



Tectona grandis Linn. Retos y perspectivas del potencial uso de la especie

Tectona grandis Linn. challenges and perspectives of the potential use of the species

Autores

- ✉ ^{1*}Yamila Lazo-Pérez
- ✉ ²Arliet Morales-Moreno
- ✉ ¹Nancy Narcisa Rodríguez-Almeida

¹Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador.

²Palmeras del Ecuador S.A. Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Lazo-Pérez, Y., Morales-Moreno, A., Rodríguez-Almeida, N. N. (2024). *Tectona grandis* Linn. Retos y perspectivas del potencial uso de la especie. *La Técnica*, 14(1), 53-59. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v14i1.6426>

Recibido: Enero 31, 2024
Aceptado: Febrero 15, 2024
Publicado: Febrero 23, 2024

Resumen

Tectona grandis Linn. f es una especie perteneciente a la familia Lamiaceae, que crece en la península India, Myanmar, Tailandia, República Democrática Popular Laos. El presente estudio ofrece una evaluación farmacognóstica (índices numéricos) y evalúa el poder antioxidante del extracto acuoso de las hojas de *T. grandis*. Se realizó un estudio de secado al sol y en estufa para determinar el método más idóneo, resultando ser el de la estufa el más adecuado, con un tiempo máximo de secado de 30 h. Los índices numéricos de humedad residual, cenizas totales, cenizas solubles en agua y cenizas insolubles en ácido clorhídrico se utilizaron para garantizar la calidad del material vegetal y establecer, por primera vez, esos parámetros para las hojas de la especie. Se determinó el contenido de fenoles totales, con valores entre 75 y 310 mg EAG·gDE⁻¹, así como la evaluación del potencial reductor del radical 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), y la actividad antioxidante del extracto por el sistema β-caroteno/ácido linolénico. El extracto obtenido de las hojas de *T. grandis* mostró prometedora actividad antioxidante.

Palabras clave: *Tectona grandis*; actividad antioxidante; índices numéricos; farmacognóstico.

Abstract

Tectona grandis Linn f. is a species belonging to the Lamiaceae family, which grows in the Indian peninsula, Myanmar, Thailand, Lao People's Democratic Republic. The present study offers a pharmacognostic evaluation (numerical indices) and evaluates the antioxidant power of the aqueous extract of the leaves of *T. grandis*. A drying study was carried out in the sun and in an oven to determine the most suitable method, and the oven method turned out to be the most appropriate, with a maximum drying time of 30 h. The numerical indices of residual moisture, total ash, water-soluble ash and hydrochloric acid-insoluble ash were used to guarantee the quality of the plant material and establish, for the first time, these parameters for the leaves of the species. The content of total phenols was determined, with values between 75 and 310 mg GAE·gDE⁻¹, as well as the evaluation of the reducing potential of the radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), and the antioxidant activity of the extract by the system β-carotene/linolenic acid. The extract obtained from *T. grandis* leaves showed promising antioxidant activity.

Keywords: *Tectona grandis*; antioxidant activity; numerical indices; pharmacognostic.



Introducción

Las plantas pueden producir metabolitos con actividad antioxidante, especialmente compuestos fenólicos (Haggag y Elhaw, 2022), entre ellos flavonoides y taninos. Además, los compuestos naturales son innovadores, económicos, de fácil acceso y tienen una toxicidad reducida. El estudio de las plantas medicinales ha recibido especial atención con el objetivo de descubrir nuevas aplicaciones. El estudio de *Tectona grandis* Linn. (Lamiaceae) ha recibido especial atención debido a sus diversos usos. Los metabolitos secundarios, también conocidos como extractivos en el contexto de los productos forestales, son compuestos químicos no estructurales producidos por las plantas.

