

Zapote negro (*Diospyros digyna*): Un fruto tropical con potencial en la industria agroalimentaria

Lyzbeth Hernández-Ramos^{1,2*} (<https://orcid.org/0000-0002-6621-2116>)

María del Rosario García-Mateos² (<https://orcid.org/0000-0003-2552-3951>)

¹Universidad Autónoma Chapingo-Estancia Posdoctoral. SECIHTI, Km. 38.5, Carretera México- Texcoco, Chapingo, Estado de México, C.P. 56230, México.

²Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, Km. 38.5, Carretera México- Texcoco, Chapingo, Estado de México, C.P. 56230, México.

*Autor para correspondencia: lyzr89@gmail.com

Resumen

El zapote negro (*Diospyros digyna*) es un fruto consumido desde tiempos antiguos por las culturas prehispánicas de México. Recientemente, el árbol de zapote negro ha llamado la atención de los investigadores debido a los atributos nutricionales de su fruto y, posiblemente, a las diferentes estructuras de la planta, que son una valiosa fuente de compuestos bioactivos. Sin embargo, su cultivo es limitado y su fruto poco consumido debido a la poca aceptabilidad asociada al color negro de la pulpa y a su cáscara en madurez de consumo. El objetivo del estudio fue mostrar el estado del arte de los atributos nutricionales y nutraceuticos del fruto, con la finalidad de promover



su producción, consumo y uso agroindustrial. El estudio describe los aspectos botánicos, distribución, cultivo, producción actual, composición nutricional y nutracéutica, usos y perspectivas futuras del fruto de zapote negro. Esta información puede contribuir a generar alternativas para el aprovechamiento de este recurso subutilizado, orientadas a potenciar su valor agregado y a mejorar el manejo y comercialización. Las investigaciones sobre el desarrollo de productos a partir de zapote negro permitirán a los agricultores obtener mejores ingresos por su cultivo y aprovechamiento de los atributos nutracéuticos del fruto.

Palabras clave: *Diospyros*, atributos nutricionales, propiedades nutracéuticas, potencial agroindustrial.

Recibido: 21 octubre, 2025

Aceptado: 29 mayo, 2026

Introducción

La especie *Diospyros digyna* Jacq. (sinónimo *Diospyros nigra* [Gmel.] Perr.), comúnmente conocida como zapote negro o prieto, es un árbol perteneciente a la familia *Ebenaceae* que crece en zonas tropicales y subtropicales del continente americano. México es considerado su centro de origen debido a su presencia nativa en ambas costas del país y a su registro en al menos 16 entidades federativas, entre ellas Campeche, Chiapas, Oaxaca, Tabasco, Veracruz y Yucatán (Merino-Sánchez et al., 2022; Paz Cruz, 2024).

A pesar de ser una especie nativa de México, consumida desde la época prehispánica, en 2024 su cultivo formal se reportó únicamente en los estados de Guerrero, Oaxaca y Puebla, con una superficie sembrada de 17.25 ha y una producción de 104.93 t, lo que representa aproximadamente una cuarta parte de la producción registrada en el 2015 (SADER, 2025). Esta disminución se debió a que el aprovechamiento del zapote negro se realiza principalmente en poblaciones silvestres, en



sistemas de traspatio y en cultivos a pequeña escala en huertos familiares, ya que su fruto es poco apreciado comercialmente.

Diversas partes de la planta, como las hojas, raíces, tallo, semillas y frutos, han sido utilizadas en la medicina ancestral mexicana debido a sus propiedades antibacterianas, antifúngicas, antiinflamatorias, antioxidantes y anticancerígenas, entre otras (Jiménez-González & Guerrero-Beltrán, 2021). Asimismo, se han reportado propiedades nutricionales y nutraceuticas en el fruto, derivadas de la presencia de carbohidratos (fibra dietaria, glucosa, fructosa y sacarosa), proteínas, minerales (principalmente calcio, fósforo y hierro), vitaminas (ácido ascórbico, niacina, riboflavina, tiamina y tocoferoles), así como compuestos bioactivos como carotenoides, antocianinas, ácidos fenólicos, flavonoides y taninos (Yahia et al., 2011b; Moo-Huchin et al., 2014; Ramírez-Briones et al., 2019; Jiménez-González & Guerrero-Beltrán, 2021;).

Estos atributos destacan el potencial nutraceutico del zapote negro; sin embargo, su consumo es limitado debido a su baja aceptabilidad sensorial, asociada al color marrón-negro del mesocarpio y al tono café oscuro del epicarpio (cáscara) al madurar (Morales Paredes et al., 2024). Aunque existen diversos estudios sobre sus propiedades nutricionales y nutraceuticas del fruto, esta contribución se elaboró con el objetivo de exponer y analizar los principales hallazgos reportados en la literatura reciente, con la finalidad de identificar áreas de oportunidad para su aprovechamiento sostenible, la revalorización agroindustrial de su fruto y la promoción de su conservación como recurso frutal nativo de México con alto potencial nutraceutico.

Materiales y métodos

El estudio correspondió a una revisión de la literatura con enfoque descriptivo-analítico centrado en la recopilación, análisis y síntesis de la información científica disponible sobre *Diospyros digyna* (zapote negro o prieto); para ello, se incluyeron publicaciones científicas, principalmente artículos originales y de revisión, relacionados con la especie.



Asimismo, se consideró literatura gris proveniente de fuentes institucionales, incluyendo libros especializados y capítulos de libro, así como sitios web de organismos como la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y otras plataformas con información estadística gubernamental. Estas fuentes se emplearon con el fin de complementar la contextualización de la información sobre distribución, producción y uso del recurso.

La búsqueda de información se realizó en bases de datos y plataformas científicas especializadas, incluyendo Scopus, SpringerLink, ScienceDirect, PubMed, Wiley Online Library, Google Scholar y Redalyc. Se emplearon como términos de búsqueda: *Diospyros digyna*, *Diospyros nigra*, zapote negro, zapote prieto y black sapote, en combinación con las palabras clave: botánica, morfología, distribución geográfica, manejo agronómico, producción, composición nutrimental, composición fisicoquímica, compuestos bioactivos, actividad antioxidante, propiedades nutraceuticas y valor agregado. El periodo de análisis comprendió de 1970 a 2026.

Del total de literatura identificada, solamente se identificaron 17 estudios que reportaron información cuantitativa sobre la composición fisicoquímica y nutraceutica del fruto, los cuales cumplieron con los criterios de inclusión establecidos y fueron utilizados para el análisis exploratorio de datos. Los valores extraídos se organizaron en una base de datos y se estandarizaron con base en peso fresco para permitir su comparación entre estudios. La variabilidad de los principales parámetros se evaluó mediante estadística descriptiva, calculando media ($\bar{X}$), mediana (Me) y cuartiles (Q_1 - Q_3). Con estos estadísticos se construyeron diagramas de caja (boxplots), los cuales permitieron visualizar la dispersión, la tendencia central y la presencia de valores atípicos en los datos recopilados, de acuerdo con lo descrito por Ferreira et al. (2016). El análisis y la elaboración de las gráficas se realizaron en Microsoft Excel (Microsoft Corp., versión 365).

