

Artículo de revisión bibliográfica

<https://doi.org/10.33789/talentos.11.1.194>

Especies forestales maderables y su utilidad en biotecnología y medicina.

Timber forest species and their usefulness in biotechnology and medicine.



Josue David Cruz Vasquez

Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador

Edgar Ricardo Altamirano Chérrez

Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador

Cristina Nataly Villegas Freire

Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba - Ecuador

Lorena de los Ángeles Núñez Villacis

Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador

ldla.nunez@uta.edu.ec

Resumen: Las especies forestales maderables se utilizan para obtener madera, sin embargo, estas especies poseen elementos y características que pueden aprovecharse en otros *ámbitos tecnológicos*. El objetivo del presente artículo fue recopilar ejemplos de especies forestales maderables cuyos componentes pueden aprovecharse en el campo biotecnológico y biomédico. Para ello se realizó una revisión de la literatura sobre estudios que describen especies forestales maderables para la obtención de productos ‘tradicionales’. Igualmente, se analizaron estudios sobre especies maderables y sus aplicaciones ‘no tradicionales’ en el campo biotecnológico, así como estudios relacionados al conocimiento ancestral y científico sobre sus aplicaciones terapéuticas. En base al análisis de la información se identificó *que en el campo biotecnológico las principales aplicaciones de las especies forestales maderables son el aprovechamiento de residuos, producción de nanomateriales, biorremediación y control biológico de plagas*. Los árboles y plantas son el almacén de un sin número de compuestos bioactivos y desde hace miles de años se aplican en medicina tradicional y moderna. Se corroboró que las especies forestales maderables a lo largo de la historia han desempeñado un rol crucial en la salud humana y que actualmente, varios estudios describen la relevancia de las especies forestales maderables en el biodescubrimiento y en el avance de la industria farmacéutica. En conclusión, la importancia de las especies forestales maderables va más allá de la obtención de madera por lo que es relevante el estudio continuo y de forma sostenible de sus componentes bioactivos para el desarrollo de más productos biotecnológicos y biomédicos que beneficien a la humanidad.

Palabras Clave: biotecnología, bosques, especies forestales, medicina, biodescubrimiento.

Abstract: Timber forest species are used to obtain wood; however, they have elements and characteristics that can be used in other technological areas. This article aims to compile examples of timber forest species whose components can be used in biotechnological and biomedical fields. For this purpose, a literature review was conducted of studies describing timber forest species for acquiring ‘traditional’ products. Likewise, studies on timber species and their ‘non-traditional’ applications in the biotechnological field were analyzed, as well as studies related to ancestral and scientific knowledge of their therapeutic benefits. Based on the analysis of this information, we identified that in the biotechnology field, the main applications of timber forest species are the use of its waste, production of nanomaterials, bioremediation, and biological control of pests. Trees and plants are storehouses of countless bioactive compounds and have been used in traditional and modern medicine for thousands of years. It has been confirmed that timber forest species throughout history have played a crucial role in human health, and several studies have described the relevance of timber forest species in biodiscovery and the advancement of the pharmaceutical industry. In conclusion, the importance of timber forest species goes beyond obtaining wood, which is why continuous and sustainable study of their bioactive components is relevant for developing biotechnological and biomedical products that benefit humanity.

Keywords: biotechnology, forest, forest species, medicine, biodiscovery.

Citación sugerida: Cruz Vasquez, J., Altamirano Chérrez, E., Villegas Freire, C., & Núñez Villacis, L. (2024). Especies forestales maderables y su utilidad en biotecnología y medicina. *Revista de Investigación Talentos*, 11(1), 54-66. <https://doi.org/10.33789/talentos.11.1.194>

I. Introducción

Los bosques son el hogar de la mayor parte de la biodiversidad terrestre en el mundo y desempeñan un papel crucial en el planeta en actividades como la producción de oxígeno, regulación del clima y conservación de la biodiversidad (Brockerhoff et al., 2017). Dependiendo de la altitud y el clima los bosques se pueden clasificar en tropicales, templados, montanos, entre otros y cada uno alberga especies forestales, plantas, animales y microorganismos propios (Pan et al., 2018). Según datos de la FAO los bosques llegan a cubrir el 31% de la superficie del planeta y más de la mitad de los bosques del mundo se encuentran distribuidos en cinco países Rusia 20,1% (815 millones de hectáreas), Brasil 12,2% (497 millones de hectáreas), Canadá 8,5% (347 millones de hectáreas), Estados Unidos 7,6% (310 millones de hectáreas) y China 5,4% (220 millones de hectáreas). Ecuador ocupa el puesto número ocho de países a nivel mundial con el mayor número de especies forestales, aproximadamente 3750 (FAO, 2021).

A lo largo de la historia la humanidad se ha beneficiado de los bosques y su biodiversidad como en la obtención de productos forestales maderables, no maderables, medicinas, agua y alimentos. La obtención de madera para fabricación, construcción y la producción de carbón vegetal son las actividades tradicionales que más recursos forestales utiliza y llega a beneficiar a aproximadamente 880 millones de personas en el mundo (FAO, 2021). La utilidad de las especies forestales

se extiende a actividades que van más allá de la madera y carbón, por ejemplo, las especies forestales son fuente de compuestos naturales que han sido utilizados en medicina tradicional desde tiempos ancestrales y también han contribuido en el desarrollo de fármacos para el tratamiento de enfermedades. Igualmente, varias especies forestales poseen metabolitos con capacidad antiinflamatoria, antioxidante y antimicrobiana que pueden permitir la investigación y desarrollo de productos biotecnológicos. En base a lo anteriormente expuesto, el objetivo de esta revisión es resaltar el aporte de especies forestales en el ámbito biotecnológico y biomédico.

II. Materiales y Métodos

Criterios de Inclusión y Exclusión

Se incluyeron estudios publicados entre los años 2010 y 2023 que abordaron específicamente investigaciones relacionadas especies forestales maderables, su descripción, ubicación y principales usos en la industria. Se excluyeron aquellos que no estaban disponibles en texto completo, que no estaban escritos en inglés o español, y que no cumplían con los criterios de relevancia temática.