Los polifenoles son un grupo de diferentes compuestos con actividad reconocida, que inhiben varias enzimas (Gonçalves et al., 2017; Xuan Zhou et al., 2021) varios polifenoles son potentes inhibidores de radicales libres. Algunos autores atribuyeron la bioactividad de la especie no solo a la toxicidad de los extractos sino a un efecto sinérgico de propiedades tóxicas y antioxidantes (Vuolo et al., 2019). Los metabolitos secundarios más importantes identificados en las hojas de *T. grandis* (Macías et al., 2008) son los apocarotenoides, el ácido abeograndinoico, taninos, probablemente del tipo galotanino, elagitaninos, derivados del ácido gálico, digálico y elágico (Macías et al., 2010).

Para algunos apocarotenoides se ha demostrado su fitotoxicidad se ha comprobado el efecto alelopático en la lechuga y el tomate (de Vargas et al., 2016). Otros estudios permitieron aislar diterpenos y triterpenos y demostraron la alta actividad fitotóxica del ácido 2-oxokovalénico y del 19-hidroxiferuginol (Macías et al., 2010). Algunos estudios sugieren que los ácidos triterpénicos como el oleanólico y el ursólico o sus glucósidos (extractos de diclorometano) pueden estar relacionados con la resistencia a los ataques de termitas y hongos (Krishna et al., 2010). Lacret et al. (2012) aislaron lignanos, norlignanos y algunos compuestos fenólicos a partir de diclorometano y acetato de etilo. También es importante destacar que aislaron por primera vez tectonoelina A y tectonoelina B de *T. grandis*, además aislaron antraquina en las mismas condiciones (Lacret et al., 2012). Nayeem y Karvekar (2010) encontraron ácidos fenólicos.

Debido a que el material vegetal se ve afectado por características climatológicas, suelo, edad y los factores genéticos (Majumdar et al., 2007), es importante obtener información precisa de su composición química para evaluar sus potencialidades. Además, la composición de los extractos, presentan diferencias de una planta a otra e incluso dentro del mismo árbol; por lo que, la estandarización de los procesos es importante. Este estudio tuvo como objetivo evaluar parámetros farmacognósticos de las hojas de la especie *T. grandis* y el efecto antioxidante del extracto acuoso de las mismas.

Materiales y métodos

Material vegetal

El material vegetal empleado en la investigación fue recolectado en la localidad Shushufindi provincia de Orellana, entre los meses de septiembre y octubre de 2023, en horas de la mañana. Incluía las hojas de la planta de un suelo carbonatado (figura 1).



Figura 1. Hoja de *Tectona grandis*.

Estudio de secado

Se realizó un estudio de secado (50 g) de hojas *T. grandis*, lo que permitió establecer el método más adecuado y el tiempo necesario para realizar este proceso. Se estudió el método tradicional de secado al sol y secado artificial mediante horno de recirculación de aire (BINDER GmbH, Alemania). A continuación, el material vegetal se molió hasta un tamaño de partícula entre 1 y 2 mm en un molino de cuchillas (IKA Werke MF 10, EE.UU.). El material vegetal seco y molido se almacenó en bolsas de polietileno en una desecadora protegido de la luz y la humedad, hasta su uso posterior.

Obtención de extracto acuoso

Se utilizó el método de extracción asistida por ultrasonido (Branson, EE.UU.), utilizando agua como disolvente. En cada extracción se pesaron 40 g de material vegetal seco y pulverizado y se agregaron 400 mL de agua destilada, humedeciendo primero con una parte del disolvente, estableciendo 1 h de extracción a 60 °C y el 75% de potencia ultrasónica, repitiéndose el proceso hasta lograr el agotamiento total del material vegetal, una vez finalizado el proceso de extracción, se recolectaron los volúmenes correspondientes de cada extracción, se filtró y se concentró a mínimo volumen mediante un rotavapor (IKA Rotary Evaporators 10 digital V., EE.UU.). Del extracto final se tomaron 5 mL para determinar el contenido total de sólidos. El volumen restante se evaporó hasta sequedad. El valor del rendimiento se determinó usando la ecuación (1) donde Mf fue la masa final

del extracto seco y M_i fue la masa inicial del material vegetal empleado en la extracción.

$$R = \frac{M_f}{M_i} * 100 \quad (1)$$

Contenido de humedad residual

El contenido de humedad residual se determinó por el método gravimétrico:

Cenizas totales, cenizas solubles en agua y cenizas insolubles en HCl se realizaron según USP38 (2015).

