



Efecto hipolipemiante del extracto hexánico de flores de *Stenocereus queretaroensis* en ratas diabéticas

Hypolipidemic effect of hexanic extract from *Stenocereus queretaroensis* flowers in diabetic rats

José C. Ayala Almonte¹, Ernestina Gutiérrez Vázquez², Gabriela Rodríguez García¹, Zurizadai Hernández Gallegos¹, Mario A. Gómez Hurtado¹, Rosa E. del Río¹, Asdrúbal Aguilera Méndez^{1*} 

¹ Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, 58030, México.

² Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Tarímbaro, Michoacán, 58880, México.

Historial

Manuscrito recibido: 4 de septiembre de 2024

Manuscrito aceptado: 11 de febrero de 2025

Manuscrito publicado: abril 2025

*Autor para correspondencia

Asdrúbal Aguilera Méndez

e-mail: amendez@umich.mx.

ORCID: 0000-0003-0326-2068

Resumen

La diabetes está asociada con dislipidemia, lo que aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares, que son la principal causa de muerte en el mundo. El uso de plantas medicinales es una excelente alternativa debido a su eficacia y a los pocos efectos secundarios que presentan. En este estudio, se exploró el efecto hipolipemiante del extracto hexánico de *Stenocereus queretaroensis* en ratas diabéticas. Se aisló y caracterizó el compuesto mayoritario, Ergosta-5,24(28)-dien-3 β -ol, mediante cromatografía en columna y resonancia magnética nuclear, respectivamente. Se observó una reducción en los lípidos séricos y hepáticos en el grupo tratado con el extracto, lo que sugiere un efecto hipolipemiante en ratas diabéticas y su posible uso terapéutico en las complicaciones lipídicas asociadas con la diabetes.

Palabras clave: *Stenocereus queretaroensis*, hipolipidémico, dislipidemias, triacilglicéridos.

Abstract

Diabetes is associated with dyslipidemia, which increases the risk of cardiovascular diseases, the leading cause of death worldwide. The use of medicinal plants is an excellent alternative due to their efficacy and minimal side effects. In this study, the hypolipidemic effect of the hexane extract of *Stenocereus queretaroensis* was investigated in diabetic rats. The major compound, Ergosta-5,24(28)-dien-3 β -ol, was isolated and characterized by column chromatography and nuclear magnetic resonance, respectively. A decrease in serum and hepatic lipids was observed in the group treated with the extract, suggesting a hypolipidemic effect in diabetic rats and its potential therapeutic use in lipid-related complications associated with diabetes.

Keywords: *Stenocereus queretaroensis*, hypolipidemic, dyslipidemias, triacylglycerols.

Introducción

Las dislipidemias son trastornos causados por niveles anormales de colesterol y triacilglicéridos (TG) en sangre, y son factores de riesgo para enfermedades cardiovasculares (Moreira *et al.*, 2022). Son la principal causa de morbimortalidad en pacientes diabéticos, con una mortalidad asociada que puede alcanzar hasta el 80% (Vega *et al.*, 2011). La diabetes mellitus (DM) comprende un grupo de síndromes con etiopatogenia multifactorial (OMS, 2016), caracterizados por hiperglucemia crónica y alteraciones en el metabolismo lipídico y pro-

teico. Estas alteraciones se deben a un déficit relativo o absoluto de insulina, y en la diabetes tipo 2, a disfunciones en su mecanismo de acción (Salazar-Vilchez *et al.*, 2021). La dislipidemia diabética se manifiesta por niveles elevados de TG en ayunas y posprandiales, colesterol HDL bajo, colesterol LDL elevado y predominio de lipoproteínas VLDL (Wu, 2014). La deficiencia de insulina provoca un aumento en la hidrólisis de triacilglicéridos (TG) en el tejido adiposo, lo que libera ácidos grasos a la circulación y promueve la síntesis y exportación de triglicéridos en el hígado (Goldberg, 2006).

El uso de plantas medicinales se ha documentado en diversas culturas antiguas y contemporáneas. Las evidencias de su utilización incluyen los textos de Babilonia, los papiros de Egipto y grabados americanos (Monge, 2003). La literatura reporta que varias especies de plantas se emplean como coadyuvantes en el tratamiento de la diabetes mellitus y en la mitigación de sus síntomas, incluyendo alteraciones en las concentraciones de triacilglicéridos séricos y hepáticos. Por lo que, se han desarrollado diversos estudios para probar el efecto de plantas medicinales con base en datos empíricos (Santos *et al.*, 2012). Dentro de estas se encuentra la familia Cactaceae destacando el género *Stenocereus* por su uso en la medicina tradicional, para el tratamiento de diferentes padecimientos, entre ellos la DM (Cervantes Arista *et al.*, 2020).

La familia Cactaceae incluye un grupo diverso de plantas suculentas originarias de América, que se han difundido globalmente, principalmente con fines ornamentales (Fontenele *et al.*, 2021). Esta familia, perteneciente al orden Caryophyllales, consta de 125 géneros y aproximadamente 1900 especies. En México se encuentra la mayor diversidad de cactáceas, ya que cuenta con alrededor del 60% de su superficie con zonas secas, áridas y semiáridas (Salazar *et al.*, 2020). Entre las cactáceas más destacadas en México se encuentran los cactus columnares (*Stenocereus* sp.), los cactus candeliformes (*Browningia* sp.) y algunas especies trepadoras (*Heliocereus* sp.) (Jiménez-Sierra, 2011).

