



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOANÁLISIS
MÉRIDA-VENEZUELA



ISSN 0543-517-X
Depósito Legal pp 1958 02
ME 1003

REVISTA DE LA FACULTAD DE FARMACIA

FUNDADA EN 1958



"REVISTA PATRIMONIO ULA"

Volumen 65, Número 1
enero-junio 2023

EDITORIAL

La bioingeniería de los compuestos volátiles en las plantas

<https://doi.org/10.53766/REFA/2023.65.1.01>

Las plantas son sistemas complejos generadores de una gran variedad de compuestos bioactivos entre los que se encuentran los terpenos y terpenoides, siendo localizados en las hojas, tallos, flores y frutos. Los mismos son sintetizados en el citoplasma por la unión de sus precursores isopentenil difosfato y dimetilalil difosfato, dando lugar a los homoterpenos, monoterpenos y sesquiterpenos. La producción de las diferentes estructuras terpénicas y su abundancia son condicionadas por la activación de la enzima terpeno sintazas frente a factores bióticos (*plantas, bacterias y fitófagos*) y abióticos (*variación de temperatura, humedad, intensidad de las radiaciones Uv, entre otras*); tal es el caso de la acción aleloquímica del (E)- β -cariofileno que contrarresta el ataque del insecto *Cotesia sesamiae* a los cultivos de maíz, así como la emisión de α -pineno y linalol por las flores de la orquídea *Brassavola acaulis* con el propósito de atraer las abejas silvestres polinizadoras *Euglossa* spp., *Eulaema* spp., *Eufriesea* spp. y *Melipona* spp. Por otra parte, la literatura especializada también reporta los beneficios de estas especies químicas para el tratamiento en los seres humanos de ciertas patologías, en ese sentido, se destaca la acción del limoneno sobre la proliferación celular del adenocarcinoma de pulmón (A549), además el efecto bacteriostático del borneol sobre las cepas *E. coli*, *L. monocytogenes*, *S. aureus* y *P. aeruginosa*, sin dejar de mencionar como influye α -terpineol, β -pineno y α -pineno en la reducción de la expresión de los genes IL-4/IL-13, involucrados en los procesos inflamatorios. Los atributos presentes en estos hidrocarburos aromáticos han permitido su inclusión en diversos productos farmacéuticos, alimenticios y cosméticos, así como, la utilización en las industrias petroquímicas como una fuente alternativa emergente para la producción de energía sostenible derivada de la mezcla de algunos sesquiterpenos con el catalizador ácido heterogéneo Nafion SAC-13, sustituyendo el consumo de combustibles fósiles y minimizando el impacto sobre el cambio climático.

Dr. Alexis A. Buitrago D.

Grupo “Biomoléculas Orgánicas”
Departamento de Análisis y Control.
Facultad de Farmacia y Bioanálisis
Universidad de Los Andes

REVISTA DE LA FACULTAD DE FARMACIA

Vol. 65, N° 1

enero-junio 2023

ISSN 0543- 517-X Depósito Legal pp 1958 02 ME 1003

ISSN 2244-8845 Electrónico Depósito Legal ppi 2012 02

ME 4102

CONTENIDO

ARTÍCULOS ORIGINALES

Análisis proximal de la semilla de Saní (*Brassica* spp).

Proximate analysis of the seed of Saní (*Brassica* spp).

Autores: Ramírez-Gutiérrez Carmen, Fernández-Rojas Roxana, Ostojich-Cuevas Zoitza, Arraiz-Budovalchew Issis, Balbuena-Guillén José, Quintero-Parra Liandry, Zerpa Sandra 3

Especies de *Pseudomonas* y sus perfiles de resistencia a los antibióticos en ecosistemas acuáticos del Ecuador.

***Pseudomonas* species and their profiles of resistance to antibiotics in aquatic ecosystems of Ecuador.**

Autores: Andueza Felix, Araque Judith, Acuña Jessica, Escobar Jessica, González Marco, Escobar Sandra, González-Romero Ana Carolina, Medina Gerardo. 9

Valor nutricional y propiedades tecnofuncionales de la harina del fruto completo del chachafruto (*Erythrina edulis*)

Nutritional value and functional properties of the whole fruit of chachafruto (*Erythrina edulis*).

Autores: Vivas Odry, Vielma Rosa, Matheus Dalia, Rocco Valeria18

Breve historia de la medicina herbaria y la flora útil.

Brief history of herbal medicine and the useful flora.

Autores: Gil Otaiza Ricardo28

Normas Editoriales.....39

Reglamento para el Arbitraje.....40

Índice Acumulado.....4

Artículo original

Análisis proximal de la semilla de Saní (*Brassica* spp).

Proximate analysis of the seed of Saní (*Brassica* spp).

Ramírez-Gutiérrez Carmen¹, Fernández-Rojas Roxana¹, Ostojich-Cuevas Zoitza^{1*}, Arraiz-Budovalchew Issis¹, Balbuena-Guillén José², Quintero-Parra Liandry³, Zerpa Sandra¹.

¹Unidad de Tecnología de Alimentos. Departamento de Nutrición y Alimentación. Escuela de Nutrición y Dietética. Facultad de Medicina. Universidad de Los Andes. Mérida 5101, Venezuela. ²Departamento de Tecnología de la Construcción. Facultad de Arquitectura. Universidad de Los Andes. Mérida 5101, Venezuela. ³Healthy Medicina Estética. Distrito Trujillo, Provincia Trujillo, Departamento La Libertad 13011, Perú.

Recibido: enero de 2023–Aceptado: marzo de 2023

RESUMEN

El Saní o semilla de la planta del nabo (*Brassica* spp.), es una especia típica del páramo merideño, conocida localmente como “la mostaza negra del páramo”; en el pasado, era frecuentemente consumida previo tostado y molienda como acompañante de las comidas. Aunque es un alimento de fácil acceso y elaboración para la población del páramo, actualmente es poco consumido debido, en gran parte, al desconocimiento de sus propiedades nutricionales, pues hay muy poca información científica disponible sobre ella. Por esta razón, el objetivo principal de la investigación fue determinar la composición proximal del Saní y considerar su posible aplicación en la gastronomía. Las semillas se recolectaron en el Páramo de Mucuchíes, específicamente en la comunidad de Misintá, Municipio Rangel, estado Mérida. A través del análisis proximal se determinó que el Saní tiene un contenido de proteínas de 19% y 30% de grasa. Se evaluó el tiempo de tostado y se encontró que para disminuir su regusto amargo, debe tostarse por un máximo de 10 minutos, ya que tiempos más altos acentúan su amargor. Se elaboraron diferentes recetas con la adición de Saní como un ingrediente. Por último, se elaboró una página web que pretende promover el uso frecuente del Saní en la dieta de los merideños.

PALABRAS CLAVES

Saní, análisis proximal, *Brassica*, gastronomía.

ABSTRACT

Saní or seed of the turnip plant (*Brassica* spp.), is a typical spice of the Merida paramo, known locally as "the black mustard of páramo"; Although it's a food of easy access and preparation for the population of paramo, it is currently little consumed due, in large part, to the lack of knowledge of its nutritional properties, since scientific information available about it, is scarce. For this reason, the main objective of the research was to determine the proximate composition of Saní and consider its possible applications in local gastronomy. The seeds were collected in Páramo Mucuchíes, specifically in Misintá, Rangel country, Mérida state, Venezuela. Through proximate analysis it was found that Saní has a protein content of 19% and 30% fat. The roasting time was evaluated and it was noted that in order to reduce its bitter taste, it should be roasted for 10 minutes max, since larger times accentuate its bitterness. Different recipes were made with the addition of Saní as an ingredient. Lastly, a web page was created with aims to promote the frequent use of Saní in the diet of Merida residents.

KEY WORDS

Saní, proximate analysis, *Brassica*, gastronomy.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el interés por las tradiciones gastronómicas de antaño se ha venido perdiendo debido a la industrialización y el ritmo de vida moderno. En este sentido, la cultura alimentaria tradicional de la región andina se ha ido disipando de manera progresiva en el tiempo [1]. Uno de los rubros ancestrales venezolanos cuyo uso se ha venido perdiendo desde la antigüedad es el Saní, una especia típica del páramo merideño. El Saní es una semilla similar a la mostaza negra, que se obtiene de la planta del nabo, la cual se encuentra de forma silvestre en el páramo; después de cosechadas, las semillas son tostadas y molidas para obtener un polvo o una pasta. La planta del nabo se caracteriza por tener flores amarillas en forma de racimos largos, con pequeñas vainas que contienen las semillas redondas, de color negro y 1-3 mm de diámetro [2,3]. Es una de las exquisiteces del páramo merideño, que en la antigüedad era el eterno acompañante de las papas cocidas y las arepas y que hoy día está casi olvidado.

En Venezuela, existen muy pocos estudios formales acerca de estas semillas; sin embargo, ha sido clasificada científicamente dentro de la familia Brassicaceae, pudiendo ser una subespecie de *Brassica rapa* o *Brassica nigra*. En cualquier caso, “la planta del nabo” es una planta crucífera que crece de forma silvestre en Los Andes merideños y cuyas hojas también son utilizadas para consumo en forma de ensalada. La semilla de la planta del nabo, conocida localmente como Saní, se prepara a modo de salsa tipo mostaza, previo tostado y molienda, para luego mezclarlo con sal y otras especias como cebollín, orégano y/o ajo; este polvo, se consumía directamente con las papas previamente cocidas o para rellenar las arepas o el pan [2, 4, 5].

El Saní es un alimento de fácil acceso y elaboración para la población del páramo, pero que

actualmente es poco consumido debido, en gran parte, al desconocimiento de sus propiedades nutricionales, pues hay muy poca información disponible sobre el tema.

Sin embargo, se desconoce la composición de la semilla, siendo la composición proximal un factor clave para inferir cuáles de sus propiedades nutritivas pueden aprovecharse para dar opciones de preparaciones fáciles y sencillas a la población, donde se incluyan alimentos que mejoren la calidad nutricional de la dieta. Es por ello que el objetivo principal de la investigación consistió en realizar el análisis proximal del Saní para conocer su composición en cuanto a macronutrientes, así como sus posibles aplicaciones en la gastronomía mediante su inclusión en diversos platos de consumo frecuente, con la finalidad de divulgar y promover, con bases científicas, su uso masivo en la alimentación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestra: Las semillas de Saní fueron recolectadas en el Páramo de Mucuchíes, específicamente en la comunidad de Misintá, Municipio Rangel del estado Mérida, Venezuela. La población estuvo conformada por un sembradío de la planta de nabo, de donde se seleccionó aleatoriamente una muestra de 2 Kg de semilla.

Tostado y molienda: Después de su recolección, se dejó secar las semillas al sol por un día; luego se tostaron a una temperatura de 100°C por 10, 15 ó 20 minutos. Posteriormente, se dejó enfriar completamente (30 minutos). Finalmente, las semillas se pasaron por un molinillo hasta obtener un polvo oscuro. Es importante tener en cuenta que antes de moler la semilla, esta debe estar totalmente fría, pues se observó que al molerla inmediatamente se obtuvo una pasta y no un polvo, debido al elevado porcentaje de grasa que posee la semilla.

Análisis proximal: Se determinó el porcentaje de humedad, cenizas y macronutrientes (proteínas, grasas, carbohidratos), que contiene el Saní; para luego estimar el aporte calórico. Para la determinación de Humedad se utilizó calentamiento en estufa de convección a presión atmosférica, siguiendo el procedimiento citado por

la norma COVENIN [6a]. Este análisis se realizó tanto a la semilla sin tostar como a la tostada. La determinación de cenizas se realizó según la norma venezolana [7a], que contempla la incineración (vía seca) de la muestra. El contenido de proteínas, se calculó previa determinación de nitrógeno mediante el método de Kjeldahl [6b], utilizando el Factor de conversión general para alimentos de 6,25. La determinación de Grasas se llevó a cabo de acuerdo a la norma COVENIN 1785-81 [7b], a través del método de Soxhlet, utilizando hexano como solvente. El contenido de carbohidratos totales se obtuvo por diferencia al restar los valores porcentuales de humedad, proteínas, lípidos y cenizas del 100%. El aporte calórico de la semilla se determinó mediante la sumatoria del aporte energético que contiene cada macronutriente por gramo de alimento, empleando los factores (4, 9 y 4) Kcal/g para proteínas, lípidos y carbohidratos respectivamente [8].

