

Ensayo de Investigación

Composición química de madera y corteza de *Mammea americana* L.

Chemical composition of wood and bark of *Mammea americana* L.

Ana Cristina Herrera Fernández, Fabiola Eugenia Pedraza Bucio, José Guadalupe Rutiaga Quiñones*

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Autor de correspondencia:
*rutiaga@umich.mx

Recibido: 12-09-2022 Aceptado: 11-04-2023 (Artículo Arbitrado)

Resumen

El árbol de *Mammea americana* L. (Clusiaceae) es conocido por su importancia en el uso en medicina alternativa para el combate de algunas enfermedades. Se han reportado diversos resultados de investigaciones sobre sus semillas, fruto y corteza, pero se dispuso de poca o nula información sobre la composición química de su madera y corteza. En el presente trabajo se determinó la composición química del duramen, albura y corteza (sustancias extraíbles, lignina, holocelulosa, cenizas, microanálisis de cenizas y pH). Los resultados indican alta solubilidad en disolventes de polaridad media y alta, relativamente alto contenido de lignina y holocelulosa. Los elementos químicos mayoritarios fueron el calcio, magnesio y potasio. El pH de estos materiales lignocelulósicos fue ligeramente ácido.

Palabras clave: Cenizas, holocelulosa, lignina, pH, sustancias extraíbles. .

Abstract

The *Mammea americana* L. tree (Clusiaceae) is known for its importance in the use of alternative medicine to combat some diseases. Various research results have been reported on its seeds, fruit and bark, but little or no information was available on the chemical composition of its wood and bark. In the present work, the chemical composition of heartwood, sapwood and bark (extractives, lignin, holocellulose, ash, ash microanalysis and pH) was determined. The results indicate high solubility in medium and high polarity solvents, relatively high lignin and holocellulose content. The major chemical elements were calcium, magnesium and potassium. The pH of these lignocellulosic materials was slightly acidic.

Keywords: Ash, extractives, holocellulose, lignin, pH.

Introducción

Mammea americana L. (mamey de Santo Domingo) es un árbol de la familia Clusiaceae, que crece en Cuba, América Central y el norte de América del Sur. Actualmente se encuentra diseminado por todos los países del Caribe hasta Florida y desde México hasta Brasil (Francis, 1989). Su madera y su fruto (18 % de cáscara, 62 % de pulpa y 20 % de semilla) se consumen en varias regiones (Mosquera, Criado y Guerra, 2020). En México se han localizado árboles de mamey de Santo Domingo, en los estados de Veracruz, Xalapa y Quintana Roo, pero también en la zona de

tierra caliente del estado de Michoacán. Es un árbol de 8 hasta 25 metros de altura. Su copa es frondosa, de color verde oscuro, siempre verde. Su tronco es recto, su fruta es una pulpa carnosa firme y de color anaranjado, cubierta por una cáscara correosa de color pardo que se le atribuyen propiedades antibióticas; la fruta no es tolerada por todas las personas debido a su astringencia (Francis, 1989).

Se ha reportado que el fruto de *M. americana* contiene compuestos bioactivos como carotenoides, vitamina C, compuestos fenólicos y flavonoides

(Ordóñez, Martínez y Vázquez, 2014; Péroumal et al., 2017), y su cáscara posee la capacidad de remover Cr (VI) en solución (Acosta et al., 2012). Por su parte, sus semillas contienen coumarinas (Crombie, Games y McCormick, 1967a; Crombie, Games y McCormick, 1967b; Crombie et al., 1972a; Yang et al., 2006; Reyes et al., 2008) y tiene propiedades insecticidas (Crombie et al., 1972b), antimicrobianas (Manzano et al., 2012) y antibacteriales (Lemus et al., 2021; Pájaro et al., 2022). Sus hojas suelen utilizarse en la preparación de una bebida digestiva (Yang et al., 2006).

