

USO DE MUCILAGO DE *OPUNTIA FICUS-INDICA* COMO TRATAMIENTO EN OBESIDAD, EFECTO EN TEJIDO HEPÁTICO Y RENAL

José de Jesús Bocanegra Alonso
Blanca Patricia Lazalde Ramos
Licenciatura en Químico Farmacéutico Biólogo
Unidad Académica de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de Zacatecas

Rosalinda Gutiérrez Hernández
Cynthia Ivett Campos Ramos
Licenciatura en Nutrición,
Unidad Académica de Enfermería
Universidad Autónoma de Zacatecas
Correo-e: rosalinda@uaz.edu.mx

RESUMEN

Introducción. La obesidad es una enfermedad de etiología multifactorial de curso crónico donde se involucran aspectos genéticos, ambientales y estilo de vida. Su tratamiento es diverso mediante medicamentos, que deben ser administrados simultáneamente con dieta y ejercicio; o no farmacológico como las fibras o gomas, dentro de estas últimas está el mucilago de *O ficus-indica*, (OP) un polisacárido complejo empleado por sus propiedades inhibitoras en la absorción de lípidos proporcionando efectos benéficos indirectamente a hígado y riñón susceptibles a daño, órganos que participan en el metabolismo y eliminación de la mayoría de sustancias farmacológicas y no farmacológicas que ingresan al organismo. El *objetivo* fue evaluar el efecto del mucilago de *O ficus-indica* en tejido hepático y renal de un modelo murino de obesidad con dieta alta en grasa (DAG). *Metodología.* Se realizó un estudio experimental, analítico y longitudinal, prospectivo en un modelo de obesidad inducido por DAG, donde se midió lipoperoxidación en tejido hepático y renal; análisis microscópico de ambos tejidos; los resultados fueron evaluados mediante la prueba no paramétrica U de Mann Whitney. *Resultados.* Se observó un mejor efecto antioxidante del mucilago de OP a dosis de 0.6 mg/kg para ambos tejidos en dieta normal (DN); el análisis histopatológico evidenció ausencia de daño en tejidos de DN más OP a en ambas dosis no así en los grupos DAG más OP y DAG más Atorvastatina (A) donde se presenta inflamación leve. *Conclusión.* El mucilago de OP es capaz de atenuar el estrés oxidativo en condición de dieta normal, sin embargo, ante DAG no es capaz de reducirlo de forma eficiente en ambos tejidos, se muestra que el uso de mucilago de OP es bastante seguro ya que no llega a propiciar daño microscópico por sí solo.

Palabras clave: Opuntia ficus-indica, obesidad, tejido hepático, tejido renal



ABSTRACT

Introduction. Obesity is a disease of multifactorial an etiology with a chronic course where genetic, environmental and lifestyle aspects are involved. Its treatment is diverse, be it through medications, which must be administered simultaneously with diet and exercise; or non-pharmacological, such as fibers or gums such as *O ficus-indica* mucilage, a complex polysaccharide used for its cholesterol-lowering and inhibitory properties in the absorption of lipids, indirectly providing beneficial effects to liver and kidneys susceptible to damage since they are the main organs that they participate in the metabolism and elimination of most pharmacological and non-pharmacological substances that enter the body. The *objective* was to evaluate the effect of *O ficus-indica* mucilage on liver and kidney tissue of a murine obesity model with a high-fat diet (HFD). *Methodology.* An experimental, longitudinal, prospective study was carried out in a model of obesity induced by DAG, where the presence of glycogen in liver tissue was measured; lipoperoxidation in liver and kidney tissue; microscopic analysis of both tissues. The techniques were evaluated using the nonparametric Mann Whitney U test. *Results* of a beneficial effect on the liver, particularly in the glycogen storage function, on the other hand, a positive effect on oxidative stress was observed. *Conclusion* mucilage manages to attenuate the harmful effects of a high-fat diet as it improves liver function and maintains or even reduces the levels of oxidative stress expressed in the liver and kidney.

