

***Delimitación morfoanatómica y fitoquímica de la quina
en seis mercados municipales del Distrito Central,
Honduras***

*Morphoanatomical and phytochemical delimitation
of cinchona in six municipal markets in the Central
District, Honduras*

Ramón Andrés Cortez¹
Francia Yameli Beltrán^{1,2}
Lilian Ferrufino-Acosta^{1,2,3}

Recibido: 15 de diciembre, 2024
Aceptado: 20 de febrero, 2025

1 Carrera de Biología, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras.

2 Herbario Cyril Hardy Nelson Sutherland (TEFH), Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras.

3 Miembro de owsd Honduras

Ramón Andrés Cortez: <https://orcid.org/0009-0003-1148-5891> | racortezm@outlook.com

Francia Yameli Beltran: <https://orcid.org/0009-0007-7438-6494> | francia.beltran@unah.edu.hn

Lilian Ferrufino-Acosta: <https://orcid.org/0000-0002-2065-9174> | lilian.ferrufino@unah.edu.hn

Resumen

La “quina”, como se le conoce comúnmente en Honduras, es una planta medicinal usada para cicatrizar, desinfectar heridas, y también para aliviar malestares estomacales como el dolor abdominal. Sin embargo, en el país, este nombre se asigna a diversas especies de plantas. El objetivo de este estudio fue identificar las plantas conocidas comúnmente como *quina* que se comercializan en seis mercados municipales del Distrito Central. Para su identificación taxonómica se realizó un análisis morfoanatómico y fitoquímico empleando pruebas convencionales, consultas a expertos y comparaciones con muestras de herbario depositadas en el Herbario Cyril Hardy Nelson Sutherland (TEFH) y el Herbario de Plantas Útiles Paul R. House. Como resultado, se identificaron seis morfoespecies basadas en las características morfológicas y anatómicas del tallo, entre ellas *Cordia alliodora* y *Croton* spp. Las morfoespecies se designaron con nombres comunes como “quina roja, quina café”, “quina amarilla” y “quina”. Además, mediante un análisis de conglomerados basado en los datos morfoanatómicos y fitoquímicos se identificaron tres grupos, algunos de los cuales coinciden con los nombres vernáculos. Este estudio demuestra la importancia de la identificación taxonómica de plantas medicinales de uso popular para un tratamiento adecuado de las enfermedades y toxicidad de las mismas, dado que la efectividad dependerá de los compuestos químicos específicos de cada especie vegetal.

Palabras clave: *Cinchona*, corteza de quina, *Croton* spp., etnobotánica, plantas medicinales, relaciones entre especies, usos medicinales.

Abstract

The “quina”, as it is commonly known in Honduras, is a medicinal plant used to heal and disinfect wounds, also to relieve stomach pain. However, this name is assigned to several plant species in the country. This study aimed to identify the plants commonly known as cinchona that are commercialized in six municipal markets of the Central District. For their taxonomic identification, a morphoanatomical and phytochemical analysis was performed using conventional tests, expert consultations, and comparisons with herbarium specimens deposited in the Cyril Hardy Nelson Sutherland Herbarium (TEFH) and the Paul R. House Herbarium of Useful Plants. As a result, six morphospecies were identified based on morphological and anatomical characteristics of the stem, including *Cordia*

alliadora and *Croton* spp. The morphospecies were designated by common names such as “red cinchona,” “brown cinchona,” “yellow cinchona,” and “cinchona.” In addition, using a cluster analysis based on morphoanatomical and phytochemical data, three groups were identified, some of which coincide with the vernacular names. This study demonstrates the importance of the taxonomic identification of medicinal plants of popular use for an adequate treatment of diseases and their toxicity, since the effectiveness will depend on the specific chemical compounds of each plant species.

Keywords: *Cinchona* spp., *Croton* sp., cinchona bark, ethnobotany, medicinal plants, relationships between species, medicinal uses.

Delimitación morfoanatómica y fitoquímica de la quina en seis mercados municipales del Distrito Central, Honduras

Morphoanatomical and phytochemical delimitation of cinchona in six municipal markets in the Central District, Honduras

Introducción

La “quina” es una planta medicinal originaria de Sudamérica, cuyo nombre vernáculo proviene del quechua y es representada por especies del género *Cinchona* de la familia Rubiaceae (Huaman et al., 2019; Rivera-Rojas, 2019). Uno de sus principales componentes es la quinina, un alcaloide que se ha utilizado históricamente para tratar la fiebre y la malaria e incluso se ha usado en la obstetricia, bocio, Ménière y varices (Freireira-Júnior et al., 2012; Huaman et al., 2019; Mesa-Vanegas, 2017).

En Latinoamérica, también se utilizan especies alternativas de la quina, tales como *Chenopodium album* L., *Coutarea hexandra* (Jacq.) K. Schum., *Esenbeckia febrifuga* (A. St.-Hil.) A. Juss. ex Mart., *Hintonia latiflora* (Sessé & Moc. ex DC.) Bullock, *Ladenbergia lambertiana* (A. Br. ex Mart.) Klotzsch, *Leptolobium elegans* Vogel, *Myroxylon peruiferum* L.f., *Ouratea hexasperma* (A. St.-Hil.) Baill., *Remijia ferruginea* (A. St.-Hil.) DC., *Schizocalyx cuspidatus* (A. St.-Hil.) Kainul. & B. Bremer, *Simira mexicana* (Bullock) Steyerl., *Strychnos pseudoquina* A. St.-Hil., *Vochysia cinnamomea* Pohl. Estas especies son usadas para tratar el dolor abdominal, la malaria, la anemia, la gastritis y como febrífugo y astringente; siendo este último la única utilidad reportada en animales (Botsaris, 2007; Martínez y Luján, 2011; Bieski et al., 2012; Quiroga et al., 2012; Cosenza et al., 2013; Bussmann et al., 2018; Arjona-García et al., 2021; Pires-Gomides et al., 2021).

En Honduras se han reportado las siguientes especies bajo el nombre de “quina”: *Alstonia longifolia* (A. DC.) Pichon, *Coutarea hexandra* (Jacq.) K. Schum., *Croton niveus* Jacq., *Croton xalapensis* Kunth, *Gouania lupuloides* (L.) Urb., *Picramnia antidesma* Sw., *Sparattanthelium amazonum* Mart., *Strychnos panamensis* Seem. y *Symplocos pycnantha* Hemsl (Herbario de Plantas Útiles, 2024). Estas especies son utilizadas de forma tradicional para tratar el dolor de abdominal, musculares, tumores, picaduras de serpientes,

infecciones de heridas, cicatrización de heridas y como antiinflamatorio (House et al., 1995; Herbario de Plantas Útiles, 2024).

