

Capítulo 10. Efecto de la administración del aceite de *Tapirira mexicana* en el funcionamiento hepático en la rata Wistar



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.392.10>

LEONARDO DÍAZ SÁNCHEZ*

ELIA NORA AQUINO BOLAÑOS**

†DANIEL HERNÁNDEZ BALTAZAR***

EDUARDO RIVADENEYRA DOMÍNGUEZ****

SOCORRO HERRERA MEZA****

Resumen

En México, las semillas forman parte de la dieta tradicional desde épocas prehispánicas, sin embargo, por los hábitos y preferencias alimentarias actuales ha disminuido su consumo. Esto ha ocasionado que especies comestibles como la *Tapirira mexicana* no se incluyan dentro de la alimentación. Se ha encontrado que el aceite presente en dichas semillas contiene ácidos grasos importantes como oleico y linoleico, no obstante, se desconoce el efecto que su consumo pueda generar en el organismo. Es así que el objetivo de este estudio es evaluar el efecto *in vivo* de la administración del aceite de la semilla sobre el funcionamiento hepático en la rata, mediante el prensado del aceite de las semillas tostadas. Se utilizaron 24 ratas macho Wistar de 200 g divididas en cuatro grupos ($n = 6$): control, dosis baja

* Maestro en Ciencias Biológicas. Doctorante en Biología Integrativa, Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6614-9966> ; correo electrónico: leonardoDS95@hotmail.com

** Doctora en Ciencias de los Alimentos. Investigadora de tiempo completo del Centro de Investigación y Desarrollo de Alimentos, Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7090-8677>

*** Doctor en Ciencias en Neurobiología Celular y Molecular. Cátedra CONACYT-Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3658-4808>

**** Doctor en Neuroetología. Profesor de tiempo completo de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5662-2202>

***** Doctora en Ciencias de los Alimentos. Investigadora de tiempo completo del Instituto de Investigaciones Psicológica, Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0838-470X>

(750 mg de aceite/kg), dosis media (1500 mg de aceite/kg) y dosis alta (2250 mg de aceite/kg). El aceite se administró durante 6 semanas por vía intragástrica. Al finalizar el periodo de experimentación se colectó la sangre por punción cardiaca. Con el suero se determinaron proteínas totales y las enzimas gammaglutamil transferasa (GGT), ALT y fosfatasa alcalina. Los datos con distribución normal se analizaron mediante ANOVA unifactorial, seguido de la prueba *post hoc* Tukey. Para los datos no paramétricos se utilizó la prueba Kruskal-Wallis y una prueba Dunn-sidak. Los resultados indican que ninguno de los tratamientos modificó los parámetros de funcionamiento hepático, ya que se encontraron dentro del intervalo biológico de referencia establecido para rata. Se concluyó que la administración del aceite de *T. mexicana* no alteró las pruebas de funcionamiento hepático en las ratas, por lo que, bajo estas condiciones, el consumo de las semillas es seguro y representa una alternativa nutritiva y local para la población.

Palabras clave: *semillas, T. mexicana; rata Wistar, funcionamiento hepático.*

Introducción

Desde la antigüedad, uno de los alimentos más consumidos son las semillas, sin embargo, su valor nutricional y su consumo no siempre es apreciado (FAO, 2020). Las semillas son unas de las principales fuentes de ácidos grasos, se caracterizan por contener diversas sustancias lipídicas como ácidos grasos esenciales (AGE), los cuales tienen propiedades antibacterianas, antioxidantes, antiinflamatorias, antidiabéticas, anticancerígenas, cardioprotectores y coadyuvan en la disminución de colesterol, entre otros (Bertrand, 2012; Coronado et al., 2006; Jiménez et al., 2013; Salmanian et al., 2014; Sanhueza et al., 2015; Sayyah et al., 2004; Yu et al., 2008). Las fuentes principales de estos ácidos grasos son de origen vegetal (Aquino et al., 2019), no obstante, su presencia en la dieta del ser humano se ve limitada por diversos factores como hábitos y preferencias alimentarias (Belalcázar et al., 2015).

En este sentido, y tomando en consideración la riqueza florística de México, se sabe que existen especies de plantas potencialmente consumibles

debido a sus características nutricionales como la *Tapirira mexicana* Marchand. Esta planta es de origen mexicano, pertenece a la familia Anacardiaceae, comúnmente conocida como “duraznillo” o “huichini”. Se encuentra distribuida en los estados de Chiapas, Oaxaca, Puebla y Veracruz. Algunos estudios han demostrado que las semillas de esta planta contienen ácidos grasos poliinsaturados como oleico y linoleico, su consumo podría estar relacionado con beneficios a la salud humana como la disminución de los niveles de colesterol y prevención de enfermedades cardiovasculares, entre otros (Bray et al., 2016; Aquino et al., 2019).

En este contexto, es fundamental incluir semillas a nuestra alimentación para promover dietas saludables en la población, que contengan alimentos adecuados, inocuos, variados y equilibrados, tanto en cantidad como en calidad. Por lo tanto, el propósito del presente capítulo es dar a conocer los resultados obtenidos de la administración del aceite de *Tapirira mexicana* en el funcionamiento hepático en la rata Wistar y analizar su consumo como una alternativa alimentaria segura, económica y nutritiva para la población.

Hábitos alimentarios actuales, un riesgo inminente a la salud

La modificación en los hábitos de alimentación en la población ha generado uno de los mayores retos en la historia del ser humano. A nivel mundial el 39 % de las personas adultas mayores de 18 años tienen sobrepeso, mientras que alrededor del 13 % cursan con obesidad (OMS, 2021). Específicamente en México, 36.7 % de los adultos tiene obesidad, y 37.4 % de la población infantil de entre 5 y 11 años presenta sobrepeso y obesidad (INSP, 2023). Si bien, los factores biológicos y genéticos pueden ser predictores para el sobrepeso y la obesidad, los determinantes sociales y ambientales juegan un papel importante (Mackenbach et al., 2014).

La malnutrición se encuentra presente en todos los países y engloba desnutrición, deficiencias de micronutrientes, sobrepeso y obesidad. El desarrollo de la malnutrición es multifactorial, no obstante, se ha observado que factores, como los estilos de alimentación, disminución en la actividad física y las dietas poco saludables, constituyen un riesgo para la sobrecarga

mundial de enfermedades (Hachem et al., 2020). Asimismo, el alto consumo de bebidas azucaradas y productos ultraprocesados ha desplazado el consumo de alimentos saludables como frutas, verduras, maíz, leguminosas y semillas. Por lo tanto, es necesario adoptar nuevas dietas saludables y sostenibles que permitan a la población aprovechar sus beneficios nutricionales.