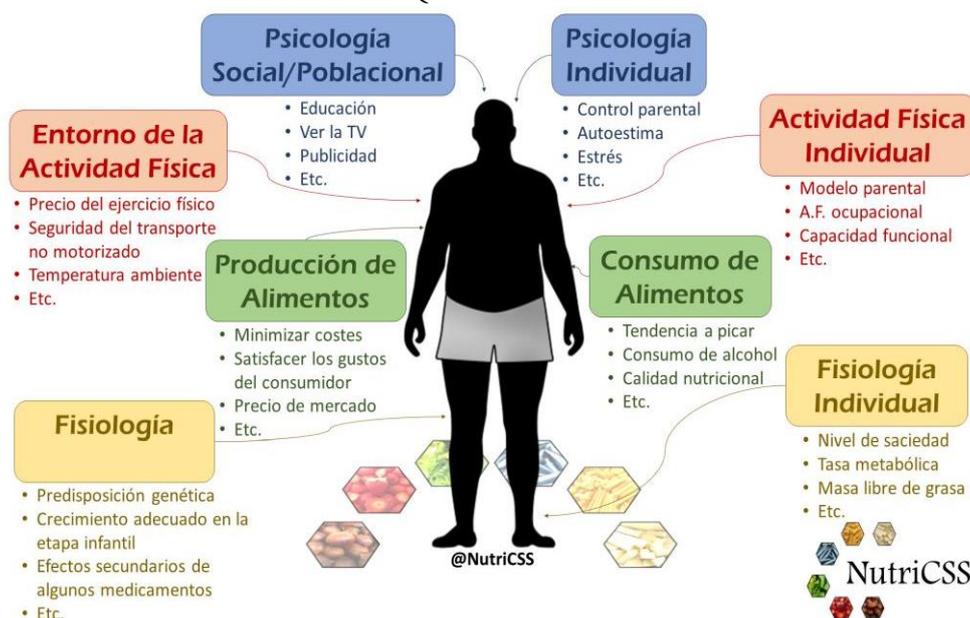
Key words: *Opuntia ficus-indica*, obesity, liver tissue, kidney tissue

INTRODUCCIÓN

La obesidad es una enfermedad de etiología multifactorial de curso crónico en la cual se involucran aspectos genéticos, ambientales y de estilo de vida. Se caracteriza por un balance positivo de energía, que ocurre cuando la ingestión de calorías excede al gasto energético, ocasionando un aumento en los depósitos de grasa corporal y por ende hay una ganancia de peso, ver figura 1 (Manzur, F. et al., 2010; Rodríguez et al., 2017). La obesidad y el sobrepeso se definen como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud. Una forma simple de medir la obesidad es mediante el índice de masa corporal (IMC), estimado a través del peso de una persona en kilogramos dividida por el cuadrado de la talla en metros. Así, una persona con IMC igual o superior a 30 es considerada obesa y con un IMC igual o superior 25 se considera con sobrepeso (Bautista *et al.*, 2019).

Existen modelos animales que sirven para poder reproducir las patologías y realizar las evaluaciones bioquímicas o fisiológicas que nos permitan observar lo que pasa al interior de los organismos vivos. Uno de los modelos es el murino, en este se puede llevar a los animales a condición de obesidad y evaluarla mediante el índice de Lee, calculado por la raíz cúbica del peso corporal (g) dividido entre la longitud hocico-ano (cm). Un valor igual o menor a 0,300 es considerado como normal, mientras que un resultado mayor significa que las ratas son clasificadas como obesas (Bernardis, L. L., & Patterson, B. D. 1968; Suárez G. et al., 2013).

FIGURA 1. FACTORES QUE CONTRIBUYEN A LA OBESIDAD



FUENTE: NUTRICSS. [HTTPS://WWW.NUTRICSS.COM/ES/FACTORES-OBESIDAD/](https://www.nutricss.com/es/FACTORES-OBESIDAD/)
RECUPERADA EL 22 OCTUBRE DE 2020.

El uso de plantas medicinales se da en un aproximado del 85 por ciento de la población debido a características como son: la accesibilidad, disponibilidad y bajos costos, sin embargo, estos al no ser específicamente un medicamento carecen de ciertos estudios de seguridad, es por ello que se vuelve necesario realizar una evaluación para conocer el posible efecto hepatoprotector y antioxidante que el mucilago, polisacárido complejo obtenido de la planta *Opuntia ficus indica* podría ocasionar en condiciones de exceso de grasa en la alimentación.

Opuntia ficus indica

Se trata de una planta arbustiva de la familia de las cactáceas, como la mayoría de los miembros de este género carece de hojas, posee cladodios múltiples, con tallos capaces de ramificarse, emitiendo flores y frutos. Estos tallos son planos, ovales y de color verde medio. Poseen dos clases de espinas, reunidas en los *gloquidios* de las areolas, unas largas y duras, y otras cortas y finas con aspecto veloso, las flores, en

forma de corona, nacen de las areolas en los bordes de los segmentos. Florece una vez al año y tanto el fruto como la flor pueden ser de diversos colores, desde el amarillo al rojo, el fruto tiene una cáscara gruesa, espinosa, y con una pulpa abundante en pepas o semillas, el fruto maduro es una baya de forma ovalada con diámetros de entre 5,5 y 7 centímetros, una longitud de 5 a 11 centímetros y un peso variable entre 43 y 220 g (Kiesling, 1999; Rodríguez C. *et. al.*, 2015; Ahumada & Trillo, 2017) observe figura 2.