Se estima que las especies comercializadas como “quina” representan aproximadamente el 20% de las plantas medicinales introducidas y empleadas en la medicina tradicional en Honduras, una tendencia impulsada por la explotación y degradación de los ecosistemas que actualmente afecta al país (Robles-Valle et al., 2001). Los mercados municipales del Distrito Central, departamento de Francisco Morazán en Honduras son el eje central en la comercialización de plantas medicinales, registrándose cerca de 93 especies medicinales a la venta (Robles-Valle et al., 2001). No obstante, se desconoce si las especies que se comercializan como “quina” presentan o no los componentes terapéuticos utilizados para tratar los padecimientos y enfermedades que tradicionalmente se tratan con *Cinchona* spp. ya que los nombres vernáculos influyen en la comercialización de plantas medicinales al proporcionar información sobre la historia botánica y la actitud de la población local hacia la medicina tradicional (Dauncey et al., 2016; Mesa-Vanegas, 2017; Pombo-Geerstma et al., 2021).

El uso de nombres vernáculos en la comercialización de plantas medicinales en los mercados es una práctica muy frecuente (Degen et al., 2005). Sin embargo, este fenómeno conlleva varios problemas, entre ellos la sustitución de una especie por otra debido a la similitud de sus características morfológicas, lo que puede dar lugar a respuestas terapéuticas diferentes a las esperadas por los consumidores o efectos no deseados (Bellakhdar et al., 1991; Degen et al., 2005; Najem et al., 2021). Por lo tanto, la identificación taxonómica es fundamental para validar las especies que se comercializan (Maldonado et al., 2020).

En la actualidad, solamente en Brasil se han realizado estudios sobre especies alternativas al género *Cinchona*, basado en un análisis morfoanatómico y fitoquímico con el objetivo de contribuir a los estudios farmacológicos de los compuestos vegetales identificadas como quinas, ya que este nombre vernáculo se les atribuye a varias especies vegetales (Cosenza et al., 2013; Somavilla et al., 2017, 2018). Por tal razón, el objetivo de este estudio es identificar las especies conocidas como quina que se comercializan en los mercados del Distrito Central con base en la morfología, anatomía y fitoquímica.

Materiales y métodos

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en seis de los 12 mercados municipales y ocho establecimientos del Distrito Central, ubicados mayormente entre Comayagüela y Tegucigalpa (Figura 1). Estos mercados se caracterizan por preservar el comercio tradicional de plantas medicinales, y entre ellos, el mercado Colón se destaca por contar con establecimientos dedicados exclusivamente al comercio de plantas medicinales (García, 2021). En el Cuadro 1 se listan los mercados donde se adquirieron productos medicinales comercializados bajo el nombre de “quina” (Figura 2), estos se comercializan en empaques que incluyen dos porciones de cortezas por unidad, con un precio que oscila entre 10 a 20 lempiras (L 0.40-0.80) y se recolectaron 20 empaques.



Figura 1. Ubicación geográfica de los seis mercados municipales estudiados en el Distrito Central, Francisco Morazán, Honduras (Fuente: elaboración propia).

Cuadro 1. Mercados municipales y feria del agricultor y el artesano como área de estudio. Se incluye la ciudad en la que se ubican los mercados y las coordenadas geográficas.

Nombre del mercado	Ubicación	Coordenadas
Mercado Municipal Colón	Comayagüela	14°06'06" N, 87°12'32" O
Mercado Municipal Jacaleapa	Tegucigalpa	14°04'10" N, 87°11'01" O
Mercado Municipal San Isidro	Comayagüela	14°06'08" N, 87°12'32" O
Mercado Municipal San Miguel	Tegucigalpa	14°06'20" N, 87°11'56" O
Mercado Municipal Zonal Belén	Comayagüela	14°05'44" N, 87°13'24" O
Feria del Agricultor y el Artesano, Estadio Nacional	Tegucigalpa	14°05'59" N, 87°12'12" O



Figura 2. Establecimientos de los mercados municipales donde se realizó la compra de las muestras. A) Mercado Municipal Colón. B) Mercado Municipal San Miguel. C) Mercado Municipal Jacaleapa. D) Mercado Municipal San Isidro. E) Feria del Agricultor y el Artesano, estadio nacional. Fotografías por Ramón Andrés Cortez.

Toma de datos

Las muestras (cortezas o ritidomas) fueron almacenadas en bolsas plásticas selladas y etiquetadas individualmente, indicando el número de muestra, el mercado de origen, la fecha de compra y el precio pagado por cada producto. Además, se registraron los usos de la quina basado en una entrevista no estructurada a los vendedores de los mercados.

Análisis morfológico y características físicas

Se midió el diámetro y se examinaron las cualidades organolépticas, basándose en el olor, el tacto y la observación directa de las muestras, para describir sus características morfológicas. Con los datos obtenidos, se elaboró una matriz morfológica considerando las características descritas por Whitmore (1962) y Vargas-Rojas et al. (2018). Para las especies del género *Cinchona* se usaron las características de *Cinchona officinalis* L. basadas en descripciones botánicas de tratamientos taxonómicos publicados en la base de datos de TROPICOS, World Flora Online (WFO) y *The Encyclopedia of Life* (EOL).

La identificación del material se realizó mediante la comparación de sus características morfológicas con material depositado en el Herbario Cyril Hardy Nelson Sutherland (TEFH) y el Herbario de Plantas Útiles Paul R. House, adjuntos a la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), y mediante consultas a expertos. Las muestras se clasificaron inicialmente según su nombre vernáculo basado en la coloración de la corteza y la exudación de taninos (Figura 3). Cabe resaltar que algunas muestras recolectadas contenían una mezcla de especies, por lo que se separaron en diferentes morfoespecies. Posteriormente las muestras se clasificaron en grupos de morfoespecies, se fotografiaron las muestras y se describieron morfológicamente las cortezas de cada morfoespecie, siguiendo terminología especializada propuestas por Vargas-Rojas et al. (2018) y Whitmore (1962).

Análisis anatómico

Se hidrataron los tejidos de cada muestra en un recipiente plástico estéril con una solución de glicerina al 100% durante 24 horas, luego se realizó un lavado del tejido con agua destilada y nuevamente se depositó en el recipiente con agua destilada por aproximadamente 48 horas. Seguidamente, se realizaron cortes transversales y longitudinales a mano alzada utilizando un bisturí y hojas de afeitar, luego se procedió a montar los

cortes sobre un portaobjetos y se le aplicó una gota de hidróxido de sodio (10%) para aclarar el tejido, después una gota de Lugol para la observación de almidón y una gota de Sudán III para identificar lípidos.

Se observaron los cortes al microscopio óptico (Olympus CX22 RFS1) bajo el lente de 4x y luego se fotografiaron. Se identificaron y rotularon las características anatómicas con base en estudios publicados (Somavilla et al. 2017; Somavilla et al., 2018; Garland et al., 2002). Posteriormente se generó una matriz de datos basada en los caracteres anatómicos y la presencia de granos almidón y lípidos.