Estrategia de Búsqueda

La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en las bases de datos Scopus (<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic>), Science Direct (<https://www.sciencedirect.com/>), PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>), Web of Science (<https://www>

webofscience.com/wos/woscc/basic-search) y Google Scholar (<https://scholar.google.com/>). Los términos de búsqueda utilizados incluyeron: bosques, especies forestales maderables, biotecnología, medicina, biodescubrimiento, compuestos bioactivos. Se utilizaron operadores booleanos para combinar los términos de búsqueda de manera efectiva.

Selección de Estudios

La selección de estudios se realizó en dos etapas. En la primera etapa, se realizaron *screenings* de títulos y resúmenes para identificar estudios potencialmente relevantes. En la segunda etapa, se revisaron los textos completos de los estudios seleccionados en la etapa anterior para determinar su inclusión final.

III. Resultados y Discusión

Especies Forestales Maderables

Las especies forestales maderables se encuentran en diversas regiones y bosques del mundo y se definen como aquellas especies de árboles de las cuales se obtiene madera mediante tala y deforestación. A pesar de que representan un porcentaje mínimo en comparación al total de especies forestales existentes, las especies forestales maderables cumplen un rol importante en la conservación de la biodiversidad, suministran agua, proporcionan sustento a otros organismos, mitigan el cambio climático y son esenciales para la producción sostenible de alimentos (Chaudhary et al., 2016).

Hasta el año 2020, se determinó que los bosques cubren una superficie aproximada de 38% de espacio habitable en el planeta distribuyéndose principalmente entre Europa 25,07%, América del Sur 20,8%, África 15,68% y Asia 15,34% (Ritchie & Roser, 2023). Es difícil calcular la cantidad exacta de especies forestales presentes en el mundo, sin embargo, se estima que existen alrededor de 73000 especies descritas en todo el planeta, sin embargo, aún quedan miles de especies todavía sin descubrir (Gatti et al., 2022). A nivel mundial, las especies forestales contribuyen en gran medida a la industria maderera principalmente en las áreas de construcción, mueblería y fabricación de papel y se estima que representa cerca de \$100 mil millones de dólares anuales para esta industria (Chaudhary et al., 2016).

En América del Sur, los bosques primarios representan alrededor de las 3/4 partes del porcentaje de distribución de la zona (20,8%). Esto se debe principalmente a la presencia del río Amazonas que abarca alrededor de 799 millones de hectáreas de bosques, de estos 637 millones de hectáreas corresponden a bosques primarios (FAO, 2021). El Ecuador alberga a 12.5 millones de hectáreas de bosques y 8,9 millones se encuentran bajo alguna categoría de conservación (Ministerio de Agricultura, Ganadería, 2016), a pesar de ello la industria forestal forma parte importante de la economía del país. En el 2018 esta industria se ubicó en el puesto 17 de 47 industrias representando el 1,3% del PIB (Sánchez et al., 2020). En su mayoría la madera ecuatoriana proviene de la región Costa y Sierra (65%) y está destinada al consumo interno para industria

maderera, pasta y papel. A nivel internacional Ecuador desempeña un rol importante como los principales países productores de madera para la fabricación de balsas, específicamente, para las aspas de turbinas eólicas (Verdezoto Vargas et al., 2023).

Usos Tradicionales de Especies Forestales Maderables

En el Ecuador los principales productos que se obtienen de especies forestales es la madera para carpintería, leña, parque, encofrado, juguetería, artesanías, pulpa de papel y carbón. Sin embargo, su extracción desmedida contribuye a cambios en la composición de especies, cambios en la temperatura y biodiversidad de los bosques, para evitar estas afectaciones en la actualidad han surgido plantaciones de especies forestales maderables como alternativa sostenible (Chaudhary et al., 2016). A continuación, se muestra un listado de especies forestales ecuatorianas de bosques secos y sus principales usos en la economía interna.

Aunque las especies forestales maderables son típicamente usadas para actividades mencionadas en la Tabla 1, estas especies tienen un enorme potencial en el campo biotecnológico y biomédico. Más allá de aplicar técnicas biotecnológicas para el mejoramiento genético de estas especies, a partir de ellas se pueden desarrollar productos y procesos con valor añadido, por ejemplo, el cultivo de tejidos vegetales para propagación masiva y reducir los efectos perjudiciales de la tala de árboles en bosques. Adicionalmente, con la biotecnología se pueden mejorar productos forestales no madereros como aceites esenciales, resinas y metabolitos para aplicaciones terapéuticas. El Ecuador al ser un país megadiverso tiene el gran potencial para investigar y aprovechar compuestos bioactivos con potencial farmacéutico y de control biológico. El aprovechamiento sostenible y eficiente de los recursos garantizará el equilibrio necesario entre el progreso tecnológico y la conservación de la biodiversidad.

Tabla 1

Especies forestales maderables de bosques secos ecuatorianos y sus usos tradicionales.

Nombre común	Nombre científico	Usos
Palo de ajo	<i>Galesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms.	La madera es utilizada en carpintería, construcciones y leña.
Algarrobo	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	La madera es usada para postes, carpintería, parquet, leña y carbón.
Amarillo	<i>Centrolobium ochroxylum</i> Rose ex Rudd	La madera es utilizada para carpintería, construcciones rurales y carbón.
Añalque	<i>Coccoloba ruiziana</i> Lindau.	La madera se utiliza para leña, postes, construcciones y carpintería.
Angolo	<i>Albizia multiflora</i> (Kunth)	La madera se utiliza para carpintería, leña, postes y cerco muerto.