La corteza de esta especie tiene propiedades insecticidas (Francis, 1989), también se han investigado los efectos antiulcerogénicos de sus extractos etanólicos (Toma et al., 2005) y se ha reportado que contiene diversos metabolitos secundarios (taninos, alcaloides, flavonoides, triterpenos, esteroides, quinonas, saponinas y sapogeninas) y algunos compuestos tienen actividad antibacteriana (Mosquera Salas y Marrugo, 2022). La corteza suele utilizarse en el curtido casero de piel (Lim, 2012). Se reporta que en México y Jamaica se utiliza la goma de la corteza para el combate de niguas, pulgas y garrapatas de los animales (Yang et al., 2006).

La madera de *M. americana* es dura y pesada, con peso específico de 0.865 g/cm³ seca al aire libre, su duramen es color pardo rojizo y su albura es de color ligeramente más claro (Longwood, 1961); su madera es usada para pilares, postes, tornelería, vigas y en decoración de interiores (Lim, 2012). No se dispone de datos sobre la composición química de la madera y la corteza, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar la composición química del duramen, albura y corteza de esta especie, para contribuir a su conocimiento químico.

Materiales y métodos

Colecta y habilitación del material. Se utilizaron rodajas de ramas de 20 cm de espesor tomadas a una altura aproximada de 15 m del árbol de *Mammea americana* L., en la comunidad de “Las Pilas”, municipio de Ario de Rosales, Michoacán, México, ubicado en las coordenadas 19° 12' de latitud norte y en los 101° 40' de longitud oeste, a una altura de 1910 metros sobre el nivel del mar (msnm) (INEGI, 2022).

Las rodajas se secaron al aire libre, para posteriormente separar madera (duramen y albura) y corteza. Luego, por separado, el material fue astillado, molido

en un equipo Wiley y tamizado en un equipo RO-TAP para obtener harina de madera malla 40 (420 μm), usada para los análisis. Todos los análisis se realizaron por duplicado y se reporta el promedio y la desviación estándar.

Contenido de sustancias extraíbles. Para determinar la cantidad total de sustancias extraíbles se aplicó una secuencia de extracción con disolventes de polaridad creciente: ciclohexano, acetona, metanol, en un equipo Soxhlet, finalizando el ciclo de extracciones con agua caliente a reflujo y todas las extracciones se realizaron por un periodo de 6 horas (Mejía y Rutiaga, 2008). Los disolventes se recuperaron en un rotavapor marca Heidolph, aplicando vacío. La harina, después de la extracción sucesiva es llamada harina libre de extraíbles y se utilizó para determinar lignina y holocelulosa.

Lignina. El contenido de la lignina en la madera se efectuó siguiendo la metodología de Runkel y Wilke (1951), usando ácido sulfúrico al 72 % y ácido bromhídrico al 40 %, e hirviendo posteriormente con agua destilada durante un lapso de 5 min, luego se filtró, lavó y se secó en estufa a 103 °C, hasta obtener un peso constante.

Holocelulosa. La determinación de holocelulosa se determinó según el método de Wise, Murphy y D'Addieco (1946). Las muestras se colocaron en matraces Erlenmeyer, adicionando clorito de sodio y ácido acético, manteniéndolas a 75 °C, durante 4 h. Finalmente las muestras se filtraron, lavaron y secaron en estufa a 40 °C, hasta obtener un peso constante.

Contenido de materia inorgánica (cenizas). El contenido de cenizas se determinó mediante calcinación en una mufla a 525 °C, utilizando crisoles de níquel en apego a la norma T 211 om-93 (TAPPI, 2000).

Microanálisis de cenizas. Este experimento se realizó en un espectrómetro de rayos x, acoplado a un microscopio electrónico de barrido (Joel modelo JSM-6400), bajo las siguientes condiciones de operación: 20 kV y 8.5 segundos (Téllez-Sánchez et al., 2010).

pH. La determinación del pH (Moisture pH; MpH) se basó en el método de Sandermann y Rothkamm (1959) usando un potenciómetro marca HANNA (modelo pH 211), tomando lecturas en harina sin extraer y en harina después de proceso de extracción (libre de extractos).