La información recopilada se organizó en siete categorías: 1) descripción botánica, 2) origen, y distribución geográfica, 3) requerimientos y características agronómicas, 4) importancia económica y producción, 5) composición fisicoquímica, nutricional y nutraceutica del fruto, 6) potencial medicinal y propiedades bioactivas de *D. digyna*, y 7) usos del zapote negro y valor agregado.

Para el análisis de la importancia económica y la producción, se utilizaron datos del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON) del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2025),



correspondientes al periodo 1999-2024, a partir de los cuales se estimaron indicadores productivos como la Tasa Media Anual de Crecimiento (TMAC).

Resultados y discusión

Descripción botánica

La familia Ebenaceae comprende tres géneros reconocidos: *Diospyros*, *Euclea* y *Royena*. El género *Diospyros* es el más diverso, con más de 500 especies (Samuel et al., 2019). Este género tiene importancia económica por el aprovechamiento de su madera y frutos, además de una notable variabilidad morfológica. Entre las especies más estudiadas destacan *D. kaki* (caqui o persimón), *D. virginiana* (caqui americano), *D. lotus* (ciruelo datilero), *D. blancoi* (*D. discolor*) y *D. digyna* (sinónimo de *D. nigra*) (Jiménez-González y Guerrero-Beltrán, 2021). Esta última especie se conoce comúnmente como zapote negro o *tlilzapotl* en náhuatl. En México, el nombre común “zapote negro” también se aplica a otras especies del género *Diospyros*, como *D. conzattii*, que se distribuye en regiones con menores temperaturas y precipitaciones que *D. digyna* (García Díaz et al., 2018), y *D. xolocotzii*, especie endémica de la cuenca del Lago de Cuitzeo, que actualmente podría extinguirse localmente (Torres y Arizaga, 2014).

Diospyros digyna es un árbol dioico perennifolio de porte mediano (7 a 10 m de altura), que puede alcanzar hasta 25 m de altura (Figura 1). Presenta copa amplia, tronco de corteza oscura y madera dura. Las hojas son simples, coriáceas, de forma oblonga a elíptica. Las flores son fragantes, de color blanco cremoso a ligeramente amarillo, con disposición axilar; las femeninas se presentan solitarias y las masculinas en grupos de tres a siete. Predominan flores unisexuales, aunque



ocasionalmente pueden presentar flores hermafroditas (León, 2000; Wallnöfer, 2004; Navarrete-Zapata et al., 2020).



Figura 1. Aspecto general del árbol, fruto y pulpa de *Diospyros digyna*.

Fuente: Elaboración propia.

El fruto es una baya globosa de 8-10 cm de diámetro, con cáliz persistente de hasta 4 cm de diámetro (Figura 1). Generalmente contienen de tres a cinco semillas, aunque pueden presentar hasta 12; estas son planas, lisas y de color café, de 1.90–2.54 cm de largo, encerradas en una membrana transparente (León, 2000; Ledesma & Campbell, 2001; Olmedo-Obrero et al., 2024). Se han reportado individuos partenocárpicos (sin semillas) de *D. digyna*, que representan un mayor potencial de mercado (Navarrete-Zapata et al., 2020).

Los frutos inmaduros tienen pulpa amarillo-dorada y no son comestibles por su marcado sabor astringente. Al madurar, disminuye la firmeza de la pulpa, tornándose completamente suave; a la par de un cambio de color, presentándose un tono negro característico de la pulpa a partir de los 4 días posteriores a la cosecha (Miller et al., 1998; Ledesma & Campbei, 2001; Navarrete-Zapata et al., 2020).

El peso y las características del fruto son diversos (Cuadro 1), variando en función del genotipo, del manejo agronómico y de las condiciones ambientales donde crece la planta. En general, los frutos de plantas cultivadas son de mayor tamaño que los de plantas silvestres (García Díaz et al., 2018).



Cuadro 1. Características morfométricas del fruto de zapote negro (*Diospyros digyna*) reportadas en la literatura.

Origen	Peso fruto (g)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Referencia
Partenocárpico, cultivo, Yucatán, México	470.32	10.10	9.42	Navarrete-Zapata et al., 2020
No partenocárpico, cultivo, Yucatán, México	318.58	8.53	9.92	Navarrete-Zapata et al., 2020
Cultivo, Ajalpan, Puebla, México	499.98	11.40	9.60	Merino-Sánchez et al., 2022
Silvestre, Atlapexco, Hidalgo, México	160.70	6.88	8.10	Olmedo-Obrero et al., 2024

Fuente: Elaboración propia.

Origen y distribución geográfica

La familia Ebenaceae se originó en el período Cretáceo en Gondwana occidental (actualmente Sudamérica y África). Se diversificó durante el Paleoceno en las provincias paleogeográficas de Eurasia y América del Norte. Actualmente, la mayoría de las especies de esta familia se distribuyen en Asia y la región del Indo-Pacífico, se reportan alrededor de 20 especies presentes en México (Raven & Axelrod, 1974; García Díaz et al., 2018; Samuel et al., 2019). No existe información biogeográfica del género *Diospyros*, reconociéndose las zonas tropicales y subtropicales como las principales áreas de distribución (García Díaz et al., 2018). Respecto a *D. digyna*, se considera una



especie originaria de Mesoamérica, aunque durante mucho tiempo se creyó proveniente de Asia, debido a su localización en Indonesia, donde fue introducida.

D. digyna es nativa de México y Centroamérica, con una distribución pantropical. Las poblaciones de esta especie presentan un crecimiento limitado y suelen encontrarse en baja densidad de individuos. En la actualidad, se encuentra también en otras regiones de Estados Unidos (Florida), Filipinas e Indonesia (León, 2000; Wallnöfer, 2001). En México, el zapote negro se distribuye en 12 de las 17 provincias catalogadas como biogeográficas, de manera silvestre y cultivada, a lo largo de la costa del Golfo de México, en zonas de los estados de Campeche, Tabasco, Veracruz, y Yucatán; en la Costa del Pacífico, desde Michoacán hasta Chiapas; en las costas del mar Caribe, en Quintana Roo (Figura 2); así como, en regiones del centro del país, en los estados de Hidalgo, Morelos, Puebla y San Luis Potosí (García Díaz et al., 2018).