Las plantas de *Stenocereus queretaroensis* producen como frutos a las pitayas y reciben este nombre la mayor parte de los frutos de los géneros agrupados dentro de la subtribu *Stenocereinae*, principalmente las especies del género *Stenocereus* (Rebollar *et al.*, 2002). En este estudio se aisló y caracterizó el componente mayoritario Ergosta-5,24(28)-dien-3 β -ol de un extracto hexánico y se evaluó el efecto hipolipidémico del extracto hexánico de *S. queretaroensis* en un modelo de ratas diabéticas.

Materiales y métodos

Preparación del extracto hexánico de flores de *Stenocereus queretaroensis*

Las muestras de *S. queretaroensis* fueron recolectadas en la unidad de producción “El Minguelito” en Amacueca, Jalisco. Se maceró un lote de 2.5 kg de flores secas a temperatura ambiente durante tres días, empleando como disolvente mezclas de hexanos. Transcurrido este tiempo se filtró y se concentró con un rotavapor a 70 °C, obteniéndose un total de 50 g de una miel pastosa de

color amarillo.

Obtención del compuesto mayoritario

Se sometió un lote de 1 g del extracto hexánico total a cromatografía en columna abierta de 5 cm de diámetro utilizando 25 cm de gel de sílice, el extracto se disolvió en diclorometano, se impregnó con gel de sílice como fase estacionaria y mezclas de hexanos-acetato de etilo como fase móvil, colectándose fracciones de 10 mL. Con una polaridad de 9:1 (hexanos-acetato de etilo) se obtuvieron las fracciones 33-35, en las cuales se encontraron cristales incoloros con un punto de fusión (p.f.) de 131 °C. Los espectros de resonancia magnética nuclear (RMN) de ¹H a 400 MHz y 100 MHz para ¹³C, se determinaron en un aparato Varian Mercury Plus 400, utilizando TMS como referencia interna. Los espectros fueron procesados en el programa MestReNova.

El compuesto mayoritario se caracterizó por resonancia magnética nuclear de ¹H (400 MHz, CDCl₃): δ 5.35 (d, J = 4.9 Hz, H-6), 4.68 (s, H-28), 4.66 (s, H-28'), 3.53 (m, H-3), 1.02 (d, J = 6.8 Hz, CH₃-26), 1.03 (d, J = 6.8 Hz, CH₃-27), 1.00 (s, CH₃-19), 0.95 (d, J = 6.6 Hz, CH₃-21), 0.68 (s, CH₃-18). RMN de ¹³C (100 MHz, CDCl₃): δ 156.86 (C-24), 140.72 (C-5), 121.68 (C-6), 105.90 (C-28), 71.78 (C-3), 55.92 (C-14), 53.69 (C-9), 50.03 (C-17), 41.98 (C-13), 40.11 (C-16), 38.59 (C-4), 37.15 (C-22), 35.77 (C-10), 35.74 (C-8), 32.17 (C-7), 31.87 (C-1), 31.62 (C-20), 29.76 (C-2), 24.17 (C-15), 22.33 (C-23), 21.87 (C-26), 22.00 (C-27), 21.90 (C-25), 21.90 (C-12), 20.99 (C-11), 19.40 (C-19), 18.71 (C-21), 11.86 (C-18) correspondiente al Ergosta-5,24(28)-dien-3 β -ol (Suttiarporn *et al.*, 2015).

Animales de experimentación

Se utilizaron ratas hembra de la cepa Wistar, seleccionadas al azar con un peso promedio de 200 g (\pm 10 g), provenientes del bioterio del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Todos los procedimientos se llevaron a cabo siguiendo los protocolos de cuidado y manejo de animales de experimentación bajo los criterios de la Norma Oficial Mexicana (NOM-062-ZOO-1999). Los animales se mantuvieron en condiciones de temperatura (25 \pm 2 °C) y ciclos de luz/oscuridad (12-12 h), con agua purificada para beber y alimento *ad libitum* con una dieta estándar para roedores Nutricubos (Purina).

Diseño experimental

La inducción de la diabetes se realizó con previo ayuno de 16 horas, mediante una inyección de estreptozotocina

(STZ) vía intraperitoneal (I.P.) a una dosis de 40 mg/kg de peso, disuelta en buffer de citrato (pH 4.5). Se tuvieron 6 grupos de 6 ratas cada uno distribuidas al azar (**Tabla 1**). El grupo control fue administrado únicamente con el vehículo (buffer de citrato). A los 10 días después de la inyección de la STZ, se les midió la glucemia para confirmar la diabetes cuando presentaron niveles de glucemia en ayuna >200 mg/dL. El extracto hexánico se sometió a una evaporación total del disolvente y se disolvió en aceite vegetal, se prepararon a diferentes concentraciones para administrar dosis de 50, 100 y 200 mg/kg de peso, se administró diariamente durante 28 días por vía intraperitoneal.