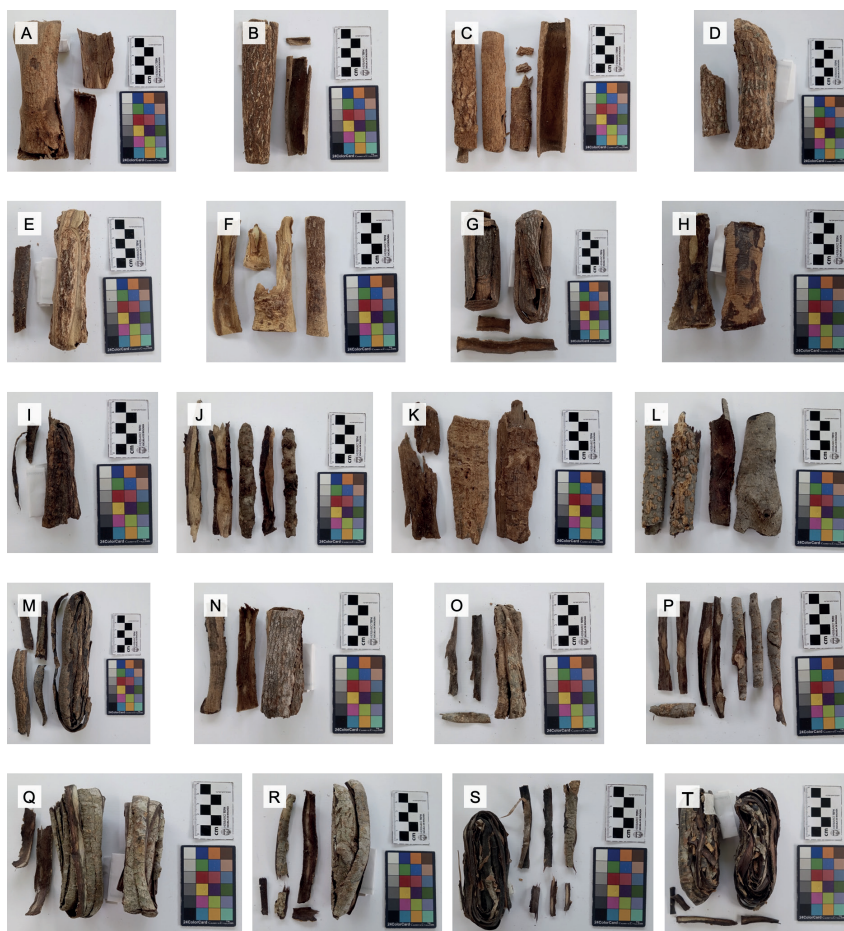


Figura 3. Muestras de quina recolectadas en los mercados. A-F: quina amarilla, G-J: quina, K-L: quina café, M-T: quina roja.

Análisis fitoquímico

Se llevó a cabo la identificación primaria de metabolitos secundarios presentes en las muestras mediante pruebas fitoquímicas cualitativas, utilizando reactivos específicos para cada grupo de compuestos. Se emplearon los reactivos de Wagner y Mayer para la detección no específica de alcaloides, la reacción de cloruro férrico (FeCl_3) al 10% y el reactivo de Wagner para flavonoides, la reacción de Bornträger para quinonas, y nuevamente cloruro férrico 10% para taninos. Para ello, se siguió las recomendaciones de los estudios de Gibaja (1998), Cirilo-Aguilar (2003) y Pérez-González (2006).

Para realizar las cinco pruebas se pesó 15 gramos de cada muestra a las que se les realizó cortes en pequeñas piezas y se trituró con un mortero y pistilo, y este se sumergió en 60 ml de cloroformo durante 45 minutos y seguidamente se filtró el extracto de reflujo (sobrenadante) y se diluyó con agua destilada hasta llegar a 100 ml en un matraz Erlenmeyer. Luego, se elaboraron 100 fracciones en tubos de ensayo y se trasvasó 3 ml de la solución con una pipeta en cada tubo de ensayo por prueba. Además, se incluyó una prueba control que consistió únicamente en el sobrenadante sin añadir el reactivo.

Para efectuar las pruebas de detección, se añadieron 5 gotas de cada reactivo (Mayer, Wagner, Bornträger, cloruro férrico puro y cloruro férrico 10%) en el tubo de ensayo correspondiente, seguidas de una agitación suave. Finalmente, se llevó el tubo de ensayo ante una fuente lumínica para observar el resultado de la reacción y determinar los componentes químicos presentes, basándose en la coloración observada al compararla con la muestra control. Para los alcaloides, la formación de un precipitado cristalino es indicativo de una prueba positiva. En el caso de los flavonoides con cloruro férrico, la coloración que varía del amarillo-castaño al violeta es una señal positiva. La presencia de quinonas se evaluó mediante el reactivo de Bornträger, identificándose una coloración amarilla para antraquinonas reducidas y rojiza para antraquinonas oxidadas. Finalmente, para taninos, se empleó cloruro férrico al 10%, considerándose positiva la formación de un precipitado o una coloración oscura cuya intensidad varía según la estructura química del compuesto.

Asimismo, los datos se registraron en una matriz de datos fitoquímicos que incluye la descripción de los colores observados y los metabolitos secundarios presentes, según la coloración observada tras realizar las pruebas determinadas. También se realizó una revisión de la literatura sobre *C. officinalis* (Duke, 2009) como grupo externo, con el propósito de incorporar en la matriz los metabolitos secundarios presentes en esta especie, según su categoría correspondiente. No obstante, se excluyó el color observado, ya que no se realizaron pruebas.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de conglomerado aplicando el coeficiente de similitud de Jaccard empleando el software gratuito Past4 (versión 4.03) con el objetivo de determinar cuáles son las especies que están más relacionadas entre sí y que presentan mayor similitud con el género *Cinchona*. Para ello, se realizó una matriz usando estados de caracteres (0 a 12) basado en la matriz de morfología, anatomía y fitoquímica con un total de 39 caracteres.

Resultados

Análisis morfológico

Se identificaron las características morfológicas que las muestras comparten entre sí, se determinó seis morfoespecies de las 20 muestras recolectadas (cuadro 2). En consecuencia, la Morfoespecie 1 (Msp1) —*Croton* spp. cf.— incluye las muestras 01, 03, 07, 08, 10, 11, 13 y 20. Las muestras 09 y 19 se identificaron como Morfoespecie 2 (Msp2) —*Cordia alliodora*— (Ruiz & Pav.) Oken. La Morfoespecie 3 (Msp3) está representada por tres muestras de “quina amarilla” (02, 06 y 12). Las muestras de “quina roja” (04, 15, 16 y 18) se clasificaron como Morfoespecie 4 (Msp4). La Morfoespecie 5 (Msp5) consta de las muestras de “quina roja” 05 y 14. La muestra 17 se determinó como Morfoespecie 6 (Msp6).

Usos medicinales

Los vendedores en los mercados recomiendan el uso de la quina para desinfectar y cicatrizar heridas, así como en infusión para aliviar el dolor de abdominal. Los compradores prefieren la “quina amarilla” sobre la “quina roja”, ya que la primera tiene un sabor más agradable.