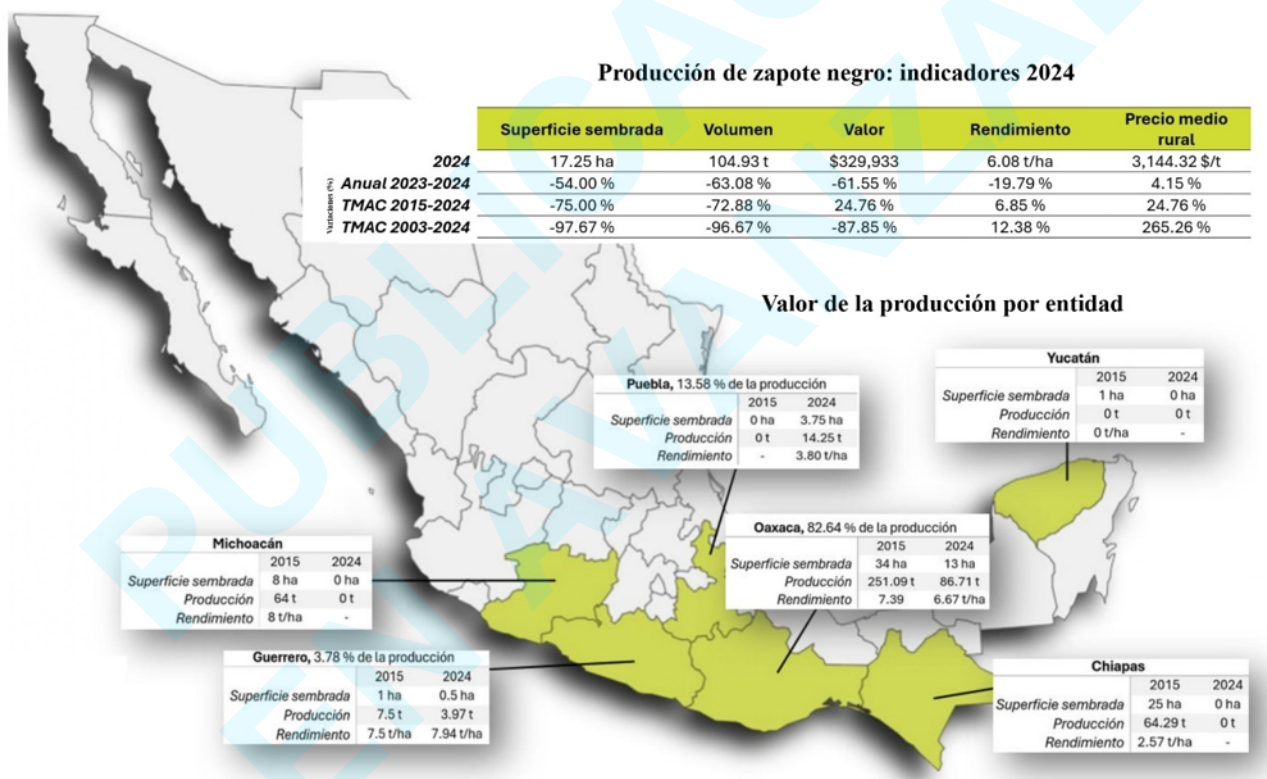


Figura 2. Indicadores productivos y situación actual del cultivo de zapote negro en México.

Fuente: Elaboración propia con datos de SADER (2025).



Requerimientos y características agronómicas

El árbol de zapote negro crece de manera natural en bosques secos y en llanuras aluviales cercanas a arroyos o lagunas, donde frecuentemente está expuesto a condiciones de inundaciones. Desde el punto de vista agronómico, *D. digyna* se adapta a climas tropicales y subtropicales, caracterizados por temperaturas cálidas y precipitaciones de moderadas a altas (Lim, 2012).

Se desarrolla en diversos tipos de suelo, incluyendo francos arenosos, arenosos y calcáreos, aunque presenta mejor desempeño en suelos con un buen drenaje. Su cultivo se extiende desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 1800 m de altitud, lo que refleja su amplia adaptabilidad ecológica (Lim, 2012; Crane et al., 2025).

En relación con su propagación, tradicionalmente se realiza mediante semilla; sin embargo, en sistemas productivos comerciales se ha incrementado el uso del injerto como método preferente, debido a que permite mayor uniformidad en las plantas y mejora la calidad del fruto (Comisión Nacional Forestal [CONAFOR], 2019; Crane et al., 2025).

La productividad y calidad del fruto están determinadas por la interacción entre factores ambientales y prácticas de manejo agronómico, incluyendo la nutrición, el riego, la poda y el manejo fitosanitario. Estas prácticas influyen directamente en el rendimiento, la sanidad del árbol y el valor comercial del fruto (Crane et al., 2025).

Importancia económica y producción



A nivel internacional, no existen estadísticas específicas sobre la producción de zapote negro. En México, algunas investigaciones han reportado producciones cercanas a 15000-16000 t anuales, con un valor aproximado de \$201,050/t pesos mexicanos (MXN) (Jiménez-González y Guerrero-Beltrán, 2021; Arias Alcalá et al., 2026). No obstante, estas cifras podrían sobreestimar la producción real de zapote negro, probablemente porque incluyen la producción total de distintos tipos de zapote.

En este sentido, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2021) clasifica, en sus registros estadísticos oficiales, a diversos frutos bajo la denominación general de “zapote”, considerándolos como tipos o variedades: zapote chico o chicozapote (*Manilkara zapota*), zapote amarillo (*Pouteria campechiana*), zapote blanco (*Casimiroa edulis*) y zapote negro (*D. digyna*), a pesar de que pertenecen a distintos géneros y familias botánicas. Este criterio, basado en el nombre común “zapote” y no en una relación taxonómica, puede contribuir a una errónea interpretación de los datos productivos. Por ejemplo, en 2022 la producción total de “zapotes” fue de 13,663 t (SADER, 2025), de las cuales aproximadamente el 98 % correspondió a chicozapote y el resto a zapote negro (271 t). En contraste, el aprovechamiento de los zapotes amarillo y blanco ocurre principalmente a pequeña escala, asociado a sistemas de traspatio o huertos familiares.

De acuerdo con datos del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON) (SADER, 2025), la producción de zapote negro ha disminuido en los últimos años, siendo en el 2003 cuando se reportó la mayor superficie sembrada de 740.50 ha y una producción de 3,155.33 t de este cultivo, distribuidas en siete entidades (Campeche, Chiapas, Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Puebla y Tabasco). En 2003, el estado de Campeche fue el principal productor de zapote negro con 82.00 % de la producción. Actualmente, ya no se registra este cultivo en esa entidad (Figura 2). En contraste, actualmente es Campeche es el principal productor nacional de chicozapote (*Manilkara zapota*)

En la Figura 2 se puede observar que el zapote negro ha experimentado una disminución constante en su producción durante los últimos diez años, con una tasa media anual de crecimiento negativa de 72.88 %. En 2024, la cosecha fue de 104.93 t, lo que representa una disminución de 179.28 t, en comparación con el año anterior (SADER, 2025). Se reconoce que la producción de zapote negro se desarrolla formalmente como cultivo en Guerrero, Oaxaca y Puebla (Figura 2). De estos estados, Oaxaca aporta 82.64 % de la producción nacional, pero ello representa una disminución



de 65.47 % con respecto al año anterior, asociada a una reducción de 61.76 % en la superficie sembrada en la entidad.