Determinación de los triacilglicéridos séricos y hepáticos

La concentración de TG séricos se determinó concluidos los 28 días de tratamiento. Las muestras sanguíneas fueron colocadas en tubos cónicos de 1.5 mL durante 20 min, posteriormente se centrifugaron a 7,500 revoluciones por minuto (rpm) durante 10 min para obtener el suero y realizar la cuantificación de TG séricos de acuerdo con el *kit* para la cuantificación colorimétrica de TG, la cual se basa en que los TG incubados con lipoproteína lipasa liberan glicerol, que se fosforila a glicerol-3-fosfato y luego se convierte a dihidroxiacetona fosfato y H₂O₂ que reacciona con 4-aminofenazona (4-AF) y *p*-clorofenol dando un color rojo proporcional a la concentración de TG presente en la muestra (Spinreact, España). Los TG hepáticos se determinaron mediante el protocolo reportado por (Aguilera-Méndez y Fernández-Mejía, 2012) realizando algunas modificaciones. Brevemente, se pesaron 50 mg de tejido y se le añadió cbp 1 mL de solución PBS (Buffer fosfato salino, pH 7.4) con tritón-X100 al 5%, se colocaron en baño ultrasónico a 60 °C durante 5 min y se enfriaron a temperatura ambiente. Finalmente, las muestras se centrifugaron a 14,000 rpm durante 15 min y se tomó el sobrenadante para determinar la concentración de TG de acuerdo con el *kit*

para la cuantificación colorimétrica de TG (Spinreact, España).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron con el programa GraphPad Prism®5.0. Los resultados se expresaron como la media ± el error estándar de 6 ratas. Para determinar diferencias estadísticamente significativas (P < 0.05) se realizaron análisis de varianza de una vía, seguida de la prueba Post-hoc de Tukey de rango múltiple.

Resultados

Análisis del extracto hexánico por RMN de ¹H

Las plantas de *Stenocereus queretaroensis* producen ramificaciones en forma de columna, con flores de color blanco al inicio de la floración (**Figura 1**).

El extracto hexánico total de la flor de *Stenocereus queretaroensis* se analizó por resonancia magnética nuclear de hidrógeno (**Figura 2**). Se observaron señales de protones vinílicos de 5.40 a 4.60 ppm, en 3.53 ppm se observó una señal base de heteroátomos,



Figura 1. Plantas de *S. queretaroensis* en etapa de floración (Foto Ernestina Gutiérrez).

Tabla 1. Grupos y tratamientos.

Grupos	Tratamientos	n	Dosis (mg/kg)
Control	Vehículo	6	n/a
Diabético	Vehículo	6	n/a
Normoglucémico	Extracto hexánico <i>S. queretaroensis</i>	6	200
Diabético	Extracto hexánico <i>S. queretaroensis</i>	6	50
Diabético	Extracto hexánico <i>S. queretaroensis</i>	6	100
Diabético	Extracto hexánico <i>S. queretaroensis</i>	6	200

n= número de sujetos de experimentación usados.