Barbasco	<i>Piscidia carthagenensis</i> Jacquin	Madera dura, pesada y fuerte, se usa como madera, leña, postes, construcciones y carpintería.
Cabo de Hacha	<i>Machaerium millei</i> Standl.	La madera es dura se usa para construcciones, pilares, cabos de herramienta, postes y leña.
Ceibo	<i>Ceiba trichistandra</i> (A. Gray) Bak	La madera es utilizada para tablas de encofrado, juguetería, fabricación de canoas y cajones.
Cerezo	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	La madera es utilizada para leña, carbón, construcciones rurales (vigas). Su corteza es fuerte y se utiliza para elaborar sogas.
Chaquino	<i>Myroxylon peruiferum</i> L. f.	La madera es dura, pesada y fuerte, usada para construcciones, muebles, pisos, carpintería.
Charán verde	<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	La madera es utilizada para carbón, leña, postes, vigas y construcciones pequeñas.
Charán blanco	<i>Chloroleucon mangense</i> (Jack.)	La madera es blanca-café, dura y resistente con fibra entrecruzada. Apreciada por su poder calorífico. Se utiliza para leña, postes y madera estructural.
Chereco	<i>Sapindus saponaria</i> L.	La madera es de color amarillo y dura, se utiliza para artesanías y leña.
Ébano	<i>Ziziphus thyrsoiflora</i> Benth	La madera se usa para parquet, artesanías, construcciones rurales, cabos de hacha, leña y carbón.
Faique	<i>Acacia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	La madera es utilizada para fabricar parquet, carbón, leña, postes.
Fernán Sánchez (muchina)	<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. & C.A. Mey. ex. C.A. Mey.	Para construcción de viviendas, leña, parquet, carbón, aglomerados y en mueblería
Fresno	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	La madera es muy dura y se utiliza para construcciones, pilares, postes, cabos de herramientas.
Guarapo	<i>Terminalia valverdae</i> A. Gentry.	La madera es muy pesada, resistente. Es utilizada en carpintería, construcciones rurales, puntales, vigas, leña.
Guayacán	<i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson.	La madera es utilizada para ebanistería, mueblería, parquet, estructuras y construcciones rurales.
Guázimu	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	La madera es utilizada para leña, postes, construcciones rurales y artesanías.
Habo	<i>Hura crepitans</i> L.	Su madera es blanda, se usa para tablas de encofrado.
Higuerón	<i>Ficus cuatrecasana</i> Dugand	La madera es utilizada para leña, encofrados y carpintería.
Hualtaco	<i>Loxopterygium huasango</i> Spruce ex Engl.	Su madera es extremadamente dura al ambiente y agua, se usa para la elaboración de parquet, mueblería, en construcciones rurales, vigas, puntales, artesanía y leña.
Laurel costeño	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	La madera es utilizada en construcción, muebles, vigas, puentes, cubiertas de barcos, construcción de interiores y exteriores, contrachapados, es muy buena para la producción de pulpa de papel.
Laurel negro	<i>Cordia macrantha</i> Chodat.	La madera es resistente, utilizada para construcciones rurales, vigas, tablas, carpintería, postes y leña, cercas y cabos de herramientas.
Matapalo	<i>Ficus jacobii</i> Vázq. Avila.	La madera se usa para tablillas de cajas y cajones.
Molle	<i>Schinus molle</i> L.	La madera es utilizada para leña, postes, construcciones y cercas muertas.
Nigüito	<i>Muntingia calabura</i> L.	La madera es suave, se usa para postes y leña.

Palo santo	<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	La madera es suave y se usa para fabricar cajones para frutas. La madera seca astillada se quema y sirve como repelente para ahuyentar los zancudos y otros insectos.
Pasallo	<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns.	La madera es suave, se utiliza para leña, cajonería y artesanías.
Pechiche	<i>Vitex gigantea</i> Kunth	La madera es utilizada en la construcción de muebles y casas, leña y carbón.
Pego pego	<i>Pisonia floribunda</i> Hook. F.	La madera se usa para artesanías, especialmente monturas para acémilas, batanes, fuentes y encofrados.
Polo polo	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	La madera es suave, se utiliza para elaborar cajones de frutas.
Porotillo	<i>Erythrina velutina</i> Willd.	La madera es utilizada para elaborar artesanías.
Puyango	<i>Cynometra bauhiniifolia</i> Benth.	La madera se usa para leña, postes y construcciones rurales pequeñas.
Santo tomé	<i>Phytolacca dioica</i> L.	La madera se usa para carpintería y construcciones rurales.
Sota	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) Steud	La madera se utiliza en ebanistería, para fabricar parquet, cercas, construcción y leña. Las partes maderables producen maclurina, que es un colorante amarillo que se utiliza para teñir fibras textiles.
Wilco	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.)	Su madera es pesada, fuerte y resistente, preferida para parquet, carpintería estructural, postes, leña y carbón.
Zapote de perro	<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem.	Su madera se usa en artesanías, muebles, parquet, leña y carbón.

Nota. Adaptado de (Aguirre, 2012).

Especies Forestales Maderables y su Utilidad en Biotecnología

En general, el aprovechamiento de las especies forestales ha sido con dirección a la industria y el comercio como se indica en el apartado anterior, sin embargo, existen otros enfoques en donde se puede tomar ventaja de las propiedades de ciertas especies forestales maderables presentes en América del Sur y Ecuador. Ejemplos del aprovechamiento de especies forestales maderables en el campo biotecnológico se describen a continuación.

Aprovechamiento de Residuos

En el campo de la biotecnología, se busca el aprovechamiento de residuos que se generan a partir de procesos industriales. En el caso de

la extracción de aceites de la especie forestal *Bursera graveolens*, durante el proceso se generan residuos con alto contenido de lignina y celulosa y estos han sido aplicados como fuente de nutrientes para el crecimiento de hongos productores de enzimas industriales como la Xinalasa, (Carrión-Paladines et al., 2019). Esto demuestra su gran potencial para fines industriales como la producción de enzimas y otros compuestos de interés. Adicionalmente, el contenido de lignina hace que las especies forestales sean de gran interés para campos como biomedicina o biotecnología, debido a los grupos funcionales que los constituyen, estos les permiten tener propiedades antioxidantes y antimicrobianas. La lignina puede ser aplicada para la obtención de biomateriales necesarios en la ingeniería

de tejidos o en sistemas de administración de fármacos (Domínguez-Robles et al., 2020).

Producción de Nanomateriales

La aplicación de procedimientos renovables y respetuosos con el ambiente como la “síntesis verde”; ocupa especies forestales para la producción de nanomateriales. Los nanomateriales corresponden a productos mejorados con respecto a su rendimiento y propiedades fisicoquímicas, por lo que se aplican en diferentes áreas de investigación (Baig et al., 2021). En este tipo de procesos no se generan residuos peligrosos, sino que la producción de los nanomateriales se realiza por medio de la biorreducción de la propia biomasa vegetal, resultando en materiales poliméricos a nanoescala, teniendo diversas estructuras como esferas, fibrillas, laminas, entre otras; esto depende del proceso y tipo de biomasa aplicados (Zhu et al., 2021). Un ejemplo es la producción de nanomateriales con plata y oro a los que se les han aplicado extractos de especies forestales *Prosopis juliflora*, obtenidas de la corteza, flores y hojas de la planta; estos tipos de nanomateriales metálicos presentan efectos catalíticos y propiedades antimicrobianas, siendo aplicados como sistemas de administración de fármacos o incluso como agentes farmacológicos (Bachheti et al., 2020).