Contenido de fenoles totales

El contenido de fenoles totales en el extracto acuoso de hojas de *T. grandis* se determinó mediante la reacción colorimétrica de Follin-Ciocalteu (Molole et al., 2022), con algunas modificaciones. Se prepararon curvas de calibración (125, 250, 500 y 1000 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) a partir del estándar de ácido gálico hasta 1000 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ (Sigma-Aldrich). Para el ensayo se utilizaron placas de 96 pocillos. Una vez preparadas las soluciones, se colocaron 50 μL de cada solución en los pocillos (por triplicado), se agregaron 100 μL de reactivo de Folin-Ciocalteu (1 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) y se dejó reaccionar durante 8 min. Luego se agregaron 80 μL de solución de carbonato de sodio al 7,5%, se homogeneizó y se incubó a temperatura ambiente en la oscuridad durante 2 h. La absorbancia se midió a 765 nm usando un lector de microplacas Varioskan™ LUX (Thermo Fisher Scientific, Inc., Waltham.). El contenido total de compuestos fenólicos en el extracto se expresó como miligramos equivalente de ácido gálico por gramo de extracto ($\text{mg EAG}\cdot\text{gDE}^{-1}$) utilizando la ecuación obtenida de la curva de calibración del ácido gálico.

Actividad antioxidante del extracto acuoso

Evaluación de la capacidad de reducción del radical 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH)

La actividad antioxidante se evaluó utilizando el reactivo 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), siguiendo la metodología descrita por (Adeku et al., 2022) con modificaciones menores. Se utilizó metanol como blanco y una solución metanólica de pirogalol (concentración final de 50 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) como testigo positivo para el ensayo. El extracto acuoso de hojas de *T. grandis* se evaluó por triplicado, con concentraciones finales que oscilaron entre 1 y 200 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, en una microplaca de 96 pocillos. A los pocillos correspondientes a las muestras se les añadió solución de DPPH (100 μL , 300 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) y a los pocillos correspondientes al control se les añadió 100 μL de metanol. La placa se leyó a $\lambda=517$ nm a intervalos de 5 minutos. Después de 30 minutos, se calculó el porcentaje de actividad antirradical (ARA) utilizando la ecuación (2).

$$\%ARA = 100 - \left[\frac{(A_m - A_{\text{blanco}})}{A_c} * 100 \right] \quad (2)$$

donde Ac correspondió a la absorbancia del testigo y A_m fue la absorbancia de la muestra a los 30 minutos. Las muestras con una IC50 inferior a 200 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ se consideraron activas y las muestras con resultados inferiores a 50 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ se consideraron prometedoras.

Evaluación de la actividad antioxidante por el sistema β -caroteno/ácido linoleico

Se desarrolló un sistema de cooxidación de β -caroteno/ácido linoleico para la evaluación de la actividad antioxidante (Chintong et al., 2019). El extracto acuoso de hojas de *T. grandis* se solubilizó en metanol (concentración de 2,2 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$) y posteriormente se diluyó a concentraciones entre 125 y 200 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$. Se agregaron alícuotas (25 μL) de cada concentración a una placa de 96 pocillos y se transfirieron 25 mg de ácido linoleico y 100 mg de Tween 20 a un balón que contenía 1 mL de solución de β -caroteno (1 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$) en cloroformo.