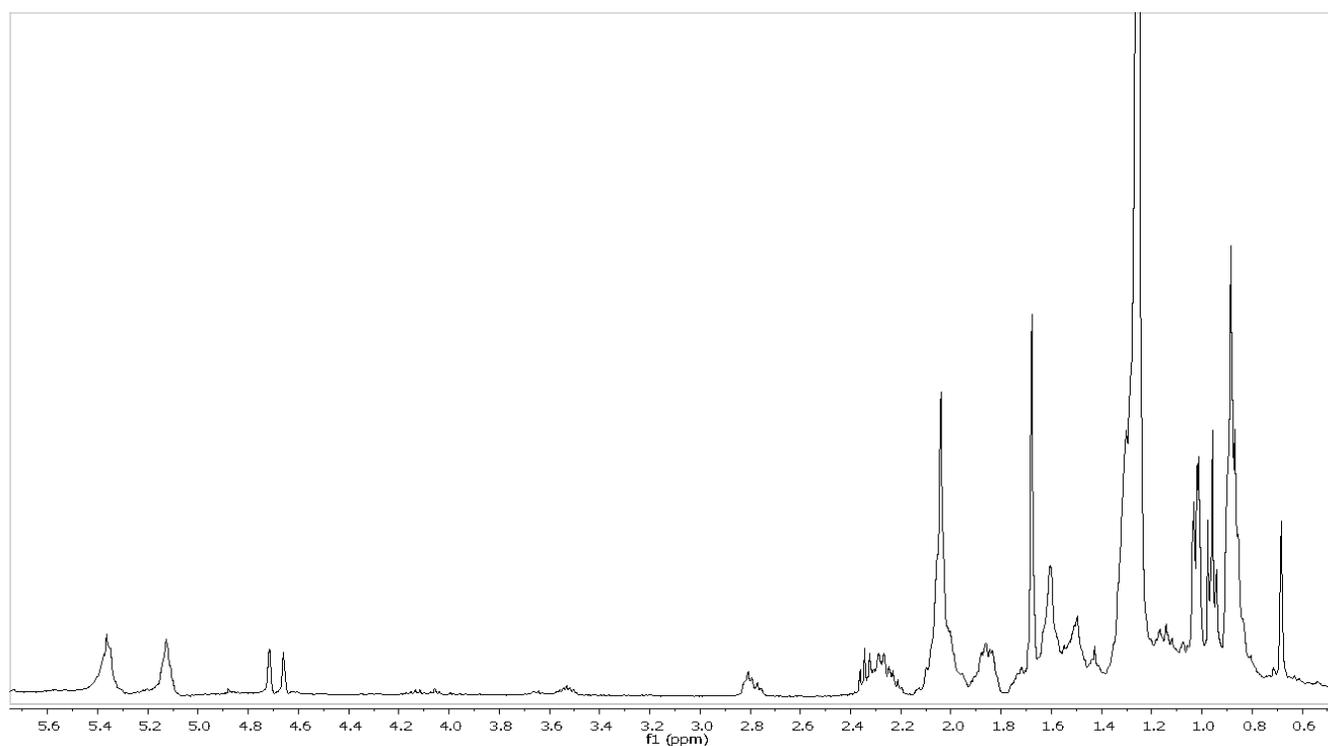


Figura 2. Espectro de RMN de ^1H a 400 MHz del extracto hexánico de *S. queretaroensis*.

en la región de 1.1 a 0.6 ppm se observaron señales de metilos correspondientes a un compuesto de estructura triterpénica.

Purificación del extracto hexánico por cromatografías e identificación por RMN de ^1H y de ^{13}C

La purificación se realizó mediante cromatografías sucesivas. De las fracciones eluidas de hexanos: acetato de etilo (9:1) se obtuvo un sólido blanco con p.f. de 131 °C. En el espectro de RMN de ^1H (**Figura 3**) se observó una señal doble en 5.35 ppm con una $J = 4.9$ Hz correspondiente al hidrógeno 6, en 4.68 ppm y 4.66 ppm se observaron dos señales simples correspondiente a los hidrógenos vinílicos 28 y 28' y en 3.53 ppm se observó una señal múltiple correspondiente al hidrógeno 3 base de alcohol. En la región de los metilos se observó una señal doble en 1.02 ppm con una $J = 6.8$ Hz correspondiente al metilo 26 y en 1.03 ppm se encontró otra señal doble con una $J = 6.8$ Hz correspondiente al metilo 27; en 1.00 ppm se observó una señal simple correspondiente al metilo 19. En 0.95 ppm se observó una señal doble con una $J = 6.6$ Hz correspondiente al metilo 21. Por último, en 0.68 ppm se observó una señal simple correspondiente al metilo 18.

En el espectro de RMN de ^{13}C (**Figura 4**), se

observaron los carbonos cuaternarios del doble enlace en 156.86 ppm (C-24) y 140.72 ppm (C-5), las señales de los carbonos del doble enlace, los (C-6) y (C-28) se observaron en 121.68 ppm y 105.90 ppm, respectivamente. En 71.78 ppm se observó la señal del (C-3) base de alcohol y el resto de las señales se encuentra entre 60 a 10 ppm, se observaron un total de 27 señales lo que indicó que hay una sobre posición de señales en 31.87 ppm. Estos datos fueron comparados con la literatura (Suttiarporn *et al.*, 2015, Ahmad *et al.*, 1995 y Giner *et al.*, 2002) presentando una concordancia con el Ergosta 5,24(28)-dien-3 β -ol o 24-metilencolesterol.

Cuantificación de triacilglicéridos séricos y hepáticos

Se observó una disminución de los TG séricos en los grupos diabéticos tratados con las diferentes dosis (50, 100 y 200 mg/kg) del extracto hexánico, en comparación con el grupo diabético. La dosis de 200 mg/kg presentó el efecto hipolipemiente más pronunciado (**Figura 5**).

Con respecto a los TG hepáticos, se observó un comportamiento similar al de los TG séricos, siendo la dosis de 200 mg la de mayor efecto. Sin embargo, en la dosis de 200 mg en el grupo normoglucémico se observa un ligero aumento en el contenido de TG hepáticos con respecto al control no diabético (**Figura 6**).