En general, este crecimiento negativo del cultivo de zapote negro que presenta México durante los últimos diez años puede deberse a diversas causas: (1) el zapote negro se encuentra ampliamente distribuido en zonas trópicas y semitropicales de México, donde su aprovechamiento es mayormente en pequeñas poblaciones silvestres, lo que implica un alto riesgo en el desarrollo de enfermedades por falta de variabilidad genética y baja tolerancia a cambios climáticos adversos; (2) destrucción y modificación del hábitat asociado al crecimiento urbano, deforestación y cambio en uso del suelo para establecer otros cultivos de mayor valor, dado que el zapote negro no es considerado dentro de los 64 cultivos estratégicos de seguimiento por la SADER; (3) el largo período de juvenilidad de los árboles desalienta a los productores para establecer plantaciones comercial de este cultivo, por lo que recurren a otras especies perennes que consideran una rentabilidad más rápida y elevada; (4) los productores carecen de un paquete tecnológico propio para la producción de zapote negro, por lo que es frecuente la presencia de plagas y enfermedades que impactan en el bajo rendimiento del cultivo; (5) bajos precios y dificultad para comercializar el producto en fresco. El zapote negro se encuentra entre los cultivos perennes con menor valor de producción. En 2024, el precio medio rural del fruto fue de \$3,144 MXN por t, considerado bajo en comparación con otros cultivos afines. En comparación, el chicozapote registró un precio medio rural de \$5,581 MXN por t de fruto y de \$102,500.00 MXN por t para zapote chiclero (SADER, 2025) utilizado en la extracción de látex para la elaboración de chicle; (6) desconocimiento de los beneficios asociados al consumo del fruto, aunado a su baja aceptabilidad sensorial, relacionada con el color café oscuro a negro de su pulpa y la cáscara en su estado de madurez de consumo.

Composición fisicoquímica, nutricional y nutracéutica del fruto



Se identificaron 17 artículos científicos (Figura 3) que abordan los atributos fisicoquímicos, nutricionales y nutraceuticos del fruto de zapote negro de la especie *D. digyna*. En general, la literatura coincide en que este fruto constituye una fuente de carbohidratos, fibra, minerales, vitaminas y compuestos nutraceuticos con actividad antioxidante. Estos hallazgos evidencian el potencial del fruto como probable alimento funcional, con beneficios para la salud del consumidor.



Figura 3. Investigaciones que proporcionan los datos fisicoquímicos y fitoquímicos, organizados según la temporalidad y el tipo de información.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores reportados de las principales variables fisicoquímicas, nutricionales y nutraceuticas se muestran en las Figuras 4, 5 y 6, las cuales muestran el intervalo de concentración de cada variable a partir de los estudios publicados hasta la fecha. En la mayoría de las variables se observa una amplia dispersión de los datos, evidenciada por una mayor altura de cada caja (mayor distancia entre Q_1 y Q_3), así como la media de las concentraciones (X) y la distribución asimétrica de los datos (línea que divide la caja, que representa la mediana, desplazada hacia un lado). Por ejemplo, para el caso de acidez (%) los valores oscilaron entre 0.07 % para el Q_1 y 0.91 % para el Q_3 , lo que indica una amplia dispersión entre los datos reportados por los diversos autores. El mismo análisis se aplica a las demás variables.

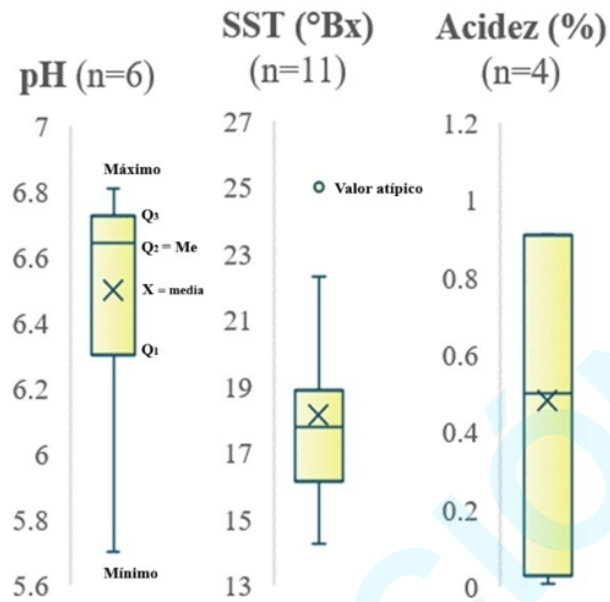


Figura 4. Variabilidad en los principales valores fisicoquímicos del fruto de zapote negro (*Diospyros digyna*), de acuerdo con los estudios incluidos en esta revisión sistemática (datos agrupados y expresados con base en peso fresco). Q₁ = primer cuartil, Q₂ = segundo cuartil, Q₃ = tercer cuartil, Me = mediana, n = número de datos reportados.

Fuente: Elaboración propia.

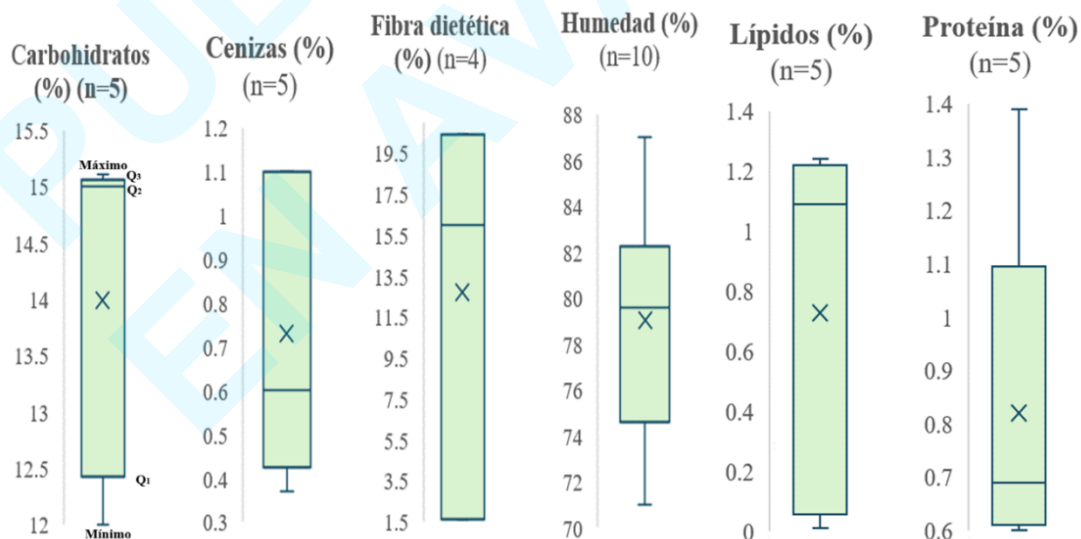


Figura 5. Variabilidad en los principales valores de composición nutrimental del fruto de zapote negro (*Diospyros digyna*), de acuerdo con los estudios incluidos en esta revisión sistemática



(datos agrupados y expresados con base en peso fresco). Q_1 = primer cuartil, Q_2 = segundo cuartil, Q_3 = tercer cuartil = mediana, X = media, n = tamaño de la muestra.