La mezcla se evaporó para eliminar el cloroformo, se agregaron 50 mL de agua aireada para obtener la emulsión de β -caroteno y se colocaron 250 μL de la emulsión en los pocillos de la microplaca. El blanco se preparó según la metodología descrita, pero sin la adición de la solución de β -caroteno. Se utilizaron metanol y quercetina (20 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) como testigos negativo y positivo, respectivamente. La primera lectura se tomó a 470 nm y posteriormente la placa se incubó a 45 °C con lecturas tomadas cada 15 minutos, durante 120 minutos. La actividad antioxidante se expresó como porcentaje de inhibición de la peroxidación lipídica (%I), según la ecuación (3) (Gouveia-Figueira et al., 2014):

$$\%I = \frac{(AbsC_{\text{inicial}} - AbsC_{\text{final}}) / (AbsS_{\text{final}} - AbsS_{\text{inicial}})}{(AbsC_{\text{inicial}} - AbsC_{\text{final}}) * 100} \quad (3)$$

donde AbsC inicial fue la absorbancia del testigo en $t=0$ y AbsC final fue la absorbancia del testigo en $t=120$ min. AbsS inicial correspondió a la absorbancia de las muestras en $t=0$, y AbsS final a la absorbancia de las muestras en $t=120$ minutos. Las muestras con resultados inferiores a 50 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ se consideraron prometedoras.

Análisis estadístico

Todos los análisis se realizaron por triplicado. Los datos informados se expresaron como la media de las repeticiones. Los resultados de los ensayos de actividad antioxidante se expresaron como concentración efectiva para capturar el 50% de los radicales (IC50) determinada mediante regresión no lineal utilizando GraphPad Prism (GraphPad Software, San Diego, CA, EE. UU., versión 6).

Resultados y discusión

El material vegetal se recolectó en áreas de suelos ricos en carbonatos ubicadas en la provincia de Orellana, localidad Shushufindi. Esto se realizó de forma manual y durante las



primeras horas de la mañana. El estudio de secado al sol (figura 2) mostró que después de las 30 h hubo un comportamiento constante con relación a la pérdida de biomasa del material vegetal, indicando que el tiempo óptimo de secado fue de 36 h en estas condiciones. También se realizó el método de secado artificial en estufa a 35 °C, y se encontró que después de 30 h, hubo un comportamiento constante con relación a la pérdida de la biomasa del material vegetal.

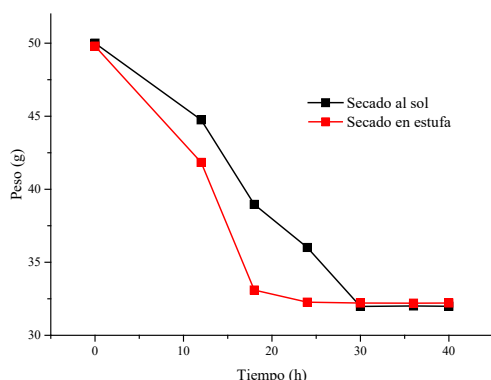


Figura 2. Estudio de secado de las hojas *Tectona grandis*.

Por lo tanto, el tiempo óptimo de secado de las hojas de esta especie fue de 30 h en estufa con aire recirculado, ya que mostró menor tiempo en el proceso, los factores ambientales no afectaron la calidad del material vegetal porque la temperatura fue estable y hubo una correcta ventilación. Este proceso también redujo sustancialmente el volumen y biomasa del material vegetal, permitiendo su almacenamiento por un período más prolongado. El proceso de secado no modificó significativamente el color de las hojas, aunque sí la friabilidad, lo que facilitó la posterior reducción del tamaño de partículas para favorecer el proceso extractivo. El material vegetal seco y molido conservó las características macromorfológicas de las drogas naturales (USP38, 15).