Resultados y discusión

Contenido de sustancias extraíbles. En la Tabla 1 se muestran los resultados y se observa que la mayor solubilidad se presenta en la acetona, en los tres materiales lignocelulósicos, seguida por metanol, agua caliente y por último ciclohexano, es decir, las muestras contienen mayor concentración de sustancias de polaridad media, seguidas de sustancias polares y menor cantidad de sustancias no polares. Mediante una extracción sucesiva con estos solventes de polaridad ascendente, se puede lograr en general una mejor separación de las sustancias solubles de la madera en clases o tipos de sustancias (Hillis, 1971; Fengel y Wegener, 1989, Weissmann, Kubel y Lange, 1989). En relación a la cantidad total de sustancias extraíbles la mayor concentración fue en la corteza, seguida por duramen y por último la albura, lo que está en concordancia con la literatura (Hillis, 1987; Fengel y Wegener, 1989; Argueta et al., 2018).

No se dispuso de información previa sobre el contenido total de sustancias extraíbles de la madera y corteza de *M. americana*, pero algunas investigaciones previas que han aplicado la misma secuencia de extracción en algunas maderas latifoliadas reportan los siguientes resultados: *Lysiloma latisiliquum* (10.1 % en duramen), *Olneya tesota* (30.7 %, en duramen) (Gutiérrez et al., 2021), *Quercus candicans* (8.72 % en albura, 9.58 % en duramen y 13.18 % en corteza), *Q. laurina* (8.26 % en albura, 9.57 % en duramen y 12.80 % en corteza) y *Q. rugosa* (9.47 % en albura, 18.27 % en duramen y 19.39 % en corteza) (Argueta et al., 2018). Estos valores indican que *M. americana* contiene alto contenido de sustancias extraíbles, sobre todo en corteza, puede ser una oportunidad para profundizar en su estudio buscando posibles alternativas de utilización, además de las conocidas, como los efectos antiulcerogénicos de los extractos etanólicos de su corteza (Toma et al., 2005).

Tabla 1. Resultados de las extracciones con disolventes de polaridad ascendente (%).

Disolvente	Duramen	Albura	Corteza
Ciclohexano	0.48 ± 0.02	0.61 ± 0.01	3.21 ± 0.06
Acetona	12.61 ± 0.43	11.42 ± 0.52	13.66 ± 0.08
Metanol	4.32 ± 0.20	3.36 ± 0.18	8.03 ± 0.70
Agua caliente	1.76 ± 0.33	2.21 ± 0.19	4.99 ± 0.06
Total	19.17	17.60	29.89

Fuente: Elaboración propia.

Lignina. En la tabla 2 aparecen los resultados y se observa que la mayor concentración de lignina fue en la corteza y la menor en la albura, lo que coincide con la literatura (Fengel y Wegener, 1989; Herrera et al., 2017). No se dispuso de información sobre el contenido de lignina en madera y corteza de *M. americana*, pero los datos aquí obtenidos se encuentran dentro del rango de valores reportados para diferentes maderas latifoliadas: de 21.53 % en *Sterculia appendiculata* a 37.51 % en *Pseudolachnostylis maprounaefolia* (Lhate et al., 2010), y de 17.6 % en *Populus tremuloides* a 31.8 % en *Castanea sativa* (Fengel y Wegener, 1989).

Holocelulosa. En relación al contenido de polisacáridos la mayor cantidad correspondió a albura y la menor a corteza (Tabla 2); es conocido que el contenido de polisacáridos en la corteza es bajo en comparación con la madera (Fengel y Wegener, 1989). No se dispuso de información relativa al contenido de holocelulosa en la madera o corteza de *M. americana*, sin embargo, los resultados aquí obtenidos están en el rango reportado para algunas maderas latifoliadas; 89.2 % para *Salix alba* y 49.2 % para *Quercus rubra* (Fengel y Wegener, 1989).

Contenido de cenizas. De acuerdo a los resultados obtenidos el valor mayor fue en corteza, seguido de duramen y por último albura (Tabla 2); este patrón concuerda con datos reportados para *Quercus candicans* (2.36 % en corteza, 0.95 % en duramen y 0.55 % en albura) y *Q. laurina* (3.25 % en corteza, 0.75 % en duramen y 0.49 % en albura) (Herrera et al., 2017) y para *Q. petrea* (0.54 % en duramen y 0.21 % en albura) (Balaban y Yilgör, 1995). Sólo se dispuso información sobre el contenido de sustancias minerales en la fruta

Tabla 2. Resultados de la composición química.