Fuente: Elaboración propia

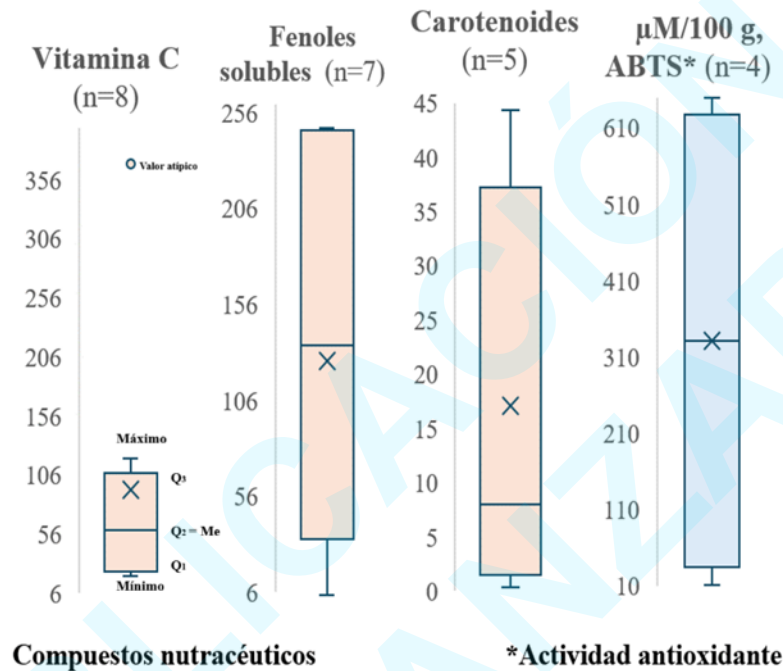


Figura 6. Variabilidad de los principales componentes nutraceuticos del fruto de zapote negro (*Diospyros digyna*), de acuerdo con los estudios incluidos en esta revisión sistemática (datos agrupados y expresados en peso fresco). Q_1 = primer cuartil, Q_2 = segundo cuartil, Q_3 = tercer cuartil = mediana, X = media y n = tamaño de la muestra. Los datos de vitamina C se expresan como mg EAA/100 g, los fenoles solubles totales como mg EAG/100 g y los carotenoides totales como mg/100g.

Fuente: Elaboración propia

Esta variabilidad puede atribuirse a factores como el estado de madurez, tiempo y condiciones de almacenamiento, grado de domesticación, diferencias entre métodos de análisis, entre otros parámetros. En este sentido, Underhill (2023) refiere que la composición fisicoquímica, valor



nutrimental y nutracéutico de diversos frutos pueden variar en función de su estado de madurez, debido a los múltiples cambios bioquímicos y fisiológicos que ocurren en este proceso, entre otros factores. En particular, el zapote negro es un fruto climatérico que se cosecha en estado de madurez fisiológica (coloración verde-amarillenta en el pericarpio), por lo que continúa su actividad metabólica durante la maduración, provocando cambios bioquímicos y fisiológicos relevantes (Arellano-Gómez et al., 2005; Navarrete-Zapata et al., 2020). Entre estos destacan la formación de pigmentos oscuros responsables de la apariencia, característica del fruto en madurez de consumo o sobremaduro, donde se observa una disminución del contenido de compuestos fenólicos (pérdida aproximada de 80 % desde madurez fisiológica hasta madurez de consumo) por oxidación, debido a las enzimas polifenoloxidasas, peroxidasas, y por degradación del contenido de vitamina C (una pérdida aproximada de 62 %) y carotenoides asociado a la presencia de oxígeno y a la acción de las enzimas ácido ascórbico oxidasa y lipoxigenasas (sintetizada durante el climaterio) (Arellano-Gómez et al., 2005).

Adicionalmente, se ha documentado que tanto la composición fisicoquímica como el valor nutrimental y nutracéutico de los frutos pueden variar en función del lugar de cosecha y las condiciones edafoclimáticas, manejo pre y postcosecha, así como de las técnicas de análisis empleadas (Hernández Ramos et al., 2020).

Por otra parte, actualmente está surgiendo un notable interés por estudiar tanto la parte comestible del zapote negro como la no comestible, que normalmente es desechada e incluye la cáscara y las semillas. En este sentido, Mannino et al. (2022) evaluaron el perfil fitoquímico y las propiedades antioxidantes de extractos de cáscara, pulpa y semillas de *D. digyna* cultivada en Sicilia, Italia. Entre los principales hallazgos se encuentran: (1) identificación de 29 compuestos que se distribuyen de manera variable en las estructuras del fruto; (2) alta presencia de compuestos fenólicos solubles totales en el fruto: 374.34 ± 10.12 , 134.58 ± 10.32 y 34.96 ± 8.93 mg EAG/100 g (peso fresco [p.f.]) en cáscara, pulpa y semillas, respectivamente; (3) la pulpa del zapote negro es una rica fuente de compuestos fenólicos, particularmente ácido sinápico y proantocianidinas; (4) el 70 % de los compuestos identificados en la semilla corresponden a ácidos orgánicos, siendo el ácido fumárico y el ácido cítrico los más abundantes; (5) en la cáscara se encuentran compuestos como el flavonoide miricitrina, y los ácidos fenólicos del grupo de los hidroxinámicos, como el ácido ferúlico y el ácido sinápico.



Por último, en términos comparativos, es importante destacar que los atributos del zapote negro presentados en las Figuras 4, 5 y 6 confirman que esta especie posee características fisicoquímicas que la sitúan dentro del intervalo de frutos tropicales con aptitud tanto para el consumo en fresco como para el procesamiento agroindustrial. Su contenido de sólidos solubles indica un nivel adecuado de dulzor, mientras que la acidez contribuye al equilibrio organoléptico del fruto.

Asimismo, al compararse con otras especies tropicales de importancia agroalimentaria, como el zapote mamey (*Pouteria sapota*), que presenta aproximadamente 19.89 °Bx y 1.03 % de acidez (Moo-Huchin et al., 2014), el zapote blanco (*Lucuma hypoglauca*), con 15.38 °Bx y 0.73 % de acidez (Moo-Huchin et al., 2014), y el chicozapote (*Manilkara zapota*), con 14.40°Bx y 0.08 % de acidez (Lim et al., 2018), el zapote negro muestra valores comparables, lo que respalda su potencial agroalimentario para consumo directo y posible transformación agroindustrial.

De manera similar, su contenido de compuestos fenólicos es comparable al de otros frutos tropicales como el chicozapote (*Manilkara zapota*), con valores de hasta 118 mg EAG/100 g p.f. (Román Cortes et al., 2022), la guayaba (*Psidium guajava*) con 148 mg EAG/100 g p.f., y el mango (*Mangifera indica*), con 113 mg EAG/100 g p.f. (Patthamakanokporn et al., 2008). No obstante, estos valores son inferiores a los reportados en el zapote blanco, reportado como *Lucuma hypoglauca* por Moo-Huchin et al. (2014), el cual alcanza hasta 373 mg EAG/100 g (p.f.).