Extracción, determinación del rendimiento y humedad residual

La extracción se realizó asistida por ultrasonido, con un rendimiento extractivo de (20,95%) y alto contenido de sólidos totales. El ensayo del contenido de humedad residual es particularmente importante para drogas vegetales que absorben agua fácilmente o se deterioran rápidamente en presencia de la misma. Al realizar el secado se obtuvo un contenido de humedad residual de 6,77%, el cual se encontró por debajo del valor límite establecido (10%) (USP38, 2015). Este valor garantizó una adecuada calidad del material vegetal, ya que contribuyó a su

preservación de los microorganismos y de la acción de enzimas que provocaron cambios químicos que afectaron la calidad del material a lo largo del tiempo (Aware et al., 2022).

En tabla 1 se muestra que el contenido de cenizas totales (8,99%) fue alto (superior al 5%), lo cual fue representativo de la composición inorgánica de las hojas (Shakeel et al., 2022). El resultado de cenizas solubles en agua, como se muestra en la tabla 1, fue de 3,41%, lo que fue indicativo de la presencia de sales de metales alcalinos y alcalinotérreos. Los resultados de cenizas insolubles en HCl aportaron un valor de 0,91%. Al comparar estos resultados con los estudios realizados para otros órganos de la planta, se encontró que el mayor porcentaje de material inorgánico no se encontró en las hojas de la especie.

Tabla 1. Índices numéricos para las hojas de la especie *Tectona grandis*.

Indice	Resultados (%)
Humedad residual	6,7
Cenizas totales	8,99
Cenizas solubles en H ₂ O	3,41
Cenizas insolubles en HCl	0,91

Los polifenoles tienen una estructura química ideal para la actividad eliminadora de radicales libres (Guo et al., 2022). El contenido de fenoles totales en el extracto acuoso de hojas de *T. grandis* se calculó utilizando la curva de calibración de ácido gálico ($y = 0,0099x + 0,0262$, $R^2 = 0,9961$) y se expresó como mg EAG·gDE⁻¹ (miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de extracto seco). El contenido fenólico del extracto evaluado osciló entre 75 y 310 mg EAG·gDE⁻¹ (figura 3), el cual fue superior a los valores reportados para otras especies de la familia Lamiaceae (Bhaskara et al., 2015), confirmando los resultados obtenidos. En el cribado fitoquímico de la presencia de los principales grupos de compuestos polifenólicos, incluidos flavonoides y taninos (Mama et al., 2019). El contenido de polifenoles reportado en otras partes de *T. grandis* fue similar al del extracto acuoso de las hojas, lo que podría estar relacionado con la ruta biogenética utilizada por la especie para la formación de estos metabolitos.

Evaluación del potencial reductor del radical DPPH

Los resultados del ensayo se muestran en la tabla 2 y se expresaron como IC₅₀, que es la concentración eficaz para disminuir la concentración inicial de DPPH en un 50%. El extracto acuoso de hojas de *T. grandis* se consideró activo al presentar valores de IC₅₀ inferiores a 200 µg·mL⁻¹ y con actividad antioxidante

cuando se obtuvieron valores inferiores al parámetro establecido de $50 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ($\text{IC}_{50} = 40,35 \pm 0,66 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) (Sharma et al., 2014).

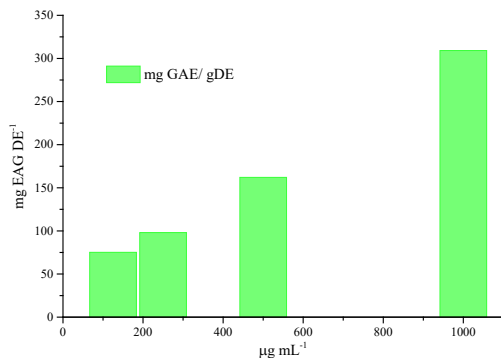


Figura 3. Contenido de fenoles totales en las hojas de la especie *Tectona grandis*.