Análisis anatómico

En todas las morfoespecies se observó la presencia de una corteza interna, floema colapsado y tricomas. Las Msp1, Msp2 y Msp3 presentan una estructura laminar, ausencia de vasos del xilema y de fibras visibles a simple vista, así como, la presencia de lípidos y gránulos de almidón. Mientras que las Msp4, Msp5 y Msp6 muestran una estructura puntillada con presencia o ausencia de radios visibles, lenticelas, leve presencia de rafidios y lípidos (Figura 4).

Cuadro 2. Clasificación y descripción de las morfoespecies según las características morfológicas de su corteza. SI: Sin identificar.

Morfoespecie	Nombre científico	Nombres vernáculos	Descripción morfológica
Msp1	<i>Croton</i> spp.	“quina amarilla”	Corteza no exfoliante de color amarillo con textura suberosa a escariosa, morfología escamosa-fisurada y ausencia de lenticelas.
Msp2	<i>Cordia alliodora</i>	“quina café”	Corteza no exfoliante de color gris con textura coriácea, morfología lisa, peridermis pardo y lenticelas escasas a masivas que se distribuyen de forma aleatoria a agregadas.
Msp3	SI	“quina amarilla” “quina café”	Corteza no exfoliante de color marrón a grisáceo y estrías rojizas con textura suberosa, morfología escamosa-estriada y ausencia de lenticelas.
Msp4	SI	“quina roja”	Corteza exfoliante de color anaranjado a verde grisáceo con presencia de líquenes, textura coriácea a papirácea de morfología lisa y escasa presencia de lenticelas que se distribuyen de forma regular.
Msp5	SI	“quina roja”	Corteza no exfoliante de color marrón con textura coriácea-suberosa, morfología escamosa a rugosa o fisurada y ausencia de lenticelas.
Msp6	SI	“quina”	Corteza no exfoliante de color café a marrón con textura coriácea, morfología verrugosa, peridermis estratificado y ausencia de lenticelas.

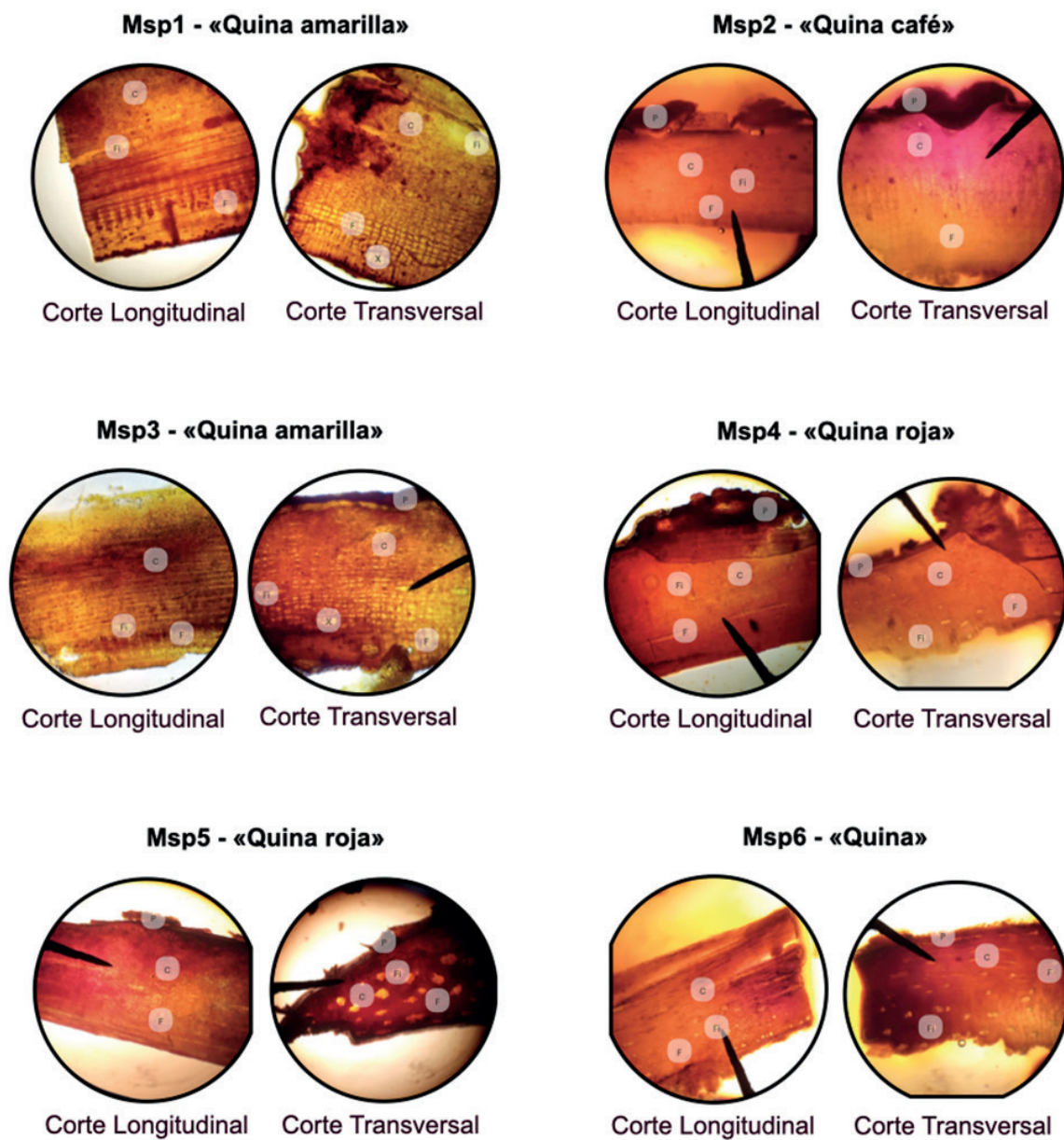


Figura 4. Cortes anatómicos realizados de las muestras analizadas. C: corteza interna. P: peridermis. F: floema colapsado. X: vasos del xilema. Fi: fibras.

Análisis fitoquímico

Todas las muestras resultaron positivas para la presencia de taninos según la reacción con cloruro férrico. De las 20 muestras analizadas, 15 resultaron positivas para alcaloides según la prueba de Mayer, mientras que tres dieron positivo basado en la prueba de Wagner. Por otro lado, únicamente tres de las muestras dieron resultado positivo para quinonas en la prueba de Bornträger. En cuanto a los flavonoides, 14 muestras mostraron presencia de estos compuestos en la reacción con cloruro férrico al 10%, entretanto, 18 resultaron positivas en la prueba de Wagner.

La Mps3 y Mps5 demostraron la mayor compatibilidad fitoquímica con *C. officinalis*, con un 83% de similitud. La Msp1, Msp2 y Msp4 presentaron un 66%, mientras que la Msp6 solo alcanzó un 33% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Resultados de las pruebas fitoquímicas cualitativas por cada prueba realizada según la morfoespecie. El signo más (+) representa un resultado positivo y el signo menos (-) representa un resultado negativo.