Potencial medicinal y propiedades bioactivas de *D. digyna*

Las especies del género *Diospyros* presentan diversas propiedades medicinales asociadas a su composición fitoquímica, particularmente a la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides, terpenoides y otros metabolitos secundarios. Estas moléculas han sido relacionadas con actividades biológicas como anticancerígenas, antidermatósicas, antihelmínticas, antihipertensivas, antiinflamatorias, antimicrobianas, antifúngicas, antivirales, bactericidas, astringentes, gastroprotectores, hipoglucémicas, somníferas y en la prevención de Alzheimer, siendo útiles en el



tratamiento de la disnea, entre otras afecciones (Mallavadhani et al., 1998; Dewanjee et al., 2011; Jiménez-González & Guerrero-Beltrán, 2021). No obstante, gran parte de estas evidencias proviene de estudios *in vitro*, principalmente de la evaluación de extractos crudos, lo que limita la atribución directa de efectos a compuestos específicos.

En el caso de *D. digyna*, los estudios sobre su actividad biológica aún son limitados en comparación con otras especies del género. Las primeras investigaciones se centraron en tratar de aislar metabolitos bioactivos a partir de hojas y tallos de *D. nigra* (sinónimo *D. digyna*), debido a que se utilizaron durante mucho tiempo en la medicina tradicional como laxantes, astringentes y agentes antileucorreicos (Dinda et al., 2006). Los autores reportaron el aislamiento e identificación de la diospirodina y el acetato de diospirodina, así como, el efecto antimicrobiano de los extractos de hojas y tallos contra bacterias grampositivas y gramnegativas (*Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*), asociado a la presencia de estos compuestos (Dinda et al., 2006). Sin embargo, la evidencia sigue siendo limitada en términos de mecanismos de acción y estudios *in vivo*, lo que restringe la comprensión de su potencial farmacológico.

La actividad biológica más consistentemente reportada de *D. digyna* es la capacidad antioxidante del fruto. Mannino et al. (2022) documentaron la actividad antioxidante celular (CAA) de la cáscara, pulpa y las semillas de zapote negro, reportando valores de CAA₅₀ de 0.32 ± 0.06 , 0.94 ± 0.03 y 1.80 ± 0.06 mg de peso fresco (p.f.) por mL de medio celular para cáscara, pulpa y semillas, respectivamente, lo que indica mayor eficacia antioxidante celular de los extractos elaborados a partir de cáscara de zapote negro, con valores de tres a seis veces mayor que la observada en extractos de pulpa y semillas. Esta fuerte actividad antioxidante celular está asociada a la disponibilidad de compuestos bioactivos, principalmente a la presencia de compuestos fenólicos.

En relación con la citotoxicidad, Sauri-Duch et al. (2025) reportaron que extractos de pulpa de *D. digyna* no presentan actividad citotóxica significativa, dado que se requiere una concentración de extracto mayor a 100 µg/mL para inducir una disminución de 50 % en el número celular (IC₅₀), por lo que se concluyó que el extracto de pulpa de *D. digyna* no tiene citotoxicidad. Con base en lo anterior, es recomendable evaluar otras partes del fruto o de la planta para determinar un posible efecto citotóxico.

Finalmente, existen pocos estudios sobre el efecto antiestimulante del zapote negro. Recientemente, Corona et al. (2023) determinaron la eficacia de nanocápsulas de zapote negro



como alimento funcional para la industria avícola, destacando el efecto inmunoestimulante de esta especie, mediante un estudio *in vitro* con leucocitos de sangre periférica de gallinas y un estudio *in vivo* con dietas enriquecidas con nanocápsulas de zapote negro, observándose efectos inmunoestimulantes evidenciados por un incremento en la concentración de proteína total y la actividad de la enzima superóxido dismutasa en suero, así como el potencial antioxidante e inmunitario de este aditivo alimentario, asociado a la presencia de compuestos fenólicos, vitaminas, carotenoides, antocianinas, flavonoides y taninos en la pulpa de *D. digyna*.

Usos del zapote negro y valor agregado

En general, el zapote negro (*D. digyna*) se considera un fruto subutilizado debido a su bajo consumo, derivado de su aspecto poco atractivo y apetitoso, a pesar de sus propiedades nutricionales y nutracéuticas. En adición, es un material altamente perecedero, lo que se traduce en una corta vida poscosecha, ya que alcanza el estado de madurez de consumo cuatro días después de su cosecha, cuando el pericarpio se torna de color negro, al igual que el mesocarpio (Navarrete-Zapata et al., 2020). Esta condición limita su comercialización en fresco y favorece su aprovechamiento principalmente a nivel regional y estacional.

Por lo anterior, el consumo de esta fruta es mayormente regional en fresco, como fruta de temporada es usada en la preparación de postres, comúnmente a base de pulpa de zapote negro adicionada con jugo de cítricos (naranja, limón, lima o toronja) o leche, formulación que permite unificar la textura de la pulpa y que la hace más deseable al contribuir a mejorar las propiedades sensoriales, con lo que se favorece su aprovechamiento como ingrediente de tartas, panes o pasteles, en la elaboración de helados y dulces o simplemente para su consumo como mousse (Morales Paredes et al., 2024).

Desde una perspectiva agroindustrial, es poca la literatura disponible sobre productos alimenticios elaborados a partir de zapote negro. De hecho, únicamente dos autores refieren el aprovechamiento



de esta especie en la formulación de otros alimentos o mediante transformación, con el fin de agregar valor agregado (**Cuadro 2**). A pesar de estos avances, el número de investigaciones es reducido, lo que evidencia un importante potencial de innovación para el desarrollo de nuevos productos a partir de *D. digyna*.

Cuadro 2. Estudios recientes sobre la aplicación de la pulpa de zapote negro (*Diospyros digyna*) en el desarrollo de productos alimentarios.

Estudio	Jiménez-González et al. (2023)	Morales Paredes et al. (2024)
Estado de madurez	Madurez de consumo (pericarpio verde oscuro con manchas café y textura suave de la pulpa)	Madurez de consumo (verde con presencia de manchas negras) y fruto con cáscara negra
Origen	Puebla, México	Puebla, México
Objetivo	Obtención de pigmentos de zapote negro para su utilización en formulación de gomitas	Formular tres panes adicionados con mermelada de zapote negro, para evaluar su aceptabilidad en escolares (de 6 a 12 años)
Tecnología empleada, condiciones de proceso y aditivos empleados	Fermentación con <i>Lactobacillus casei</i> , <i>Lactobacillus rhamnosus</i> y <i>Saccharomyces cerevisiae</i> Extracción líquido-líquido con etanol a 80 % y puré fermentado en relación 1:1 Adición de 5 % de mezcla de malto-dextrina y goma de mezquite (1:1 p/p) Microencapsulación mediante secado por aspersión a 150°C	Tecnología de panificación: conchas, hojaldras y roles Tecnología de conservación por concentración y tratamiento térmico: mermelada artesanal



Hallazgos

El uso de pulpa de zapote negro como colorante natural en productos alimenticios es una alternativa prometedora a los colorantes sintéticos obtenidos a partir del azúcar.