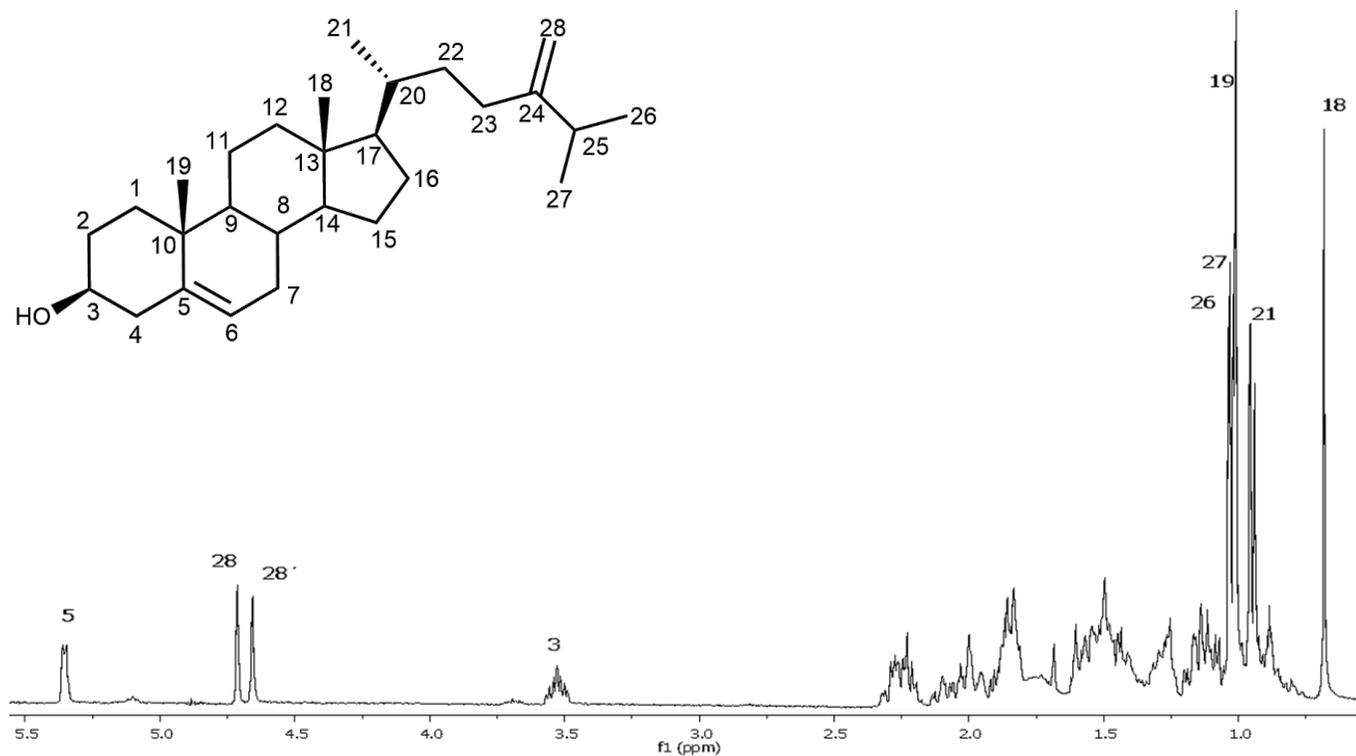


Figura 3. Espectro de RMN de ¹H a 400 MHz del Ergosta-5,24(28)-dien-3β-ol.

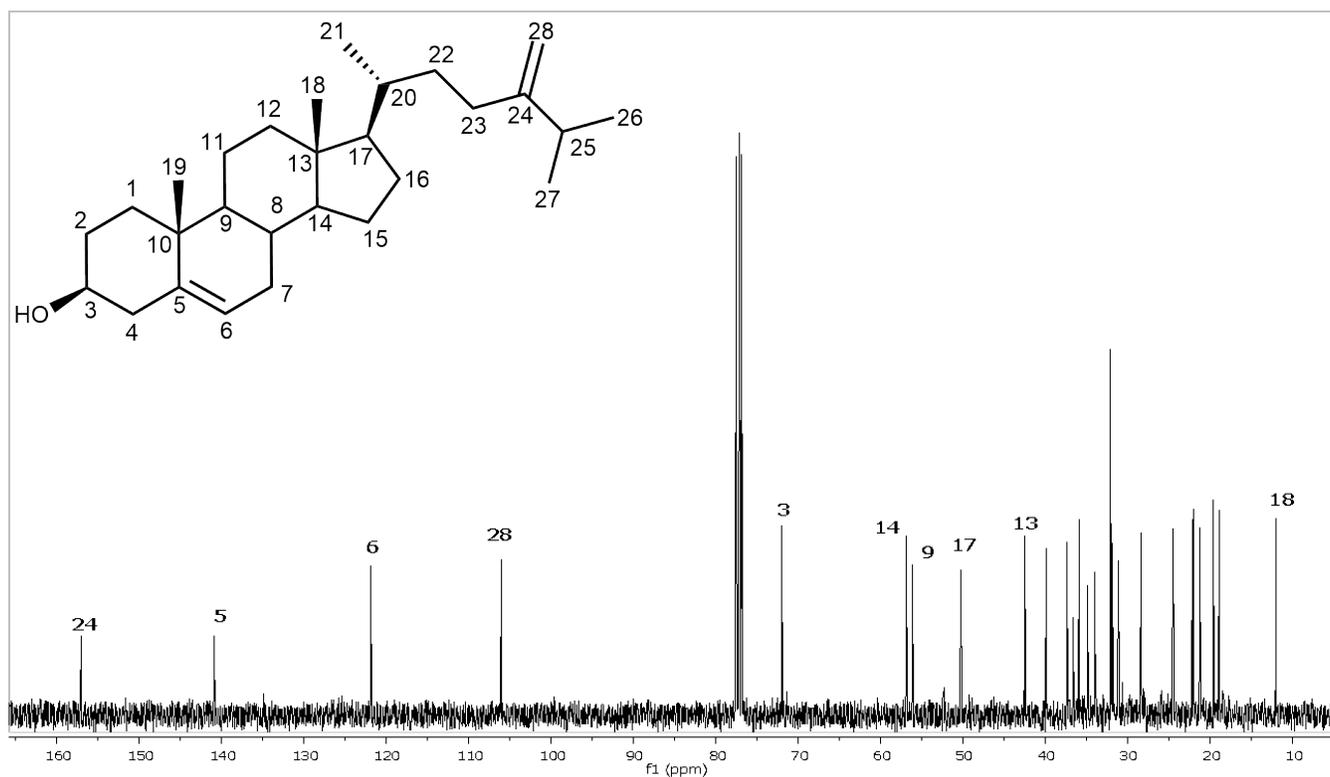


Figura 4. Espectro de RMN de ¹³C a 100 MHz del Ergosta-5,24(28)-dien-3β-ol.