FIGURA 2. PLANTA DE NOPAL “*OPUNTIA FICUS-INDICA*”



FUENTE: IMAGEN TOMADO DE ICARDA

Origen y distribución

Es originaria de la región central de México ya que este país presenta una gran diversidad de cactus, desde los tiempos prehispánicos, ha sido utilizada por los mexicanos durante el periodo azteca, con lo cual se estableció la economía agrícola, es cultivada en más de 30 países de ambos hemisferios encontrándose ampliamente distribuida en América central, América del sur, Australia y África del sur (Silva D. *et al.*, 2015; Ahumada M. *et al.*, 2017). Es una planta endémica de América de la cual existen 100 especies en México conocida con nombres comunes de chumbera (España), higo de las indias (India), fico d' india (Italia) y figura de barbarie en Francia (Sáenz *et al.*, 2009). Los cactus son un grupo amplio con alrededor de 1600 especies agrupadas por familias. De ellas la *Opuntia ficus indica* es perteneciente al reino *Plantae* de la división *Magnoliophyta*, clase *Magnoliopsida*, orden *Caryophylliales*, familia *Cactácea*, subfamilia *Opuntioideae* y genero *Opuntia* (Alves *et al.*, 2011).

Usos terapéuticos

El nopal (*Opuntia ficus-indica*) al sufrir un daño mecánico exuda un compuesto mucilaginoso nombrado “mucilago de nopal” al que se le atribuyen propiedades terapéuticas para gastritis, la fatiga, diabetes, hipertensión, hipercolesterolemia, enfermedades de mucosa gástrica, asma, daño hepático por abuso del alcohol, tos ferina, dislipidemias, sobrepeso y obesidad, la protección contra la incidencia de los rayos

UV, tiene acción contra microorganismos patogénicos además de su acción antioxidante e inhibición enzimática, entre otras (Cepeda, Macías y Vázquez, 2008; Silva Dos Santos et al., 2015; Uvidia, Rivera y Venegas, 2020). Se localiza en la mayoría de las condiciones ecológicas, los principales productores en México son los estados de Morelos, Distrito Federal, Puebla, Hidalgo, Jalisco, San Luis Potosí y Zacatecas.

La planta del mucilago presenta una apariencia similar a gomas que en contacto con el agua se forma un retículo dejándola atrapada generando soluciones viscosas, esta capacidad es la responsable de los efectos fisiológicos de la fibra entre los cuales la disminución de glucemia postprandial y los niveles plasmáticos del colesterol; este también tiene una función laxante y una sensación de satisfacción (Mateu, 2004).

Según Howarth, (2001) una de las familias más importantes por sus características, entre otras cosas, son los cultivares de *Opuntia ficus-indica* que presenta componentes de los cuales destacan la fibra, hidrocoloides fenólicos, clorofila, carotenoides, calcio y vitamina C. Algunos de estos compuestos inhiben las especies reactivas de oxígeno (ROS) en un aproximado al 40 por ciento, por lo que biológicamente proporcionan ciertos beneficios para la salud y ayudan a reducir el riesgo de enfermedades crónico-degenerativas (Howarth et al., 2001). Los principales componentes de los cladodios de *Opuntia ficus-indica* son los carbohidratos complejos, la presencia de ácidos urónicos, así como la presencia resaltante de polifenoles y flavonoides (Silva et al., 2015; Madrigal et al., 2014). Además de la presencia de canales de mucilago, que contienen un polisacárido complejo.

El mucilago es un polisacárido complejo producido por células especializadas ubicadas en pared celular contenido en aproximadamente el 14 por ciento de peso seco de los cladodios y se pudo tener un rendimiento de más o menos el 30 por ciento de agua total de reserva, de él se deriva un producto con alto contenido en fibra y aprovechando esas condiciones se tiene propiedades funcionales (Fрати Munari et al., 1983). De acuerdo a varios informes los monómeros de la cadena de este polisacárido son L-arabinosa, d-xilosa con proporción de 2:1, ramosa, ácido galacturónico y d-galactosa, la fracción soluble contiene una pectina que le confiere las propiedades espesantes, puesto que esta forma geles en presencia de calcio. Por tanto, teóricamente el consumo de mucilago debería producir beneficios significativos ya que con la disminución del colesterol mejoran los controles glucémicos gracias a la viscosidad de las fibras solubles y la retención de agua (Delargy et al., 1997; Silva Dos Santos et al., 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio experimental, analítico y prospectivo, con una comparación entre grupos de estudio para establecer relaciones de causa-efecto en un modelo experimental. Los animales utilizados fueron