Análisis	Duramen	Albura	Corteza
Total de extraíbles (%)	19.17	17.60	29.89
Lignina (%)	22.82 ± 0.01	21.22 ± 0.21	23.38 ± 1.52
Holocelulosa (%)	57.62 ± 0.03	62.19 ± 0.64	43.57 ± 0.57
Sustancias inorgánicas (%)	0.60 ± 0.02	0.44 ± 0.01	4.15 ± 0.02
Solubilidad a la sosa (%)	33.45 ± 0.06	28.43 ± 0.11	60.66 ± 0.40
pH (harina sin extraer)	5.11 ± 0.01	5.20 ± 0.01	4.91 ± 0.01
pH (harina libre de extractos)	6.08 ± 0.01	6.04 ± 0.01	6.61 ± 0.01

Fuente: Elaboración propia.

de *M. americana*, cuyos valores van de 0.25 % a 2.66 % (Macías et al., 2018). Información sobre contenido de cenizas en diferentes maderas latifoliadas van de 0.1 % a 1.0 %, mientras que en corteza de suelen encontrarse valores superiores a 10 % (8.9 a 13.1 %) (Fengel y Wegener, 1989).

Microanálisis de cenizas. De acuerdo a los resultados, en el duramen se detectó la presencia de once elementos químicos, en la albura diez y en la corteza nueve (Tabla 3). El resultado de mayor a menor concentración fue el siguiente:

Duramen: Ca>Mg>K>S>P>Si>Na>Al>Fe>Cl>Ti;

Albura: Ca>Mg>K>P>Na>S>Si>Fe>Al>Ti;

Corteza: Ca>K>Mg>P>Na>S>Si>Fe>Al.

Los elementos mayoritarios para los tres tipos de material lignocelulósico fueron calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (P); estos resultados reflejan la típica presencia de elementos químicos en las cenizas de la madera (Fengel y Wegener, 1989). No se dispuso de información relativa a la composición inorgánica de la madera y corteza de *M. americana*, pero los resultados obtenidos concuerdan en general con estudios previos con diferentes maderas latifoliadas que han utilizado la misma técnica (Herrera et al., 2017; Cárdenas et al., 2018; Ruiz et al., 2020).

pH. Los resultados de la medición del pH en la harina antes del proceso de extracción Soxhlet se muestran en la tabla 2. Los valores obtenidos corresponden a un pH ligeramente ácido (Kollmann, 1959) y se ubican dentro del rango reportado para la madera de diferentes especies: 3.3 para *Pseudotsuga menziesii* y 8.2 para *Terminalia superba* (Fengel y Wegener, 1989).

Tabla 3. Resultados del microanálisis de las cenizas (% at.).

Elemento	Duramen	Albura	Corteza
Magnesio (Mg)	16.75 ± 1.35	23.39 ± 0.74	18.71 ± 0.38
Silicio (Si)	2.43 ± 1.44	1.61 ± 0.38	1.42 ± 0.18
Fósforo (P)	3.50 ± 0.26	3.53 ± 0.28	14.71 ± 0.62
Azufre (S)	6.32 ± 0.67	1.98 ± 0.41	2.25 ± 0.23
Potasio (K)	10.54 ± 0.76	9.30 ± 0.56	24.77 ± 0.43
Calcio (Ca)	57.05 ± 1.60	56.89 ± 2.67	34.22 ± 1.67
Hierro (Fe)	0.74 ± 0.09	1.16 ± 0.26	0.66 ± 0.05
Aluminio (Al)	1.35 ± 0.81	1.00 ± 0.36	0.61 ± 0.18
Cloro (Cl)	0.63 ± 0.15	ND	ND
Sodio (Na)	1.50 ± 0.40	2.74 ± 0.18	2.73 ± 0.43
Titanio (Ti)	0.31 ± 0.08	0.31 ± 0.03	ND

Fuente: Elaboración propia.