Biorremediación

La biomasa vegetal puede producir otros materiales como el biocarbón, un tipo de producto enriquecido de carbón, este material tiene un gran impacto en el área de biorremediación debido a sus propiedades

fisicoquímicas; presentado una alta eficiencia de lixiviación de metales pesados (Cui et al., 2019). Subratti y colaboradores describen la formación de biocarbón utilizando semillas de la especie *Cedrela odorata L.* El biocarbón formado mostró una alta porosidad y elevada capacidad de adsorción de metales, a través de la retención del compuesto azul de metileno; esto evidencia su aplicabilidad como biofiltro para el tratamiento de efluentes (Subratti et al., 2021).

En el campo de la biotecnología ambiental también se ha analizado las capacidades de la especie forestal *Cedrela odorata* para el tratamiento del suelo. Este tipo de especie fitoextractora, ha sido cultivada en suelos contaminados con grandes concentraciones de metales, al ser plantada provocó una reducción de la concentración de contaminantes en el suelo, ya que los metales pesados como el Cu, Pb y Zn fueron distribuidos en los tejidos de la planta (Akintola & Bodede, 2019).

Control Biológico de Plagas

Con respecto al campo de la biotecnología agrícola, la necesidad de reemplazar pesticidas químicos ha direccionado a la comunidad científica a la investigación de alternativas para control biológico de patógenos en fuentes naturales como los extractos de árboles y plantas (Paredes-Sánchez et al., 2021). Un ejemplo de control biológico es el aceite esencial de *B. graveolens* que ha sido aplicado como agente repelente para la plaga *Triboleum castaneum* también llamada “escarabajo rojo”; demostrando efectividad equiparable a los repelentes comerciales. Se evidencia que esta especie no solo ha

sido analizada como fuente de nutrientes para microorganismos, sino también para la formulación de compuestos farmacéuticos y bioinsumos (Fernández Ruiz et al., 2018).

Otros ejemplos son las especies forestales *Cedrela odorata L* y *Simira ecuadorensis*. El aceite esencial de la especie forestal *Cedrela odorata L* formulado como una nanoemulsión con el fin de que sus metabolitos secundarios no se volatilicen ha sido evaluada como biopesticida contra la plaga *Spodoptera frugiperda*. Estudios demuestran que el aceite de *C. odorata* genera una alta tasa de mortalidad indicando una alta eficiencia como un compuesto para el control de plagas (Lacruz et al., 2022). *Simira ecuadorensis*, es una especie forestal que ha sido considerada para la aplicación de sus extractos como conservante natural de alimentos; esto debido a sus propiedades antimicrobianas probadas en productos de pollo y pescado, inhibiendo el crecimiento de microorganismos patógenos como *Campylobacter jejuni* y *Shewanella putrefaciens* (Reyes et al., 2022).

Especies Forestales y su Uso en Medicina

Los árboles y las plantas contienen un alto número de compuestos bioactivos con propiedades medicinales por lo que pueden ser empleados en la industria farmacéutica y nutraceútica. Desde hace miles de años árboles, plantas y sus partes han sido utilizados en medicina tradicional y siguen jugando un rol fundamental en la medicina moderna en el tratamiento de diferentes enfermedades. El interés de producir medicamentos derivados de especies vegetales ha aumentado

considerablemente en la actualidad, esto se debe a su alto contenido de compuestos fenólicos, flavonoides y antioxidantes; estos compuestos se presentan como tratamientos alternativos para diversas enfermedades (Saddick et al., 2023). Los metabolitos que se producen en las plantas presentan varias actividades biológicas como antimicrobianas, anticancerígenas, antidiabéticas, entre otras (Al-Qahtani et al., 2023). En la actualidad se comercializan varios medicamentos cuyo componente activo proviene de árboles y plantas, por ejemplo, el taxol. El taxol o paclitaxel se utiliza como medicamento de quimioterapia en el tratamiento de cáncer de mama y ovarios, este compuesto bloquea la división de células cancerosas induciendo apoptosis (Ofir et al., 2002). A continuación, se presentan ejemplos de especies forestales cuyos componentes han sido empleados en medicina tradicional y moderna.

Magnolia officinalis es un árbol de aproximadamente 20 metros de alto originaria de China y utilizado en la medicina tradicional de este país para tratar dolor general, fiebre y dolores de cabeza, además presenta actividad antibacteriana, principalmente contra *Porphyromonas gingivalis* bacteria causante de gingivitis. La actividad antiinflamatoria se atribuye a los compuestos magnolol y honokiol (Fontana et al., 2023; Walker et al., 2013). Por sus propiedades el extracto de esta planta ha sido utilizado en la fabricación de goma de mascar preventiva de gingivitis y nuevos estudios sugieren la utilización de este extracto en la fabricación de suplementos alimenticios en el tratamiento de enfermedades respiratorias (Fontana et al.,

2023).

Muchas tribus la han utilizado *Gmelina arborea* de manera tradicional para tratar distintas dolencias como vómito, diarrea, dolor de cabeza, dolor de muela, etc (Warrier et al., 2021). También ha sido utilizada en estudios preclínicos recientes para medir su efecto benéfico contra la diabetes mellitus (Attanayake et al., 2016) o para la recuperación de memoria en pacientes con amnesia (Sori et al., 2019).