Dietas saludables sostenibles

En México, la transición alimentaria se ha caracterizado por un aumento significativo en el consumo de alimentos ultraprocesados, altos en azúcares y grasas, además de una disminución en el consumo de alimentos saludables y regionales. En respuesta a esta problemática, se ha propuesto un nuevo enfoque que permita modificar los hábitos alimentarios: el modelo conocido Dieta de la milpa, basado en una alimentación saludable que incluya alimentos mesoamericanos (Almaguer et al., 2020). Este modelo aboga por una alimentación saludable que integre elementos de origen mesoamericanos, en el que destacan el maíz, el chile y la calabaza, junto con otros alimentos tradicionales que forman parte de la dieta cotidiana en México (Almaguer et al., 2020). La dieta de la milpa se encuentra dentro de las dietas territoriales propuestas por la FAO (2022), ya que no solo presenta beneficios para la salud, sino que también exhibe un bajo impacto ambiental, es económicamente accesible y está culturalmente adaptada a los alimentos autóctonos de nuestro país. Además, para potenciar aún más sus beneficios, se sugiere enriquecer la dieta con semillas como habas, pepitas de calabaza, chía, entre otras, debido a su contenido significativo de proteínas y ácidos grasos poliinsaturados (Almaguer et al., 2020).

Las semillas, una alternativa alimentaria

Las semillas son consideradas uno de los alimentos más antiguos incluidos en la dieta, sin embargo, hubo un declive de su consumo durante la revolución industrial cuando se prefirió la ingesta de alimentos procesados. A pesar de este cambio, en la actualidad las semillas han vuelto a

ganar relevancia como alimentos altamente nutritivos (Arroyo, 2008; De Lira et al., 2012).

La transición de la vida arbórea a las llanuras fue posible gracias a la emergencia de la postura erecta, la piel lampiña con numerosas glándulas sudoríparas y el color oscuro. Este cambio amplió el radio de acción de los humanos primitivos y favoreció la adopción de prácticas de alimentación más eficientes como la carroñería, la cacería y la antropofagia. El cromañón y otros humanos modernos dependieron más de la cacería de grandes mamíferos, lo cual aumentó considerablemente la proporción de carne de la dieta. A partir del periodo paleolítico (~ 60 000 años. Por ejemplo, el consumo de nueces y otras semillas ha sido asociado con la prevención de enfermedades cardiovasculares, diabetes y obesidad. Las nueces, almendras y pistachos se caracterizan por su contenido de ácidos grasos poliinsaturados (AGM) en un rango del 40 y 60 % y contienen fibra, potasio, magnesio, cobre, vitamina E y arginina (Babio et al., 2009; Nash y Westpfal, 2005; Sabaté y Ang, 2009).

Adoptar alternativas alimenticias saludables puede marcar una diferencia significativa en la calidad de la dieta. Optar por alimentos frescos, como frutas y verduras, granos enteros y proteínas magras puede proporcionar nutrientes esenciales sin los efectos negativos asociados con una mala alimentación (Lindgren et al., 2018). Al hacer estas elecciones conscientes no solo se mejora la salud individual, sino que también se contribuye a la sostenibilidad del medioambiente al fomentar prácticas agrícolas más éticas y sostenibles (FAO, 2010; Behrens et al., 2017). Así, la incorporación de alimentos frescos y la valorización de las semillas en la dieta diaria son pasos cruciales hacia un estilo de vida más saludable y equilibrado (Lindgren et al., 2018). Además, redescubrir la importancia de las semillas en la alimentación puede ser un cambio clave. Las semillas, como chía, lino y girasol, ricas en ácidos grasos omega-3, fibra, vitaminas y minerales, ofrecen beneficios para la salud cardiovascular y digestiva (Cisternas et al., 2022; De Lira et al., 2012; Shayan et al., 2020). De manera específica, el consumo de alimentos de temporada y propias de la región como las semillas de *T. mexicana*, puede ser una opción viable para una alimentación sana para la población.

Generalidades de *Tapirira mexicana* M

Tapirira mexicana M., es una especie autóctona de México conocida como duraznillo, caobilla, jobo y huinchini. Este árbol perteneciente a la familia Anacardiaceae, se encuentra desde Puebla y el centro de Veracruz hasta el norte de Chiapas, abarcando la selva Lacandona y extendiéndose hacia Oaxaca en la región de los Chimalapas (Terrazas y Wendt, 1995; Aquino et al., 2019). Fuera del territorio mexicano, esta especie se distribuye en Perú, Bolivia, Paraguay y Brasil.

Este árbol, que puede alcanzar una altura de 30 m y produce una madera similar a la caoba, florece entre los meses de marzo y agosto, con la maduración de sus frutos entre julio y septiembre (Vázquez et al., 2017). La especie de *T. mexicana* aporta diversos beneficios derivados de su cultivo y consumo. Gracias a la calidad de su madera, es utilizado para crear horcones, postes, estacas, muebles, ventanas y puertas. Asimismo, se utiliza para brindar sombra en las plantaciones de café y se ha incorporado como planta ornamental en lugares públicos (Lascurain et al., 2010; Rojas y Torres, 2015; Vázquez et al., 2017). Sus frutos pueden ser consumidos crudos o tostados, sin embargo, existe un desconocimiento acerca de los posibles beneficios para la salud que podrían ofrecer (figura 1).

Figura 1. Semillas de *Tapirira mexicana*. Las semillas presentan una estructura reniforme, cuyo interior es de color crema con dos cotiledones curvos



Fuente: fotografiado por L., Díaz-Sánchez.

Un estudio realizado por el grupo de investigación de Aquino et al. (2019) reveló que las semillas de *T. Mexicana* contienen hasta 10 tipos diferentes de ácidos grasos, siendo el oleico, linoleico, palmítico y esteárico los más representativos con un 97.3 %. Además, se comparó el contenido lipídico de *T. mexicana* con el de *Macadamia integrifolia* (tabla 1), se encontró que la *T. mexicana* contiene ácidos grasos similares a los encontrados en la especie de *M. integrifolia* (Aquino et al., 2019).