Inclusión de la semilla en recetas: Con la finalidad de evaluar la potencialidad de uso del Saní más allá de su uso tradicional y diversificar así su consumo, se realizaron varias preparaciones donde se utilizó el Saní como un ingrediente. La semilla se incluyó cruda o tostada; se realizaron preparaciones tanto dulces como saladas (Torta, cachapas, panquecas, pan, mantequilla de maní, guasacaca, salsa de berenjena); en los casos en los que se incluyó la semilla cruda, se seleccionaron preparaciones que involucraran algún proceso de cocción posterior.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los resultados del análisis proximal del Saní por cada 100 g del alimento. Valores similares de proteína fueron reportados para la mostaza negra (*B. nigra*) mexicana [9], aunque en comparación, el saní presenta menor contenido de grasa y mayor contenido mineral. En este sentido, otro estudio indica que los cultivares silvestres de ciertas plantas contienen niveles considerables de micronutrientes en comparación con los cultivados de forma controlada [10]; en contraposición, otro estudio revela que los cultivos formales presentan contenidos mayores de minerales como hierro y fósforo, debido al uso de fertilizantes [11]. Aunque

no pudo realizarse el perfil de ácidos grasos del aceite de la semilla de Saní, cabe acotar que durante el experimento se observó que la grasa no solidificó tras la extracción, lo cual pudiera inferir que mayoritariamente posee grasas de tipo insaturadas; esta suposición pudiera respaldarse con otro estudio [9], que indica que en la mostaza negra predominan las grasas monoinsaturadas (20,57%), destacando en su perfil de ácidos grasos, el oleico (32,93%) y el linoleico (6,84%).

TABLA 1.
Análisis proximal (g /100 g) del Saní
(*Brassica* spp).

Componente	(g/100 g)
Humedad	8,44 ± 0,02
Cenizas	4,07 ± 0,01
Proteínas	19,93 ± 0,18
Grasa cruda	30,99 ± 0,26
Carbohidratos totales	36,57

Se reportan medias y desviaciones estándar de triplicados. El análisis proximal corresponde a la semilla cruda (sin tostar).

Asimismo, se pudo determinar que por cada cucharada (14 g) de Saní hay un aporte de 70,7 Kcal. La preparación del Saní tostado y molido se realizó como habitualmente se hace en el páramo merideño [11]. Su principal desventaja es que, ya sea crudo o tostado, el Saní tiene un sabor amargo muy intenso. Otra investigación describe que el amargor se debe a la Sinigrina, un glucosinolato que se encuentra en forma natural en las plantas de la familia Brassicaceae, como parte de su mecanismo de defensa frente a los insectos. Dichos glucosinolatos son responsables de los aromas y sabores característicos de la mostaza y sus productos derivados; la enzima que los hidroliza, suele estar presente también en la semilla, pudiendo sintetizar compuestos como los isotiocianatos, tiocianatos y oxazolidinonas, los cuales pueden llegar a ser tóxicos en dosis elevadas [9].

El color observado tras el tostado es marrón intenso, y presenta un aroma agradable pero un marcado sabor residual amargo. La semilla cruda presenta un leve regusto amargo, que se incrementa considerablemente cuando la semilla se tuesta por más de 10 minutos. Con los tiempos de tostado de 15 y 20 min, se percibió un intenso sabor a quemado en la semilla, con lo que se acentúa drásticamente su sabor amargo. Tal observación

también fue reportada por otros estudios [2, 11], quienes resaltaron la facilidad con la que la semilla se quema.

Por esta razón, para las preparaciones culinarias propuestas como parte de los objetivos del presente trabajo se estableció un tiempo de tostado de 10 min. También se observó que al añadir tomillo a la semilla tostada (en lugar de los acompañantes tradicionales ajo, cebolla y orégano), mejoró el sabor y aroma del aliño. Adicionalmente, si la semilla va a tostarse nuevamente tras la adición de otras especias, se recomienda que el tostado inicial sea de solo 5 minutos, para evitar acentuar el sabor amargo. Con la finalidad de mejorar las características organolépticas de las preparaciones con el Saní, y poder aumentar la cantidad de semilla utilizada en las recetas y en consecuencia, su valor nutricional, se recomienda estudiar métodos alternativos de procesamiento que puedan disminuir el sabor amargo de la semilla; como por ejemplo, el remojo, pues se observó que al dejar en remojo el Saní sin tostar en agua durante la noche, previo al tostado, se disminuía su sabor amargo.

Tras el tostado de la semilla, se obtuvo un porcentaje de humedad de 1,43%. Esto implica una reducción de poco más del 80% de la humedad inicial presente en la semilla.

Posteriormente, con la semilla tostada se realizaron dos salsas comunes en la gastronomía venezolana, como lo son la Guasacaca y la salsa de berenjena, utilizando en ambas preparaciones media (½) y 1 cucharada (14 g) de Saní. En esta segunda preparación resaltó mucho el sabor amargo de la semilla. La adición de una pizca de pimienta negra molida y de sal, mejoró notablemente el sabor de ambas salsas. Por su parte, la semilla sin tostar se utilizó como ingrediente en preparaciones que involucraran algún tipo de cocción posterior. En este sentido se prepararon diversas recetas: Panquecas con Saní, Mantequilla de maní con Saní, Torta de mandarina con Saní, Pan de leche con Saní, Cachapas con Saní y pan blanco artesanal.

De la preparación de estas recetas, puede resaltarse que el dulzor o la adición de toques de pimienta negra, sal u orégano, enmascara bien el sabor amargo que la adición de cantidades mayores a 1 cucharada de Saní (14 g) imparte a las comidas. Entre las recetas realizadas, puede decirse que la

cachapa se presenta como una alternativa ideal para la inclusión del Saní como parte de los ingredientes, debido a que las reacciones de oscurecimiento no enzimático que ocurren durante la cocción, enmascaran completamente la presencia de la semilla de Saní en la masa y opaca su sabor residual amargo. Sin embargo, se recomienda realizar un estudio formal de aceptabilidad a las recetas. La situación que vive actualmente el país, hace cada vez más difícil el acceso a proteínas en la dieta, predominando una alimentación basada en gran cantidad de carbohidratos refinados [12]. Sería conveniente evaluar en próximos estudios si el uso del Saní como un ingrediente más en las preparaciones, resulta en la mejora nutricional del alimento en cuanto a proteínas y grasas monoinsaturadas se refiere, lo cual pudiera ser beneficioso en el caso de personas con problemas de malnutrición por déficit.

Como último objetivo de la presente investigación, se planteó dar a conocer al público mayor información sobre el Saní, para lo cual se creó un blog en internet, donde se describe y se muestra la planta y la semilla, se habla sobre su origen y su contenido nutricional, se detalla su forma de preparación tradicional, así como también las recetas preparadas en la presente investigación, con lo cual se busca incluir al Saní como ingrediente, y no simplemente como una especia; y de esta forma, incentivar su consumo masivo por el aporte nutricional que puede impartir a las comidas, promoviendo nuevamente el uso de Saní en la gastronomía merideña. El blog está disponible en la dirección URL <http://elblogdelsani.webnode.com.ve/>

CONCLUSIONES

El análisis proximal del Saní permite considerarlo como un alimento con un buen aporte de proteínas y grasas en su composición. Para el tostado del Saní se debe tener en cuenta el tiempo de procesamiento, ya que al tostarla por más de 10 minutos, se acentúa su sabor amargo, lo cual no resulta conveniente desde el punto de vista sensorial. Al utilizar el Saní en preparaciones gastronómicas se obtuvieron buenos resultados, con lo que se confirma que la semilla tiene

potencial para ser utilizada en recetas, más allá de su uso tradicional como especia. Se recomienda en próximos estudios, precisar el contenido mineral del Saní, el perfil de aminoácidos para evaluar la calidad de su proteína, y un perfil de ácidos grasos, para valorar la calidad del aceite presente en la semilla, y así evaluar a fondo la factibilidad de utilizarlo para la extracción de aceite para consumo masivo, considerando el elevado porcentaje de grasa que posee, y el hecho de que, otras subespecies de *Brassica* son utilizadas comercialmente para la extracción de aceite de canola.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a los Licenciados Jhonatan David Rivas, Rodrigo Rangel y Tito Molinos, por su valiosa colaboración en la presente investigación

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Avendaño Y. Rescate y persistencia de los rubros gastronómicos ancestrales andinos: El Saní. Rev. CUHELAV. 2015; 1(1):12-16.
- [2] Castro N. 4 curiosidades del Saní, la mostaza negra del Páramo [Página web] 2012. [Acceso: 16 de Octubre de 2022]. Disponible en: <https://esnobgourmet.com/2012/11/09/4-curiosidades-del-sani-la-mostaza-negra-del-paramo/>
- [3] Rondón I. Persistencia y rescate de alimentos ancestrales andinos. El gran aliado el Saní. [Tesis de pregrado]. Mérida. Colegio Universitario Hotel Escuela de Los Andes Venezolanos; 2012.
- [4] El Fakih G. Las recetas olvidadas. Agroalimentaria. Enero-junio 2011; 17(32) 115-116.
- [5] Peralta J. y Royuela M. Herbario de la Universidad Pública de Navarra. [Página web]. 2019. [Acceso 06 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.unavarra.es/herbario/>
- [6] ^aCOVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 1553-80 Determinación de humedad en cereales y oleaginosas. Caracas (Venezuela): Fondonorma; 1980. 1-3
- ^bCOVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 1195-80. Alimentos. Determinación de nitrógeno. Método de Kjeldahl. Caracas (Venezuela): Fondonorma; 1980. 1-10
- [7] ^aCOVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 1783-81. Determinación de cenizas en cereales y oleaginosas. Caracas (Venezuela): Fondonorma; 1981. 1-3
- ^bCOVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 1785-81. Determinación de grasas en cereales y oleaginosas. Caracas (Venezuela): Fondonorma; 1981. 1-5
- [8] INN (Instituto Nacional de Nutrición). Tabla de Composición de los Alimentos. Revisión 2012. Caracas (Venezuela): Fondo Editorial Gente de Maíz.
- [9] Mejía-Garibay B, Guerrero-Beltrán JA, Palou E y López-Malo A. Características físicas y antioxidantes de semillas y productos de mostaza negra (*Brassica nigra*) y amarilla (*Brassica alba*). Arch. Latinoam. Nutr. 2015; 65(2): 128-135.
- [10] Raymond RD. Ed. Parientes silvestres de cultivos. Roma (Italia): Bioersity International; 2006. 2-6
- [11] Espinoza-García N, Martínez-Martínez R, Chávez-Servia JL, Vera-Guzmán AM, Carrillo-Rodríguez JC, Heredia-García E y Velasco-Velasco VA. Contenido de minerales en semilla de poblaciones nativas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Rev. Fitotec. Mex. 2016; 39(3): 215-223.
- [12] González VA. Conoces el saní? [Página Web] 2017 [Acceso: 25 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://comunicacioncontinua.com/conoces-el-sani/>
- [13] Hernández P, Landaeta-Jiménez M, Herrera-Cuenca M, Meza C, Rivas O, Ramírez G, Vásquez M, Méndez-Pérez M, y el grupo del estudio ELANS. Estudio Venezolano de Nutrición y Salud: Consumo de energía y nutrientes. Grupo del Estudio Latinoamericanode Nutrición y Salud. An

Venez Nutr. 2017; 30(1): 17-37.