Sin embargo, al comparar estos resultados con los obtenidos para el estándar de pirogalol (IC_{50} pirogalol, $28,60 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), se observó que estos valores fueron superiores para la muestra evaluada. La curva de calibración para pirogalol ($y = 0,0126x - 0,11533$, $R^2 = 0,9996$), mostró un aumento lineal en la actividad depuradora al aumentar la concentración dada por la reacción de donación de electrones entre las moléculas antioxidantes y el radical DPPH•. Considerando que los bajos valores de IC_{50} obtenidos para el estándar fueron altamente representativos de una marcada actividad antioxidante (Guo et al., 2022) se puede deducir que la actividad antioxidante del extracto evaluado fue menor debido a este mecanismo de acción antioxidante (Gomathi et al., 2011) el cual se valoró como adecuado, si se considera que el pirogalol fue un compuesto puro, mientras que el extracto tuvo una composición variada de metabolitos, pero en concentraciones más bajas.

Tabla 2. Ensayo de DPPH• y evaluación por el sistema β -caroteno/ácido linoleico en las hojas de la especie *Tectona grandis*.

	DPPH• $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	β caroteno/acidlinoleico ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)
Ensayo1	40,16	18,27
Ensayo 2	40,63	22,05
Ensayo3	39,59	16,29
Media	40,35	18,87
SD	0,66	2,93

La actividad obtenida para el extracto por el sistema β -caroteno/ácido linoleico (tabla 2) mostró un valor de IC_{50} de $18,27 \pm 2,93 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ($< 50 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), superior a la de la quercetina (IC_{50} , $2,40 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$). Para que los compuestos fenólicos sean considerados antioxidantes y ejerzan su acción biológica, es necesario que,

en bajas concentraciones, sean capaces de impedir, retrasar y prevenir la autooxidación u oxidación mediada por radicales libres (Ammar et al., 2014) y que el producto formado tras la reacción sea estable. Investigadores anteriores (Micera et al., 2020) aislaron flavonoides glicosilados y derivados de la quercetina, apigenina, kamferol y otros de esta planta, con alta actividad antioxidante.

Conclusión

El estudio de secado para las hojas de *T. grandis* mostró que las mejores condiciones de secado fueron 35°C con aire recirculado, durante 30 horas. Se determinaron índices numéricos que permitieron evaluar el control de la calidad de la materia prima empleada. El método de extracción asistida por ultrasonido resultó eficiente con un rendimiento de 20,95%. El contenido fenólico del extracto acuoso de hojas de *T. grandis* osciló entre 75 y 310 mg de EAG·gDE⁻¹. La evaluación del potencial reductor del radical DPPH mostró un IC_{50} de $40,35 \pm 0,66 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$. Mientras tanto, la evaluación de la actividad antioxidante por el sistema β -caroteno/ácido linoleico mostró un IC_{50} de $18,87 \pm 2,93 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$.

Los resultados obtenidos para el extracto acuoso obtenido de las hojas de *T. grandis* permiten conocer en alguna medida las potencialidades de uso que puede tener la especie, al mismo tiempo consiente nuevos retos en la investigación de esta planta. Se comprueba que el extracto evaluado posee actividad antioxidante, según los métodos utilizados, obteniendo resultados comparables con valores reportados para otras plantas medicinales en la literatura consultada.

Agradecimiento

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Loja (UNL) por el apoyo otorgado para la realización de esta investigación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

- Adeku, E., Osundahunsi, O. F., Malomo, S. A., Asasile, I. I., Owolabi, O. M. and Oyewole, G. (2022). Phytochemical constituents and assessment of crude extracts from *Boerhavia diffusa* L. and *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) Kunth ex DC. leaves for antioxidant and antibacterial activities. *Meas Food*, 5, 100018. <https://doi.org/10.1016/j.meafoo.2021.100018>
- Ammar, A.-F., Siddeeg, A. and Zhang, H. (2014) *In vitro* antioxidant activity and total phenolic and flavonoid contents of Alhydwán (*Boerhavia elegana* Choisy) seeds. *J. Food Nutr. Res.*, 2(5), 215-220. <https://doi.org/10.12691/jfnr-2-5-2>.
- Aware, C. B., Patil, D. N., Suryawanshi Suresh, S., Mali, P. R., Rane, M. R., Gurav, R. G. and Jadhav, J. P. (2022).