Tabla 1. Contenido de ácidos grasos de *T. mexicana* y *M. integrifolia*

Ácidos grasos	<i>T. mexicana</i> M ± Sd	<i>M. integrifolia</i> M ± Sd	Valor p
Palmítico, C16:0	18.5 ± 0.18	13.1 ± 1	0.00
Palmitoleico, C16:1	1.9 ± 0.55	24.0 ± 2	0.00
Esteárico, C18:0	10.6 ± 1.67	6.1 ± 0.8	0.00
Oleico, C18:1	37.2 ± 0.25	45.5 ± 4.0	0.03
Linoléico, C18:2	31.0 ± 0.62	1.6 ± 1.6	0.00
α-Linoléico, C18:3	0.1 ± 0.01	0.2 ± 0.02	0.99
Araquidónico, C20:0	0.6 ± 0.02	3.9 ± 0.4	0.00
Eicosanoico, C20:1	0.1 ± 0.01	3.5 ± 0.4	0.00
Behénico, C22:0	0.1 ± 0.01	1.3 ± 0.2	0.00
Lignocérico, C24:0	0.1 ± 0.03	0.4 ± 0.04	0.99
SFA	29.9 ± 1.68	24.8 ± 1.33	0.00
MUFA	39.1 ± 0.60	72.5 ± 4.39	0.00
PUFA	31.0 ± 0.63	1.8 ± 1.6	0.00
MUFA/SFA	1.3 ± 0.07	2.9 ± 0.24	0.00

Nota: SFA (Ácidos grasos saturados); MUFA (Ácidos grasos monoinsaturados); PUFA (Ácidos grasos poliinsaturados).

Fuente: tabla tomada y modificada de Aquino et al. (2019).

Importancia de los ácidos grasos en la alimentación

Las grasas son una fuente importante de energía en la dieta; de acuerdo con la FAO su consumo ha aumentado durante las últimas décadas a nivel mundial. La energía proveniente de estos lípidos ayuda al crecimiento de los niños, durante el embarazo y la lactancia, además de proveer la energía

necesaria para el correcto funcionamiento organismo humano. Cerca del 40 al 55 % de la energía que requieren los lactantes proviene de las grasas; este porcentaje disminuye a un 35 % para los niños mayores de dos años y la población adulta, de esta cantidad del 2 a 3 % proviene de los ácidos grasos omega-6 y cerca del 1 % de omega-3 (Villalpando et al., 2007).

Los ácidos grasos esenciales (AGE) son primordiales en la alimentación humana, ya que se encuentran asociados a diversos procesos metabólicos (Hernández, 2018). Sus funciones se encuentran relacionadas con el mantenimiento de membranas celulares y como sustrato de compuestos en actividades biológicas como la respuesta inmune, pérdida de peso y regulación en el metabolismo del colesterol (Sanchez y Arévalo, 2005; Vega et al., 2021). Dentro de los ácidos grasos poliinsaturados (AGP), los omega-3 y omega-6 son los más abundantes en los mamíferos.

El ácido alfa-linoléico (ALA) y linoleico (LA) son considerados como ácidos grasos esenciales debido a que el organismo los requiere para su correcto funcionamiento y no pueden ser sintetizados endógenamente, por lo tanto, es necesario adquirirlos mediante la alimentación (Aires et al., 2005). Estos dos ácidos (ALA y LA) se pueden convertir dentro del organismo, específicamente en el hígado, en otros ácidos grasos indispensables de cadena más larga con más insaturaciones, como el ácido araquidónico (AA), el ácido eicosapentaenoico (AEP) y el ácido docosahexaenoico (ADH) (Rodríguez et al., 2005).

Dentro de la variedad de ácidos omega-3, los que presentan una mayor importancia para la dieta humana son el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA). Ambos confieren flexibilidad, fluidez y permeabilidad selectiva a las membranas, lo que favorece la salud cardiovascular, reduce el riesgo de deficiencias en la visión y el desarrollo neural de bebés y niños y demencia en adultos mayores. Adicionalmente, se han observado efectos en la prevención y tratamiento de enfermedades coronarias, hipertensión, diabetes, artritis, inflamaciones, desórdenes autoinmunes y cáncer (Feliu et al., 2021). Estos omega-3 pueden encontrarse en el lino, semillas de calabaza, nueces y especialmente en sardinas, arenques, salmones y atunes (Aires et al., 2005; Feliu et al., 2021).

Por otro lado, en los omega-6, los ácidos grasos de mayor relevancia son el ácido gammalinoléico (GLA) y el ácido araquidónico (AA), estos son de-

rivados del ácido linoleico, ambos tienen funciones importantes para el organismo. El GLA es un componente estructural de la membrana celular y también precursor de las prostaglandinas, mientras que el AA es un ácido graso base para la producción de prostaglandinas (Aires et al., 2005). Finalmente, los omega-6 se encuentran en mayor concentración en los aceites de semillas como girasol, maíz y *T. mexicana* (Aires et al., 2005; FAO, 2008; Troxler, 2007). No obstante, las funciones del hígado pueden verse afectadas por el tipo de dieta que se lleve. Se estima que cerca del 40 % de los lípidos que se acumulan en el hígado graso se derivan de los azúcares y las grasas provenientes de la dieta (Donnelly et al., 2005).

El hígado y su relación con las grasas

El hígado recibe la sangre procedente del tubo digestivo a través de la vena porta y principalmente del sistema arterial por la arteria hepática (Rodríguez et al., 2015). Esta es rica en nutrientes y otras sustancias que son absorbidas por el sistema digestivo, por lo tanto, estos productos son transportados al hígado para su almacenamiento o desintoxicación. Este órgano interviene en el metabolismo de los carbohidratos, lípidos y proteínas, la secreción de las sales biliares; desintoxicación de desechos corporales, drogas y otras sustancias extrañas; síntesis de proteínas plasmáticas, incluyendo globulinas, albumina, protombina y fibrinógeno; almacenamiento de glucógeno, grasas, hierro, cobre y otras vitaminas; activación de la vitamina D en conjunto con los riñones y la piel; eliminación de bacterias y glóbulos rojos envejecidos; excreción de colesterol y bilirrubina (Hendry et al., 2014; Zhang, 1999).