Los extractos de la planta *Mikania micrantha* (L.) Kunth han sido investigados como una alternativa al tratamiento del cáncer y su mecanismo de acción está relacionado a la expresión de genes inflamatorios. Los extractos de *M. micrantha* fueron analizados y aplicados en líneas celulares de leucemia murina y el extracto produjo la inhibición de la expresión del gen RAGE, responsable de la inflamación que proporciona un ambiente favorable para el crecimiento tumoral (Zohmachhuana et al., 2022). Otro tipo de especie forestal que se ha investigado como alternativa para el tratamiento del cáncer, corresponde a la planta *Bougainvillea peruviana*. En un estudio *in vitro*, se aplicó el extracto de la planta a células cancerígenas HeLa provocado su alteración morfológica, además se produjo la inhibición del crecimiento en un 54 % de este tipo células cancerígenas, a una concentración de 100 µg/ml del extracto (Medpilwar et al., 2020).

En el Ecuador la existencia de plantas con actividades farmacológicas como *Ficus spp*, se han presentado como alternativas para los antibióticos comerciales. Los análisis

sobre la composición de extractos de estas plantas comprobaron que existe un alto contenido de flavonoides, aminoácidos, esteroides, entre otros compuestos; por su composición poseen la capacidad de inhibir el crecimiento bacteriano y tener actividades antiinflamatorias y antidiabéticas (Salehi et al., 2021).

Croton lecheri o también conocido como “Sangre de drago” es una planta perteneciente a la familia de *Euphorbiaceae* que se encuentra distribuida en regiones montañosas de Perú, Colombia, Venezuela, Brasil, Ecuador y México. Dependiendo la ubicación se la conoce de diferente manera: en Ecuador los nombres en quechua son *arleiia* and *lan huiqui* o en Perú es *yawar gradwascca* (Jones, 2003). Lleva ese nombre debido a la sustancia rojiza que desprende cuando se realiza un corte en el tallo y ésta ha sido utilizada en medicina tradicional desde hace muchos siglos atrás donde se la ha utilizado para el tratamiento de sangrados, heridas, mordidas de insectos, inflamaciones, etc. (Jones, 2003). La savia seca está compuesta de proantocianidinas que representan hasta un 90% de su composición, así mismo, se compone de otros polifenoles como catequinas, alcaloides como taspina (Chen et al., 2022), y flavonoides como vitexinas (Alonso-Castro et al., 2012a). Todos estos compuestos contribuyen al uso de la resina con propósitos medicinales y en los últimos años han aparecido estudios en donde se investiga la influencia de la savia en diversas enfermedades. Por ejemplo, se ha evidenciado que la savia de *C. lechleri* ha tenido un efecto inhibitorio contra la oxidación de LDL y la formación de especies reactivas

de oxígeno mostrando su potencial uso en enfermedades relacionadas con especies reactivas de oxígeno como aterosclerosis, diabetes, enfermedades neurodegenerativas y cardiovasculares (Chen et al., 2022). Otro ejemplo es el potencial antitumoral y citotóxico que ha mostrado la planta al inducir apoptosis en líneas celulares (Alonso-Castro et al., 2012). La actividad anticancerígena de esta planta ha sido evaluada en líneas celulares HeLa y ratones portadores de tumores; el resultado de las investigaciones mostró que *C. lechleri* induce apoptosis de las células cancerígenas e inhibe el crecimiento tumoral en los ratones (Alonso-Castro et al., 2012b). Así mismo se ha investigado los efectos de la resina y tapsina en líneas celulares de melanoma (SK23) mostrando una inhibición de proliferación celular promoviendo su uso como alternativa de tratamiento en la medicina (Montopoli et al., 2012).

El Eucalipto o “*Eucalyptus globulus*” es una de las especies forestales más comunes a lo largo del mundo. Fue recolectada por primera vez en Tasmania al final del siglo XVI y sus plantaciones fueron introducidas en Europa en 1804. Llegan las plantaciones a América del Sur a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX para cubrir la alta demanda de madera y carbón. Actualmente el eucalipto está distribuido en más de 90 países y sobre los 22 millones de hectáreas en todo el mundo representando 12% de las plantaciones forestales mundiales (ENCE, 2009). Alrededor de 20 especies del género *Eucalyptus* tienen alta concentración de 1,8-cineol que corresponde a un aceite esencial con propiedades antimicrobianas, antioxidantes

y utilizada como agente quimioterapéutico o para tratamientos de desórdenes gastrointestinales. Adicionalmente, se utiliza para tratar infecciones, resfriados, neumonía, inflamación, dolor, entre otras. Sus propiedades se atribuyen a los compuestos 1,8-cineol, α -pineno, β -pineno y limoneno (Dhakad et al., 2018).

Ecuador ocupa el puesto 17 de los países megadiversos del mundo, la diversidad de especies vegetales presentes en sus bosques ofrece la oportunidad de expandir la investigación bioprospectiva, contribuir al conocimiento científico y al descubrimiento de nuevos compuestos con potenciales aplicaciones farmacéuticas. De igual manera, el conocimiento tradicional de las comunidades indígenas juega un rol fundamental, ellos guardan conocimiento ancestral sobre las propiedades medicinales de árboles y plantas lo cual puede guiar a la investigación científica. Varios objetivos de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible (ODS) se relacionan directamente con el aprovechamiento de los recursos naturales de manera sostenible para la medicina. Para el ODS 3: Salud y Bienestar, el uso sostenible de recursos naturales para el desarrollo de medicinas puede contribuir a mejores tratamientos, medicamentos y por lo tanto a mejorar la salud y bienestar de las personas. Otro ejemplo es el ODS 12: Producción y consumo responsable, la recolección de recursos naturales para medicina de forma sostenible es necesaria para garantizar la continuidad de los recursos. Por lo tanto, existe una interconexión entre, recursos, gestión responsable de recursos, salud y

sostenibilidad ambiental.

Finalmente, Ecuador tiene gran potencial para el biodescubrimiento de compuestos bioactivos, en la Tabla 2 se muestran ejemplos de especies forestales maderables

ecuatorianas que han sido utilizados de manera tradicional para tratar diferentes afecciones y serían excelentes candidatos para continuar investigaciones científicas sobre su potencial terapéutico.

Tabla 2

Especies forestales maderables de bosques secos ecuatorianos con potenciales efectos terapéuticos.