- Natural bioactive products as promising therapeutics: A review of natural product-based drug development. *South African J. Bot.*, 151, 512-528. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.05.028>
- Bhaskara Rao, K. V., Nidhi, H., Dipankar, D., Garima, D., Kumar, G. and Karthik, L. (2015). Phytochemical profile, *in vitro* antioxidant property and HPTLC analysis of methanol extract of *Bougainvillea glabra* (Nyctaginaceae). *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, 31(2), 235-241.
- Chintong, S., Phatvej, W., Rerk-Am, U., Waiprib, Y. and Klaypradit, W. (2019). *In vitro* antioxidant, antityrosinase, and cytotoxic activities of astaxanthin from shrimp waste. *Antioxidants*, 8(5), 128. <https://doi.org/10.3390/antiox8050128>
- de Vargas, F. S., Almeida, P. D. O., de Boleti, A. P. A., Pereira, M. M., de Souza, T. P., de Vasconcellos, M. C., Nunez, C. V., Pohlit, A. M. and Lima, E. S. (2016). Antioxidant activity and peroxidase inhibition of Amazonian plants extracts traditionally used as anti-inflammatory. *BMC Complement Altern. Med.* 16(1), 83. <https://doi.org/10.1186/s12906-016-1061-9>
- Gomathi, R., Anusuya, N., Chitravadivu, C. and Manian, S. (2011). Antioxidant activity of lettuce tree (*Pisonia morindifolia* R.Br.) and tamarind tree (*Tamarindus indica* L.) and their efficacy in peanut oil stability. *Food Sci. Biotechnol.*, 20(6), 1669-1677. <https://doi.org/10.1007/s10068-011-0230-3>
- Gonçalves, S., Moreira, E., Grosso, C., Andrade, P. B., Valentão, P. and Romano, A. (2017). Phenolic profile, antioxidant activity and enzyme inhibitory activities of extracts from aromatic plants used in Mediterranean diet. *J. Food Sci. Technol.*, 54(1), 219-227. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2453-z>
- Gouveia-Figueira, S., Gouveia, C., Carvalho, M., Rodrigues, A., Nording, M. and Castilho, P. (2014). Antioxidant capacity, cytotoxicity and antimycobacterial activity of madeira archipelago endemic *Helichrysum* dietary and medicinal plants. *Antioxidants*, 3(4), 713-729. <https://doi.org/10.3390/antiox3040713>
- Govindan, P. and Muthukrishnan, S. (2013). Evaluation of total phenolic content and free radical scavenging activity of *Boerhavia erecta*. *J. Acute Med.*, 3(3), 103-109. <https://doi.org/10.1016/j.jacme.2013.06.003>
- Gu, C., Howell, K., Dunshea, F. R. and Suleria, H. A. R. (2019). LC-ESI-QTOF/MS characterization of phenolic acids and flavonoids in polyphenol-rich fruits and vegetables and their potential antioxidant activities. *Antioxidants*, 8(9), 405. <https://doi.org/10.3390/antiox8090405>
- Guo, X., Luo, Y., Chen, L., Zhang, B., Chen, Y. and Jia, D. (2022). Biomass antioxidant silica supported tea polyphenols with green and high-efficiency free radical capturing activity for rubber composites. *Compos. Sci. Technol.*, 220, 109290. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2022.109290>
- Haggag, M. I. and Elhaw, M. H. (2022). Phytochemical assay on leaves, bracts, and flowers of *Bougainvillea spectabilis* and isolation of phenolic materials from bracts. *Mater Today Proc.*, 60, 1530-1536. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.039>
- Krishna, M. S. and Nair, A. J. (2010). Antibacterial, cytotoxic and antioxidant potential of different extracts from leaf, bark and wood of *Tectona grandis*. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*, 2(2), 155-158. <http://www.researchgate.net/publication/228503374>
- Lacret, R., Varela, R. M., Molinillo, J. M. G., Nogueiras, C. and Macías, F. A. (2012). Tectonoelins, new norlignans from a bioactive extract of *Tectona grandis*. *Phytochemistry Letters*, 5(2), 382-386. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2012.03.008>
- Mama Sirou, A. I., Attakpa, S. E., Béhanzin Gbèssohélé, J., Amoussa, A. M., Lagnika, L., Guinnin, F., Akotègnon, R., Yédomonhan, H., Sezan, A., Baba-Moussa, F. and Baba-Moussa, L. (2018). Antioxidant and free radical scavenging activity of various extracts of *Boerhavia diffusa* Linn. (Nictaginaceae). *Pharm. Chem. J.*, 5(2), 62-71.
- Macías, F. A., Lacret, R., Varela, R. M., Nogueiras, C. and Molinillo, J. M. G. (2008). Bioactive apocarotenoids from *Tectona grandis*. *Phytochemistry*, 69(15), 2708-2715. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.08.018>
- Macías, F. A., Lacret, R., Varela, R. M., Nogueiras, C. and Molinillo, J. M. G. (2010). Isolation and phytotoxicity of terpenes from *Tectona grandis*. *Journal of Chemical Ecology*, 36(4), 396-404. <https://doi.org/10.1007/s10886-010-9769-3>
- Majumdar, M., Nayeem, N., Kamath, J. V. and Asad, M. (2007). Evaluation of *Tectona grandis* leaves for wound healing activity. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 20, 120-124. <http://europemc.org/article/med/17416566>