Las interacciones entre el intestino e hígado han sido parte fundamental para determinar el hígado graso no alcohólico (HGNA). Esta patología se caracteriza por la presencia de esteatosis hepática y en algunos casos más avanzado de lesión de los hepatocitos puede haber inflamación y fibrosis. Finalmente, la obesidad y el consumo de dietas ricas en grasas son detonantes para el desarrollo del HGNA (Brunt et al., 2015). Es así que el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto *in vivo* de la administración del aceite de la semilla sobre el funcionamiento hepático en la rata.

Material y método

Recolección de semillas

Los frutos de *T. mexicana* se recolectaron en el mes de noviembre del año 2022 en el rancho El Atorón, ubicado en el terreno elevado que rodea el pueblo de Coatepec, Veracruz, México (19°29'32.9"N 96°56'37.3"W, altitud de 1 524 msnm).

Obtención del aceite

Después de recolectar las semillas, se eliminó la cáscara y la pulpa mediante varios lavados con agua corriente. Una vez completado este paso, las semillas fueron secadas a temperatura ambiente durante un periodo de 6 horas. Posteriormente, fueron colocadas en un horno de secado de la marca Ríos Rocha, donde se sometieron a temperaturas escalonadas a lo largo de una semana: 40 °C en el primer día, 50 °C en el segundo día y 60 °C en los días 3, 4 y 5. Al finalizar el proceso de secado, las semillas fueron tostadas durante 2 minutos a 80 °C en una estufa de cocina de la marca Mabe. Tras este tostado, se llevó a cabo la eliminación de la testa, para liberar así la "almendra" presente en todas las semillas. Las almendras obtenidas fueron colocadas en una manta cielo y prensadas con la ayuda de una prensa hidráulica de la marca Truper, modelo PREH-30G de 32 toneladas. El aceite resultante de este proceso fue recolectado en un frasco ámbar y luego transferido a varios tubos Falcon para someterlos a centrifugación a 3500 rpm durante 5 minutos en una centrifuga marca PowerSpin modelo C8724. Finalmente, el aceite sobrenadante fue resguardado en otro frasco ámbar y almacenado en refrigeración a 4 °C hasta su utilización.

Desarrollo experimental

Para el presente experimento se utilizaron $n = 24$ ratas macho de la cepa Wistar, recién destetadas, las cuales fueron alojadas en el bioterio del Instituto de Investigaciones Psicológicas de la Universidad Veracruzana. Los animales fueron alimentados con *pellets* de la marca Nutricubos® y tuvieron acceso *ad libitum* a alimento y agua. Las ratas estuvieron alojadas en cajas de acrílico, bajo ciclos de luz/oscuridad de 12/12 horas (8:00 am/ 8:00 pm), a una temperatura ambiente de 25 ° C (± 1 °C). El mantenimiento y cuidado de los animales se llevó a cabo de acuerdo con las normas nacionales: “Guía para el cuidado y uso de animales de laboratorio” del Instituto Nacional de Salud [INS] (1995) y la Guía Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 para el uso y cuidado de los animales de laboratorio (SAGDRPA, 1999).

Administración del aceite

Se desarrolló un diseño experimental en el que se utilizaron 24 ratas macho Wistar divididas de la siguiente manera: un grupo control sano (CONTROL) con $n = 6$ ratas, y otros tres grupos sanos a los que solo se les administró aceite de *T. mexicana* ($n = 18$) vía orogástrica en tres diferentes concentraciones: 750 mg de aceite/kg para el grupo SATB, 1500 mg de aceite/kg para el grupo SATM y finalmente 2250 mg de aceite/kg para el grupo SATA.

Antes de empezar a recibir el aceite, las ratas fueron alimentadas con *pellets* estándar (Nutricubos®) y agua purificada como bebida, hasta alcanzar un peso igual o superior a los 200 g. Una vez alcanzado este peso comenzó el periodo de alimentación experimental, el cual tuvo una duración de 6 semanas. Durante todo este periodo se registró una vez por semana el consumo de agua y alimento, así como el peso y la talla del animal.

Las dosis fueron establecidas de acuerdo con lo reportado por Cakmak Kafadar et al. (2022) y Xia et al. (2024).

- Grupo control sano (CONTROL) o control positivo: recibió croqueta estándar + agua natural ($n = 6$) *ad libitum*.

- Grupo sano aceite *Tapirira* dosis baja (SATB): recibió croqueta estándar + agua natural + aceite *Tapirira* (750 mg de aceite/kg) ($n = 6$) *ad libitum*.
- Grupo sano aceite *Tapirira* dosis media (SATM): recibió croqueta estándar + agua natural + aceite *Tapirira* (1500 mg de aceite/kg) ($n = 6$) *ad libitum*.
- Grupo sano aceite *Tapirira* dosis alta (SATA): recibió croqueta estándar + agua natural + aceite *Tapirira* (2250 mg aceite/kg) ($n = 6$) *ad libitum*.

Análisis sanguíneos

Al concluir el período de experimentación, las ratas fueron eutanizadas mediante anestesia (pentobarbital sódico marca Aranda) a una dosis de 0.15 ml/kg. La obtención de la muestra de sangre se realizó mediante punción cardíaca, procediendo primero con un corte en el esternón y posteriormente con un corte lateral en las costillas en dirección a las axilar para exponer el corazón. Una vez expuesto se localizó el ventrículo derecho y se introdujo la aguja para extraer la sangre de manera gradual. Esta sangre fue recolectada en un tubo Vacutainer amarillo. Posteriormente, se permitió la coagulación de la sangre, seguida de la centrifugación a 3.500 revoluciones por minuto durante 5 minutos para obtener suero. El suero se transfirió de inmediato a los recipientes correspondientes (tubos Eppendorf de 1.5 ml) para los análisis indicados en química seca en el equipo Analizador de Química Vet. SemiAut (KONTROLab Italia Ltd). El análisis establecido para esta investigación fue la prueba de funcionamiento hepático, la cual consistió en la evaluación de los siguientes biomarcadores:

- Alanina aminotransferasa (ALT o TGO): es una enzima citoplasmática, más específica de daño hepático. Niveles altos pueden sugerir hepatitis u otros trastornos hepáticos (Díaz et al., 2019; Moreno et al., 2007).
- Fosfatasa alcalina (FA): es una proteína enzimática cuya función principal es la desfosforilación. Se encuentra presente en todo el cuerpo, pero se halla principalmente en el hígado, vías biliares, riño-

nes, huesos y mucosa intestinal. Un aumento en su concentración puede ser indicador de obstrucción biliar, daño hepático o problemas en los huesos (Guevara, 2022; Moreno et al., 2007).