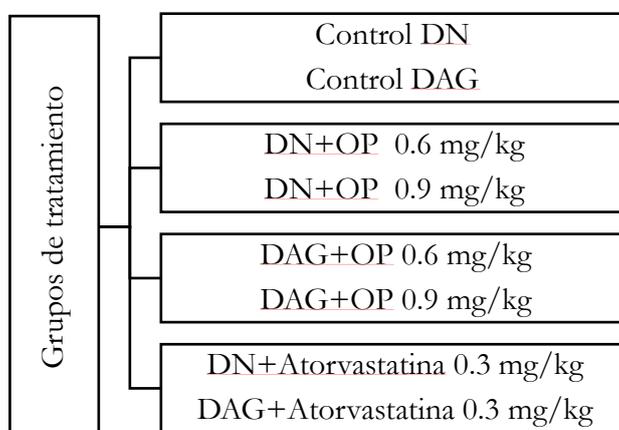
ratas de la cepa Wistar hembras edad aproximada de 8 semanas con un peso entre 120 y 150 g, se mantuvieron bajo condiciones estándar de bioterio, con ciclos de luz-oscuridad de 12/12 horas, alimentados con dieta balanceada a base de nutricubo (Dieta normal-DN) y agua potable *ad libitum*; los 4 grupos restantes se alimentaron con dieta alta en grasas (DAG), agua potable *ad libitum* como lo marca la NOM-062-ZOO-1999, especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio.

Modelo experimental

El modelo experimental sobre el cual se trabajó fue estandarizado y desarrollado por el grupo de investigación, se utilizaron en total cuarenta ratas hembras de la cepa Wistar distribuidas en ocho grupos con n de cinco sujetos por cada grupo. Se consideró un grupo control de dieta normal (DN); un grupo control de dieta alta en grasa (DAG); dos grupos de dieta normal más mucilago (OP) a dosis de 0.6 y 0.9 mg/kg respectivamente; dos grupos de DAG más OP a dosis de 0.6 y 0.9 mg/kg correspondientemente; un grupo para DN más atorvastatina a dosis de 0.3 mg/kg; y un grupo con DAG más atorvastatina a misma dosis (figura 3).

Los grupos fueron administrados vía oral con cánula esofágica, las dosis se ajustaron a un volumen de administración de 0.1 mL por cada 10 g de peso. Se evaluaron por 12 semanas, una vez transcurrido el tiempo de evaluación los sujetos de estudio se sacrificaron y se obtuvieron las muestras para realizar las determinaciones de indicadores de estrés oxidativo mediante la técnica de lipoperoxidación de Uchiyama así como análisis histopatológico. El extracto de mucílago de nopal fue proporcionado por el grupo de trabajo, de acuerdo a ficha técnica, fue recolectado de la comunidad Los Rodarte San Cristóbal, Fresnillo, Zacatecas.

FIGURA 3. GRUPOS EXPERIMENTALES



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Aspectos bioéticos

Los animales fueron tratados de acuerdo a los reglamentos y normas oficiales vigentes, Norma Oficial Mexicana NOM- 062- ZOO-1999, especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio institucionales. La disposición final de los animales se realizó en base a lo establecido por la Norma Oficial Mexicana, NOM-087-ECO-SSA1-2002, de protección ambiental, salud ambiental y manejo de residuos peligrosos biológico-infecciosos (RPBI).

Análisis estadístico

Los resultados están expresados como promedio \pm desviación estándar por grupo, las comparaciones se realizaron en cada grupo y su respectivo valor basal (0 h), mediante el análisis de varianza (ANOVA) para medidas repetidas; se aplicó la prueba de U de Mann-Whitney para el análisis intergrupar; se consideró estadísticamente significativo cuando $p < 0.05$. Las pruebas estadísticas se realizaron mediante del programa SPSS (v. 20) para Windows®.