El uso de mermelada de zapote negro no afecta el color, el sabor, el aroma ni la textura en productos de panadería

El proceso de fermentación aumenta el contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante del extracto

Conclusiones

El zapote negro (*D. digyna*) es una fruta de larga tradición en México, debido a su consumo desde tiempos prehispánicos. Sin embargo, su potencial permanece poco reconocido en la actualidad, por lo que su cultivo y aprovechamiento han disminuido considerablemente, clasificándose como un fruto subutilizado. No obstante, el fruto de *D. digyna* presenta un alto potencial para ser utilizado como ingrediente en el desarrollo de alimentos funcionales en beneficio de la salud de la población, por sus propiedades nutricionales y nutraceuticas, lo que podría contribuir a reducir el desperdicio poscosecha, incentivar su producción y promover su valorización agroindustrial. A pesar de ello, la información disponible sobre el desarrollo y la formulación de productos a base de zapote negro y sobre los mecanismos asociados a sus propiedades biológicas sigue siendo limitada. En este sentido, se recomienda impulsar futuras investigaciones orientadas a la innovación y desarrollo de nuevos productos, así como a la optimización de procesos de transformación y conservación de las propiedades nutraceuticas del fruto, con el fin de generar valor agregado que incentive su



producción y consumo. Estas estrategias favorecerían el aprovechamiento sostenible de un recurso fitogenético con potencial funcional y beneficios para la salud.

Referencias

- Arias Alcalá, A., Molinero Cárdenas, M. L., & Zamora Vega, R. (2026). Zapote negro, un alimento ancestral de la dieta mexicana con beneficios nutricionales. *Milenia, Ciencia y Arte*, 17, 1-4.
- Arellano-Gómez, L. A., Saucedo-Veloz, C. S., & Galarza, L. A. (2005). Cambios bioquímicos y fisiológicos durante la maduración de frutos de zapote negro (*Diospyros digyna* Jacq.). *Agrociencia*, 39(2).
- Can-Cauich, C. A., Sauri-Duch, E., Betancur-Ancona, D., Chel-Guerrero, L., González-Aguilar, G. A., Cuevas-Glory, L. F., Pérez-Pacheco, E., & Moo-Huchin, V. M. (2017). Tropical fruit peel powders as functional ingredients: Evaluation of their bioactive compounds and antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 37, 501-506. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.08.028>
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2019). Paquete tecnológico de *Diospyros digyna*. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/917Diospyros%20digyna.pdf>
- Corona, L. R. D., Rodríguez, M. E. M., Pérez, L. M. A., Yerena, A. R., Martínez Preciado, A. H., & Reyes-Becerril, M. (2023). Immunostimulant effects of diet supplementation with yellow (*Pouteria campechiana*), white (*Casimiroa edulis*), and black (*Diospyros digyna*) sapote nanocapsules on laying hens: *In vitro* and *in vivo* study. *Tropical Animal Health and Production*, 55(6), 360. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03778-y>



- Corral-Aguayo, R. D., Yahia, E. M., Carrillo-López, A., & González-Aguilar, G. (2008). Correlation between some nutritional components and the total antioxidant capacity measured with six different assays in eight horticultural crops. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(22), 10498-10504. <https://doi.org/10.1021/jf801983r>
- Crane, J. H., Balerdi, C. F., Vasquez, L., & Charpentier, V. (2025). Cultivando zapote negro en el jardín de su hogar en Florida (*Diospyros digyna*). *Horticultural Sciences*, 12. <https://doi.org/10.32473/EDIS-HS1511-2025>
- Dewanjee, S., Maiti, A., Sahu, R., Dua, T. K., & Mandal, V. (2011). Effective control of type 2 diabetes through antioxidant defense by edible fruits of *Diospyros peregrina*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, (1), 675397. <https://doi.org/10.1093/ecam/nep080>
- Dinda, B., Bhattacharya, A., De, U. C., Arima, S., Takayanagi, H., & Harigaya, Y. (2006). Antimicrobial C-Glucoside from aerial parts of *Diospyros nigra*. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 54(5), 679-681. <https://doi.org/10.1248/cpb.54.679>
- Ferreira, J. E., Miranda, R. M., Figueiredo, A. F., Barbosa, J. P., & Brasil, E. M. (2016). Box-and-whisker plots applied to food chemistry. *Journal of Chemical Education*, 93(12), 2026-2032. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00300>
- García Díaz, R., Cuevas Sánchez, J. A., Segura Ledesma, S., & Basurto Peña, F. (2018). Análisis panbiogeográfico de *Diospyros* spp. (Ebenaceae) en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(1), 187-200. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i1.749>
- García-Solís, P., Yahia, E. M., Morales-Tlalpan, V., & Díaz-Muñoz, M. (2009). Screening of antiproliferative effect of aqueous extracts of plant foods consumed in México on the breast cancer cell line MCF-7. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(sup6), 32-46. <https://doi.org/10.1080/09637480802312922>
- Hernández Ramos, L., García-Mateos, R., Castillo González, A. M., Ybarra Moncada, M. C., & Nieto Angel, R. (2020). Fruits of the pitahaya *Hylocereus undatus* and *H. ocamponis*: nutritional components and antioxidants. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 197-203. <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2020.093.024>



- Jiménez-González, O., & Guerrero-Beltrán, J. Á. (2021). *Diospyros digyna* (black sapote), an undervalued fruit: a review. *ACS Food Science & Technology*, 1(1), 3-11. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.0c00103>
- Jiménez-González, O., González-Pérez, J., Mejía-Garibay, B., López-Malo, A., & Guerrero-Beltrán. (2023). Caramel colour pigments from black sapote (*Diospyros digyna*): obtention and food application. *Sustainable Food Technology*, 1(4), 555-566. <https://doi.org/10.1039/D2FB00037G>
- Ledesma, N., & Campbeil, J. (2001). Reseña histórica, cultivares y propagación del zapote prieto (*Diospyros digyna* Jacq.) en el sur de la Florida. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*, 45, 12-14.
- León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales* (3^a ed). San José, Costa Rica.
- Lim, T.K. (2012). Edible medicinal and non-medicinal plants. *Fruits*, (2), 425-427. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1764-0>
- Mallavadhani, U. V., Panda, A. K., & Rao, Y. R. (1998). Review article number 134 pharmacology and chemotaxonomy of *Diospyros*. *Phytochemistry*, 49(4), 901-951. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(97\)01020-0](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(97)01020-0)
- Mannino, G., Serio, G., Berteà, C. M., Chiarelli, R., Lauria, A., & Gentile, C. (2022). Phytochemical profile and antioxidant properties of the edible and non-edible portions of black sapote (*Diospyros digyna* Jacq.). *Food Chemistry*, 380, 132137. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132137>
- Merino-Sánchez, L., Romero-Luna, H. E., García-Barradas, O., Mendoza-López, M. R., & Jiménez Fernández, M. (2022). Cambios fisicoquímicos y antioxidantes de zapote negro (*Diospyros digyna*, Ebenaceae) durante el desarrollo de frutos en el árbol. *Acta Botanica Mexicana*, 129. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.2032>
- Miller, W. R., Sharp, J. L. & Baldwin, E. (1998). Quality of irradiated and nonirradiated black sapote (*Diospyros digyna* Jacq.) after storage and ripening. *Proceedings Florida State Horticultural Society*, 110, 215-218.