Arraiz Budovalchew Issis: Licenciada en Nutrición y Dietética. Especialista en Ingeniería Biomédica. Profesora categoría Agregado de la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad de Los Andes (ULA).
issisbudovalchew@gmail.com. **Orcid ID:** <https://orcid.org/0000-0003-3372-1915>

Balbuena Guillén José: Ingeniero Químico. MSc en Química Aplicada. Profesor categoría Asistente de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Los Andes (ULA).
balbuena@ula.ve
balbuenajose23@gmail.com. **Orcid ID:** <https://orcid.org/0000-0002-1766-0297>

Fernández Rojas Roxana: Licenciada en Nutrición y Dietética. Correo electrónico: fernandezrojasroxanaandreina@gmail.com **Orcid ID:** <https://orcid.org/0009-0005-7420-0595>

Ostojich Cuevas Zoitza: Ingeniero Químico. Magister en Ciencia de los Alimentos. Profesora categoría Agregado de la Escuela de Nutrición y

Dietética de la Universidad de Los Andes (ULA).
zoitzaula@gmail.com. **Orcid ID:** <https://orcid.org/0000-0002-3560-2787>

Quintero Liandry: Licenciada en Nutrición y Dietética. Profesora categoría Instructor Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad de Los Andes (ULA). Voluntaria en la Cruz Roja Internacional. Nutricionista de Clínicas Healthy Medicina Estética (Perú).
liandry230@gmail.com. **Orcid ID:** <https://orcid.org/0000-0002-7131-6833>

Ramírez Gutiérrez Carmen: Licenciada en Nutrición y Dietética. Correo electrónico: gutierrescarmenrami@gmail.com **Orcid ID:** <https://orcid.org/0009-0004-5555-8623>

Zerpa Sandra María: Abogada. Asistente de Investigación del laboratorio de Análisis Sensorial de de la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad de Los Andes (ULA).
sandrazpa@gmail.com. **Orcid ID:** <https://orcid.org/0000-0003-2604-9884>

Artículo original

Especies de *Pseudomonas* y sus perfiles de resistencia a los antibióticos en ecosistemas acuáticos del Ecuador.

Pseudomonas species and their profiles of resistance to antibiotics in aquatic ecosystems of Ecuador.

Andueza Felix^{1,5*}, Araque Judith¹, Acuña Jessica¹, Escobar Jessica¹, González Marco¹, Escobar Sandra², González-Romero Ana Carolina³, Medina Gerardo^{4,5}.

¹FIGEMPA. Universidad Central del Ecuador. Quito. CP-170521. Ecuador. ²Carrera de Bioquímica y Farmacia. Facultad de Ciencias. Escuela Superior Politecnica del Chimborazo. Riobamba. CP-060155. Ecuador. ³Carrera de Laboratorio Clínico. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Nacional del Chimborazo. Riobamba. CP- 060108. Ecuador. ⁴Facultad de Ciencias Médicas. Universidad Regional Autónoma de los Andes. Ambato. CP- 100105. Ecuador. ⁵Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Universidad de Los Andes. Mérida. CP-5101. Venezuela.

Recibido: febrero de 2023–Aceptado: abril de 2023

RESUMEN

La presencia de bacterias resistentes a los antibióticos en el ambiente es un problema que se ha venido estudiando en los últimos años. Sin embargo, no siempre es el resultado del uso indiscriminado de estas sustancias en diversas actividades humanas, sino que puede obedecer a mecanismos naturales de adaptación, sobrevivencia y evolución que han desarrollado algunas especies bacterianas a lo largo del tiempo. El objetivo del presente trabajo fue conocer la biodiversidad de especies del género *Pseudomonas* y sus perfiles de resistencia a antibióticos en cepas aisladas del agua de lagos cratericos volcánicos y manantiales de aguas mineromedicinales del Ecuador. Se analizaron un total de 32 muestras de agua del lago Quilotoa y 12 muestras de agua de balnearios mineromedicinales ecuatorianos. El aislamiento de las especies de *Pseudomonas* se realizó por la técnica de filtración en membrana, utilizando un volumen de muestra de 100 mL y el agar Cetrimide. Las cepas aisladas se identificaron siguiendo los esquemas de MacFaddin, complementadas con las pruebas bioquímicas de

las galerías Microgen. El perfil de resistencia a los antibióticos se determinó por el método de difusión en placas de Kirby y Bauer interpretándose según el manual CLSI. Se identificaron 16 cepas de seis especies del género *Pseudomonas*. La mayoría de las cepas resultaron resistentes y multiresistentes a los antibióticos ensayados. Los resultados señalan que los ecosistemas acuáticos pueden ser un reservorio importante de genes y de bacterias resistentes a los antibióticos que deben ser estudiados y monitoreados.

PALABRAS CLAVES

Ecosistemas acuáticos, lagos volcánicos, manantiales mineromedicinales, *Pseudomonas*, resistencia a antibióticos.

ABSTRACT

The presence of bacteria resistant to antibiotics in the environment is a problem that has been studied in recent years. However, it is not always the result of the indiscriminate use of these substances in various human activities, but it can be due to natural mechanisms of adaptation, survival,

and evolution that some bacterial species have developed over time. The objective of the present work was to know the biodiversity of species of the genus *Pseudomonas* and their antibiotic resistance profiles in strains isolated from the water of volcanic crater lakes and mineralmedicinal hot springs of Ecuador. A total of 32 water samples from Lake Quiltoa and 12 water samples from spas were analyzed. The isolation of *Pseudomonas* species was carried out by the membrane filtration technique, using a sample volume of 100 mL and Cetrimide agar. The isolated strains were identified following the schemes of MacFaddin, complemented with the biochemical tests of the Microgen galleries. The antibiotic resistance profile was determined by the plate diffusion method of Kirby and Bauer, interpreted according to the CLSI. 16 strains of six species of the genus *Pseudomonas* were identified. Most of the strains were resistant and multi-resistant to the antibiotics tested. The results indicate that water from extreme environments can be an important reservoir of genes and bacteria resistant to antibiotics that must be studied and monitored.

KEY WORDS

Aquatic ecosystems, mineralmedicinal hot springs water, *Pseudomonas*, resistance to antibiotics, volcanic lake.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la presencia de bacterias resistentes a los antibióticos y los mecanismos de resistencia involucrados se han transformado en una importante área de estudio y en un problema mundial dada sus repercusiones sanitarias y económicas [1, 2].

El uso no regulado, de antibióticos en medicina humana y veterinaria, así como en la agricultura y en la producción de algunos alimentos, ha generado un peligroso aumento de bacterias resistentes a antibióticos en el ambiente, creando un problema emergente de salud pública [3].

Estudios realizados en años recientes en una variedad de ecosistemas acuáticos y terrestres, como glaciares, lagos antárticos, lagos cratericos,

desiertos, fumarolas en los fondos marinos y en manantiales de aguas termales, han puesto en evidencia la presencia de una gran diversidad de microorganismos, muchos de los cuales eran desconocidos para la ciencia, y presentan diversos patrones de resistencias naturales a diferentes tipos de antibióticos, incluidos antibióticos de última generación [4-8].

Este hecho se ha atribuido a procesos de competencia entre los microorganismo productores de antibióticos que han habitado estos ecosistemas desde hace miles de años, y los microorganismos que no lo producen, los cuales han tenido que ir adaptándose, a través de mutaciones e intercambios genéticos, produciendo diversos tipos de mecanismos de resistencia a estas sustancias, a fin de poder sobrevivir [9-12].

Unido a los hallazgos descritos, se encuentra el hecho de que, en la actualidad, la mayoría de los antibióticos se excretan sin modificaciones, lo que ha incrementado el impacto potencial de los residuos de antibióticos en el medio ambiente, los cuales pudieran ejercer una presión selectiva adicional sobre los microorganismos que lo habitan, transformándolos en nuevos nichos o reservorios de determinantes de resistencia a antimicrobianos, lo que ha recibido el nombre de resistomas ambientales [13].

Entre los microorganismos Gram negativos, con amplia distribución en el ambiente, se encuentran diversas especies de *Pseudomonas*. Estas especies han demostrado poseer la capacidad de adaptarse rápidamente a condiciones desfavorables tales como altas concentraciones de sales, alta radiaciones UV, oligotrofias, valores extremos en el pH y la temperatura, así como a la presión ejercida por la presencia de diversos tipos de microorganismos productores de sustancias antimicrobianas, adquiriendo en este último caso, determinantes de resistencia que permite inactivarlos, alterar el sitio blanco de acción de los antibióticos, modificar su pared celular o sobre expresar sistemas de eflujo [14-15].

En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue conocer la biodiversidad de especies del género *Pseudomonas* y sus perfiles de resistencia a antibióticos en ecosistemas acuáticos, como lo son el agua de los lagos cratericos volcánicos y el agua

de los manantiales de aguas mineromedicinales del Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Toma de las muestras: Se realizaron dos campañas de muestreos en el lago craterico volcánico Quilotoa, ubicado a 3914 m.s.n.m. en la Provincia de Cotopaxi, a 32 km oeste-noroeste de la ciudad de Latacunga y a 83 km al suroeste de Quito, formando parte de la reserva ecológica “Los Ilinizas” [16].

En el caso de los manantiales de agua mineromedicinales, se analizaron 12 muestras provenientes de los sitios de emergencia del agua, como de las piscinas utilizadas por los bañistas, de cada uno de los siguientes balnearios:

El primer manantial de agua mineromedicinal estudiado fue el balneario “Piscinas El Cachaco”, que se encuentra en un complejo turístico ubicado en la parroquia de Calacalí en la provincia de Pichincha, en el Distrito Metropolitano de Quito a una altura de 2839 m.s.n.m. [17]. El balneario cuenta con una piscina de agua termal.

De igual forma, se analizaron las fuentes de aguas mineromedicinales del balneario “El Tingo” que se encuentran ubicadas en Sangolquí, parroquia Alangasí zona del Valle de Los Chillos en la provincia de Pichincha, al oriente de Quito a una altura de 2500 m.s.n.m. [18a]. El balneario consta de tres piscinas que se surten de manantiales de agua tipo hipertermal y bicarbonatadas sódicas que poseen una temperatura promedio de 43,8 °C.

Por último, se investigaron las aguas mineromedicinales del balneario Urauco ubicado en la parroquia Lloa, perteneciente a la ciudad de Quito, provincia de Pichincha a una altitud de 2773 m.s.n.m. en las faldas del volcán Guagua Pichincha [18b]. El balneario de Urauco tiene dos depósitos, el uno forma un manantial natural y el otro una piscina termal con el punto de surgencia del agua termal en el centro de la piscina.

En el caso de las muestras del agua del lago craterico Quilotoa, se tomaron un total de 32 muestras de un volumen de un litro cada una, recolectadas en recipientes estériles, en dos ocasiones durante el año 2021. Las muestras de agua se recolectaron en ocho sitios seleccionados a

lo largo y ancho de la laguna a nivel de la superficie. Se identificaron las coordenadas geográficas de los sitios de recolección mediante un GPS (Garmin eTrex20).

Para las muestras de agua en los balnearios de agua mineromedicinal estudiados, se tomaron en la naciente y la piscina termal, de manera aseptica, dos muestras de 500 mL de agua, recolectadas en recipientes estériles, en dos ocasiones durante el año 2021

En todos los casos, las muestras se trasladaron a temperatura ambiente en una cava hasta el laboratorio, realizándose los análisis microbiológicos dentro de las 24 horas luego de la toma [19, 20].

Aislamiento de cepas bacterianas de *Pseudomonas* presentes en muestras de aguas de ambientes extremos de Ecuador: Se utilizó la técnica de filtración en membrana, filtrando un volumen de 100 mL de muestra de agua y utilizando filtros de 0,45 µm los cuales se colocaron sobre la superficie del agar Cetrimide y se incubaron a 30 °C durante un tiempo máximo de siete días. Finalizado el tiempo de incubación se aislaron y purificaron las colonias crecidas en agar Soja Tripticasa para su posterior identificación [21].

Identificaciones taxonómicas de las colonias de *Pseudomonas* aisladas: Se realizaron tinciones de Gram y pruebas bioquímicas de acuerdo con los esquemas de MacFaddin (2003) [22], complementadas con las contenidas en el kit comercial de identificación bacteriana Microgen (2007). Se consideró una buena identificación cuando los porcentajes de probabilidad de identificación arrojados por el software de Microgen fueron mayor al 75% [23].

Las cepas bacterianas aisladas se clasificaron siguiendo los criterios taxonómicos del Manual de Bergey [24] y la nomenclatura del Comité Internacional de Sistemática Bacteriana (ICSB) y publicadas en el Internacional Journal of Systematic Bacteriology.

Determinación del perfil de susceptibilidad a los antibióticos de las cepas de *Pseudomonas* aisladas e identificadas: Se utilizó el método de difusión en agar de acuerdo con la técnica Kirby y Bauer (1966) [25]. Se tomaron 200 µL de una suspensión de cada una de las cepas de

Pseudomonas identificadas, equivalente al McFarland 0,5, y se mezclaron con 100 mL de agar Mueller Hinton. Se depositaron 25 mL de cada una de las mezclas en diferentes placas de Petri estériles y una vez solidificado el agar, se colocaron sobre su superficie discos de los siguientes antibióticos: Amikacina® (AMK 30 µg), Ampicilina® (AMP 10 µg), Ciprofloxacina® (CIP 5 µg), Cloranfenicol® (CLO 30 µg), Gentamicina® (GEN 10 µg), Imipenen® (IMI 10 µg) y Trimetoprim/Sulfametoxazol® (TRI/SUL 25 µg). La selección de antibióticos se realizó de acuerdo con lo recomendado por el CLSI (2019) [26]. Se incubaron durante 24 a 96 horas a 37°C., ello considerando que las cepas bacterianas de origen ambiental generalmente muestran un crecimiento lento en comparación con las cepas bacterianas de origen clínico.