RESULTADOS

Estrés oxidativo por cuantificación de MDA: Tejido hepático

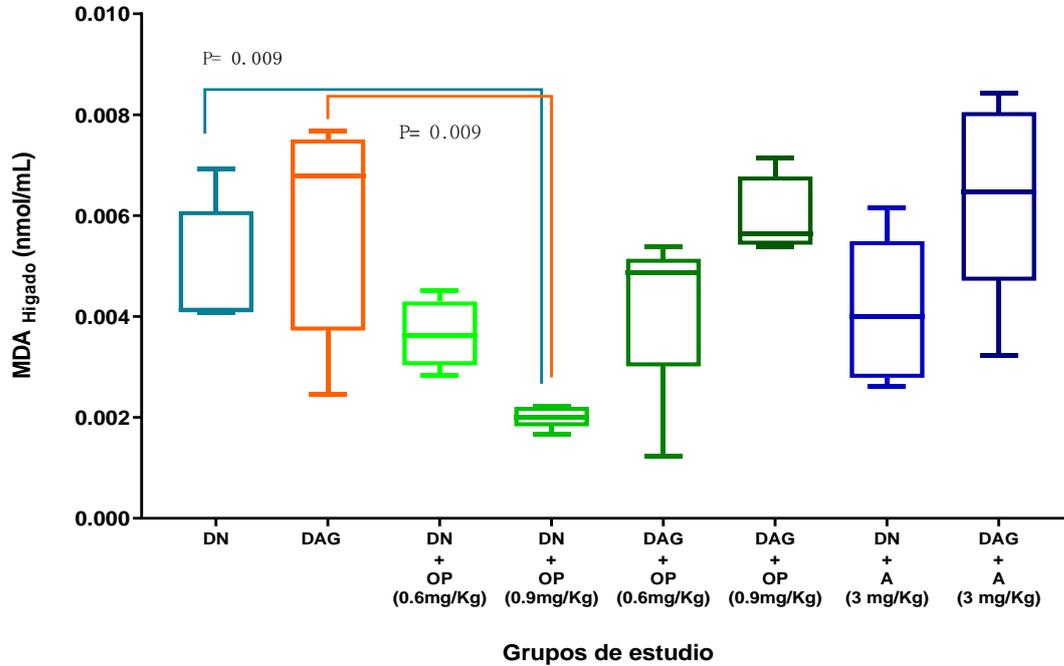
La evaluación cuantitativa de estrés oxidativo mediante la cuantificación de MDA en tejido hepático se observó una reducción importante de la concentración de MDA en el grupo de dieta normal (DN) + *Opuntia ficus indica* (OP) 0.9 mg/kg vs grupos control (DN) y control positivo de dieta alta en grasa (DAG) con un valor de significancia $p = 0.009$, lo que nos muestra que OP a esa dosis ante una dieta normal es capaz de reducir el estrés oxidativo en tejido hepático, no así en combinación con la DAG; al observar los grupos que reciben atorvastatina (A) llama la atención que en presencia de DAG incrementa un más el estrés oxidativo, observe figura 4.

Análisis histopatológicos de tejido hepático

Los cortes histopatológicos de hígado de rata teñidos con hematoxilina-eosina, evidencian ausencia de daño en el tejido hepático comparado con grupo control ya que la arquitectura en ambos casos se encuentra conservada, con cordones hepáticos bien estructurados; no así en DAG más atorvastatina donde se aprecia una inflamación hepática leve; para el caso de los grupos de tratamiento no hay presencia

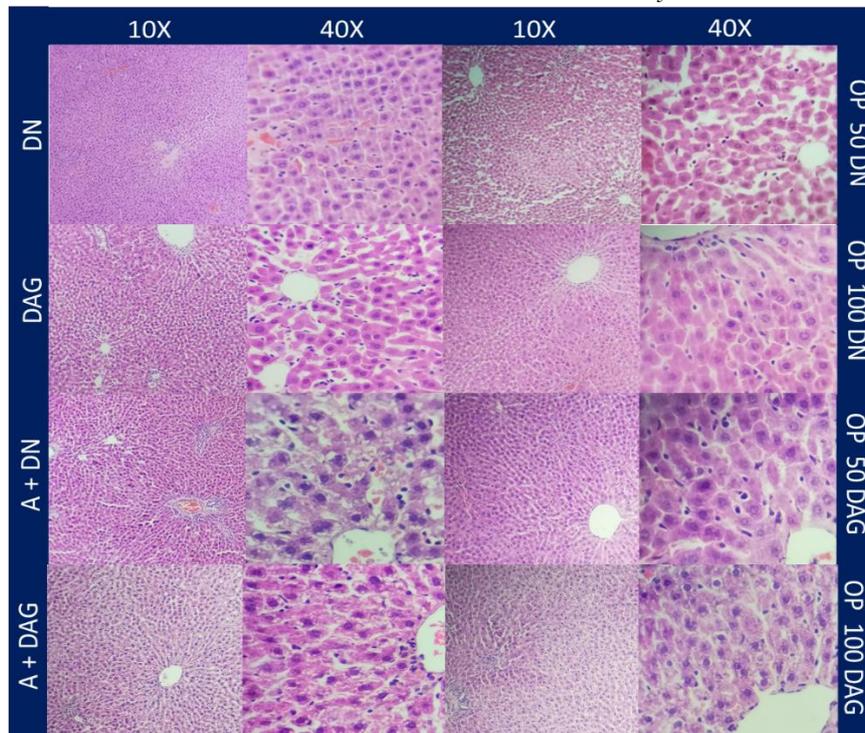
de daño hepático, observando arquitectura hepática conservada en todos los casos como se puede observar en la figura 5.

FIGURA 4. ESTRÉS OXIDATIVO EN TEJIDO HEPÁTICO



PRUEBA U DE MANN- WHITNEY $P \leq 0.05$.