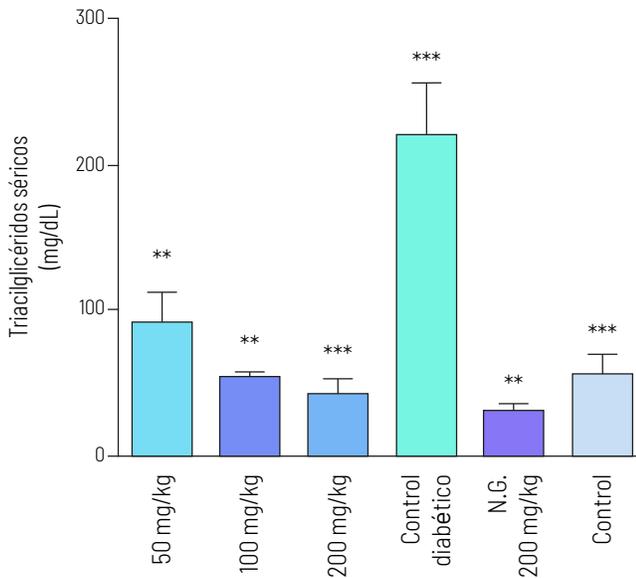


Figura 5. Concentración de TG séricos en ratas tratadas durante 28 días con el extracto hexánico de flores de *S. queretaroensis*. *** $P < 0.005$ vs grupo control, grupo diabético y grupo diabético + dosis de 200 mg/Kg, ** $P < 0.005$ vs grupo diabético + dosis de 50 mg/Kg, grupo diabético + dosis de 100 mg/Kg y grupo normoglucémico (NG) (200 mg/Kg). ANOVA seguida de una prueba Tukey.

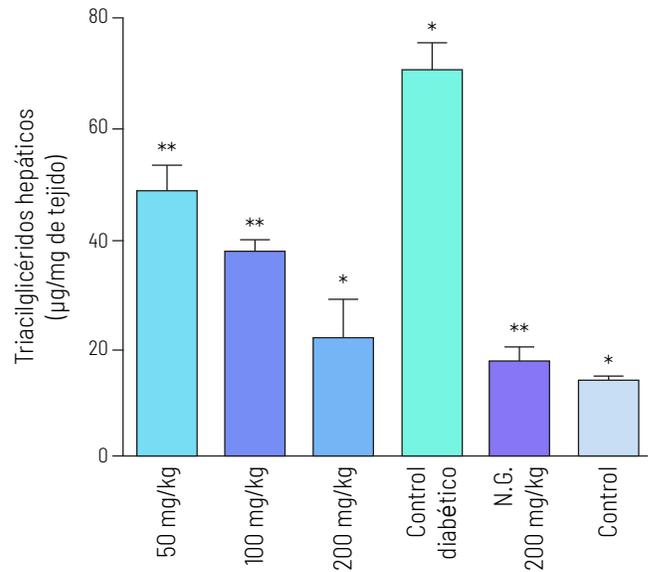


Figura 6. Cuantificación de TG hepáticos en ratas tratadas durante 28 días con el extracto hexánico de flores de *S. queretaroensis*. Los valores representan la media de la concentración TG hepáticos ($n=6$) \pm el error estándar. ** $P < 0.005$ vs grupo diabético + dosis de 100 mg/Kg, grupo normoglucémicas (NG) (200 mg/Kg) * $P < 0.005$ vs grupo control, grupo control diabético, grupo diabético + dosis de 200 mg/Kg. ANOVA seguida de una prueba Tukey.

Discusión

Los datos de la Federación Internacional de la Diabetes (FID) indican que el 10.5% de la población adulta entre 20 y 79 años padece diabetes. Se proyecta que para 2045, alrededor de 783 millones de personas vivirán con esta enfermedad, lo que supone un aumento del 46%. Los países más afectados son China, India, Estados Unidos, Brasil, Rusia y México (FID, 2021). La patología diabética está asociada con niveles altos de TG en sangre e hígado y con enfermedades cardiovasculares (Garg y Grundy, 1990; Bierman, 1992; Cuevas, 2016). Varios pacientes con DM utilizan alternativas terapéuticas como el uso de plantas medicinales como una terapia coadyuvante a la prevención, tratamiento y curación de esta enfermedad (Gallego-Muñoz y Ferreira-Alfaya, 2015; Guimarães *et al.*, 2021).

En el presente estudio se evaluó el efecto del extracto hexánico de flores de *S. queretaroensis* sobre un modelo murino de diabetes y se observó que el extracto presenta un efecto hipotrigliceridémico sérico y hepático. Este estudio demostró la presencia de terpenoides como el Ergosta-5,24(28)-dien-3 β -ol, cuya presencia podría estar relacionada con el efecto hipolipemiante observado en los grupos tratados en la presente investigación.