Morfoespecie	Alcaloides		Quinonas	Taninos	Flavonoides	
	Prueba de Mayer	Prueba de Wagner	Prueba de Bornträger	Prueba de FeCl ₃	Prueba de Wagner	Prueba de FeCl ₃ (10%)
<i>Cinchona officinalis</i>	+	+	+	+	+	+
Msp1 - <i>Croton</i> spp.	+	-	-	+	+	+
Msp2 - <i>Cordia alliodora</i> “quina café”	+	-	-	+	+	+
Msp3 - “quina amarilla” “quina café”	+	+	-	+	+	+
Msp4 - “quina roja”	+	-	-	+	+	+
Msp5 - “quina roja”	+	-	+	+	+	+
Msp6 - “quina”	+	-	-	+	-	-

Relaciones entre las morfoespecies

Mediante el análisis de conglomerados, se estableció un valor mínimo de 0.7 en el coeficiente de similitud de Jaccard entre las muestras, lo que permitió identificar un total de tres grupos (Figura 5).

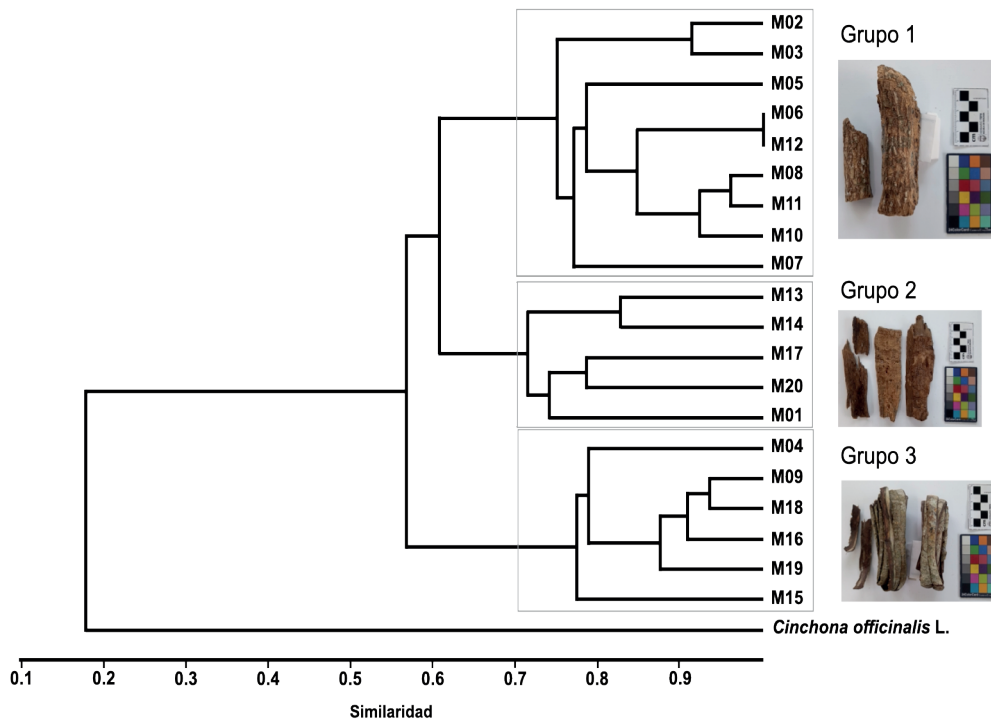


Figura 5. Relación entre las morfoespecies según el coeficiente de similitud de Jaccard.

Las muestras correspondientes al Grupo 1 “quina amarilla” y “quina roja” (M02, M03, M05, M06, M07, M08, M10, M11, M12) poseen un olor predominantemente fuerte, ausencia de lenticelas, ritidoma suberoso, peridermis no estratificado y exudación de taninos. Además, muestran corteza interna, floema no funcional y presencia mayoritaria de peridermis. Fitoquímicamente presentan lípidos, flavonoides, taninos y ausencia de quinonas.

El Grupo 2 “quina amarilla” y “quina café” (M01, M13, M14, M17, M20) presentan similitudes morfológicas como ausencia de lenticelas, olor fuerte, exudación de taninos,

ritidoma principalmente coriáceo y peridermis mayormente estratificada. Se observó peridermis, corteza interna, floema no funcional, radios visibles, estructura principalmente laminar y ausencia mayoritaria de vasos del xilema. Según la fitoquímica tienen lípidos, taninos y ausencia de alcaloides según la prueba de Wagner.

Las muestras del Grupo 3 “quina roja” y “quina café” (M04, M09, M15, M16, M18, M19) tienen un olor fuerte, moderadamente agradable y mayoritariamente a madera húmeda vieja, escasa presencia de lenticelas, ritidoma liso, peridermis no estratificado y exudación de taninos. Anatómicamente presentan corteza interna, floema no funcional, lenticelas, tricomas, ausencia de vasos del xilema y presencia mayoritaria de peridermis y fibras. Asimismo, se han identificado taninos y flavonoides mediante las pruebas de Wagner y cloruro férrico. Por otro lado, se observa la ausencia, en su mayoría, de quinonas y alcaloides, según los resultados de la prueba de Wagner.

Discusión

Algunas de las muestras recolectadas contienen más de una morfoespecie por empaque, lo que contribuye a la venta inadecuada de especies ofrecidas como alternativas a la quina. Esta comercialización errónea se debe principalmente a la falta de conocimiento sobre qué es la quina, más que a la presencia de dos morfoespecies en un mismo paquete. Esto representa un alto riesgo, con posibles efectos adversos que podrían comprometer la salud o incluso la vida del consumidor (Ekor, 2014; Gouws y Hamman, 2020; Karimi et al., 2015).

Por otro lado, las cortezas recolectadas se lograron identificar como morfoespecies, ya que identificar a nivel de especies basándose en la corteza resulta muy complejo debido a sus similitudes morfológicas. Asimismo, los tres grupos identificados en el análisis de conglomerados corresponden a los nombres vernáculos identificados en este estudio. Para determinar las especies medicinales con uso terapéutico se recomienda usar otros métodos para la identificación de la textura de cortezas habituales, como el mapeo de activación de clases (Class Activation Mapping, CAM) o las redes neuronales convolucionales (Convolutional Neural Networks, CNN), los cuales logran predecir con exactitud un 42% y un 49% el género y la familia a la que pertenecen, respectivamente. También, para la determinación taxonómica de las especies, se recomienda un análisis molecular utilizando un protocolo estandarizado para especies de uso medicinal (Vijayakumar et al., 2019; Kim et al., 2022; Wu y Shaw, 2022; Zhao et al., 2020).

En relación con la morfología, las Msp1 y Msp3 muestran mayor similaridad con *Cinchona* spp. ya que presenta fibras de floema en forma de huso y presencia de rafidios. Estas características anatómicas también se han observado en las especies del género *Cinchona*, en las cuales se ha descrito la presencia de idioblastos parenquimatosos llenos de microprismas de oxalato de calcio y fibras de floema en forma de huso (Somavilla et al., 2018).