FIGURA 5. EVALUACIÓN HISTOPATOLÓGICA DE TEJIDO HEPÁTICO

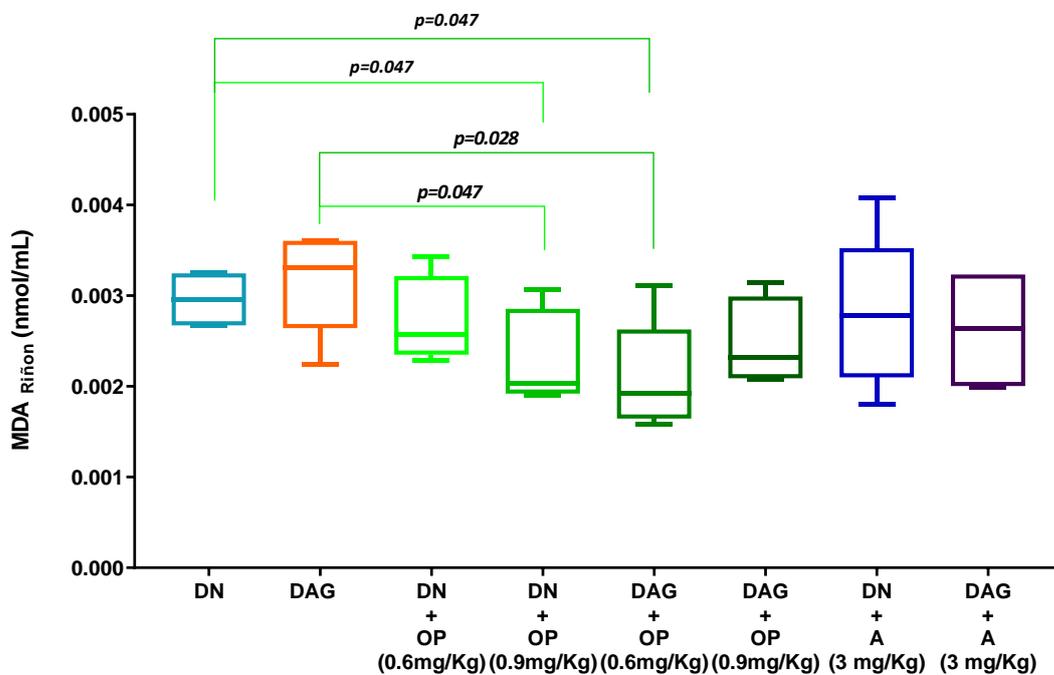


TINCIÓN HE DE TEJIDO HEPÁTICO, DONDE HAY AUSENCIA DE DAÑO SIGNIFICATIVO EN TEJIDO HEPÁTICO.

Estrés oxidativo por cuantificación de MDA: tejido renal

En la determinación de MDA en tejido renal se observó cierta tendencia a la baja en las concentraciones de MDA al comparar el grupo de DN contra el grupo de DN más OP 0.9 mg/kg y DAG más OP 0.6 mg/kg lo que nos sugiere cierta capacidad antioxidante que ejerce la OP bajo estas condiciones, mientras que al comparar el grupo de DN contra los grupos de DAG más OP a dosis de 0.6 y 0.9 mg/kg es la dosis de 0.6 mg/kg la que sugiere mayor capacidad antioxidante bajo esta condición aunque insuficiente, lo que nos sugiere que por sí sola OP ante DAG no es capaz de compensar la respuesta oxidativa propiciada por la dieta en sí, ver figura 6.