- Proteínas totales (PT): es la suma de todas las proteínas en la sangre, incluida la albumina y otras proteínas producidas por el hígado. La disminución de su concentración puede ser indicador de daño hepático (Moreno et al., 2007).
- Gamma-glutamil transferasa (GGT): es una glicoproteína dimérica ubicada en la parte externa de las membranas celulares. Particularmente se encuentra en tejidos con funciones secretoras como el riñón, sistema biliar, intestino y el epidídimo, aunque la mayor parte deriva del tejido hepático. Esta se ha utilizado como un biomarcador de enfermedades hepatobiliares y concentraciones elevadas indican problemas hepáticos o biliares (Céspedes et al., 2019; Moreno et al., 2007).

Análisis estadístico

Se determinó la normalidad y homocedasticidad de los resultados obtenidos en la prueba de funcionamiento hepático. Las variables respuesta de PT, ALT y FA fueron analizados con ANOVA de una vía, seguido de la prueba *post hoc* Tukey. En el caso de GGT se sometió a la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y posteriormente a la prueba *post hoc* Dunn-Sidak. Los análisis de los resultados se realizaron en el ambiente del *software* estadístico R versión 4.3.2 2023.

Resultados

Prueba de funcionamiento hepático

Los resultados obtenidos de las pruebas de funcionamiento hepático muestran que todos los mensurados analizados en la presente investigación se encontraron dentro del intervalo biológico de referencia, aunque el análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los grupos (tabla 2).

Tabla 2. Pruebas de funcionamiento hepático

Mensurado	CONTROL	SATB	SATM	SATA	IBR*
PT (g/L)	7.56 ± 0.05 ^a	7.25 ± 0.25 ^a	7.12 ± 0.28 ^a	5.8 ± 0.07 ^b	5.6 – 7.6
GGT (UI/L)	9.21 ± 0.26 ^a	10.1 ± 0.40 ^{ab}	13.11 ± 0.51 ^b	10.03 ± 0.62 ^a	8.8 – 24
ALT (UI/L)	26.6 ± 1.33 ^a	34 ± 1.08 ^b	38.33 ± 0.66 ^b	43 ± 1.06 ^c	19 – 53
FA (UI/L)	55 ± 1.63 ^a	56.75 ± 2.01 ^{ab}	63.16 ± 1.42 ^b	69.5 ± 1.25 ^c	36 – 312

Nota: valores media ± error estándar. Diferentes letras indican diferencias significativas entre los grupos. IBR: intervalo biológico de referencia; PT: proteínas totales ALT: Alanina aminotransferasa; FA: fosfatasa alcalina; GGT: gammaglutamil transferasa. CONTROL: grupo control sano; SATB: grupo sano Aceite *Tapirira* dosis baja; SATM: grupo sano Aceite *Tapirira* dosis media; SATA: grupo sano Aceite *Tapirira* dosis alta. *Tomado de: Rivadeneyra-Domínguez y colaboradores (2018).

Fuente: elaboración propia.

Discusión

El presente estudio evaluó los efectos de diferentes dosis del aceite de *T. mexicana* sobre el funcionamiento hepático de la rata Wistar. Al analizar las PT se encontró que las tres dosis utilizadas en el presente estudio estuvieron dentro del intervalo biológico de referencia. Esto puede ser debido a que la composición de ácidos presentes en el aceite de *T. mexicana* poseen propiedades antiinflamatorias (López et al., 2019; Zhao et al., 2005). Estos resultados, concuerdan con los datos obtenidos en otras investigaciones donde se administró aceite de oliva a ratas Wistar, observando propiedades hepatoprotectoras (Falade et al., 2015; Al-Seení et al., 2016).

El hígado responde al consumo excesivo de grasas saturadas y trans un estado de estrés. Esta respuesta implica un aumento en la expresión de diversas enzimas, incluida la enzima GGT (Ballesteros et al., 2012; Muntané et al., 2007; García, 2013), en donde un aumento en sus niveles sanguíneos es reflejo de alteraciones hepáticas (Céspedes et al., 2019). Al respecto, en la presente investigación no se encontraron concentraciones elevadas de GGT en ninguna de las dosis administradas. Este hallazgo concuerda con estudios previos que han abordado la suplementación de aceite de maíz y oliva en ratas Wistar (Dalal et al., 2023). En dicha investigación se observó que la suplementación de estos aceites a una concentración del 7 % condujo a una

disminución en la concentración de GGT. La baja concentración de la enzima GGT puede ser atribuida a uno de los componentes principales de estos aceites como el ácido oleico, ya que ha demostrado tener propiedades beneficiosas en la salud del hígado, al ayudar a disminuir la acumulación de triacilglicéridos y por lo tanto, la esteatosis hepática (Abenavoli et al., 2019; Liu et al., 2023).

Aunado a lo anterior, la enzima alanina aminotransferasa (ALT) se encuentra principalmente en el hígado y se utiliza como un indicador de alteraciones hepáticas (Falade et al., 2015). Los datos obtenidos en la presente investigación revelaron que la administración del aceite de *T. mexicana* no elevó los niveles de la enzima ALT fuera del intervalo biológico de referencia; si bien nuestros resultados mostraron un incremento de la enzima ALT en las diferentes dosis expuestas al aceite, no fueron lo suficientemente elevadas para salir del IBR y generar alteraciones hepáticas. Estos mismos resultados ya se han publicado en otras investigaciones con la administración de aceite de sésamo en las ratas Wistar, en donde dosis menores a 0.9 mL no producen incremento en las enzimas hepáticas fuera del IBR (El-Saied, 2014; Taha et al., 2014). Dicho lo anterior, es posible que este biomarcador sea susceptible a las particularidades específicas del aceite de *T mexicana*.