Nombre común	Nombre científico	Aplicaciones tradicionales en la salud humana
Palo de ajo	<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms.	La corteza y hojas mediante frotaciones se usan para el tratamiento del reumatismo y úlceras.
Algarrobo	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Las hojas molidas se cocinan y previo colado se aplica en gotas para la irritación de los ojos. Para sanar la hinchazón de los ojos se hierven las hojas y se colocan como compresas. Se toma la cocción de las hojas en caso de infección bucal.
Angolo	<i>Albizia multiflora</i> (Kunth) Barneby & J.W. Grimes.	Las hojas en infusión se usan para desinflamar heridas de humanos y animales.
Barbasco	<i>Piscidia carthagenensis</i> Jacquin	De la corteza se obtiene el alcaloide llamado Piscidin usado como sedante y soporífero.
Chaquino	<i>Myroxylon peruiferum</i> L. f.	La corteza en infusión se usa para aliviar la gastritis y curar úlceras. Con la corteza pulverizada en mezcla con vaselina se prepara una pomada para sanar llagas y ulceraciones.
Charán verde	<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	Se utiliza para cicatrizar heridas, la semilla y corteza para curar las caries y desinflamante para las amígdalas
Faique	<i>Acacia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Las flores se toman en infusión para afecciones cardiacas, hepáticas y en lavados para cicatrizar heridas.
Fresno	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Las flores en infusión se usan para tratar la fiebre amarilla, hepatitis e inflamaciones especialmente del vientre.
Guayacán	<i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson.	Las flores en infusión se usan como tratamiento de la hepatitis. La corteza en cocción ayuda a aliviar la osteoporosis
Guázimu	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Los frutos en cocción alivian la tos, bronquitis y gripe
Habo	<i>Hura crepitans</i> L.	Los frutos chancados y consumidos con moderación son un excelente laxante y desparasitante.
Higuerón	<i>Ficus cuatrecasana</i> Dugand	El látex es laxante y cicatrizante de heridas.
Hualtaco	<i>Loxopterygium huasango</i> Spruce ex Engl.	La resina que exuda sirve para frotaciones como anestésico, repelente y para extraer dientes en mal estado.

Matapalo	<i>Ficus jacobii</i> Vázq. Avila.	El látex es cicatrizante para curar heridas, fracturas y quemaduras, aplicando como parche.
Molle	<i>Schinus molle</i> L.	Las hojas y cogollos en infusión combate el resfrió y reumatismo, las hojas se machacan y se usa como emplastos en hinchazones, fracturas y golpes.
Palo santo	<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	Las hojas en infusión alivian los síntomas de la gripe, resfrió y fortalece los bronquios. La resina aromática es empleada para curar orzuelos, reumatismo y dolores articulares y musculares
Pasallo	<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns.	La resina se usa para cicatrizar heridas.
Pechiche	<i>Vitex gigantea</i> Kunth	Los frutos consumidos crudos alivian el dolor (carraspera) de la garganta.
Polo polo	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	La infusión de la corteza y hojas se utiliza para combatir la ictericia (piel amarilla por patologías relacionadas con el hígado). Las flores trituradas en cocimiento se consumen para afecciones del pecho. La raíz para abscesos e inflamación del intestino.
Porotillo	<i>Erythrina velutina</i> Willd.	Los frutos son medicinales para cólicos menstruales.
Sota	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) Steud	La corteza verde o seca y el exudado lechoso del árbol tienen propiedades medicinales para dolor de huesos, dolor de muelas, también es diurético.
Zapote de perro	<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem.	Produce una goma de buena calidad, cuyas propiedades emulsificantes son aprovechadas en la preparación de tabletas y píldoras.

Nota. Adaptado de (Aguirre, 2012)

IV. Conclusiones

Los bosques forestales maderables constituyen el hogar de una gran diversidad de especies vegetales y su aprovechamiento tradicional ha ido direccionado a la obtención de productos maderables para la industria de la construcción, carpintería y carbón. Sin embargo, el aprovechamiento de especies maderables va más allá de lo tradicional, estas especies poseen características y compuestos químicos que pueden ser aprovechados en biotecnología y medicina. En el campo biotecnológico, por ejemplo, son de gran

utilidad en el control biológico de plagas y biorremediación, mientras que en el campo biomédico se pueden aprovechar metabolitos secundarios de estas especies para el desarrollo de nuevos fármacos y terapias. Ecuador es un país megadiverso que alberga miles de especies forestales maderables, esto fusionado con el conocimiento ancestral de sus comunidades y el aprovechamiento sostenible de los recursos lo posicionan como un país con un gran potencial para el biodescubrimiento y desarrollo tecnológico.

V. Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto “*Screening fitoquímico de especies forestales maderables de bosques montanos de la provincia de Chimborazo*” aprobado y financiado mediante Resolución 542.CP.2021 por la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo y aprobado mediante Resolución Nro. UTA-CONIN-2022-0095-R por la Universidad Técnica de Ambato.

VI. Referencias Bibliográficas

Aguirre, Z. (2012). Especies Forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización. *Proyecto Manejo Forestal ante el Cambio Climático. MAE/FAO - Finlandia*. Quito – Ecuador. 140p.

Akintola, O. O., & Bodede, I. A. (2019). Distribution and accumulation of heavy metals in Red Cedar (*Cedrela odorata*) wood seedling grown in dumpsite soil. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 23(5), 811–817. <https://doi.org/10.4314/JASEM.V23I5.6>

Alonso-Castro, A. J., Ortiz-Sánchez, E., Domínguez, F., López-Toledo, G., Chávez, M., Ortiz-Tello, A. D. J., & García-Carrancá, A. (2012a). Antitumor effect of *Croton lechleri* Mull. Arg. (Euphorbiaceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 140(2), 438–442. <https://doi.org/10.1016/J.>

JEP.2012.01.009

Alonso-Castro, A. J., Ortiz-Sánchez, E., Domínguez, F., López-Toledo, G., Chávez, M., Ortiz-Tello, A. D. J., & García-Carrancá, A. (2012b). Antitumor effect of *Croton lechleri* Mull. Arg. (Euphorbiaceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 140(2), 438–442. <https://doi.org/10.1016/J.> JEP.2012.01.009

Al-Qahtani, J., Abbasi, A., Aati, H. Y., Al-Taweel, A., Al-Abdali, A., Aati, S., Yanbawi, A. N., Abbas Khan, M., Ahmad Ghalloo, B., Anwar, M., & Khan, K. ur R. (2023). Phytochemical, Antimicrobial, Antidiabetic, Thrombolytic, anticancer Activities, and in silico studies of *Ficus palmata* Forssk. *Arabian Journal of Chemistry*, 16(2), 104455. <https://doi.org/10.1016/J.ARABJC.2022.104455>