FIGURA 6. ESTRÉS OXIDATIVO EN TEJIDO RENAL

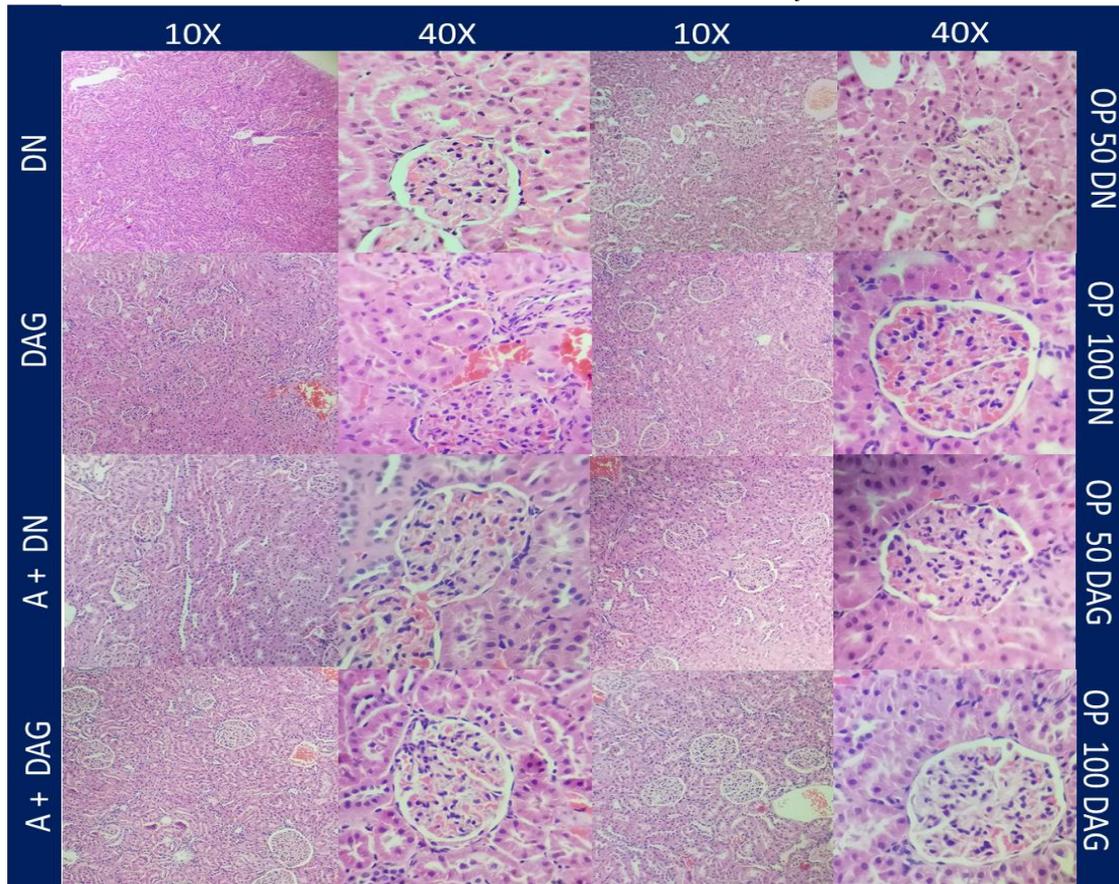


PRUEBA U DE MANN- WHITNEY CON UN VALOR ≤ 0.05 COMO RESULTADO ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVO

Análisis histopatológicos de tejido renal

Tras evaluación a tejido renal se observó que el mucílago de *O. ficus indica* no es capaz de propiciar daño, la arquitectura tubular tanto a nivel medular como cortical y en glomérulo se conserva, lo que indica ausencia de daño, salvo en los grupos de DAG donde se observa una inflamación glomerular leve (figura 7).

FIGURA 7. EVALUACIÓN HISTOPATOLÓGICA DE TEJIDO RENAL



SE REALIZÓ TINCIÓN DE HEMATOXILINA Y EOSINA DE TEJIDO RENAL, DONDE NO SE APRECIA DAÑO SIGNIFICATIVO EN TEJIDO RENAL, SALVO EN GRUPO DAG A NIVEL GLOMERULAR

DISCUSIÓN

El género de las cactáceas estudiado desde los años 50's ha demostrado tener propiedades farmacéuticas muy interesante con usos terapéuticos que comprende su efecto hipolipemiante, hipoglucemiante, antioxidante entre otros (Alves *et al.*, 2012; Uvidia, Rivera y Venegas, 2020). Mari M., (2006) reporta que el principal organelo afectado por una dieta alta en grasas es la mitocondria, debido a ello se generan especies reactivas de oxígeno (ROS) que llegan a condicionar daño celular. Los resultados de estrés oxidativo arrojan datos interesantes en hígado puesto que el mejor resultado se da en la dieta normal a una dosis alta, mientras que en dieta alta en grasas los resultados no fueron los mejores, sin embargo no alcanzaron a ser estadísticamente significativos y esto nos sugiere que el efecto antioxidante en el caso de mucilago se presentó tan marcado como lo reporta la literatura respecto a otras partes de la planta *Opuntia ficus-indica* tales como la tuna o la espina, al poseer compuestos altamente específicos al control de especies reactivas de oxígeno (Rodríguez *et al.*, 2015).

En riñón es sensible a daño, principalmente a nivel de los túbulos proximal y distal constituidos por células especializadas con gran actividad metabólica dedicada al transporte de solutos (Morales J, 2010). La obesidad es capaz de generar aterosclerosis y el riñón posee estructuras altamente vascularizadas llamadas glomérulos cuya función es de filtración, sumada la condición de estrés oxidativo puede llegar a generarse una oclusión trombótica de las arterias como consecuencia de la rotura de una placa de ateroma, misma que se genera por disfunción endotelial e inflamación crónica, que a su vez son producidas por un estado de estrés oxidativo del organismo, por esto es que al disminuir los niveles de colesterol en sangre, mejora la función hepática y reduce los niveles de generación de ROS, esto puede favorecer ya que el riñón puede verse beneficiado con la administración de mucilago de *Opuntia Ficus-indica* (Rodríguez T. et al., 2015).

CONCLUSIÓN

De acuerdo a lo antes mostrado se puede concluir que la dosis baja de mucilago (0.6 mg/kg/día) para este trabajo es la mejor ya que es capaz de generar un mejor efecto hepatoprotector lo que se respalda con los hallazgos en el análisis histopatológico. Respecto al efecto renal el mucilago no propicia daño presentando ausencia de daño. Sin embargo, se sugiere seguir evaluando el efecto con otras técnicas y tinciones histopatológicas.