- Micera, M., Botto, A., Geddo, F., Antonioti, S., Bertea, C. M., Levi, R., Gallo, M. P. and Querio, G. (2020). Squalene: more than a step toward sterols. *Antioxidants*, 9(8), 688. <https://doi.org/10.3390/antiox9080688>
- Molole, G. J., Gure, A. and Abdissa, N. (2022). Determination of total phenolic content and antioxidant activity of *Commiphora mollis* (Oliv.) Engl. resin. *BMC Chem.*, 16(1), 48. <https://doi.org/10.1186/s13065-022-00841-x>
- Nayeem, N. and Karvekar, M. (2010). Isolation of phenolic compounds from the methanolic extract of *Tectona grandis*. *Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences*, 1(2), 221-225. <http://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103347397>
- Sharma, P., Bhardwaj, R., Yadav, A. and Sharma, R. A. (2014). Antioxidant properties of methanolic extracts of *Boerhavia diffusa*. *Res. J. Phytochem.*, 8, 119-126.
- USP38. (2015). Chemical Tests/<561> *Articles of Botanical Origin*. Rockville, M.D., United States: US Pharmacopeia.
- Vuolo, M. M., Lima, V. S. and Maróstica Junior, M. R. (2019). Chapter 2. Phenolic compounds: structure, classification, and antioxidant power. In: “*Bioactive compounds. Health benefits and potential applications*”. Campos, M. R. S. (Ed.). Woodhead Publishing, UK, pp. 33-50. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814774-0.00002-5>
- Xuan, Z. Iqbal, A., Li, J., Liu, C., Murtaza, A., Xu, X., Pan, S. and Hu, W. (2021). Changes in browning degree and reducibility of polyphenols during autoxidation and enzymatic oxidation. *Antioxidants*, 10(11), 1809. <https://doi.org/10.3390/antiox10111809>

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Yamila Lazo-Pérez	Diseño de la investigación, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Arliet Morales-Moreno	Participó en la preparación de las muestras.
Nancy Narcisa Rodríguez-Almeida	Trabajo de laboratorio, revisión bibliográfica.