Una vez finalizada la incubación se llevó a cabo la lectura e interpretación de los resultados. Se utilizaron como cepas de control positivo y negativo, las cepas de referencia de *Escherichia coli* ATCC 25922 y de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. La prueba se interpretó de acuerdo con las recomendaciones del CLSI (2019) [26].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al observar los datos que se exponen en la Tabla 1, se puede indicar que, en todos los balnearios de aguas mineromedicinales estudiados, así como en el agua del lago craterico volcánico Quilotoa, se pudo detectar la presencia de cepas de diferentes especies del género *Pseudomonas*, siendo la especie *Pseudomonas aeruginosa* la de mayor frecuencia de aislamiento, seguida de la especie *Pseudomonas alcaligenes*.

TABLA 1.
Especies de bacterias del género *Pseudomonas* y sus perfiles de resistencia a los antibióticos aisladas en ecosistemas acuáticos del Ecuador

Lugar	Especie de <i>Pseudomonas</i> aisladas e identificadas	Código	AMK (10 µg)	AMP (10 µg)	CIP (5 µg)	CLO (5 µg)	GEN (10 µg)	IMI (10 µg)	T/S (25 µg)
Balneario El Cachaco	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	BCPAE 1	R	R	S	R	R	R	S
	<i>Pseudomonas alcaligenes</i>	BCPAL 1	S	R	S	S	R	S	S
	<i>Pseudomonas. spp</i>	BCPSS 1	R	R	S	R	R	R	S
Balneario El Tingo	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	BTPAE 1	R	R	S	R	R	R	S
	<i>Pseudomonas alcaligenes</i>	BTPAL 1	R	R	S	S	R	R	S
	<i>Pseudomonas. fluorescens</i>	BTPFL 1	S	R	S	S	R	S	S
	<i>Pseudomonas. spp</i>	BTPSS 1	S	R	R	R	R	R	R
Balneario Urauco	<i>Pseudomonas. aeruginosa</i>	BUPAE 1	R	R	S	R	R	R	S
	<i>Pseudomonas alcaligenes</i>	BUPAL 1	R	R	S	S	R	R	S
	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	BUPFL 1	S	R	S	S	R	S	S
	<i>Pseudomonas spp</i>	BUPSS 1	R	R	S	R	R	R	R
Lago Craterico Quilotoa	<i>Pseudomonas. alcaligenes</i>	LQPAL1	S	R	S	S	R	S	S
	<i>Pseudomonas. fluorescens</i>	LQPFL1	S	R	S	S	R	S	S
	<i>Pseudomonas. putida</i>	LQPPU1	R	R	S	S	R	S	R
	<i>Pseudomonas. spp</i>	LOPSS 1	R	R	S	R	R	R	R
	<i>Pseudomonas. stutzeri</i>	LOPST 1	S	S	S	S	S	S	S

NOTA: **AMK:** Amikacina®, 30 µg. **AMP:** Ampicilina®, 10 µg. **CIP:** Ciprofloxacina®, 5 µg. **CLO:** Cloranfenicol®, 30 µg. **GEN:** Gentamicina®, 10 µg. **IMI:** Imipenen®, 10 µg. **T/S:** Trimetoprim/Sulfametoxazol®, 25 µg. R: Resistente. S: Sensible

La presencia de distintas especies del género *Pseudomonas* en las aguas mineromedicinales termales y las aguas de lagos volcánicos, es un fenómeno que se ha estado observando desde hace años, donde este género bacteriano, gracias a su amplia capacidad metabólica y enzimática, puede sobrevivir y desarrollarse, así como cumplir diversas funciones ecológicas en estos ecosistemas [15, 17, 18a, 18b, 27-29].

Los resultados obtenidos en cuanto a la diversidad de especies de *Pseudomonas* aisladas en las aguas mineromedicinales son similares a los resultados obtenidos por otros autores en diferentes partes del mundo [27, 29].

En el caso del agua de los lagos cratericos, aunque existen muy pocos estudios microbiológicos de cultivo dependiente, en varios lagos ha sido posible detectar la presencia de especies de *Pseudomonas* en sus aguas y sedimentos, coincidiendo en este sentido con los resultados obtenidos en el trabajo para el agua del lago Quilotoa [15, 28].

De igual forma, los estudios microbiológicos metagenómicos, independientes del cultivo, realizados en las aguas de lagos cratericos volcánicos, han puesto de manifiesto la presencia de una variada microbiota, compuesta por bacterias de los grupos de *Gamma* proteobacterias, *Delta* proteobacterias, *Beta* proteobacterias y Firmicutes, entre los cuales destaca la presencia de los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas* y familias relacionadas con este último género, lo cual hace necesario una mayor investigación para poder caracterizar esta población bacteriana [30, 31].

Algunas de las especies de *Pseudomonas* aisladas en este trabajo, como *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas alcaligenes* y *Pseudomonas putida*, también han sido detectadas por otros autores en aguas mineromedicinales y minerales naturales [21, 32].

Con relación a los perfiles de resistencia a los antibióticos de las especies de *Pseudomonas* aisladas e identificadas, los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 1. Al respecto se puede señalar que todas las especies resultaron resistentes a por lo menos dos antibióticos, excepto una cepa de *Pseudomonas stutzeri* aislada del agua de lago

volcánico Quilotoa que resultó sensible a todos los antibióticos ensayados.

Las cepas de *Pseudomonas aeruginosa* aisladas en el agua mineromedicinal de los balnearios estudiados, resultaron todas sensibles a los antibióticos Ciprofloxacina[®] y Trimetoprim/Sulfametoxazol[®]. Por otra parte, todas las cepas de *Pseudomonas aeruginosa* ensayadas fueron resistente como mínimo a cuatro antibióticos (Amikacina[®], Ampicilina[®], Cloranfenicol[®] y Gentamicina[®]), lo que indica la presencia mayoritaria de multiresistencia en esta especie de *Pseudomonas* (Tabla 1).

La presencia de cepas de *Pseudomonas aeruginosa* resistentes y multiresistentes a una variedad de antibióticos, en diferentes tipos de ecosistemas acuáticos, ha sido indicado por diversos investigadores [14, 15, 29, 31-34].

Los resultados obtenidos con los perfiles de susceptibilidad de las cepas de *Pseudomonas alcaligenes* aisladas, tanto de las aguas mineromedicinales como del agua del lago Quilotoa, indican que todas las cepas analizadas de esta especie resultaron sensibles a los antibióticos Ciprofloxacina[®], Cloranfenicol[®] y Trimetoprim/Sulfametoxazol[®], resultando por otra parte, resistentes a por lo menos dos antibióticos (Ampicilina[®] y Gentamicina[®]) y siendo la mayoría multiresistentes a tres antibióticos (Tabla 1)

Cepas de la especie *Pseudomonas alcaligenes* resistentes y multiresistentes se han aislado también en diversos tipos de aguas mineromedicinales por investigadores en diversos países, resultados coincidentes con los obtenidos en este trabajo [21, 29, 33].

Con relación a las cepas de *Pseudomonas fluorescens* estudiadas, todas las cepas resultaron sensibles a los antibióticos Amikacina[®] Ciprofloxacina[®], Cloranfenicol[®] y Trimetoprim/Sulfametoxazol[®] y a su vez, todas mostraron resistencia a los antibióticos Ampicilina[®] y Gentamicina[®] (Tabla 1).

Algunos investigadores han referido el aislamiento de cepas de *Pseudomonas fluorescens* en muestras de aguas minerales naturales, entre ellas, las aguas mineromedicinales, lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente trabajo [27, 33].

La cepa de la especie *Pseudomonas putida*, aisladas en el agua del lago Quilotoa, mostró sensibilidad a tres antibióticos, Ciprofloxacina[®], Cloranfenicol[®] e Imipenem[®], y resultó resistente a cuatro antibióticos Amikacina[®], Ampicilina[®], gentamicina[®] y Trimetoprim/Sulfametoxazol[®], resultando multiresistente (Tabla 1).

Al igual que la mayoría de cepas del género *Pseudomonas*, cepas de la especie *Pseudomonas putida* se han aislado de diferentes tipos de ecosistemas acuáticos [27, 33]. Sin embargo, su presencia en agua de lagos cratericos no ha sido señalada

Diversos autores han demostrado la presencia de cepas bacterianas resistentes y multiresistentes a los antibióticos en las aguas mineromedicinales y minerales naturales, destacando entre ellas los miembros del género *Pseudomonas* [29, 32], lo que es de gran interés desde el punto de vista ecológico y evolutivo, dado a que se ha postulado que estos ecosistemas pudieran ser un reservorio de resistomas ambientales. De igual manera, su presencia tiene un interés sanitario, dado a que las aguas mineromedicinales son utilizadas por personas enfermas o con su sistema inmunológico comprometido pudiendo ello ser un factor de predisposición para infecciones resistentes a los tratamientos de estas personas [21].

Los análisis de secuencias en los genes de resistencia de cepas de *Pseudomonas* de origen clínico han revelado una estrecha relación con las especies de *Pseudomonas* de origen ambiental, lo que lleva a indicar el papel primordial que juega el medio ambiente en la diseminación de los genes responsables de estas características y que apunta a que se deben realizar estudios de vigilancia epidemiológica ambiental [35].

En cuanto a la presencia de especies de *Pseudomonas* resistentes a antibióticos en el agua del lago craterico Quilotoa, los resultados obtenidos evidencian su presencia en este ecosistema, siendo la primera vez que se reporta el aislamiento de bacterias de este género resistentes y multiresistentes a antibióticos en este lago volcánico craterico de Ecuador. La presencia de estos resistomas se podría deber a una presión selectiva por parte de microorganismos productores de antibióticos, que haría que las bacterias del género *Pseudomonas*, entre otras especies

bacterianas, buscaran su sobrevivencia y adaptación a través de mecanismos de resistencia a los antibióticos producidos por estos seres vivos, de manera que le dieran una mayor posibilidad de competencia y adaptación en este medio, construyendo de esta manera un nicho para miembros de este género bacteriano [36]. Por otra parte, no hay que descartar que la presencia de estas bacterias resistentes y multiresistentes sea también el reflejo de una contaminación antropogénica emergente, producto del intensivo turismo que se ha venido construyendo alrededor de este lago craterico volcánico [7, 10-13].

El incremento de la resistencia a antibióticos es un claro ejemplo del impacto que tiene la actividad humana sobre los ecosistemas. Los microorganismos resistentes se han difundido rápidamente en todo el mundo, exigiendo la implementación de medidas de detección y vigilancia en diferentes ámbitos, entre ellos el ambiente, tal y como lo postula la visión de “Una Salud o One Health” [3, 10, 12].

CONCLUSIONES

Los manantiales de aguas mineromedicinales termales de algunos balnearios del Ecuador, así como el agua del lago craterico volcánico Quilotoa tienen como parte de su microbiota bacteriana, diversas especies del género *Pseudomonas*, que se han adaptado a las condiciones fisicoquímicas y químicas específicas de estos ambientes y ha logrado sobrevivir en ellas creando un nicho ecológico. Así mismo, la mayoría de estas especies de *Pseudomonas* presentan perfiles de multiresistencia a diversos antibióticos, muchos de los cuales son empleados en la terapéutica para combatir diferentes infecciones bacterianas, lo cual hace que se deban incluir estos ecosistemas como fuentes de resistomas ambientales importantes que deben ser investigados y monitoreados epidemiológicamente, para consolidar el concepto de Una Sola Salud (One Health).