REFERENCIAS

- AHUMADA, M. L., & TRILLO, C. (2017). Diversidad de especies naturalizadas del género *Opuntia* (Cactaceae) utilizadas por los pobladores del norte de Córdoba (Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 52(1), 191-206.
- ALVES, J. C. R. (2011). Perspectivas de utilização da figueira-da-índia no Alentejo: Caracterização de *Opuntia* sp. no Litoral Alentejano e na Tapada da Ajuda e estudo da instalação de um pomar (Doctoral dissertation, ISA/UTL).
- BAUTISTA-DÍAZ, M. L., MÁRQUEZ HERNÁNDEZ, A. K., ORTEGA-ANDRADE, N. A., GARCÍA-CRUZ, R., & ÁLVAREZ-RAYÓN, G. (2019). Discriminación por exceso de peso corporal: Contextos y situaciones. *Revista Mexicana de Trastornos Alimentarios*, 10(1), 121-133.
- BERNARDIS, L. L., & PATTERSON, B. D. (1968). Correlation between 'Lee index' and carcass fat content in weanling and adult female rats with hypothalamic lesions. *Journal of Endocrinology*, 40(4), 527-528.
- CEPEDA, R. D. V., MACÍAS, F. B., & VÁZQUEZ, R. E. (2008). Producción y usos del nopal para verdura. *VI Simposio Taller de Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Noroeste de México*, 7.
- DELARGY, H. J., O'SULLIVAN, K. R., FLETCHER, R. J., & BLUNDELL, J. E. (1997). Effects of amount and type of dietary fibre (soluble and insoluble) on short-term control of appetite. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 48(1), 67-77.
- FRATI-MUNARI, A. C., FERNÁNDEZ-HARP, J. A., DE LA RIVA, H., ARIZA-ANDRACA, R., & DEL CARMEN, T. M. (1983). Effects of nopal (*Opuntia* sp.) on serum lipids, glycemia and body weight. *Archivos de Investigación Médica*, 14(2), 117.

- HOWARTH, N. C., SALTZMAN, E., & ROBERTS, S. B. (2001). Dietary fiber and weight regulation. *Nutrition reviews*, 59(5), 129-139.
- KIESLING, R. (1999). Origen, domesticación y distribución de *Opuntia ficus-indica*. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 3.
- MADRIGAL, E., MADRIGAL-B, E., ÁLVAREZ-G, I., SUMAYA-M, M. T., GUTIÉRREZ-, J., BAUTISTA, M., MORALES-G, J. A. (2014). Review of natural products with hepatoprotective effects. *World Journal of Gastroenterology*, 20(40), 14787–14804. doi:10.3748/wjg.v20.i40.14787
- MANZUR, F., ALVEAR, C., & ALAYÓN, A. N. (2010). Adipocitos, obesidad visceral, inflamación y enfermedad cardiovascular. *Revista Colombiana de Cardiología*, 17(5), 207-213.
- MATEU, X. (2004). La fibra en la alimentación Farmacia Hospitalaria. Barcelona. Editorial: Grafiques celler SA. 1-27.
- MORALES J. (2010). Drogas nefrotóxicas.drug-induced nephrotoxicity. *Rev. Med. Clin. Condes* - 2010; 21(4), 623-628.
- RODRÍGUEZ LÓPEZ, C. P., GONZÁLEZ TORRES, M. C., AGUILAR SALINAS, C. A., & NÁJERA MEDINA, O. (2017). Mecanismos inmunológicos involucrados en la obesidad. *Investigación Clínica*, 58(2), 175-196.
- RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, C., TORRES, N., GUTIÉRREZ-URIBE, JA, NORIEGA, LG, TORRE-VILLALVAZO, I., LEAL-DÍAZ, AM, Y SERNA-SALDIVAR, SO (2015). El efecto de los glucósidos de isorhamnetina extraídos de *Opuntia ficus-indica* en un modelo de ratón de obesidad inducida por dieta. *Comida y Función*, 6(3), 805-815.
- SAÉNZ, C., TAPIA, S., CHÁVEZ, J., & ROBERT, P. (2009). Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). *Food Chemistry*, 114(2), 616-622.
- SILVA, C. D. S. (2015). Avaliação da atividade antimicrobiana, antioxidante e toxicidade aguda da mucilagem de palma forrageira (*Opuntia ficus indica*) (Master's thesis, Universidade Federal de Pernambuco).
- SUÁREZ ROMÁN, GIPSIS, PERERA CALDERÍN, ALFREDO, CLAPÉS HERNÁNDEZ, SONIA, FERNÁNDEZ ROMERO, TAMMY, & EGAÑA MORALES, ESTEBAN. (2013). Estandarización de un modelo para inducir obesidad en ratas. *Medi Sur*, 11(5), 569-573.
- UVIDIA, D. N. V., RIVERA, M. A. O., & VENEGAS, N. Y. V. (2020). Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos. *Dominio de las Ciencias*, 6(2), 503-524.