Por otro lado, un aumento en la concentración de la enzima fosfatasa alcalina (FA) puede estar relacionado con la ingesta de dietas ricas en grasas (Falade et al., 2015; Glickman et al., 1970). Sin embargo, esta enzima presenta diversas isoformas dependiendo del tejido en el que se genere (hígado, riñones, intestino delgado y huesos) y su aumento no siempre se relaciona con la salud hepática, por lo que es necesario acompañar este parámetro de otras mediciones como PT, ALT y GGT para una evaluación más integral (Sharma et al., 2014). Los resultados obtenidos en la presente investigación revelaron que aunque se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo SATM y SATA contra el grupo CONTROL, ninguno estuvo fuera del IBR, por lo cual es evidente que la suplementación del aceite no ocasionó daño hepático. Al respecto, se han encontrado resultados similares en investigaciones en ratas Wistar las cuales han sido suplementadas con aceite de coco, palma y cacahuete, reportando que las dosis utilizadas incrementaron los niveles de AF en sus diferentes grupos, pero sin salir de sus IBR (Famurewa et al., 2017; Imafidon y Okunrobo, 2012).

Conclusiones

Al evaluar los efectos del aceite de *Tapirira mexicana* en ratas Wistar se encontró que todos los mensurados evaluados estaban dentro del intervalo biológico de referencia, lo que indica que la suplementación de la dosis baja, media y alta del aceite de *T. mexicana* fue adecuada y no ocasionaron efectos adversos en el hígado. Bajo estas condiciones de experimentación, los resultados respaldan la seguridad y el potencial beneficioso que tiene el consumo tanto del aceite, como de las semillas de *T. mexicana*. Con este trabajo se pretende aportar nuevo conocimiento científico para futuras investigaciones, para buscar estrategias de alimentación adecuadas, saludables y sostenibles para la población, con la incorporación de productos propios de la región, y dar un valor agregado a alimentos cultivados dentro de territorio mexicano.

Referencias

- Abenavoli, L., Milanović, M., Milić, N., Lizza, F. y Giuffrè, A. M. (2019). Olive oil antioxidants and non-alcoholic fatty liver disease. *Expert Review of Gastroenterology and Hepatology*, 13(8), 739-749. <https://doi.org/10.1080/17474124.2019.1634544>
- Aires, D., Capdevila, N. y Segundo, M. J. (2005). Ácidos Grasos Esenciales. *OFFARM*, 24(4), 97-102.
- Almaguer, G. J. A., García, R. H. J., Padilla, M. M. y González, M. (2020). *La dieta de la milpa, modelo de alimentación mesoamericana biocompatible*. Secretaria de Salud. <https://cies.edu.mx/wp-content/uploads/2021/09/La-dieta-de-la-milpa-SSA.pdf>
- Al-Seeni, M. N., El Rabey, H. A., Zamzami, M. A. y Alnefayee, A. M. (2016). The hepatoprotective activity of olive oil and Nigella sativa oil against CCl₄ induced hepatotoxicity in male rats. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12906-016-1422-4>
- Aquino, E. N., Cruz, E., Martín, S. T., Herrera, S., Chávez, J. L., Acosta, H. G. y Viveros, R. (2019). Physical and chemical characterization of oil the from the Tapirira mexicana Marchand seed. *Interciencia*, 44(4), 236-240.
- Arroyo, P. (2008). Diet in man evolution: relation with the risk of chronic and degenerative diseases. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México* 65(6), 431-433. <http://www.scielo.org.mx/pdf/bmim/v65n6/v65n6a4.pdf>
- Babio, N., Bulló, M. y Salas, J. (2009). Mediterranean diet and metabolic syndrome:

- the evidence. *Public Health Nutrition*, 12(9), 1607-1617. <https://doi.org/10.1017/S1368980009990449>
- Ballesteros, M. N., Valenzuela, L. S., Artalejo, E. y Robles, A. E. (2012). Trans fatty acids: consumption effect on human health and regulation challenges. *Nutrición Hospitalaria*, 27(1), 54-64. <https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.1.5420>
- Behrens, P., Kieft, J. C., Bosker, T., Rodrigues, J. F. D., De Koning, A. y Tukker, A. (2017). Evaluating the environmental impacts of dietary recommendations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(51). <https://doi.org/10.1073/pnas.1711889114>
- Belalcázar, C., Diana, M. y Tobar, L. F. (2015). Determinantes sociales de la alimentación en familias de estratos 4, 5 y 6 de la localidad de Bogota. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 31(1), 2-9. <https://www.redalyc.org/pdf/120/12026437004.pdf>
- Bertrand, M. (2012). The new database Seed Oil Fatty Acids (SOFA). *Lipid Technology*, 24(10), 230-234. <https://doi.org/10.1002/lite.201200227>
- Bray, G. A., Frühbeck, G., Ryan, D. H. y Wilding, J. P. H. (2016). Management of obesity. *The Lancet*, 387(10031), 1947-1956. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)002713](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)002713)
- Brunt, E. M., Wong, V. W. S., Nobili, V., Day, C. P., Sookoian, S., Maher, J. J., Bugianesi, E., Sirlin, C. B., Neuschwander, B. A. y Rinella, M. E. (2015). Nonalcoholic fatty liver disease. *Disease Primers*, 1, 2-5. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2015.80>
- Cakmak Kafadar, G., Buyukuslu, N., Kolbasi, B., Keskin, I., y Mercan, Y. (2022). Effect of oral use of various edible oils on wound healing in rats: randomized controlled experimental study. *Acta Pharmaceutica Scientia*, 60, 179-201.
- Céspedes, M. E. M., Rodríguez, G. R. y Suárez C. N. (2019). Gamma-glutamyltransferasa y enfermedad cardiovascular. *Revista Archivos Del Hospital Universitario "Calixto García,"* 7(2). <http://www.revcalixto.sld.cu/index.php/ahcg/article/view/366/332>
- Cisternas, C., Fariás, C., Muñoz, L., Morales, G. y Valenzuela, R. (2022). Chemical composition, nutritional characteristics and benefits associated with the consumption of Chia (*Salvia hispanica* L.). *Revista Chilena de Nutrición*, 49(5), 625-636. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182022000600625>
- Coronado, H. M., Vega, L. S., Gutierrez, T. R., Garcia, F. B. y Diaz, G. (2006). Los Acidos Grasos Omega-3 Y Omega-6: Nutricion, Bioquimica Y Salud. *Population*, 25(3), 80108.
- Dalal, M. M., Edrees, G. M., Hassan, H. A., Abdel-Mogib, M. y Alaa El-Dein, M. (2023). Impacts of dietary lipids derived from animal or vegetable sources on healthy rats. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, 10(1), 618-631. <https://doi.org/10.1080/2314808X.2023.2247874>
- De Lira, C., Bacardí, M. y Jiménez, A. (2012). Efecto del consumo de nueces, semillas y aceites sobre marcadores bioquímicos y el peso corporal; revisión sistemática. *Nutricion Hospitalaria*, 27(4), 964-970. <https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.4.5781>
- Díaz, L., González, P., Organista, A., Morales, D., Rodríguez, I. J. y Solano, G. (2019). Alana a aminotransferasa salival como biomarcador de periodontitis en pacientes Salivary alanine aminotransferase as a biomarker of periodontitis in patients of the periodontics clinic of the didactic medical unit. *Revista ADM*, 76(5), 256-260. www.medigraphic.com/admwww.medigraphic.org.mx

