada a sus alimentos													Cantidad agregada <hr/> 1. Poco 2. Moderada 3. Mucho
Salsa de soya, salsa inglesa o sazónadores líquidos agregados a sus alimentos													Cantidad agregada <hr/> 1. Poco 2. Moderada 3. Mucho
Tortillas de nixtamal (hecho en casa)													
Tortilla de harina MASECA o MINSA (hecha en casa)													
De masa (comprada) o de tortilla													
Tortillas de harina de trigo													

Anexo 5. Carta de aceptación por el comité de ética



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
Instituto de Ciencias de la Salud
Coordinación de Investigación



Pachuca de Soto, Hidalgo a 08 de marzo del 2019
CorInv/219/2019

MTRA. ZULY GUADALUPE CALDERÓN RAMOS
INVESTIGADOR ADSCRITO
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD/ÁREA ACADÉMICA DE NUTRICIÓN

Asunto: DICTAMEN DEL COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN.
APROBACIÓN.

Título del Proyecto:
EVALUACIÓN DE CAMBIOS METABÓLICOS Y EN LA COMPOSICIÓN CORPORAL DE
PACIENTES CON SÍNDROME METABÓLICO SUPLEMENTADOS CON GELATINA DE
CÁSCARA DE TUNA (OPUNDA FICUS INDICA)
Código asignado por el Comité: CEEI-000020-2019

Le informamos que su proyecto de referencia ha sido evaluado por el Comité y las opiniones acerca de los documentos presentados se encuentran a continuación:

	Nº y/o Fecha Versión	Decisión
PROTOCOLO	Primero	Aprobado
CONSENTIMIENTO INFORMADO	Primero	Aprobado

Este protocolo tiene vigencia de Enero del 2019 a Enero del 2021.
En caso de requerir una ampliación, le rogamos tenga en cuenta que deberá enviar al Comité un reporte de progreso al menos 30 días antes de la fecha de término de su vigencia.

Atentamente



M.C.Esp. Adrián Moya Escalera
Presidente del Comité
Ccp. Minutario



Circuito ex-Hacienda La Concepción s/n Carretera
Pachuca Actopan, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo,
México. C.P. 42160
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 4301
investigacion_icsa@uaem.edu.mx





Anexo 6. Declaración de Helsinki

Artículo 13. En toda investigación en la que el ser humano sea sujeto de estudio, deberá prevalecer el criterio del respeto a su dignidad y la protección de sus derechos y bienestar.

Artículo 14. Facción IV.- Deberán prevalecer siempre las probabilidades de los beneficiados esperados sobre los riesgos predecibles.

Artículo 16. En las investigaciones en seres humanos se protegerá la privacidad del individuo sujeto de investigación, identificándolo sólo cuando los resultados lo requieran y éste lo autorice.

Artículo 17. Establece la clasificación de las investigaciones según riesgos de los pacientes, para este caso la Investigación es considerada con riesgo mínimo, debido a que se trata de un estudio prospectivo que emplean el riesgo de datos a través de procedimientos comunes en exámenes físicos de diagnósticos o tratamiento rutinarios como pesar al sujeto, electrocardiograma, así como extracción de sangre por punción venosa.

Artículo 18. El investigador principal suspenderá la investigación de inmediato, al advertir algún riesgo o daño a la salud del sujeto en quien se realice la investigación. Asimismo, será suspendida de inmediato cuando el sujeto de investigación así lo manifieste.

Artículos 20, 21 y 22. Donde se menciona el uso y partes del consentimiento informado.