En este estudio, el 100% de las 20 muestras recolectadas presentaron taninos. Los taninos son considerados agentes astringentes y bactericidas (Ashok y Upadhyaya, 2012; Pizzi, 2019; Soares et al., 2020); si bien, estos están presentes de forma natural en una variedad de alimentos, la ingesta excesiva puede provocar efectos adversos nutricionales o de actividad mutagénica y carcinogénica (Sharma et al., 2019). Del mismo modo, el 75% de las muestras contienen alcaloides. Los alcaloides actúan como agentes anestésicos y antiinflamatorios (Heinrich et al., 2021). En cuanto a la fitoquímica, en *Cinchona* destaca la presencia de alcaloides como la quinina, cinconina, cinconidina y quinidina (Al-Harbi et al., 2022; Duke, 2009). El 90% de las muestras presentaron flavonoides, estos poseen propiedades anticancerígenas, antioxidantes, antiinflamatorias, antivirales y son agentes neuroprotectores y cardioprotectores (Ullah et al., 2020). Mientras que un 15% de las muestras presentan quinonas, estas tienen propiedades tanto citoprotectoras como citotóxicas (Bolton et al., 2000; Cores et al., 2023). Los agentes de los metabolitos secundarios de las muestras estudiadas son validados según los usos reportados en Honduras (Herbario de Planta Útiles, 2024).

Cinchona officinalis y *Cordia alliodora* comparten propiedades medicinales, destacándose por sus componentes bioactivos y aplicaciones terapéuticas. Ambas especies han demostrado actividad antioxidante, cicatrizante y antimicrobiana, atribuida a la presencia de metabolitos secundarios como alcaloides, flavonoides y terpenoides (Ullah et al., 2020; Oza y Kulkarni, 2017). De manera similar, *C. officinalis* y algunas especies de *Croton* distribuidas en Centroamérica presentan terpenos y alcaloides con actividad antiinflamatoria y antimalárica, como en *Croton arboreus* y *Croton lobatus*, (Salatino et al., 2007), así como en *Croton draco* por su actividad antibacterial (Morales-Ubaldo et al., 2020).

Se recomienda el uso tópico de la decocción, dado que la identificación de cortezas a nivel de especie es complicada, lo que genera incertidumbre sobre las propiedades medicinales de las especies comercializadas en los mercados. La identificación de partes vegetativas, como raíces, rizomas, tallos o fragmentos reproductivos (flores y frutos), también presenta dificultades (Bellakhdar et al., 1991; Wiedenhoeft et al., 2019; Bas-hyal y Roberts, 2023). Sin embargo, estas características morfológicas, anatómicas y

farmacológicas podrían establecer un estándar para el control de calidad de las cortezas de quina en el comercio (Somavilla et al., 2017).

Conclusión

En los mercados, la “quina” se refiere a la corteza de diversas especies con exudación de taninos y sabor amargo, pero su identificación basada solo en la corteza es compleja. La ausencia de muestras de referencia en herbarios dificulta su clasificación taxonómica, por lo que se sugiere el uso de secuenciación de ADN y cromatografía en capa fina (TLC) para identificar con precisión las especies y analizar la composición de sus metabolitos secundarios.

Se ha registrado que la morfoespecie Msp1, relacionada con *Croton* spp., es conocida como “quina” en Honduras, mientras que otras especies podrían representar un riesgo para la salud debido a la falta de regulación en los mercados. *Symplocos pycnantha* Hemsl. ha sido identificada como “quina roja”, lo que sugiere que las muestras con este nombre podrían corresponder a esta especie. Se recomienda realizar estudios más detallados sobre los compuestos activos presentes, ya que algunas especies pueden ser tóxicas y su uso debería limitarse a aplicaciones tópicas.

Agradecimientos

Al personal del Herbario TEFH, los biólogos Olvin Oyuela y Joel Ortega por su constante colaboración en el desarrollo de la investigación y por las instrucciones brindadas. Así como, Iris Masiel Rodríguez por su enseñanza, motivación y apoyo con la literatura. A Germán Sandoval por ser uno de los expertos que colaboró en la identificación de las morfoespecies. Del mismo modo, a mi mamá Juana Isabel Molina Mejía, mi papá Ramón Edilberto Cortez Zúniga, mis hermanos José Javier Cortez y María José Cortez, al resto de mis seres queridos y amistades que me han apoyado a lo largo del proceso, en especial a Sandra Cruz, Kevin Zerón y Cristina Rivera.

Referencias

AL-HARBI, L. N., AL-SHAMMARI, G. M., SUBASH-BABU, P., MOHAMMED, M. A., ALKREADEES, R. A. & YAGOUB, A. E. A. (2022). *Cinchona officinalis* Phytochemicals-Loaded Iron

Oxide Nanoparticles Induce Cytotoxicity and Stimulate Apoptosis in MCF-7 Human Breast Cancer Cells. *Nanomaterials*, 12(19), 3393. <http://www.doi.org/10.3390/nano12193393>

- ARJONA-GARCÍA, C., BLANCAS, J., BELTRÁN-RODRÍGUEZ, L., LÓPEZ-BINNQÜIST, C., COLÍN-BAHENA, H., MORENO-CALLES, A. I., SIERRA-HUELSZ, J. A., & LÓPEZ-MEDELLÍN, X. (2021). How does urbanization affect perceptions and traditional knowledge of medicinal plants? *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 17(48). <http://www.doi.org/10.1186/s13002-021-00473-w>
- ASHOK, P. K., & UPADHYAYA, K. (2012). Tannins are Astringent. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1(3), 45-50. ISSN 2278-4136
- BASHYAL, R., & ROBERTS, D. L. (2023). Assessing the identification uncertainty in plant products traded as traditional Asian medicines. *Journal for Nature Conservation*, 73, 126410. <http://www.doi.org/10.1016/j.jnc.2023.126410>
- BELLAKHDAR J, CLAISSE R, FLEURENTIN J., & YOUNOS C. Repertory of standard herbal drugs in the Moroccan pharmacopoea. *J Ethnopharm.* 1991;35:123–143. [http://www.doi.org/10.1016/0378-8741\(91\)90064-k](http://www.doi.org/10.1016/0378-8741(91)90064-k).
- BIESKI, I. G. C., RIOS SANTOS, F., DE OLIVEIRA, R. M., ESPINOSA, M. M., MACEDO, M., ALBUQUERQUE, U. P., & DE OLIVEIRA MARTINS, D. T. (2012). Ethnopharmacology of Medicinal Plants of the Pantanal Region (Mato Grosso, Brazil). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012(272749), 1–36. <http://www.doi.org/10.1155/2012/272749>
- BOLTON, J. L., TRUSH, M. A., PENNING, T. M., DRYHURST, G., & MONKS, T. J. (2000). Role of quinones in toxicology. *Chemical research in toxicology*, 13(3), 135-160. <http://www.doi.org/10.1021/tx9902082>
- BOTSARIS, A. S. (2007). Plants used traditionally to treat malaria in Brazil: the archives of Flora Medicinal. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 3(18). <http://www.doi.org/10.1186/1746-4269-3-18>
- BUSSMANN, R. W., PANIAGUA-ZAMBRANA, N. Y., ROMERO, C., & HART, R. E. (2018). Astonishing diversity—the medicinal plant markets of Bogotá, Colombia. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 14(43), 1-47. <http://www.doi.org/10.1186/s13002-018-0241-8>
- CIRILO-AGUILAR, B. G. (2003). Determinación bioquímica, reductora ponderal y supresora del apetito de *Smilax moranensis* Martens & Galeotti y *Centaurium quitense* (Kunth) B. L.: Robinson Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- CORES, Á., CARMONA-ZAFRA, N., CLERIGUÉ, J., VILLACAMPA, M. Y MENÉNDEZ, J. C. (2023). Quinones as Neuroprotective Agents. *Antioxidants*, 12(7), 1464. <http://www.doi.org/10.3390/antiox12071464>