AGRADECIMIENTOS

El agradecimiento a la Dirección de Investigaciones de la Universidad Central del

Ecuador por facilitar los fondos económicos para el desarrollo del presente trabajo a través de los proyectos senior avanzados DI-2017-011, DI-2019-045 y DI-2022-045.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ahmad KA. Global economic impact of antibiotic resistance: A review. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*. 2019; 19: 313-316.
- [2] Li-Guan L, Qi H, Xiaole Y, Tong Z. Source tracking of antibiotic resistance genes in the environment, Challenges, progress, and prospects. *Water Research*, 2020; 185: 1-12.
- [3] Dhingra S, Rahman NAA, Peile E, Rahman M, Sartelli M, Hassali MA, Islam T, Islam S, Haque M. Microbial Resistance Movements: An Overview of Global Public Health Threats Posed by Antimicrobial Resistance, and How Best to Counter. *Front. Public Health*. 2020; 8: 1-22. doi: 10.3389/fpubh.2020.535668.
- [4] Perry J, Waglechner N, Wright G. The Prehistory of Antibiotic Resistance. *Cold Spring Harb Perspect Med*. 2016; 6(6): 1-8.
- [5] Ishii S. Ecology of Pathogens and Antibiotic-resistant Bacteria in Environments: Challenges and Opportunities. *Microbes Environ*. 2019; 34(1): 1-4.
- [6] González M, Viteri F, Villacis L, Escobar J, Araujo L, González A, Medina G, Araque J, Andueza F. Perfiles de susceptibilidad a los antibióticos en cepas del género *Bacillus* aisladas de ambientes acuáticos extremos del Ecuador. *An. Real Acad. Farm*. 2021; 87 (1): 27-34.
- [7] Paun VI, Lavin P, Chifiriuc MC, Purcarea C. First report on antibiotic resistance and antimicrobial activity of bacterial isolates from 13,000-year old cave ice core. *Sci. Rep*. 2021; 11: 514. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79754-5>.
- [8] Yarzabal L, Buela L, Batista R. Climate change, melting cryosphere and frozen pathogens: Should we worry? *Environmental Sustainability*. 2021; 4: 489-501. <https://doi.org/10.1007/s42398-021-00184-8>.
- [9] Mullis M, Rambo I, Baker B, Kiel B. Diversity, Ecology, and Prevalence of Antimicrobials in Nature. *Front Microbiol*. 2019; 10: 1-23. Doi: 10.3389/fmicb.2019.02518.
- [10] Bottery MJ, Pitchford JW, Friman VP. Ecology and evolution of antimicrobial resistance in bacterial communities. *ISME J*. 2021; 15: 939-948. <https://doi.org/10.1038/s41396-020-00832-7>
- [11] Letten AD, Hall AR, Levine JM. Using ecological coexistence theory to understand antibiotic resistance and microbial competition. *Nat. Ecol. Evol*. 2021; 5: 431-441. <https://doi.org/10.1038/s41559-020-01385-w>
- [12] Martins A & Rabinowitz P. The impact of antimicrobial resistance in the environment on public health. *Future Microbiology*. 2020; 15(9): 699-702.
- [13] Manaia CM, Graham D, Topp E, Martinez JL, Collignon P, Gaze WH. Antibiotic Resistance in the Environment: Expert Perspectives. In: Manaia, C., Donner, E., Vaz-Moreira, I., and Hong, P. (eds) *Antibiotic Resistance in the Environment. The Handbook of Environmental Chemistry, Volumen 91*, Springer, Cham. 2020. https://doi.org/10.1007/698_2020_472
- [14] Camiade M, Bodilis J, Chaftar N, Riah-Anglet W, Buquet J, Flores Ribeiro A, Pawlak B. Antibiotic resistance patterns of *Pseudomonas* spp. isolated from faecal wastes in the environment and contaminated surface water. *FEMS Microbiology Ecology*. 2020; 96(2):1-21. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiaa008>
- [15] Zemskaya T, Cabello-Yeves P, Pavlova O, Rodríguez-Valera F. Microorganisms of Lake Baikal the deepest and most ancient lake on Earth. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2020; 104: 6079-6090.
- [16] Orellana J. Volcán Quilotoa. Breve Resumen de su Historia, Geología y Actividad Eruptiva. Peligros Potenciales Asociados, Tríptico. Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. 2009. [Recuperado el día 26 de agosto del 2021]. Disponible en: www.igeppn.edu.ec/publicaciones-para-la-comunidad/comunidad-espanol/33-tríptico-Quilotoa-historia-peligros-y-sistema-de-nitreo

- [17] Andueza F, Jácome A, Cortez S, Medina G, Arciniegas S, Parra Y, Araque J. Microbiota of the thermal water of the spa "Piscinas El Cachaco", Calicali, Province of Pichincha, Ecuador. *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*. 2018; 84(4): 247-254.
- [18a] Andueza F, Chaucala S, Vinueza R, Escobar S, Medina-Ramírez G, Araque J. Calidad microbiológica de las aguas termales del Balneario "El Tingo". Pichincha. Ecuador. *Revista Ars Pharmaceutica*. 2020; 61 (1):1-9. <http://dx.doi.org/10.30827/ars.v61i1.8378>.
- [18b] Andueza F, Araque J, Parra Y, Arciniegas S, Guaila R, Escobar S, Medina G. Diversidad bacteriana en aguas mineromedicinales del balneario "Urauco". Pichincha. Ecuador. *An. Real Acad. Farm.* 2020; 86 (1): 9 – 18. <http://dx.doi.org/10.15568/anranf.2020.89.or01>
- [19] INEN. Norma NTE INEN 2169:2013. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras. Instituto Ecuatoriano de Normalización 2169. Primera Edición. Quito-Ecuador. 2013.
- [20] INEN. Norma NTE INEN 2176. Agua. Calidad del Agua. Muestreo de técnicas de Muestreo. Instituto Ecuatoriano de Normalización 2176. Primera Edición. Quito-Ecuador. 2013.
- [21] Andueza F. Diversidad Microbiana de las aguas mineromedicinales de los balnearios de Jaraba. [Tesis Doctoral]. Madrid. Universidad Complutense de Madrid; 2007.
- [22] MacFaddin J. Pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias de importancia clínica. Tercera edición. Editorial médica Panamericana. Buenos Aires. Argentina. 2004.
- [23] Microgen. Microgen GEN-A GEN-B system. Microgen Bioproducts. Camberley. UK. 2007.
- [24] Brenner D, Krieg N, Staley J. Bergey's Manual of Sistematic Bacteriology. Volumen 2. Proteobacteria. Part B. Gamma proteobacteria. Second edition. Springer. USA. 2005.
- [25] Bauer AW, Kirby MM, Sherris JC, Truck M. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *Am. J. Clin. Pathol.* 1966; 45(4): 493-496.
- [26] Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Performance standards for antimicrobial susceptibility testing Clinical and Laboratory Standards Institute Wayne, PA. 2019.
- [27] De la Rosa MC, Andueza F, Sánchez MC, Rodríguez MC, Mosso MA. Microbiología de las aguas mineromedicinales de los Balnearios de Jaraba. *An R Acad Nac Farm.* 2004;70: 521-542.
- [28] Manna S, Das B, Mohanty B, Bandopadhyay C, Das N, Baitha R, Kanti Das A. Exploration of heterotrophic bacterial diversity in sediments of the mud volcano in the Andaman and Nicobar Islands, India. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. 2021; 16: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100465>.
- [29] Gutiérrez MG, Andueza F, Araque J, Lugo A, Chacón Z. Caracterización microbiológica y potencial biotecnológico de microorganismos aislados de las aguas termales de la Musuy, Municipio Rangel del Estado Mérida. Venezuela. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*. 2018; 38 (1): 27-32.
- [30] Dib J, Weiss A, Neumann A, Ordoñez O, Estevez M, Farias M. Isolation of bacteria from remote high altitude Andean lakes able to grow in the presence of antibiotics. *Recent Pat. Anti-infect. Drug Discov.* 2009;4: 66–76. Doi: 10.2174/157489109787236300.
- [31] Pérez MF, Kurth D, Fariás ME, Soria MN, Castillo-Villamizar GA, Poehlein A, Daniel R, Dib JR. First Report on the Plasmidome From a High-Altitude Lake of the Andean Puna. *Frontiers in Microbiology* 2020; 11: 1-15.
- [32] Santana-Ramos M, Rueda-Furlan JP, Lage-Gallo IF, Rodríguez dos Santos LD, Amabile de Campos T, Savazzi-Guedes SE. High Level of Resistance to Antimicrobials and Heavy Metals in Multidrug-Resistant *Pseudomonas sp.* Isolated from Water Sources. *Current Microbiology*. 2020; 77: 2694–2701.
- [33] Kittinger C, Lipp M, Baumert R, Folli B, Koraimann G, Toplitsch D, Liebmann A, Grisold AJ, Farnleitner AH, Kirschner A, Zarfel G. Antibiotic resistance patterns of *Pseudomonas spp.* isolated from the river

Danube. Front. Microbiol. 2016; 7: 1-8.

[34] Nassri I, Tahri L, Saidi A, Ameer N, Fekhaoui M. Prevalence, diversity, and antimicrobial resistance of *Salmonella enteric* and *Pseudomonas aeruginosa* isolates from spring water in a rural area of northwestern Morocco. Biodiversitas. 2021; 22: 1363-1370.

[35] Naze F, Jouen E, Randriamahazo R, Simac C, Laurent P, Blieriot A, Chiroleu F, Gagnevin L, Pruvost O, Michault A. *Pseudomonas aeruginosa* Outbreak Linked to Mineral Water Bottles in a Neonatal Intensive Care Unit: Fast Typing by Use of High-Resolution Melting Analysis of a Variable-Number Tandem-Repeat Locus. J. Clin. Microbiol. 2010; 48 (9): 3146-3.

[36]. Malard L A, Guisan A. Into the microbial niche. Trends in Ecology & Evolution. 2023; <https://doi.org/10.1016/j.tree.2023.04.015>

Andueza Leal Félix Daniel: Biólogo. Magister Scientiarum en Biología Molecular y Fermentaciones. DEA en Microbiología. Doctor en Microbiología. Profesor e investigador de Microbiología FIGEMPA. Universidad Central del Ecuador. Quito. CP170521. Ecuador. Profesor de Microbiología. Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Universidad de los Andes. Mérida. CP 5101. Venezuela Correo electrónico: anduezalealfelix@gmail.com. **Orcid ID:** <https://orcid.org/0000-0002-9046-8883>

Judith Araque Rangel: Farmacéutica. Magister Scientiarum en Microbiología. Asistente de investigación. Laboratorio de Microbiología. FIGEMPA. Universidad Central del Ecuador. Quito. CP170521. Ecuador. **Orcid ID:** <https://orcid.org/0000-0002-6423-9622>

Jessica Acuña: Ingeniería ambiental. Ayudante de investigación. FIGEMPA. Universidad Central del

Ecuador. Quito. CP170521. Ecuador. **Orcid ID:** <https://orcid.org/0000-0001-5821-3429>

Jessica Escobar Freire: Ingeniería Ambiental. Ayudante de investigación. FIGEMPA. Universidad Central del Ecuador. Quito. CP170521. Ecuador. **Orcid ID:** <https://orcid.org/0000-0001-5935-9104>

Marco González Escudero: Odontólogo. Licenciado en Ciencias Sociales. Magister en Ciencias Sociales. Profesor metodología de la investigación. FIGEMPA. Universidad Central del Ecuador. Quito. CP170521. Ecuador. **Orcid ID:** <https://orcid.org/0000-0003-4415-6579>

Sandra Escobar Arrieta: Bioquímica Farmacéutica. Magister en Salud Pública. Doctora en Química de Medicamentos mención Biotecnología. Profesora de la carrera de Bioquímica y Farmacia. Facultad de Ciencias. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH). Riobamba. CP-060155. Ecuador. **Orcid ID:** <https://orcid.org/0000-0002-3347-0282>

Ana Carolina González Romero: Licenciada en Bioanálisis. Magister Scientiarum en Microbiología. Doctora en Ciencias Médicas Fundamentales. Profesora de la Carrera de Laboratorio Clínico. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Nacional del Chimborazo. Riobamba. CP- 060108. Ecuador. **Orcid ID:** <https://orcid.org/0000-0002-4899-6076>

Gerardo Medina Ramirez: Biólogo. PhD en Ciencias Biomédicas. Profesor e investigador de la Facultad de Ciencias Médicas. Universidad Regional Autónoma de los Andes. Ambato. CP-100105. Ecuador. **Orcid ID:** <https://orcid.org/0000-0002-4782-792>

Artículo original

Valor nutricional y propiedades tecnofuncionales de la harina del fruto completo del chachafruto (*Erythrina edulis*).