En estudios biológicos preclínicos en ratas se observó que la pulpa liofilizada del fruto pitaya de *Stenocereus stellatus* disminuyó los niveles de glucosa en sangre.

También observaron que las variantes del fruto rojo debido al contenido de flavonoides y betalainas poseen actividad antioxidante y los convierten en un buen punto de partida para el análisis de compuestos capaces de regular los niveles de glucosa en sangre y de manera similar las alteraciones a los metabolismos lipídico y proteico (Cervantes-Arista *et al.*, 2020; Díaz de León-Sánchez *et al.*, 2020).

El género *Stenocereus* ha sido poco estudiado farmacológicamente, aunque se conoce su uso en la medicina tradicional. Las frutas son una fuente importante de metabolitos bioactivos con propiedades medicinales como: polifenoles, fitoesteroles, betalainas, vitaminas y minerales, entre otros (García-Cruz *et al.*, 2017; Rodríguez-Sánchez *et al.*, 2017). Los fitoesteroles se han estudiado desde hace décadas por su efecto hipocolesterolémico. Aunque los microesteroles presentes en los hongos comestibles aún no están ampliamente explorados, el ergosterol y otros derivados fúngicos han demostrado tener efectos beneficiosos para la salud y muestran potencial en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares asociadas con la obesidad debido a sus propiedades hipotrigliceridémicas e hipocolesterolémicas (Das y Kumar, 2021).

El efecto hipolipemiante de los fitoesteroles se ha investigado desde hace décadas. Los extractos fúngicos enriquecidos con ergosterol son fuentes potenciales de

moléculas bioactivas que dificultan la absorción del colesterol e inhibe su biosíntesis. Varios de estos metabolitos aumentan la oxidación y disminuyen la síntesis de ácidos grasos, colesterol y triacilglicéridos. Esto ocurre por la modulación de factores transcripcionales clave en la oxidación de ácidos grasos, como el PPAR- α , en la síntesis de ácidos grasos, como el factor SREBP-1c y en la síntesis de colesterol, como el factor SREBP-2 (Das y Kumar, 2021). Es importante mencionar que la dosis de 200 mg/kg causó un aumento ligero en la concentración de TG hepáticos con respecto al control normoglucémico, que está dentro de los rangos normales reportado para los TG hepáticos por nosotros y otros autores (Aguilera *et al.*, 2018; Maithilikarpagaselvi *et al.*, 2016), por lo que no representaría una acumulación patológica.

En conclusión, el extracto hexánico de flores de *Stenocereus queretaroensis* mostró un efecto hipotriglicéridémico en suero e hígado en ratas diabéticas. El extracto aislado se caracterizó por RMN (^1H y ^{13}C) y se identificó al compuesto Ergosta-5,24(28)-dien-3 β -ol como el componente mayoritario.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Coordinación de la Investigación Científica (CIC) de la UMSNH y al Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI) del Estado de Michoacán, por el apoyo financiero otorgado para la realización de este trabajo, con números CIC-UMICH 16880 y FCCHT123_ME-4.1, respectivamente.

Referencias

Aguilera-Méndez A, Fernández-Mejía C (2012). The hypotriglyceridemic effect of biotin supplementation involves increased levels of cGMP and AMPK activation. *BioFactors* 38(5):387–394. doi:10.1002/biof.1034.

Aguilera-Mendez A, Hernández-Equihua MG, Rueda-Rocha AC, Guajardo-López C, Nieto-Aguilar R, Serrato-Ochoa D, Ruiz Herrera LF, Guzmán-Nateras JA (2018). Protective effect of supplementation with biotin against high-fructose-induced metabolic syndrome in rats. *Nutrition Research* 57:86–96. doi:10.1016/j.nutres.2018.06.007

Bierman EL (1992). George Lyman Duff Memorial Lecture. Atherogenesis in diabetes. *Arteriosclerosis and thrombosis. Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology* 12(6):647–656. doi:10.1161/01.atv.12.6.647.

Cervantes-Arista C, Roman-Guerrero A, Oidor-Chan VH, Díaz de León-Sánchez F, Álvarez-Ramírez EL, Pelayo-Zaldivar C, Sierra-Palacios EC, Mendoza Espinoza JA (2020). Chemical characterization, antioxidant capacity, and anti hyperglycemic effect of *Stenocereus stellatus* fruits from the arid Mixteca Baja

region of Mexico. *Food Chemistry* 328:127076. doi:10.1016/j.foodchem.2020.127076.

Díaz de León-Sánchez F, Hernández-Trigueros PD, Rodríguez-Verástegui LL, Oidor Chang, VH, Cervantes-Arista C, Aarland RC, Sierra-Palacios E, Mendoza Espinoza JA (2020). Chemical composition of juice and antihyperglycemic studies in seed of the prehispanic fruit tunillo (*Stenocereus stellatus*) collected in Oaxaca, Mexico. *Indian Journal of Traditional Knowledge* 19(3):580–584. doi:10.56042/ijtk.v19i3.41476.

Das M, Kumar GS (2021). Potential role of mycosterols in hyperlipidemia—a review. *Steroids* 166:108775. doi:10.1016/j.steroids.2020.108775.