Attanayake, A. P., Jayatilaka, K. A. P. W., Pathirana, C., & Mudduwa, L. K. B. (2016). *Gmelina arborea* Roxb. (Family: Verbenaceae) Extract Upregulates the β -Cell Regeneration in STZ Induced Diabetic Rats. *Journal of Diabetes Research*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/4513871>

Bachheti, R. K., Sharma, A., Bachheti, A., Husen, A., Shanka, G. M., & Pandey, D. P. (2020). Nanomaterials from various forest tree species and their biomedical applications. *Nanomaterials for Agriculture and Forestry Applications*, 81–106. <https://doi.org/10.1016/J.>

- doi.org/10.1016/B978-0-12-817852-2.00004-4
- Baig, N., Kammakakam, I., Falath, W., & Kammakakam, I. (2021). Nanomaterials: a review of synthesis methods, properties, recent progress, and challenges. *Materials Advances*, 2(6), 1821–1871. <https://doi.org/10.1039/D0MA00807A>
- Brockerhoff, E. G., Barbaro, L., Castagneyrol, B., Forrester, D. I., Gardiner, B., González-Olabarria, J. R., Lyver, P. O. B., Meurisse, N., Oxbrough, A., Taki, H., Thompson, I. D., van der Plas, F., & Jactel, H. (2017). Forest biodiversity, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services. In *Biodiversity and Conservation* (Vol. 26, Issue 13). <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1453-2>
- Carrión-Paladines, V., Fries, A., Caballero, R. E., Daniëls, P. P., & García-Ruiz, R. (2019). Biodegradation of Residues from the Palo Santo (*Bursera graveolens*) Essential Oil Extraction and Their Potential for Enzyme Production Using Native Xylaria Fungi from Southern Ecuador. *Fermentation* 2019, Vol. 5, Page 76, 5(3), 76. <https://doi.org/10.3390/FERMENTATION5030076>
- Chaudhary, A., Burivalova, Z., Koh, L. P., & Hellweg, S. (2016). Impact of Forest Management on Species Richness: Global Meta-Analysis and Economic Trade-Offs. *Scientific Reports*, 6. <https://doi.org/10.1038/srep23954>
- Chen, Z., Bertin, R., Marin, R., Medjiofack Djeujo, F., & Froidi, G. (2022). Effects of Croton lechleri sap (Sangre de Drago) on AGEs formation, LDL oxidation and oxidative stress related to vascular diseases. *Natural Product Research*, 36(16), 4165–4169. <https://doi.org/10.1080/14786419.2021.1960520>
- Cui, L., Noerpel, M. R., Scheckel, K. G., & Ippolito, J. A. (2019). Wheat straw biochar reduces environmental cadmium bioavailability. *Environment International*, 126, 69–75. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2019.02.022>
- Dhakad, A. K., Pandey, V. V., Beg, S., Rawat, J. M., & Singh, A. (2018). Biological, medicinal and toxicological significance of Eucalyptus leaf essential oil: a review. In *Journal of the Science of Food and Agriculture* (Vol. 98, Issue 3). <https://doi.org/10.1002/jsfa.8600>
- Domínguez-Robles, J., Cárcamo-Martínez, Á., Stewart, S. A., Donnelly, R. F., Larrañeta, E., & Borrega, M. (2020). Lignin for pharmaceutical and biomedical applications – Could this become a reality? *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 18, 100320. <https://doi.org/10.1016/J.SCP.2020.100320>
- ENCE. (2009). *La gestión forestal Sostenible*. 1–6. <https://silo.tips/queue/la-gestion-forestal-sostenible-y-el>

- eucalipto?&queue_id=-1&v=1701388838&u=MTg2LjY5LjY4LjI1MA==
- FAO. (2021). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020. In *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020*. <https://doi.org/10.4060/ca9825es>
- Fernández Ruiz, M., Yepes Fuentes, L., Tirado Ballestas, I., & Orozco, M. (2018). Actividad repelente del aceite esencial de *Bursera graveolens* Jacq. ex L., frente *Tribolium castaneum* Herbst, 1797 (Coleoptera: Tenebrionidae) Tenebrionidae). *Anales de Biología*, 40, 87–93. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.6018/analesbio.40.10>
- Fontana, R., Mattioli, L. B., Biotti, G., Budriesi, R., Gotti, R., Micucci, M., Corazza, I., Marconi, P., Frosini, M., Manfredini, S., Buzzi, R., & Vertuani, S. (2023). *Magnolia officinalis* L. bark extract and respiratory diseases: From traditional Chinese medicine to western medicine via network target. *Phytotherapy Research*, 37(7). <https://doi.org/10.1002/ptr.7786>
- Gatti, R. C., Reich, P. B., Gamarra, J. G. P., Crowther, T., Hui, C., Morera, A., Bastin, J. F., de-Miguel, S., Nabuurs, G. J., Svenning, J. C., Serra-Diaz, J. M., Merow, C., Enquist, B., Kamenetsky, M., Lee, J., Zhu, J., Fang, J., Jacobs, D. F., Pijanowski, B., ... Liang, J. (2022). The number of tree species on Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119(6), e2115329119. https://doi.org/10.1073/PNAS.2115329119/SUPPL_FILE/PNAS.2115329119.SAPP.PDF
- Jones, K. (2003). Review of sangre de drago (*Croton lechleri*)--a South American tree sap in the treatment of diarrhea, inflammation, insect bites, viral infections, and wounds: traditional uses to clinical research. *Journal of Alternative and Complementary Medicine (New York, N.Y.)*, 9(6), 877–896. <https://doi.org/10.1089/107555303771952235>
- Lacruz, A., Barrera-Cortés, J., Lina-García, L., Ramos-Valdivia, A. C., & Santillán, R. (2022). Nanoemulsified Formulation of *Cedrela odorata* Essential Oil and Its Larvicidal Effect against *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). *Molecules*, 27(9), 2975. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules27092975>
- Medpilwar, M., Maru, D., Vernekar, M., & Harmalkar, M. (2020). Evaluation of Anti-Microbial and Anti-Cancer Activity of Ethanolic Extracts of *Bougainvillea shubhra* and *Bougainvillea peruviana*. *ACTA SCIENTIFIC NUTRITIONAL HEALTH*, 4(1), 75–79. <https://doi.org/10.31080/ASNH.2020.04.0578>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, A. y P.-M. (2016). *Programa de Incentivos para la Reforestación con Fines Comerciales*. Ministry of Agriculture, Livestock, Aquaculture and Fisheries.