Nutritional value and functional properties of the whole fruit of chachafruto (*Erythrina edulis*).

Vivas Odry*, Vielma Rosa, Matheus Dalia, Rocco Valeria.

Departamento Ciencia de los Alimentos. Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. CP 5101.

Recibido: enero de 2023–Aceptado: marzo de 2023

RESUMEN

Se evaluó el valor nutricional y las propiedades tecnofuncionales (capacidad de absorción de agua, capacidad de retención de aceite, capacidad emulsionante, capacidad gelificante y propiedades espumantes) de muestras de harinas obtenidas a partir del fruto completo (**HFC**) conformado por la vaina y el grano, y la harina del grano (**HG**) del chachafruto (*Erythrina edulis*), recolectadas en una unidad de producción agrícola ubicada en Jají, estado Mérida, Venezuela. Las harinas se obtuvieron mediante el secado del fruto completo y granos en estufa de convección a 45°C durante 18 horas, procesada en molino de cuchillas y tamizada a un tamaño de partícula de 0,42 mm. Para el análisis proximal de las harinas se aplicó la metodología de la AOAC. Como parte de la caracterización de las harinas, se realizó un análisis cualitativo de compuestos fitoquímicos. Los resultados indicaron que la **HFC** presentó un valor nutricional significativamente mayor a la **HG**, destacando el contenido de proteínas y minerales. Las propiedades tecnofuncionales también mostraron diferencias estadísticamente significativas, registrando los mayores valores de capacidad de absorción de agua y capacidad de retención de aceite en la **HFC**. El análisis

fitoquímico mostró la presencia de alcaloides en ambas harinas y sólo fue positiva en esteroides, taninos y compuestos fenólicos en la **HFC**. El estudio demostró el potencial nutricional y de aplicación tecnofuncional del fruto completo de esta leguminosa, resaltando la importancia de maximizar el aprovechamiento del alimento reduciendo el desperdicio.

PALABRAS CLAVE

Chachafruto, *Erythrina edulis*, leguminosas, valor nutricional, propiedades tecnofuncionales.

ABSTRACT

The nutritional value and functional properties (water absorption capacity, oil retention capacity, emulsifying capacity, gelling capacity, and foaming properties) of flours obtained from the whole fruit (**HFC**) made up of the pod and grain, and grain flour (**HG**) of the chachafruto (*Erythrina edulis*), were evaluated. The samples were collected in an agricultural production unit located in Jají, Mérida state. The flours were obtained by drying the whole fruit and grains in a convection oven at 45°C for 18 hours, processed in a blade mill, and sieved to a particle size of 0.42 mm. For the proximal analysis of the flours, the AOAC

methodology was applied. As part of the characterization of the flours, a qualitative analysis of phytochemical compounds was carried out. The results indicated that the **HFC** presented a significantly higher nutritional value than the **HG**, highlighting the content of proteins and minerals. The functional properties also showed statistically significant differences, registering the highest values of water absorption capacity and oil retention capacity in the **HFC**. The phytochemical analysis showed the presence of alkaloids in both flours and it was only positive in sterols, tannins, and phenolic compounds in the **HFC**. The study demonstrates the nutritional potential and technofunctional application of the complete fruit of this legume, highlighting the importance of maximizing the use of food by reducing waste.

KEY WORDS

Chachafruto, *Erythrina edulis*, legumes, nutritional value, functional properties.

INTRODUCCIÓN

El consumo de leguminosas y las investigaciones relacionadas con estas, continúan en aumento a nivel mundial debido a sus múltiples potencialidades e importancia desde el punto de vista de la conservación de suelos [1] y en la seguridad agroalimentaria tanto para el consumo humano como animal [2].

Las leguminosas se caracterizan por ser un alimento versátil en sus aplicaciones y usos gastronómicos, sustentado por las investigaciones que demuestran su alto contenido en carbohidratos complejos como almidón y fibra, contenido de proteínas superior a otras fuentes de origen vegetal, las cuales, a pesar de no calificarse como proteínas completas, son complementables con otras fuentes vegetales como los cereales. En su perfil nutricional también destaca el alto contenido de minerales. En la región andina suramericana se cuenta con el chachafruto (*Erythrina edulis*), una leguminosa ampliamente estudiada por su alto valor nutricional, principalmente en la alimentación animal [3]. Su uso en la alimentación

humana ha sido menos estudiado y su aprovechamiento se ha limitado tradicionalmente al consumo del grano en las zonas de cultivo, siendo poco conocido por la población en general, en el caso de Venezuela [1]. Las investigaciones basadas en el análisis del grano de esta leguminosa, han permitido el desarrollo de algunos recetarios y formulaciones [2, 4], basándose en el valor nutricional y en las propiedades tecnofuncionales, que favorecen su uso en gran variedad de alimentos como productos horneados [4], cárnicos [5], bebidas [6], entre otros. Desde el punto de vista nutricional, las proteínas son las macromoléculas de mayor interés. Pérez y cols. [7] demostraron un alto contenido proteico e índice de aminoácidos esenciales (I.A.E) en *Erythrina edulis* con relación a otras leguminosas de alto consumo, como las caraotas (*Phaseolus vulgaris*) y la soya (*Glycine max*). Basados en el contenido proteico, otros investigadores han evaluado las potencialidades de obtener péptidos bioactivos a partir de *Erythrina edulis* como ingredientes funcionales. En este sentido, varias investigaciones han demostrado, un efecto con alta capacidad antioxidante, actividad antihipertensiva y prevención de alteraciones metabólicas asociadas con enfermedades crónicas [8-10]. Estos estudios demuestran que el potencial nutricional de esta leguminosa andina va más allá de cubrir necesidades nutricionales básicas, presentándose como una fuente alternativa de compuestos bioactivos que podrían ser utilizados en la formulación de alimentos funcionales. Estos importantes resultados están basados en el estudio del grano, encontrando muy pocas investigaciones que incluyan la vaina de esta leguminosa. Con este estudio se desea abrir un espacio de investigación para evaluar la potencialidad nutricional y las propiedades tecnofuncionales del fruto completo del chachafruto, representados por la vaina y el grano; tomando en cuenta que la vaina es una porción comestible que se desecha y representa aproximadamente la mitad del peso total del fruto completo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de muestras: Las vainas de *Erythrina edulis* se seleccionaron con un aspecto

íntegro, turgente, de color verde claro, sin golpes ni perforaciones. La recolección de las muestras se realizó en una unidad de producción agrícola ubicada en Jají, Estado Mérida, Venezuela.

Preparación de las harinas: Las muestras se separaron en dos grupos para la obtención de dos tipos de harinas. La harina del fruto completo (HFC) estaba conformada por la vaina y grano en su totalidad, mientras que la harina de grano (HG) se obtuvo a partir de la deshidratación de los granos luego de la eliminación de la cubierta o tegumento, facilitada por el remojo en agua destilada durante 30 minutos. Las muestras separadas como fruto completo y grano, se cortaron en rebanadas finas y se deshidrataron en un horno de secado por convección (Felisa[®], FE-292AD, Zapopan, México) a 45°C durante 18 horas. Posteriormente, las muestras se pulverizaron en un molino de cuchillas (Oster[®]) y se tamizaron a un tamaño de partícula de 0,42 mm (40 mesh).

Valoración nutricional: El análisis proximal de las HFC y HG, se realizó según las metodologías oficiales de la AOAC [11]. La humedad se determinó en estufa por convección (Felisa[®], FE-292AD, Zapopan, México) hasta peso constante según el método 925.10. La determinación de cenizas se hizo mediante la incineración de las muestras en mufla a 550°C según el método 923.03. Para la determinación de proteína cruda y grasa cruda se aplicó el método de Kjeldahl (960.52) (digestor Labconco, 60011, USA) y el método de Soxhlet (920.39) (Velp[®] Scientifica, modelo SER 148-Solvent Extractor, Usmate (MB), Italia), respectivamente. El valor de los carbohidratos totales se obtuvo por diferencia.

Determinación de minerales: Las muestras de harinas fueron digeridas siguiendo la metodología de Saavedra y Rondón [12]. Los niveles de calcio (Ca) magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), hierro (Fe) y cobre (Cu), se cuantificaron mediante espectrometría de absorción atómica en llama (FAAS). Para ello, se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica modelo 3100 Norwalk (Perkin-Elmer, USA).

Análisis fitoquímico: 10 g de muestra de cada harina, se introdujeron en un balón de extracción de capacidad 250 mL y se agregó 50 mL de etanol. La extracción etanólica se hizo calentando la mezcla a 40°C durante una hora. El alcohol remanente se

evaporó en estufa de convección a 40°C y a los extractos obtenidos se les realizó el tamizaje fitoquímico. Este análisis es de naturaleza cualitativa, utilizando reactivos específicos para observar cambios de coloración y apariencia cuando una porción del extracto está en contacto con dichos reactivos. Según el viraje de color se consideró la presencia o ausencia de metabolitos secundarios como alcaloides, triterpenos, esteroides, saponinas, taninos, compuesto fenólicos, flavonoides, quinonas y cumarinas [13].

Capacidad de Absorción de Agua (CAA): A un gramo de cada muestra se agregó 10 mL de agua destilada en agitación constante durante una hora. Posteriormente, las muestras se centrifugaron a 4500 rpm durante 30 minutos. El sobrenadante fue separado en un cilindro graduado para medir el volumen de agua. La diferencia entre el volumen inicial de agua y el volumen recuperado corresponde a la CAA [14].

Capacidad de Retención de Aceite (CRAc): 0,5 gramos de muestra de cada harina se colocaron en un tubo de centrifuga de 10 mL y se añadieron 5 mL de aceite vegetal, manteniéndose en agitación durante 30 minutos. Seguidamente, se centrifugó a 4750 rpm durante 30 minutos y luego se midió el volumen del sobrenadante. La diferencia entre el volumen inicial de aceite y el volumen recuperado corresponde a la CRAc [15].

Capacidad Emulsionante (CEm): 0,28 gramos de cada harina se trasvasaron en un tubo de centrifuga de 40 mL y se añadieron 7 mL de agua destilada, agitándose en vórtex durante 10 segundos. A continuación, se agregaron 7 mL de aceite vegetal y nuevamente se agitó durante 10 segundos. La muestra se centrifugó durante una hora a 4500 rpm. Para realizar la determinación de la capacidad emulsionante se midió la capa emulsificada respecto al volumen total [16].

Capacidad Espumante (CES) y la Estabilidad de la Espuma (ESE): A 0,5 gramos de muestra de harina se añadieron 25 mL de agua destilada, luego se llevó a un homogenizador mecánico (Ika Werke[®]) durante cinco minutos y se transfirió la mezcla a una probeta graduada donde se midió la cantidad de espuma inicial, después de 30 segundos, 5, 10, 15, 30, 60, 120 minutos [17]. La CES se determinó considerando el volumen de espuma a los 30 segundos y para la ESE se

consideraron los valores del volumen de espuma en los tiempos antes indicados.

Capacidad de Gelificación (CG): Las suspensiones de las muestras de **HFC** y **HG** al 4, 8, 12, 14, 16, 18 y 20 % (p/v), se prepararon en agua destilada y se introdujeron en un baño de agua a 100°C durante una hora. Posteriormente se sumergieron en un baño de hielo durante una hora. La **CG** se determinó como la mínima concentración de harina (%) a la que la muestra formó un gel, sin deslizarse por las paredes al invertir los tubos [17].

Análisis estadístico: Los resultados representan el promedio \pm desviación estándar de las réplicas para cada análisis. Para la determinación de diferencias estadísticamente significativas se aplicó la prueba estadística *t*-student (Microsoft Excel®) fijando un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Valor nutricional: El chachafruto (*Erythrina edulis*), es reconocido como una leguminosa con alto valor nutricional [10]. No obstante, su estudio y uso para la alimentación humana se ha basado principalmente al consumo del grano. Al separar el fruto completo en las partes que lo conforman; vaina y grano, éstas representan aproximadamente el 51% y 49 % del peso respectivamente [18]. Por esta razón, el estudio del fruto completo ofrece una oportunidad para profundizar en las investigaciones y promover un mayor aprovechamiento del total de la porción comestible de esta leguminosa.

En la Tabla 1, se muestran los resultados correspondientes a la valoración nutricional de las harinas.