- Donnelly, K. L., Boldt, M. D. y Parks, E. J. (2005). Sources of fatty acids stored in liver and secreted via lipoproteins in patients with nonalcoholic fatty liver disease. *Journal of Clinical Investigation*, 115(5), 1343-1351. <https://doi.org/10.1172/JCI23621>
- El-Saied, A. A. (2014). Hepatoprotective effect of sesame oil against lead induced liver damage in albino mice: histological and biochemical studies. *American Journal of BioScience*, 2(6), 1. <https://doi.org/10.11648/j.ajbio.s.2014020602.11>
- Falade, A. O., Oboh, G., Ademiluyi, A. O. y Odubanjo, O. V. (2015). Consumption of thermally oxidized palm oil diets alters biochemical indices in rats. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(2), 150-156. <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2015.05.009>
- Famurewa, A. C., Ekeleme-Egedigwe, C. A., Nwali, S. C., Agbo, N. N., Obi, J. N. y Ezechukwu, G. C. (2017). Dietary supplementation with virgin coconut oil improves lipid profile and hepatic antioxidant status and has potential benefits on cardiovascular risk indices in normal rats. *Journal of Dietary Supplements*, 15(3), 330-342. <https://doi.org/10.1080/19390211.2017.1346031>
- Feliu, M. S., Fernández, I. y Slobodianik, N. (2021). Importance of omega 3 fatty acids in health. *Actualización En Nutrición*, 22(1), 25-32. <https://doi.org/10.48061/san.2021.22.1.25>
- Food and Agriculture Organization [FAO].(2010). Sustainable diets and biodiversity. *International Organization*, 1(2). <https://doi.org/10.1017/S002081830000607X>
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2008). *Grasas y ácidos grasos en nutrición humana Consulta de expertos*. FAO. <https://doi.org/978-92-5-3067336>
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2020). *Legumbres: semillas nutritivas para un futuro sostenible*. FAO. <https://doi.org/10.4060/i5528s>
- García, F. W. O. (2013). How to approach the rise of liver enzymes in healthy people? the importance for the general practitioner. *Revista de Gastroenterología Del Perú Órgano Oficial de La Sociedad de Gastroenterología Del Perú*, 33(3), 262-264.
- Glickman, R. M., Alpers, D. H., Drummey, G. D. y Isselbacher, K. J. (1970). Increased lymph alkaline phosphatase after fat feeding: effects of medium chain triglycerides and inhibition of protein synthesis. *Biochimica et Biophysica Acta Molecular and Cell Biology of Lipids*, 226-235.
- Guevara Tirado, A. (2022). Correlación del recuento de eosinófilos con las proteínas totales y la fosfatasa alcalina en pacientes asintomáticos con niveles normales y elevados de aspartato aminotransferasa de un policlínico de Villa El Salvador en Lima-Perú. *Horizonte Médico*, 22(4), e1965. <https://doi.org/10.24265/horizmed.2022.v22n4.01>
- Hachem, F., Vanham, D. y Moreno, L. A. (2020). Territorial and Sustainable Healthy Diets. *Food and Nutrition Bulletin*. [https://doi.org/10.1177/037957212097625341\(2\),875-1035](https://doi.org/10.1177/037957212097625341(2),875-1035)
- Hendry, C., Farley, A., McLafferty, E. y Johnstone, C. (2014). The digestive system: part 2. *Nursing Standard*, 28(25).
- Hernández, R. (2018). *Los ácidos grasos poliinsaturados y sus efectos sobre el ovocido y calidad embrionaria*. Tecnigrasas.