- Moo-Huchin, V. M., Estrada-Mota, I., Estrada-León, R., Cuevas-Glory, L., Ortiz-Vázquez, E., Vargas, M. D. L. V. Y., Betancur-Ancona, D., & Sauri-Duch, E. (2014). Determination of some physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of tropical fruits from Yucatán, Mexico. *Food Chemistry*, 152, 508-515. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.013>
- Moo-Huchin, V. M., González-Aguilar, G. A., Moo-Huchin, M., Ortiz-Vázquez, E., Cuevas-Glory, L., Sauri-Duch, E., & Betancur-Ancona, D. (2017). Carotenoid composition and antioxidant activity of extracts from tropical fruits. *Chiang Mai Journal of Science*, 44, 605-616.
- Morales Paredes, Y., Santiesteban López, N., Arellano Rios, K., Ramírez Martínez, T., & Romero Rodríguez, S. (2024). Black sapote (*Diospyros digyna*) as an underutilized ingredient in the preparation of vegan breads for school children in Puebla, Mexico. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 24(6), 26725-26744. <https://doi.org/10.18697/ajfand.131.24710>
- Morton, J. (1987). Black Sapote *Diospyros digyna* Jacq. En Morton, J. F. (Ed.), *Fruits of warm climates*. (pp. 416–418). Miami, FL, USA.
- Navarrete-Zapata, C. N., Villanueva-Couoh, E., Cituk-Chan, D. E., & Pinzón-López, L. L. (2020). Caracterización morfológica y fases de maduración del zapote negro (*Diospyros digyna* Jacq.). *Agro Productividad*, 13(7). <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1676>
- Olmedo-Obrero, G., Villaseñor-Perea, C. A., Mancera-Rico, A., De La Cruz-De La Cruz, E., Venegas-Ordoñez, Ma. D. R., López-Canteñs, G. D. J., & Serna-Abascal, C. (2024). Physical characterization and mass modeling by geometrical attributes of black sapote (*Diospyros nigra* (J.F.Gmel.) Perr.). *Agrociencia*, 1-17. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v58i4.2972>
- Patthamakanokporn, O., Puwastien, P., Nitithamyong, A., & Sirichakwal, P. P. (2008). Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(3), 241-248. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.10.002>



- Paz Cruz, L. (2024). Zapote negro [Académica]. *Enciclovida*.
<https://enciclovida.mx/especies/163962-diospyros-nigra>
- Pino, J. A., Ortiz-Vazquez, E., Sauri-Duch, E., & Cuevas-Glory, L. (2014). Characterization of aroma-active compounds in black sapote (*Diospyros digyna* Jacq.). *Acta Alimentaria*, 43(4), 547-552. <https://doi.org/10.1556/AAlim.2013.0004>
- Ramírez-Briones, E., Rodríguez Macías, R., Casarrubias Castillo, K., Del Río, R. E., Martínez-Gallardo, N., Tiessen, A., Ordaz-Ortiz, J., Cervantes-Hernández, F., Délano-Frier, J. P., & Zañudo-Hernández, J. (2019). Fruits of wild and semi-domesticated *Diospyros* tree species have contrasting phenological, metabolic, and antioxidant activity profiles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(13), 6020-6031. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9878>
- Raven, P. H., & Axelrod, D. I. (1974). Angiosperm Biogeography and Past Continental Movements. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 61(3), 539. <https://doi.org/10.2307/2395021>
- Román Cortes, N. R., De Jesus Ariza Ortega, T., & Cruz Muñoz, R. (2022). Phytochemical content and antioxidant potential of tropical sapodilla fruit (*Manilkara zapota*). *Fruits*, 77(3). <https://doi.org/10.17660/th2022/013>
- Samuel, R., Turner, B., Duangjai, S., Munzinger, J., Paun, O., Barfuss, M. H. J., & Chase, M. W. (2019). Systematics and evolution of the old world Ebenaceae, a review with emphasis on the large genus *Diospyros* and its radiation in New Caledonia. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 189(2), 99-114. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boy081>
- Sauri-Duch, E., González-Aguilar, G. A., Zarza-García, A. L., Vargas- Y Vargas, M. D. L., Toledo-López, V. M., Moo-Puc, R. E., Betancur-Ancona, D. A., & Moo-Huchin, V. M. (2025). Phenolic compounds, cytotoxic activity and classification of tropical fruits from Southeast Mexico. En Segura Campos, M. R. (Ed.), *Improving Health and Nutrition through Bioactive Compounds* (pp. 191-199). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-21873-6.00013-0>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2021). Zapote y sus diversos colores. [gob.mx](http://www.gob.mx/agricultura/articulos/zapote-y-sus-diversos-colores). Recuperado 15 de octubre de 2025, de <http://www.gob.mx/agricultura/articulos/zapote-y-sus-diversos-colores>



- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2025). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), datos actualizados a diciembre de 2024. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/agricultura/dgsiap/documentos/siacon-ng-161430>
- Torres, I., & Arizaga, S. (2014). Nota sobre nuevas localidades de poblaciones silvestres del Zapote prieto (*Diospyros xolocotzii*, Ebenaceae), especie amenazada del occidente de México. *Acta Botanica Mexicana*, 1(107), 19–26. <https://doi.org/10.21829/abm107.2014.210>
- Underhill, S. J. R. (2003). Fruits of tropical climates. Commercial and dietary importance. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 2780-2785. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00534-4>
- Wallnöfer, B. (2001). The biology and systematics of Ebenaceae: A review. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien. Serie B*, 103, 485-512.
- Wallnöfer, B. (2004). Ebenaceae. En K. Kubitzki (Ed.), *Flowering Plants · Dicotyledons: Celastrales, Oxalidales, Rosales, Cornales, Ericales* (pp. 125-130). Springer. Alemania. https://doi.org/10.1007/978-3-662-07257-8_16
- Wilson, D., & Wilson, I. (1988). *Tropical fruit food composition table*. <https://www.rfcarchives.org.au/Next/Fruits/FruitCompositionTable7-88.htm>
- Yahia, E. M., & Gutiérrez-Orozco, F. (2011). Black sapote (*Diospyros digyna* Jacq.). En Yahia, E. M. (Ed.), *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits* (pp. 244-251e). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857092762.244>
- Yahia, E. M., De Jesús Ornelas-Paz, J., & González-Aguilar, G. A. (2011a). Nutritional and health-promoting properties of tropical and subtropical fruits. En *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits* (pp. 21-78). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857093622.21>
- Yahia, E. M., Gutiérrez-Orozco, F., & León, C. A. (2011b). Phytochemical and antioxidant characterization of the fruit of black sapote (*Diospyros digyna* Jacq.). *Food Research International*, 44(7), 2210-2216. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.025>