TABLA 1.
Análisis proximal y composición mineral de la harina de fruto completo (**HFC**) y harina de grano (**HG**) de *Erythrina edulis*.

Nutriente	HFC	HG
Proteína cruda (%)	19,55 \pm 0,04 ^a	18,75 \pm 0,04 ^b
Grasa cruda (%)	0,93 \pm 0,06 ^a	0,78 \pm 0,08 ^b
Cenizas (%)	5,02 \pm 0,03 ^a	4,89 \pm 0,08 ^b
Carbohidratos totales (%)	74,40 \pm 0,07 ^b	75,68 \pm 0,09 ^a
Ca (mg/L)	19,0 \pm 1,0 ^a	6,5 \pm 0,3 ^b
Mg (mg/L)	31,0 \pm 2,0 ^a	18,6 \pm 0,9 ^b
Na (mg/L)	0,99 \pm 0,05 ^a	0,75 \pm 0,04 ^b
K (mg/L)	408,0 \pm 20,0 ^a	330,0 \pm 17,0 ^b
Fe (mg/L)	0,80 \pm 0,04 ^a	0,19 \pm 0,01 ^b
Cu (mg/L)	0,25 \pm 0,01 ^a	0,14 \pm 0,01 ^b

Resultados expresados en base seca, como media \pm desviación estándar de tres mediciones para el análisis proximal y dos mediciones para los minerales.
*Calculados por diferencia. Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p<0,05$).

Las harinas obtenidas presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) en el contenido de todos los nutrientes básicos evaluados. La **HFC** presentó un valor de proteínas significativamente mayor a la **HG**. El contenido de proteínas es uno de los indicadores más relevantes para determinar el potencial nutricional de las leguminosas. Arango y cols. [19], indicaron un valor de proteína cruda del grano (18,4%) similar al obtenido en este estudio. Otra investigación [20],

indicó un valor de 26,19%, ambos resultados expresados en base seca. Estas diferencias podrían atribuirse a las variadas condiciones agroclimáticas y el manejo agrícola de los cultivos [21]. Es importante resaltar, que las muestras evaluadas por estos investigadores estaban conformadas por harina de grano. Por otra parte, Fuentes [22], analizó el contenido de proteínas de la vaina (20,29%), semilla (22,70%) y la vaina completa (vainas + semilla) (23,57%), obteniendo el mayor

valor de proteína cruda en la muestra de vaina completa. De esta manera puede evidenciarse que la presencia de la vaina incrementa el valor de la proteína cruda en comparación al grano, siendo este resultado consistente con el obtenido en este estudio.

El contenido de grasa es bajo en las leguminosas, y en este estudio se obtuvo un extracto etéreo inferior al 1% en ambas harinas, resultado significativamente mayor en la **HFC**. Este resultado es similar al divulgado por Fuentes [22], donde se evidenció un valor de extracto etéreo mayor en la vaina completa con relación al grano; muestras que en dicho estudio serían equivalentes a la **HFC** y **HG**, respectivamente.

En relación con el contenido de minerales totales, el valor de cenizas obtenido en la **HFC** resultó significativamente mayor al determinado en la **HG**. El aporte de minerales en leguminosas es uno de los aspectos nutricionales que más destacan en este alimento. El contenido de minerales de la **HG** presentó un valor similar al determinado en otras investigaciones [23]. Entre las dos muestras evaluadas, resultó significativamente mayor en la **HFC**, observando la misma tendencia en los resultados obtenidos por Fuentes [22], aunque los valores de dicha investigación fueron superiores a los alcanzados en este estudio.

El análisis del perfil mineral de las harinas mostró la misma tendencia anterior, donde se cuantificó un mayor contenido de todos los minerales determinados en la **HFC** en comparación a la **HG**. Ambas harinas contienen calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), hierro (Fe) y cobre (Cu). Leterme y cols. [24], cuantificaron adicionalmente fósforo (P), cloro (Cl₂), azufre (S), manganeso (Mn) y cinc (Zn) en granos de *Erythrina edulis*. Quintero y cols. [18], obtuvieron un mayor contenido de Fe y Ca en harina de granos de chachafruto, comparado a los valores obtenidos en este trabajo, y además destacó un alto valor de K entre sus resultados. El contenido de minerales en cultivos es principalmente influenciado por características como la calidad y nutrición del suelo, calidad del agua y otras condiciones agroclimáticas y de manejo agronómico [21].

Las leguminosas suelen asociarse con fuentes de proteína alimentaria, sin embargo, el nutriente mayoritario está conformado por los carbohidratos,

principalmente almidón y fibras. La proporción de carbohidratos totales, calculados por diferencia, resultaron significativamente mayor en la **HG**. A pesar de que en este estudio no se realizaron análisis complementarios para la caracterización de los carbohidratos, se conoce que la composición mayoritaria del grano (endospermo) es almidón [23, 25] y una pequeña proporción de fibra. Por su parte, la vaina es rica en fibra [22, 23], por tratarse de una estructura de recubrimiento y protección del fruto o legumbre, presentando menor cantidad de almidón. Fuentes [22] obtuvo el mayor valor de fibra total en la vaina (23,12%), seguidos de la vaina completa (15,01%) y el grano (7,27%).

Análisis fitoquímico: Como información complementaria al análisis químico, se determinó la presencia de algunos compuestos fitoquímicos indicados en la Tabla 2. Se observó la ausencia de los metabolitos secundarios determinados en la mayoría de los casos.

TABLA 2.

Presencia de metabolitos secundarios en las harinas de *Erythrina edulis*.

Metabolitos	HFC	HG
Alcaloides	+	+
Triterpenos	-	-
Esteroles	+	-
Saponinas	-	-
Taninos y compuestos fenólicos	+	-
Flavonoides	-	-
Cumarinas	-	-
Quinonas	-	-

(+) Presencia del metabolito, (-) ausencia del metabolito.

La presencia de alcaloides fue positiva tanto en la **HFC** como en la **HG**. Este resultado coincide con lo determinado por Barrera y Mejía [23]. Por su parte la presencia de taninos y compuestos fenólicos en la **HFC**, podría atribuirse a la presencia del tegumento o cutícula que recubre al grano y estaba presente en esta muestra. D'Amore [25] determinó la presencia de polifenoles en muestras de grano de *Erythrina edulis* que contenían el tegumento.

La **HFC** resultó positiva para la presencia de esteroles, compuesto de interés en la salud humana por estar asociado a la disminución de colesterol sanguíneo [26]. El estudio de la presencia de

metabolitos secundarios desde el punto de vista nutricional, tiene gran importancia ya que muchos de estos compuestos dificultan la digestibilidad de las proteínas, forman complejos con minerales y vitaminas, disminuyendo el valor nutricional del alimento. Diversos estudios han revelado que los procesos como remojo, cocción, germinación, entre otros; disminuye la concentración de estas moléculas consideradas factores antinutricionales, mejorando la digestibilidad del alimento. Sin embargo, es importante resaltar que esta especie de leguminosa cultivada en Los Andes, ha demostrado un gran potencial por su uso del follaje y frutos para la nutrición animal [3], los granos principalmente utilizados en alimentación humana [10] con potencial del consumo de la vaina, así como oportunidades de investigación en el área farmacológica [27] a partir de extractos de sus hojas, tallos e inflorescencias.

Propiedades tecnofuncionales: Las diferencias en el contenido de proteínas y carbohidratos presentes en las harinas evaluadas, influye en las propiedades tecnofuncionales. Esta es una característica de las leguminosas en general, ya que dichas macromoléculas interactúan con otras moléculas de la matriz alimenticia exhibiendo características específicas y favoreciendo su incorporación en formulaciones de diversos alimentos [28, 29]. En la Tabla 3, se muestran los resultados correspondientes a las propiedades tecnofuncionales evaluadas.

La **HFC** exhibió mayor **CAA**, posiblemente influenciada por el mayor contenido de proteínas en esta muestra en relación a la **HG**. La **CAA** depende en gran medida de la interacción agua-proteína [30]. El contenido de fibra también está asociado a la obtención de una mayor capacidad de absorción de agua [31], lo que pudo influenciar también el resultado obtenido.

Por otra parte, la capacidad de retención de aceite (**CRAc**) se refiere a la capacidad de retener físicamente estos compuestos por atracción capilar, y además influye el carácter hidrofóbico de las proteínas, siendo fundamental en este tipo de interacciones por la unión de cadenas laterales no polares de aminoácidos a las cadenas laterales hidrocarbonadas del aceite [32]. Esta propiedad tecnofuncional es útil en la elaboración de

productos cárnicos [31], productos de panadería y pastelería [4, 33], alimentos fritos [34], entre otros.

TABLA 3.

Propiedades tecnofuncionales de la harina de fruto completo (**HFC**) y harina de grano (**HG**) de *Erythrina edulis*.

Propiedades tecnofuncionales	HFC	HG
CAA (mL/g)	4,45 ± 0,07 ^a	3,50 ± 0,14 ^b
CRAc (mL/g)	2,00 ± 0,00 ^a	1,60 ± 0,00 ^b
CEm (%)	10,58 ± 0,62 ^a	10,84 ± 0,57 ^a
CES (%)	99,50 ± 0,70 ^a	97,50 ± 0,70 ^a
ESE (%)		
5 min	88,03 ± 0,03 ^a	86,13 ± 0,03 ^b
10 min	84,11 ± 0,05 ^a	72,66 ± 0,08 ^b
15 min	52,05 ± 0,07 ^b	72,36 ± 0,06 ^a
30 min	36,04 ± 0,04 ^b	63,59 ± 0,05 ^a
60 min	29,94 ± 0,08 ^b	45,55 ± 0,07 ^a
120 min	22,03 ± 0,04 ^a	22,79 ± 0,09 ^a
CG		
Concentración de harina en solución (%p/v)		
4%	-	-
8%	-	-
12%	++	-
14%	++	-
16%	++	+
18%	++	+
20%	++	++

CAA: Capacidad de Absorción de Agua. CRAc: Capacidad de Retención de Aceite. CEm: Capacidad Emulsionante. CES: Capacidad Espumante. ESE: Estabilidad de la espuma. CG: Capacidad de gelificación. Resultados expresados como media ± desviación estándar de 2 mediciones. Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0,05$). (-): no presentó formación de gel, (+): Formación de gel débil, (++) : formación de gel firme.

La capacidad emulsionante se refiere a las propiedades de las proteínas para formar una dispersión de una fase lipídica en un medio acuoso [35]. La fibra también forma interacciones que favorecen la estabilidad de las emulsiones alimentarias [31]. En esta propiedad tecnofuncional, las harinas no presentaron diferencias estadísticamente significativas. La aplicación de esta propiedad es útil en sustitución parcial o total de carne en productos embutidos, salsas, mayonesas, productos de pastelería, entre otros [34].

Con respecto a la estabilidad de la espuma, se observó que la **HG** mostró la menor pérdida de volumen de espuma durante el tiempo evaluado. Transcurridos 60 minutos después de la formación de la espuma, la **HG** presentó la mitad del volumen inicial mientras que la **HFC** mostraba un descenso

de aproximadamente el 70%. Esta observación destaca una mayor estabilidad de la espuma obtenida a partir de la **HG** durante los primeros 60 minutos, aunque transcurridos 120 minutos, ambas muestras presentaron valores similares en este parámetro.

La formación de espumas se basa en la capacidad que tienen las proteínas de formar capas estables rodeando las gotitas de gas en una fase líquida [36]. Ambos tipos de harinas, exhibieron valores positivos en la formación de espumas y su estabilidad en el tiempo. Las proteínas mayoritarias en las leguminosas son las globulinas, las cuales presentan una gran capacidad espumante [34], lo que favorece la incorporación de harinas de leguminosas en productos aireados como panes y pasteles, incluso se aplica el agua de remojo o aquafaba como sustituto del huevo [37].

La capacidad de formar geles es otra propiedad tecnofuncional importante en alimentos. La **HFC** mostró la formación de un gel firme a partir de suspensiones con 12% de esta harina, mientras que la **HG** requirió una concentración mínima de 16% para obtener un gel débil y una concentración de 20% para la formación de un gel firme.