Después de haber liberado las sustancias extraíbles, mediante la extracción sucesiva con solventes de polaridad creciente, los valores de pH se movieron hacia la región del punto neutro, donde la mayor variación fue en las muestras de corteza; este mismo efecto fue observado en muestras de duramen, albura y corteza de especies del género *Quercus* (Herrera et al., 2017), es decir, se comprueba que las sustancias extraíbles influyen en el pH de la madera (Fengel y Wegener, 1989).

Conclusiones

Se determinó la composición química en duramen, albura y corteza de *Mammea americana*. En general, la composición química de los tres materiales lignocelulósicos coincide con datos reportados para algunas especies de latifoliadas. Se encontró que, mediante la secuencia de extracción aplicada, los tres materiales contienen alta concentración de sustancias extraíbles de polaridad media y polaridad alta, y esto pudiera motivar otros estudios con la perspectiva de encontrar nuevas aplicaciones. Los elementos químicos de mayor concentración en las cenizas fueron calcio, magnesio y potasio. El pH de estos materiales es ligeramente ácido.

Agradecimientos.

Los autores desean agradecer el apoyo al proyecto CIC-JGRQ-21.3, por parte de la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Referencias

- Acosta, I., Sandoval, P., Bautista, D., Hernández, N., Cárdenas, J. F., and Martínez, V. M. (2012). Bioadsorción de cromo (VI) por la cáscara de mamey (*Mammea americana* L.). *Avances en Ciencias e Ingeniería*. 3(2):1-9.
- Argueta-Solís, M. G., Aguilar, C. N., Pintor-Ibarra, L. F., Chávez-González, M., Rojas-Molina, R., Wong-Paz, J. E., Pedraza-Bucio, F. E., y Rutiaga-Quiñones, J. G. (2018). Inhibición de la oxidación de lípidos y constituyentes fenólicos relacionados en la madera y la corteza de tres especies de encino (*Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*). *Agrociencia*. 52(5): 757-766.
- Balaban, M., and Yilgör, N. (1995). The acidity of hardwoods and softwoods grown in Turkey. *Holz Roh Werkstoff*. 53: 332.
- Cárdenas-Gutiérrez, M. A., Correa-Méndez, F., Pedraza-Bucio, F. E., Carrillo-Parra, A., Herrera-Bucio, R., López-Albarrán, P., and Rutiaga-Quiñones, J. G. (2018). Chemical components of the branches of six hardwood species. *Wood Research*. 63(5): 795-808.
- Crombie, L., Games, D. E., Haskins, N. J., and Reed, G. F. (1972a). Extractives of *Mammea americana* L. Part III, Identification of New Coumarin Relatives of *Mammea* B/BA, B/BB, and B/BC having