- Cosenza, G. P., Somavilla, N. S., Fagg, C. W., & Brandão, M. G. L. (2013). Bitter plants used as substitute of *Cinchona* spp. (quina) in Brazilian traditional medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 149(3), 790–796. <http://www.doi.org/10.1016/j.jep.2013.08.004>
- DAUNCEY, E. A., IRVING, J., ALLKIN, R., & ROBINSON, N. (2016). Common mistakes when using plant names and how to avoid them. *European journal of integrative medicine*, 8(5), 597–601. <http://www.doi.org/10.1016/j.eujim.2016.09.005>
- DEGEN, R., SORIA, N., ORTÍZ, M., & BASUALDO, I. (2005). Problemática de nombres comunes de plantas medicinales comercializadas en Paraguay. *Dominguezia* 21 (1): 11–16.
- DUEÑAS-ROSALES, G., & FERRUFINO-ACOSTA, L. (2022). La colección del Herbario de Plantas Útiles Paul R. House: su importancia e historia. *Revista Etnobiología*, 20(2), 282–293.
- DUKE, J. A. (2009). Duke's handbook of medicinal plants of Latin America. *CRC Press*, 212–214.
- EKOR, M. (2014). The growing use of herbal medicines: issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. *Frontiers in pharmacology*, 4(177). <http://www.doi.org/10.3389/fphar.2013.00177>
- ENCICLOPEDIA DE LA VIDA (EOL). (2024). *Cinchona officinalis*. Consultado el 5 diciembre, 2024. Disponible en: <https://eol.org>
- FERREIRA-JÚNIOR, W. S., CRUZ, M. P., SANTOS, L. L., & MEDEIROS, M. F. T. (2012). Use and importance of quina (*Cinchona* spp.) and ipeca (*Carapichea ipecacuanha* (Brot.) L. Andersson): Plants for medicinal use from the 16th century to the present. *Journal of Herbal Medicine*, 2(4), 103–112. <http://www.doi.org/10.1016/j.hermed.2012.07.003>
- GARCÍA, B. J. (23 de octubre de 2021). Mercados de la capital mantienen vivas las tradiciones con productos únicos. *El Heraldo*. Disponible en: <https://www.elheraldo.hn/tegucigalpa/mercados-honduras-mantienen-vivas-tradiciones-productos-unicos-tegucigalpa-BQEH1499293#image-1>
- GARLANT, H. M., MIRANDA, D., GRANCE, L., BOHREN, A., & KELLER, H. (2002). Estructura anatómica de la corteza y diseño del ritidoma de *Cedrela fissilis* Vell. y *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* (Vell.) Mart. (Meliaceae), Misiones, Argentina. *Quebracho-Revista de Ciencias Forestales*, 9, 43–53.
- GIBAJA, O. S. (1998). Pigmentos naturales quinónicos. Identificación de Quinonas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Fondo Editorial, 277 p.
- GOUWS, C., & HAMMAN, J. H. (2020). What are the dangers of drug interactions with herbal medicines? *Expert Opinion on Drug Metabolism & Toxicology*, 16(3), 165–167. <http://www.doi.org/10.1080/17425255.2020.1733969>
- HEINRICH, M., MAH, J., & AMIRKIA, V. (2021). Alkaloids Used as Medicines: Structural Phytochemistry Meets Biodiversity-An Update and Forward Look. *Molecules*, 26(7),

1836. <http://www.doi.org/10.3390/molecules26071836>

- HERBARIO DE PLANTAS ÚTILES. 2024. Colección general. Consultado el 20 de diciembre de 2024.
- HOUSE, P.R., LAGOS-WITTE, S., OCHOA, L., TORRES, C., MEJÍA T., Y RIVAS, M. (1995). PLANTAS MEDICINALES COMUNES DE HONDURAS. EDITORIAL UNIVERSITARIA, UNAH, TEGUCIGALPA, HONDURAS.
- HUAMÁN, L., ALBÁN, J., & CHILQUILLO, E. (2019). Aspectos taxonómicos y avances en el conocimiento del estado actual del árbol de la Quina (*Cinchona officinalis* L.) en el Norte de Perú. *Ecología Aplicada*, 18(2), 145-153. <http://www.doi.org/10.21704/rea.v18i2.1333>.
- KARIMI, A., MAJLESI, M. & RAFIEIAN-KOPAEI, M. (2015). Herbal versus synthetic drugs; beliefs and facts. *Journal of Nephropharmacology*, 4(1), 27-30. PMID: 28197471
- KIM, T. K., HONG, J., RYU, D., KIM, S., BYEON, S. Y., HUH, W., KIM, K., BAEK, G. H., & KIM, H. S. (2022). Identifying and extracting bark key features of 42 tree species using convolutional neural networks and class activation mapping. *Scientific Reports*, 12(4772). <http://www.doi.org/10.1038/s41598-022-08571-9>
- MALDONADO, CARLA, PANIAGUA-ZAMBRANA, NAREL, BUSSMANN, RAINER W., ZENTENO-RUIZ, FREDDY S., & FUENTES, A. F. (2020). La importancia de las plantas medicinales, su taxonomía y la búsqueda de la cura a la enfermedad que causa el coronavirus (COVID-19). *Ecología en Bolivia*, 55(1), 1-5.
- MARTÍNEZ, G. J. & LUJÁN, M. C. (2011). Medicinal plants used for traditional veterinary in the Sierras de Córdoba (Argentina): An ethnobotanical comparison with human medicinal uses. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 7(23). <http://www.doi.org/10.1186/1746-4269-7-23>
- MESA-VANEGAS, A. M., (2017). Una visión histórica en el desarrollo de fármacos a partir de productos naturales. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 48(3), 16-27.
- MORALES-UBALDO, ANA, HERNÁNDEZ-ALVARADO, JERELLY, VALLADARES-CARRANZA, BENJAMÍN, VELÁZQUEZ-ORDOÑEZ, VALENTE, DELGADILLO-RUIZ, LUCÍA, ROSENFELD-MIRANDA, CARLA, RIVERO-PÉREZ, NALLELY, & ZARAGOZA-BASTIDA, ADRIÁN. (2020). Antibacterial activity of the Croton draco hidroalcoholic extract on bacteria of sanitary importance. *Abanico veterinario*, 10, e1. Epub <https://doi.org/10.21929/abavet2020.2>
- NAJEM, M., NASSIRI, L., & IBIJBIJEN, J. (2021). Vernacular names of plants between diversity and potential risks of confusion: Case of toxic plants used in medication in the central Middle Atlas, Morocco. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*, 9 (2), 222-250.
- OZA, M.J. & KULKARNI, Y.A. (2017). Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of the medicinal species of the genus *Cordia* (Boraginaceae). *J Pharm Pharmacol*, 69, 755-789. <https://doi.org/10.1111/jphp.12715>