Federación Internacional de Diabetes (2021). *Atlas de la Diabetes de la FID*, 10^{ma} edición. Bruselas, Bélgica: Federación Internacional de Diabetes. <https://idf.org/es/about-diabetes/diabetes-facts-figures/>.

Fontenele RS, Salywon AM, Majure LC *et al.* (2021). New world Cactaceae plants Harbor diverse Geminiviruses. *Viruses* 13(4):694. doi:10.3390/v13040694.

Garg A, Grundy SM (1990). Management of dyslipidemia in NIDDM. *Diabetes Care* 13(2):153–169. doi:10.2337/diacare.13.2.153.

García-Cruz L, Dueñas M, Santos-Buelgas C, Valle-Guadarrama S, Salinas-Moreno Y (2017). Betalains and phenolic compounds profiling and antioxidant capacity of pitaya (*Stenocereus* spp.) fruit from two species (*S. pruinosus* and *S. stellatus*). *Food Chemistry* 234:111–118. doi:10.1016/j.foodchem.2017.04.174.

Goldberg IJ, Ginsberg HN (2006). Ins and outs modulating hepatic triglyceride and development of nonalcoholic fatty liver disease. *Gastroenterology* 130(4):1343–1346. doi:10.1053/j.gastro.2006.02.040.

Gallego-Muñoz C, Ferreira-Alfaya FJ (2015). Plantas medicinales en el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2: una revisión. *Farmacéuticos Comunitarios* 7(4):27–34. doi:10.5672/FC.2173-9218.

Guimarães BM, Ramos KA, de Souza MC, Franco ML, de Souza Alves CC, de Paula Carli, A, Coqueiro JM (2021). Práticas terapêuticas com plantas medicinais para o tratamento do *Diabetes Mellitus*. *Research, Society and Development* 10(10):1–11. doi:10.33448/rsd-v10i10.18874.

Jiménez-Sierra CL (2011). Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista Digital Universitaria UNAM* 12(1):1–23. doi:10.22201/codeic.16076079e.

Monge A (2003). El descubrimiento de fármacos a partir de plantas medicinales. *Ciencia e Investigación* 6(1):36–39. doi:10.15381/ci.v6i1.3316.

Maithilikarpagaselvi N, Sridhar MG, Swaminathan RP, Sripradha R, Badhe B (2016). Curcumin inhibits hyperlipidemia and hepatic fat accumulation in high-fructose-fed male Wistar rats. *Pharmaceutical Biology* 54(12):2857–2863. doi:10.1080/13880209.2016.1187179.

Moreira Cevallos WJ, López Bailón AN, Moreira Looor CS, Castro Jalca JE (2022). Prevalencia y factores de riesgo de dislipidemias: un estudio de la situación actual. *Revista Científica Biomédica Higía De La Salud* 6(1). doi:10.37117/higia.v6i1.649.

Norma Oficial Mexicana. NOM-062-ZOO. (1999). Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203498/NOM-062-ZOO_1999_220801.pdf.

Organización Mundial de la Salud (OMS) (2016) Informe mundial sobre la diabetes. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/254649/9789243565255_spa.pdf;jsessionid=2E11B18CB-CE287AC4812F3D1B3470A71?sequence=1.

Rebollar A, Romero J, Cruz P, Zepeda H (2002). El cultivo de la pitaya (*Stenocereus* spp.) una alternativa para el trópico seco del estado de Michoacán. México: Universidad Autónoma de Chapingo. 2a edición. https://books.google.com.mx/books/about/Cultivo_de_la_pitaya_Stenocereus_sp.html?id=XePlkQEACAAJ&redir_esc=y.

Rodríguez-Sánchez JA, Cruz y Victoria MT, Barragán-Huerta BE (2017). Betaxanthins and antioxidant capacity in *Stenocereus pruinosus*: Stability and use in food. *Food Research International* 91:63–71. doi:10.1016/j.foodres.2016.11.023.

Salazar JR, Loza-Mejía MA, Soto-Cabrera D (2020). Chemistry,

biological activities and in silico bioprospection of sterols and triterpenes from Mexican columnar Cactaceae. *Molecules* 25(7):1649. doi:10.3390/molecules25071649.

Salazar-Vilchez J, Carbonell Y, Briceño S, Borges I, Añez R (2021). Características clínicas de pacientes diabéticos tipo 2 con hipoglucemia grave de un hospital venezolano. *Medicina Interna de México* 37(4):506–519. doi:10.24245/mim.v37i4.4089.

Santos MM, Nunes MGS, Martins RD (2012) Uso empírico de plantas medicinais para tratamiento de diabetes. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais* 14(2):327–334. doi:10.1590/S1516-05722012000200012.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2001). Diario Oficial de la Federación 11/07/2001. <https://www.gob.mx/agricultura/>.

Suttiarporn P, Chumpolsri W, Mahatheeranont S, Luangkamin S, Teepsawang S, Leardkamolkarn V (2015). Structures of phytosterols and triterpenoids with potential anti-cancer activity in bran of black non-glutinous rice. *Nutrients* 7(3):1672–1687. doi:10.3390/nu7031672.

Wu L, Parhofer KG (2014). Diabetic dyslipidemia. *Metabolism* 63(12):1469–1479. doi:10.1016/j.metabol.2014.08.010.