- Imafidon, K. E. y Okunrobo, L. O. (2012). Study on biochemical indices of liver function tests of albino rats supplemented with three sources of vegetable oils. *Nigerian Journal of Basic and Applied Science*, 19(2), 105-110.
- Instituto Nacional de Salud Pública [INSP]. (2023). *Día Mundial de la Obesidad en México: Intercambiando perspectivas*. INSP. <https://elpoderdelconsumidor.org/2023/03/dia-mundial-de-la-obesidad-en-mexico-intercambiando-perspectivas/#textEnMéxico%2C36.7%25delosadultosvivecon,de-tonadaparentornosnosaludables.3marzo%2C2023>
- Instituto Nacional de Salud. (1995). *Guía para el Cuidado y Uso de los Animales de Laboratorio Contenido*. <http://www.uss.cl/wp-content/uploads/2014/12/Guía-para-el-Cuidado-y-Uso-de-los-Animales-de-Laboratorio.pdf>
- Jiménez, P., Masson S, L. y Quitral R, V. (2013). Chemical composition of chia seed, flaxseed and rosehip and its contribution in fatty acids omega-3. *Australian Family Physician*, 40(2), 623.
- Lascrain, M., Avendaño, S., Amo, S. y Niembro, A. (2010). *Guía de frutos silvestres comestibles en Veracruz* (1a ed). http://www1.inecol.edu.mx/inecol/documentos/frutos_silvestres_comestibles.pdf
- Lindgren, E., Harris, F., Dangour, A. D., Gasparatos, A., Hiramatsu, M., Javadi, F., Loken, B., Murakami, T., Scheelbeek, P. y Haines, A. (2018). Sustainable food systems a health perspective. *Sustainability Science*, 13(6), 1505-1517. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0586-x>
- Liu, W., Zhu, M., Gong, M., Zheng, W., Zeng, X., Zheng, Q., Li, X., Fu, F., Chen, Y., Cheng, J., Rao, Z., Lu, Y. y Chen, Y. (2023). Comparison of the effects of monounsaturated fatty acids and polyunsaturated fatty acids on liver lipid disorders in obese mice. *Nutrients*, 15(14), 1-22. <https://doi.org/10.3390/nu15143200>
- López M. B., Oviedo, C. A., Velásquez, R. C., Ramírez, B. C. M. y Contreras, C. J. (2019). Efecto de la congelación y fritura en el contenido de ácidos grasos; (alfalinoleico, eicosapentaenoico y docosahexaenoico) en la especie Jurel (*Caranx Hippo*s). *Revista de La Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 27(46), 31-47.
- Mackenbach, J. D., Rutter, H., Compennolle, S., Glonti, K., Oppert, J. M., Charreire, H., De Bourdeaudhuij, I., Brug, J., Nijpels, G. y Lakerveld, J. (2014). Obesogenic environments: a systematic review of the association between the physical environment and adult weight status, the SPOTLIGHT project. *BMC Public Health*, 14(233), 1-15. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-233>
- Moreno, A., González, L., Mendoza, J., García, L. y Moreno, R. (2007). Utility of analytical parameters in the diagnosis of liver disease. *Anales de Medicina Interna*, 24(1), 38-46. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17373869>
- Muntané, J., González, R., Ranchal, I., Collado, J. A., López-, L. M., Herencia, C., Rodríguez, A., Muñoz, J. R. y de la Mata, M. (2007). Mecanismos de lesión hepatocelular. *Revista Española de Enfermedades Digestivas*, 99(7), 405-410. <https://doi.org/10.4321/s1130-01082007000700007>
- Nash, S. D. y Westpfal, M. (2005). Cardiovascular benefits of nuts. *American Journal of Cardiology*, 95(8), 963-965. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2004.12.035>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2022, 4 de noviembre). FAO reconoce a la Milpa Maya como sistema importante del patrimonio agrícola mundial. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2021, 7 de mayo). *Obesidad y Sobrepeso*. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Rodríguez, M., Tovar, A. R., Prado, M. y Torres, N. (2005). Mecanismos moleculares de acción de los ácidos grasos poliinsaturados y sus beneficios en la salud. *Revista de Investigación Científica*, 57(3), 457-472.
- Rodríguez, P. M. P., Calderín, M. G. y Casasola, S. G. (2015). *Hígado. Bazo. Vesícula y vía biliar*. Universidad Ecografía Clínica.
- Rojas, F. y Torres, G. (2015). Cirrí blanco. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 12(28), 49-51.
- Sabaté, J. y Ang, Y. (2009). Nuts and health outcomes: new epidemiologic evidence. *American Journal of Clinical Nutrition*, 89(5), 1643-1648. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.26736Q>
- Salmanian, S., Sadeghi, A. R., Alami, M. y Ghorbani, M. (2014). Phenolic content, antiradical, antioxidant, and antibacterial properties of hawthorn (*Crataegus elbursensis*) seed and pulp extract. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16(2), 343354.
- Sánchez, C. y Arévalo, A. S. (2005). Ácidos grasos esenciales en las diferentes etapas de la vida. *Ámbito farmacéutico Divulgación Sanitaria*, 24(4), 1-6.
- Sanhueza, C. J., Durán, A. S. y Torres, G. J. (2015). Los ácidos grasos dietarios y su relación con la salud. *Nutricion Hospitalaria*, 32(3), 1362-1375. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.3.9276>
- Sayyah, M., Hadidi, N. y Kamalinejad, M. (2004). Analgesic and anti-inflammatory activity of *Lactuca sativa* seed extract in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 92(2), 325-329. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.03.016>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación [SAG-DRPA]. (1999, 6 de diciembre). *Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio*. http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203498/NOM-062-zoo-1999_220801.pdf
- Sharma, U., Pal, D. y Prasad, R. (2014). Alkaline phosphatase: An overview. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 29(3), 269-278. <https://doi.org/10.1007/s12291-013-0408-y>
- Shayan, M., Kamalian, S., Sahebkar, A. y Tayarani-Najaran, Z. (2020). Flaxseed for Health and Disease: Review of Clinical Trials. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, 23(8), 699-722. <https://doi.org/10.2174/1386207323666200521121708>
- Taha, N., Mandour, A., Korshium, M., Lebda, M. y Emarha, R. (2014). Effect of sesame oil on serum and liver lipid profile in hyperlipidemic rats. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*, 43(1), 17. <https://doi.org/10.5455/ajvs.166197>
- Terrazas, T. y Wendt, T. (1995). Systematic wood anatomy of the genus *Tapirira* Aublet

- (Anacardiaceae)- a numerical approach. *Brittonia*, 47(2), 109-129. <https://doi.org/10.2307/2806951>
- Troxler, S. (2007). ¿Qué son los ácidos grasos esenciales?. *Food and Drug Protection Division* (919), 1-4.
- Vázquez, T. M., Campos, J. J. y Juaréz, F. M. (2017). *Árboles tropicales de Veracruz*. (1a ed.). Universidad Veracruzana.
- Vega, G. L., Garay, R. I., Hernando, D. A. y Ganado M. E. (2021). Beneficios de los ácidos grasos esenciales. *El farmacéutico* (596), 24-29).
- Villalpando, S., Ramírez, I., Bernal, D. y De la Cruz, V. (2007). *Grasas, dieta y salud*. (1a ed.). Instituto Nacional de Salud Pública.
- Xia, Y., Zhu, J., Qu, M., Yang, W., Fu, S., y Yu, L. (2024). Acute and subchronic oral toxicity study of Camelina sativa oil in Wistar rats. *Heliyon*, 10(1), e23654. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23654>
- Yu, F., Gao, J., Zeng, Y. y Liu, C. X. (2008). Inhibition of Coix seed extract on fatty acid synthase, a novel target for anticancer activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 119(2), 252-258. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.07.015>
- Zhang, S. (1999). *Digestive system*. An atlas of Histology.
- Zhao, G., Etherton, T. D., Martin, K. R., Vanden Heuvel, J. P., Gillies, P. J., West, S. G. y Kris-Etherton, P. M. (2005). Anti-inflammatory effects of polyunsaturated fatty acids in THP-1 cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 336(3), 909-917. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2005.08.204>