- PÉREZ-GONZÁLEZ, L. E. (2006). Estudio fitoquímico biodirigido de las plantas con potencial actividad insecticida *Trichilia havanensis* y *Croton ciliatoglanduliferus* [Tesis de Licenciatura, Universidad de las Américas Puebla]. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lcf/perez_g_le/
- PIRES-GOMIDES, N. A. M. T., GUARIM-NETO, G., PEREIRA-MARTINS, M., KATO, L. & PASQUALOTTO-SEVERINO, V. G. (2021). Ethnobotanical and ethnopharmacological survey of medicinal species utilized in the Coqueiros Community, Brazil. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 21(6), 671-715. <http://www.doi.org/10.37360/blacpma.22.21.6.42>
- PIZZI, A. (2019). Tannins: Prospectives and Actual Industrial Applications. *Biomolecules*, 9(8), 344. <http://www.doi.org/10.3390/biom9080344>
- POMBO-GEERTSMA, I., FRANÇOZO, M., ANDEL, T. VAN & ALCÁNTARA-RODRÍGUEZ, M. (2021). What's in a name? Revisiting medicinal and religious plants at an Amazonian market. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 17(9). <http://www.doi.org/10.1186/s13002-021-00433-4>
- QUIROGA, R., MENESES, L. & BUSSMANN, R. W. (2012). Medicinal ethnobotany in Huacareta (Chuquisaca, Bolivia). *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 8(29). <http://www.doi.org/10.1186/1746-4269-8-29>
- RIVERA-ROJAS, D. A. (2019). La quina (*Chinchona*) como evidencia del rol de la biología en las tradiciones peruanas. *El Palma de la Juventud*, 1(1), 55-60. <http://www.doi.org/10.31381/epdlj.v1i1.3997>
- ROBLES-VALLE, G. R., OLIVEIRA-BARBOSA, K. & VILLALOBOS-SOTO, R. (2001). Evaluación de los productos forestales no madereros en América Central. Proyecto Conservación para el Desarrollo Sostenible en América Central (Olafo), Área de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.
- SALATINO, A., SALATINO, M. L. F., & NEGRI, G. (2007). Traditional uses, chemistry and pharmacology of *Croton* species (Euphorbiaceae). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 18(1), 11-33. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532007000100002>
- SHARMA, K., KUMAR, V., KAUR, J., TANWAR, B., GOYAL, A., SHARMA, R., GAT, Y., & KUMAR, A. (2019). Health effects, sources, utilization and safety of tannins: a critical review. *Toxin Reviews*, 40(4), 432-444. <http://www.doi.org/10.1080/15569543.2019.1662813>
- SOARES, S., BRANDÃO, E., GUERREIRO, C., SOARES, S., MATEUS, N. & DE FREITAS, V. (2020). Tannins in Food: Insights into the Molecular Perception of Astringency and Bitter Taste. *Molecules*, 25(11), 2590. <http://www.doi.org/10.3390/molecules25112590>

- SOMAVILLA, N. S., COSENZA, G. P., FAGG, C. W., & BRANDÃO, M. G. L. (2017). Morpho-anatomy and chemical profile of native species used as substitute of quina (*Cinchona* spp.) in Brazilian traditional medicine. Part II: *Remijia ferruginea*. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 27(2), 153-157. <http://www.doi.org/10.1016/j.bjp.2016.09.005>
- SOMAVILLA, N. S., FAGG, C. W., & BRANDÃO, M. G. L. (2018). Morpho-anatomy of native species used as substitute of quina (*Cinchona* spp.) in Brazilian traditional medicine: *Esenbeckia febrifuga*. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 28(2018), 223-227. <http://www.doi.org/10.1016/j.bjp.2018.02.002>
- STINE, R. (1989). An Introduction to Bootstrap Methods. *Sociological Methods & Research*, 18(2-3), 243-291. <http://www.doi.org/10.1177/0049124189018002003>
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. (2024). *Cinchona officinalis*. Consultado el 10 diciembre, 2024. Disponible en: <https://tropicos.org>
- ULLAH, A., MUNIR, S., BADSHAH, S. L., KHAN, N., GHANI, L., POULSON, B. G., EMWAS, A. H., & JAREMKO, M. (2020). Important Flavonoids and Their Role as a Therapeutic Agent. *Molecules*, 25(22), 5243. <http://www.doi.org/10.3390/molecules25225243>
- VARGAS-ROJAS, G., NÚÑEZ-HIDALGO, S. Y VILLEGAS-ESPINOZA, J. P. (2018). Cortezas de árboles y arbustos del Parque Nacional Palo Verde: guía digital de campo.
- VIJAYAKUMAR, A. S., JEYARAJ, M., PACHAAN, K., SELVAKUMAR, M., & PRAVEENKUMAR, D. (2019). Molecular identification of the medicinal plant Justicia gendarussa (Burm) F. using its gene. *Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences*, 5(1), 663-674. <http://www.doi.org/10.26479/2019.0501.55>
- WORLD FLORA ONLINE (WFO). (2024). *Cinchona officinalis*. Consultado el 5 diciembre, 2024. Disponible en: <http://www.worldfloraonline.org>.
- WHITMORE, T. C. (1962). Studies in Systematic Bark Morphology. II. General Features of Bark Construction in Dipterocarpaceae. *The New Phytologist*, 61(2), 208-220. <http://www.jstor.org/stable/2429430>
- WIEDENHOEFT, A. C., SIMEONE, J., SMITH, A., PARKER-FORNEY, M., SOARES, R., & FISHMAN, A. (2019). Fraud and misrepresentation in retail forest products exceeds U.S. forensic wood science capacity. *PLoS ONE*, 14(7): e0219917. <http://www.doi.org/10.1371/journal.pone.0219917>
- WU, H-Y., & SHAW, P-C. (2022). Strategies for molecular authentication of herbal products: from experimental design to data analysis. *Chinese Medicine*, 17(38). <http://www.doi.org/10.1186/s13020-022-00590-y>
- ZHAO, Y. F., GAO, X., HU, J. F., CHEN, Z., & CHEN, Z. (2020). Tree species identification based on the fusion of bark and leaves. *Mathematical biosciences and engineering*, 17(4), 4018-4033. <http://www.doi.org/10.3934/mbe.2020222>