- <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2014/06/SPF-FOLLETO-PIF-2014-050614.pdf>
- Montopoli, M., Bertin, R., Chen, Z., Bolcato, J., Caparrotta, L., & Frolidi, G. (2012). Croton lechleri sap and isolated alkaloid taspine exhibit inhibition against human melanoma SK23 and colon cancer HT29 cell lines. *Journal of Ethnopharmacology*, 144(3), 747–753. <https://doi.org/10.1016/J.JEP.2012.10.032>
- Ofir, R., Seidman, R., Rabinski, T., Krup, M., Yavelsky, V., Weinstein, Y., & Wolfson, M. (2002). Taxol-induced apoptosis in human SKOV3 ovarian and MCF7 breast carcinoma cells is caspase-3 and caspase-9 independent. *Cell Death and Differentiation*, 9(6). <https://doi.org/10.1038/sj.cdd.4401012>
- Pan, Y., McCullough, K., & Hollinger, D. Y. (2018). Forest biodiversity, relationships to structural and functional attributes, and stability in New England forests. *Forest Ecosystems*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40663-018-0132-4>
- Paredes-Sánchez, F. A., Rivera, G., Bocanegra-García, V., Martínez-Padrón, H. Y., Berrones-Morales, M., Niño-García, N., & Herrera-Mayorga, V. (2021). Advances in Control Strategies against Spodoptera frugiperda. A Review. *Molecules* 2021, Vol. 26, Page 5587, 26(18), 5587. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES26185587>
- Reyes, J. F., Diez, A. M., Melero, B., Rovira, J., & Jaime, I. (2022). Antimicrobial Effect of Simira ecuadorensis Extracts and Their Impact on Improving Shelf Life in Chicken and Fish Products. *Foods* 2022, Vol. 11, Page 2352, 11(15), 2352. <https://doi.org/10.3390/FOODS11152352>
- Ritchie, H., & Roser, M. (2023). Forest area. *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/forest-area>
- Saddick, S., Ahmed, D., & Gul, H. (2023). Isolation of biomedically important bioactive compounds from Debregeasia salicifolia with extraordinary antioxidant potential hepato-protectivity. *Journal of King Saud University - Science*, 35(2), 102459. <https://doi.org/10.1016/J.JKSUS.2022.102459>
- Salehi, B., Prakash Mishra, A., Nigam, M., Karazhan, N., Shukla, I., Kiełtyka-Dadasiewicz, A., Sawicka, B., Głowacka, A., Abu-Darwish, M. S., Hussein Tarawneh, A., Gadetskaya, A. V., Cabral, C., Salgueiro, L., Victoriano, M., Martorell, M., Docea, A. O., Abdolshahi, A., Calina, D., & Sharifi-Rad, J. (2021). Ficus plants: State of the art from a phytochemical, pharmacological, and toxicological perspective. *Phytotherapy Research*, 35(3), 1187–1217. <https://doi.org/10.1002/PTR.6884>
- Sánchez, A., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (2020). Sector Maderero Ecuador.

- Observatorio Económico y Social de Tungurahua - Universidad Técnica de Ambato.* <https://obest.uta.edu.ec/wp-content/uploads/2020/06/Sector-maderero-Ecuador-aprobado-1.pdf>
- Sori, R., Poojar, B., Hodlur, N., & Gandigawad, P. (2019). Effect of Gmelina arborea on learning and memory in amnesia-induced and non-amnesia groups of albino Wistar rats. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, 30(5). <https://doi.org/10.1515/JBCPP-2018-0202>
- Subratti, A., Vidal, J. L., Lalgee, L. J., Kerton, F. M., & Jalsa, N. K. (2021). Preparation and characterization of biochar derived from the fruit seed of Cedrela odorata L and evaluation of its adsorption capacity with methylene blue. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 21, 100421. <https://doi.org/10.1016/J.SCP.2021.100421>
- Verdezoto Vargas, V. H., Valdiviezo Freire, E. W., Durán Mera, C. A., & Illicachi Gusñay, R. C. (2023). Especies maderables en sistemas agroforestales con cacao (theobroma cacao, l.), cantón yaguachi, Provincia del Guayas. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2). <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.670>
- Walker, J. M., Maitra, A., Walker, J., Ehrnhoefer-Ressler, M. M., Inui, T., & Somoza, V. (2013). Identification of magnolia officinalis L. Bark extract as the most potent anti-inflammatory of four plant extracts. *American Journal of Chinese Medicine*, 41(3). <https://doi.org/10.1142/S0192415X13500389>
- Warrier, R. R., Priya, S. M., & Kalaiselvi, R. (2021). Gmelina arborea— an indigenous timber species of India with high medicinal value: A review on its pharmacology, pharmacognosy and phytochemistry. In *Journal of Ethnopharmacology* (Vol. 267). <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113593>
- Zhu, J. Y., Agarwal, U. P., Ciesielski, P. N., Himmel, M. E., Gao, R., Deng, Y., Morits, M., & Österberg, M. (2021). Towards sustainable production and utilization of plant-biomass-based nanomaterials: a review and analysis of recent developments. *Biotechnology for Biofuels* 2021 14:1, 14(1), 1–31. <https://doi.org/10.1186/S13068-021-01963-5>
- Zohmachhuana, A., Tlaisun, M., Mathipi, V., Khawlhiring, L., & Priya, J. S. (2022). Suppression of the RAGE gene expression in RAW 264.7 murine leukemia cell line by ethyl acetate extract of Mikania micrantha (L.) Kunth. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 10(5), 107–114. <https://doi.org/10.7324/JABB.2022.100513>

Recibido: 7 de diciembre, 2023
Revisado: 3 de enero, 2024
Aceptado: 31 de enero, 2024