- 5,6-Annulation and Higher Oxidation Levels. *Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 1*. 2241-2248. doi.org/10.1039/P19720002241
- Crombie, L., Games, D. E., Haskins, N. J., and Reed, G. F. (1972b). Extractives of *Mammea americana* L. Part V. The Insecticidal Compounds. *Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 1*. 2255-2260. doi.org/10.1039/P19720002255
- Crombie, L., Games, D. E., and McCormick, A. (1967a). Extractives of *Mammea americana* L. Part I. The 4-n-Alkylcoumarins. Isolation and Structure of Mammea B/BA, B/BB, B/BC, and C/BB. *Journal of the Chemical Society C: Organic*. 7: 2545-2552. doi.org/10.1039/J39670002545
- Crombie, L., Games, D. E., and McCormick, A. (1967b). Extractives of *Mammea americana* L. Part II. The 4-Phenylcoumarins. Isolation and Structure of Mammea A/AA, A/A cyclo D, A/BA, A/AB, and A/BB. *Journal of the Chemical Society C: Organic*. 7: 2553-2559. doi.org/10.1039/J39670002553
- Fengel, D., and Wegener, G. (1989). *Wood, Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Berlin, Germany: Walter de Gruyter.
- Francis, J. K. 1989. *Mammea americana* L. Mamey, mamee-apple. SO-ITF-SM-22. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.
- Gutiérrez-Acosta, J. M., Orihuela-Equihua, R., Pintor-Ibarra, L. F., González-Ortega, N., Hernández-Solís, J. J., Ruiz-Aquino, F., Navarrete-García, M. A., and Rutiaga-Quiñones, J. G. (2021). On the Basic Chemical Composition of Selected Biomass Types from Four Regions of Mexico, for Bioenergetic Purposes. *BioResources*. 16(3):5694-5705. doi: 10.15376/biores.16.3.5694-5705
- Herrera-Fernández, A. C., Carrillo-Parra, A., Pedraza-Bucio, F. E., Correa-Méndez, F., Herrera-Bucio, R., López-Albarrán, P., and Rutiaga-Quiñones, J. G. (2017). Densidad, composición química y poder calorífico de la madera de tres especies de encino (*Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*). *Ciencia Nicolaita*. 72: 136-154.
- Hillis W. E. (1971). Distribution Properties and Formation of some Wood Stability *Wood Science and Technology*. 5: 272-289.
- Hillis, W. E. (1987). *Heartwood and the tree exudates*. Berlin, Germany: Springer.
- INEGI. (2022). Instituto Nacional de Estadística, Geografía, e Informática (INEGI). México en cifras. Michoacán de Ocampo. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=16#collapse-Resumen>
- Kollman, F. (1936). *Tecnología de la Madera y sus Aplicaciones*. Madrid, España: Ministerio de Agricultura. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera.
- Lemus, C., Smith-Ravin, J., and Marcelin, O. (2021). *Mammea americana*: a review of traditional uses, phytochemistry and biological activities. *Journal of Herbal Medicine*. 29:100466. doi.org/10.1016/j.hermed.2021.100466
- Lhate, I., Cuvilas C., Terziev, N., and Jirjis, R. (2010). Chemical composition of traditionally and lesser used wood species from Mozambique. *Wood Material Science & Engineering*. 5(3-4):143-150. doi.org/10.1080/17480272.2010.484867
- Lim, T. K. (2012). *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Volume 2, Fruits*. London: Springer. doi.org/10.1007/978-94-007-1764-0
- Longwood, F. R. (1961). Puerto Rican woods: their machining, seasoning and related characteristics. *Agric. Handb.* 205. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 98 p.
- Macías-Ganchozo, E. R., Bello-Moreira, I. P., Trueba-Macías, S. L., Anchundia-Muentes, X. E., Anchundia-Muentes, M. E., and Bravo-Moreira, C. D. (2018). Design, development and performance of solar dryer for pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.), mamey (*Mammea americana* L.) and banana (*Musa paradisiaca* L.) fruit drying. *Acta Agronómica*. 67(1):30-38. doi.org/10.15446/acag.v67n1.60901
- Manzano, P., Orellana, T., Catagua, D., Viteri, K., Cedeño, E., Ruiz, O., and Peralta, E. (2012). Tamizaje fitoquímico y evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos alcohólico y etéreo de la semilla de *Mammea americana* de Ecuador. *Yachana Revista Científica*. 1(1):1-6.
- Mejía-Díaz, L. A., and Rutiaga-Quiñones, J. G. (2008). Chemical composition of *Schinus molle* L. wood and kraft pulping process. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 7(2):145-149.
- Mosquera, W. G., Criado, L. Y., and Guerra, B. E. (2020). Actividad antimicrobiana de hongos endófitos de las plantas medicinales *Mammea americana* (Calophyllaceae) y *Moringa oleifera* (Moringaceae). *Biomédica*. 40:55-71. doi.org/10.7705/biomedica.4644
- Mosquera-Chaverra, L., Salas-Moreno, M., and Marrugo-Negrete, J. (2022). Ethnomedicinal Studies, Chemical Composition, and Antibacterial Activity of the *Mammea americana* L. Bark in the Municipality of Cértegui, Chocó, Colombia. *Advances in Pharmacological and Pharmaceutical Sciences*. Article ID 9950625:15. doi.org/10.1155/2022/9950625
- Ordóñez-Santos, L. E., Martínez-Álvarez, G. M., and Vázquez-Riascos, A. M. (2014). Efecto del procesamiento en las propiedades físico-químicas y sensoriales del fruto mamey amarillo (*Mammea americana* L.). *Agrociencia*. 48:377-385.
- Pájaro-González, Y., Oliveros-Díaz, A. F., Cabrera-Barraza, J., Fernández-Daza, E., Reyes, N., Montes-Guevara, O. A., Caro-Fuentes, D., Franco-Ospina, L., Quiñones-Fletcher, W., Quave, C. L., and Díaz-Castillo, F. (2022). Mammea B/BA Isolated from the Seeds of *Mammea americana* L. (Calophyllaceae) is a Potent Inhibitor of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*. *Frontiers in Pharmacology*. 13:826404. doi.org/10.3389/fphar.2022.826404
- Péroumal, A., Adenet, S., Rochefort, K., Fahrsmann, L., and Aurore, G. (2017). Variability of traits and bioactive compounds in the fruit and pulp of six mamey apple (*Mammea Americana* L.) accessions. *Food Chemistry*. 234:269-275. doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.145
- Reyes-Chilpa, R., Estrada-Muñoz, E., Vega-Avila, E., Abe, F., Kinjo, J., and Hernández-Ortega, S. (2008). Trypanocidal constituents in plants. 7. Mammea-type coumarins. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*. 103(5):431-436.
- Rowell, M. R. 1984. *The Chemistry of Solid Wood*. Washington, USA: American Chemistry Society.
- Ruiz-Aquino, F., Luna-Bautista, L., Luna-Bautista, A. E., Santiago-García, W., Pintor-Ibarra, L. F., and Rutiaga-Quiñones, J. G. (2020). Anatomical Characterization, Physical, and Chemical Properties of Wood of *Quercus macdougalii* Martínez, Endemic Species of the Sierra Juárez of Oaxaca, Mexico. *BioResources*. 15(3):5975-5998. doi: 10.15376/biores.15.3.5975-5998

- Runkel, R. O. H., and Wilke, K. D. (1951). Zur Kenntnis des thermoplastischen Verhaltens von Holz. *Holz Roh Werkstoff*. 9:260-270.
- Sandermann, W., and Rothkamm, M. (1959). Über die Bedeutung der pH-Werte von Handelsholzern und deren Bedeutung für die Praxis. *Holz Roh Werkstoff*. 17:433-440.
- TAPPI. (2000). TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry). TAPPI test methods. T 211 om-93, Ash in Wood and Pulp. Atlanta: TAPPI Press.
- Télez-Sánchez, C., Ochoa-Ruiz, H. G., Sanjuán-Dueñas, R., y Rutiaga-Quiñones, J. G. (2010). Componentes químicos del duramen de *Andira inermis* (W. Wright) DC. (Leguminosae). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 16(1):87-93.
- Toma, W., Hiruma-Lima, C. A., Guerrero, R. O., and Souza Brito, A. R. M. (2005). Preliminary studies of *Mammea americana* L. (Guttiferae) bark/latex extract point to an effective antiulcer effect on gastric ulcer models in mice. *Phytomedicine*. 12(5):345-350. doi: 10.1016/j.phymed.2003.06.009
- Weissman, G., Kubel, H., and Lange, W. (1989). Untersuchungen zur Cancerogenität von Holzstaub – Die Extraktstoffe von Eichenholz (*Quercus robur* L.). *Holzforschung*. 43(2):75-82.
- Wise, L.E., Murphy, M., and D'Addieco, A. A. (1946). Chlorite holo-cellulose, its fraction and bearing on summative wood analysis and on studies on hemicelluloses. *Paper Trade Journal*. 122:35-43.
- Yang, H., Jiang, B., Reynertson, K. A., Basile, M. J., and Kennelly, E. J. (2006). Comparative analyses of bioactive *Mammea* Coumarins from seven parts of *Mammea americana* by HPLC-PDA with LC-MS. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 54:4114-4220. doi: 10.1021/jf0532462