La capacidad gelificante es muy importante para alimentos como pudín, mermeladas, salsas que requieran la textura de gel. En este estudio destacó la capacidad de formar geles firmes de la **HFC** a partir de una suspensión de 12%. Esta característica ofrece ventajas en la aplicación de esta harina, requiriendo menos cantidad de materia prima que la **HG**, para lograr el mismo efecto. Este resultado es consistente con otras investigaciones, que han determinado el papel esencial de los complejos proteínas-polisacáridos presentes, estableciéndose una competencia física por el agua tanto para la formación del gel por parte de la proteína, como para la gelatinización del almidón [38]. Sarmiento [39] mostró resultados similares de capacidad de gelificación de harinas crudas de judía y lenteja al 12%.

CONCLUSIONES

La harina del fruto completo (vaina y grano) del chachafruto (*Erythrina edulis*), mostró un valor nutricional y propiedades tecnofuncionales

significativamente superiores a la harina obtenida del grano. El potencial nutricional y de aplicación en diversas formulaciones alimenticias de la harina del fruto completo del chachafruto se muestra como una oportunidad de aportar mayor contenido y variedad de nutrientes, a la vez que se aprovecha al máximo la cosecha reduciendo el desperdicio de alimentos. En la formulación de nuevos alimentos enriquecidos con la harina del grano o fruto completo del chachafruto, se debe tomar en cuenta la aceptabilidad de consumidores.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al profesor †Luis Rojas y a la profesora Alida Pérez, adscritos al Instituto de Investigaciones de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis, de la Universidad de Los Andes, por su apoyo en el análisis fitoquímico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Inciarte I, Pérez A, Hernández E, Sandoval C, Otálora-Luna F, Márquez M, Páez-Rondón O. Presencia del chachafruto (*Erythrina edulis* Triana ex Micheli) en el estado Mérida, Venezuela. CLIC. 2015; 6(9):140-153.
- [2] Barrera N. El Chachafruto, *Erythrina edulis* T. Cuaderno de Educación Ambiental N° 1. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 1998: 1-12.
- [3] Morillo M, Visbal T, Rial L, Ovalles F, Aguirre P, Medina A. Alimentación de alevines de *Colossoma macropomum* con dietas a base de *Erythrina edulis* y soya. Interc. 2013; 38 (2): 121-127. <http://www.redalyc.org/html/339/33926950010/>
- [4] Silva S, Crisóstomo O, Álvarez E, Mendoza G, Rondán L, Rubio J. Evaluación de propiedades tecnofuncionales que provee la harina de pajuro (*Erythrina edulis*) a las redes estructurales de Muffins. Cienc. Tecnol. Desarro. 2015; 1(1): 77-88.
- [5] Delgado N, Albarracín W. Microestructura y propiedades funcionales de harinas de quinua

- (*Chenopodium quinoa*) y chachafruto (*Erythrina edulis*): Potenciales extensores cárnicos. Vitae. 2012; 19(1): S430-S432.
- [6] Espinoza-Córdova G, Roja R, Espinoza-Montesinos F. Análisis químico proximal de granos y harina de Pajuro (*Erythrina edulis*) para elaborar bebidas proteicas. ALFA. Rev. Invest. Cienc. Agron. Vet. 2021; 5(14), mayo-agosto: 297-318.
- [7] Pérez G, Martínez C, Díaz E. Evaluación de la calidad de la proteína de la *Erythrina edulis* (Balú). Arch. Latinoam. Nutr. 1979; 29(2): 193-207.
- [8] Intiquilla A, Jiménez-Aliaga K, Zavaleta A, Arnao I, Peña C, Chávez-Hidalgo E, Hernández-Ledesma B. *Erythrina edulis* (Pajuro) Seed Protein: A New Source of Antioxidant Peptides. NPC. 2016; 11(6): 781-786.
- [9] Guerra-Almonacid CM, Torruco-Uco JG, Murillo-Arango W, Méndez-Arteaga JJ, Rodríguez-Miranda J. Effect of ultrasound pretreatment on the antioxidant capacity and antihypertensive activity of bioactive peptides obtained from the protein hydrolysates of *Erythrina edulis*. EJFA. 2019; 31(4): 288-296. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2019.v31.i4.1938>
- [10] Palma-Albino C, Solano E, Intiquilla A, Jiménez-Aliaga K, Rodríguez-Arana N, Flores E, Zavaleta A, Izaguirre V, Hernández-Ledesma B. Albumin from *Erythrina edulis* (Pajuro) as a Promising Source of Multifunctional Peptides. Antiox. 2021; 10: 1722. <https://doi.org/10.3390/antiox10111722>
- [11] Association of Official Agricultural Chemist. Official Methods of Analysis of the AOAC. 15th ed. Washington, D.C., The Association, 1990.
- [12] Saavedra O, Rondón C. Distribución de metales en el acíbar de hojas de zábila (*Aloe vera* (L). Burm.f.). Avanc. Quím. 2008; 3(2): 49-58.
- [13] Marcano D, Hasegawa M. Fitoquímica Orgánica. Caracas (Venezuela): CDCH-UCV; 2018. 576 p.
- [14] Beuchat LR. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. J. Agric. Food Chem. 1977; 25: 258-261.
- [15] Chau CF, Huang YL. Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of *Citrus sinensis* L. cv. Liucheng. J. Agric. Food Chem. 2003; 51: 2615-2618.
- [16] Yasumatsu K, Sawda K, Moritaka S, Mikasi M, Tada J, Wada T, Ishi K. Whipping and emulsifying properties of soybean products. Agric. Biol. Chem. 1972; 36: 719-727.
- [17] Chau CF, Cheung PCK. Functional properties of flour prepared from three Chinese indigenous legume seeds. Food Chem. 1998; 61: 429-433.
- [18] Quintero V, Lucas J, Alzate E. Determinación de las propiedades térmicas y composicionales de la harina y almidón de chachafruto. Ingen. 2013; 14(28): 16-32.
- [19] Arango O, Bolaños V, Ricaurte D, Caicedo M, Guerrero Y. Obtención de un extracto proteico a partir de harina del chachafruto (*Erythrina edulis*). Rev. Univ. Sal. 2012; 14(2):161-167.
- [20] Villafuerte F, Pérez E, Mahfoud A, Valero Y, Enríquez M, Yanez K, Manobanda P. Characterization of *Erythrina edulis* Triana and Obtaining Protein Isolate. Ital. J. Food Sci. Edición especial. 1er Congreso Internacional de Bioquímica y Ciencia de alimentos. 2021; 233-241.
- [21] Mejía M, Jaramillo A, Barrera, N. Estudios preliminares sobre desarrollo y manejo de la semilla de chachafruto (*Erythrina edulis*, T.). Acta Agron. 1996: 57-68.
- [22] Fuentes O. Caracterización nutricional del porotón (*Erythrina edulis*) en dos etapas fenológicas y su potencial Productivo en El Cantón Rumiñahui. [Tesis de Maestría]. Ecuador, Universidad de la Fuerzas Armadas; 2018.
- [23] Barrera N, Mejía M. Pasado, Presente y Futuro. Programa para el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de Ladera. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 1998; 18 p

- [24] Leterme P, Buldgen A, Estrada F, Londoño A. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. *Food Chem.* 2006; 95: 644-652.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.003>
- [25] D'Amore C. Evaluación nutricional de harina proteica de *Erythrina edulis*. [Tesis de Pregrado]. Caracas, Universidad Central de Venezuela; 2016.
- [26] Sipeniec E, Mišina I, Qian, Y, Grygier A, Sobieszczanska N, Sahu PK, Rudzińska M, Singh Patel K, Górnaś P. Fatty acid profile and squalene, tocopherol, carotenoid, sterol content of seven selected consumed legumes. *Plant Foods Hum. Nutr.* 2021; 76: 53–59.
<https://doi.org/10.1007/s11130-020-00875-3>
- [27] Pino-Rodríguez S, Prieto-González S, Pérez-Rodríguez ME, Molina-Torres J. Género *Erythrina*: Fuente de Metabolitos Secundarios con Actividad Biológica. *Acta Farmac. Bonaer.* 2004; 23 (2): 252-258.
- [28] Singh N. Pulses: an overview. *J. Food Sci. Technol.* 2017;54(4):853–857.
<https://doi.org/10.1007/s13197-017-2537-4>
- [29] Delgado-Soriano V, Cortés-Avenida P, Guevara-Pérez A, Vílchez-Perales C. Características físico-químicas de las semillas de pajuro (*Erythrina edulis* Triana) y propiedades funcionales después de la extrusión. *Rev. Invest. Altoand.* 2020; 22(3): 263-273.
- [30] Muñoz-Llandes CB, Guzmán-Ortiz FA, González-Olivares LG, Palma-Rodríguez HM, Román-Gutiérrez AD, Castro-Rosas. Germinación: un método de bioproceso que incrementa la calidad nutricional, biológica y funcional de harinas de leguminosas. *J. Public Sem. Pädi.* 2021; 9(2): 119-122.
- [31] Rivera-De Alba JA, Flores-Girón E. La fibra dietética como ingrediente funcional en la formulación de productos cárnicos. *Tecnocien. Chih.* 2022; XVI (1): 1-15.
<https://doi.org/10.54167/tecnociencia.v16i1.892>
- [32] Aguilera-Gutiérrez Y. Harinas de leguminosas deshidratadas: Caracterización Nutricional y Valoración de sus Propiedades Tecnofuncionales. [Tesis doctoral]. Madrid. Universidad Autónoma de Madrid; 2009.
- [33] Aguirre-Torres L, Martínez-Mora E, Cuenca-Mayorga F. Use of blends of legume flours and manioc starch to elaborate gluten-free sweet biscuits. *Rev. Cienc. UNEMI.* 2020; 13(33), Mayo-Agosto: 59-72.
- [34] Baduí S. Química de los alimentos. Cuarta edición. Ciudad de México. Editorial Pearson. 2006. 738 p.
- [35] Dagorn-Scaviner C, Gueguen J, Lefebvre J. Emulsifying properties of pea globulins as related to their adsorption behaviors. *J. Food Sci.* 1987; 52: 335-341.
- [36] Rangel A, Domont GB, Pedrosa C, Ferreira ST. Functional properties of purified vicilins from cowpea (*Vigna unguiculata*) and pea (*Pisum sativum*), and cowpea protein isolate. *J. Agric. Food Chem.* 2003; 51: 5792-5797.
- [37] Mejía-Cabezas NT, Campoverde-Santos DK. Estudio comparativo de propiedades funcionales y fisicoquímicas de aquafaba de distintas leguminosas. *AlfaPublic.* 2022; 4(1.2): 35-50. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i1.2.182>
- [38] Turgeon S, Beaulieu M. Improvement and modification of whey protein gel texture using polysaccharides. *Food Hydroc.* 2001; 15: 583-591.
- [39] Sarmiento TR. Impacto del procesamiento sobre la pared celular y las propiedades hipoglucémicas y tecnofuncionales de leguminosas. [Tesis Doctoral]. Madrid. Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias, Departamento de Química Agrícola; 2012.

Vivas, Odry: Docente de ciencia y tecnología de alimentos, especializada en desarrollo de productos y control de calidad. odryvivas@ula.ve **ORCID ID: 0000-0002-3107-1202**

Vielma, Rosa: Docente de ciencia y análisis de alimentos, doctora en ciencias aplicadas. rosalbavielma16@gmail.com **ORCID ID: 0000-0002-5139-2804**

Matheus, Dalia: Licenciada en Bioanálisis.
daliamatheus10@gmail.com. **ORCID: 0000-
0003-4608-7132**

Rocco, Valeria: Licenciada en Bioanálisis.
vale_rocco@hotmail.com. **ORCID: 0000-0003-
0923-4690**

Artículo revisión

Breve historia de la medicina herbaria y la flora útil.

Brief history of herbal medicine and the useful flora.

Gil Otaiza Ricardo^{1*}.

¹*Departamento de Farmacognosia y Medicamentos Orgánicos, Cátedra de Farmacognosia, Facultad de Farmacia y Bioanálisis Universidad de Los Andes, 5101, Mérida-Venezuela.*

Recibido: marzo de 2023 –Aceptado: mayo de 2023

RESUMEN

Se presenta el largo camino de la medicina herbaria y la flora útil en las distintas civilizaciones, desde la prehistoria hasta nuestros días, y se muestra la importancia del uso de las plantas medicinales de las que se aíslan principios activos, que sirven de modelos en la era industrial para ser sintetizados como medicamentos patentados. Desde el texto monográfico se indaga acerca de las diversas prácticas y especies vegetales usadas por el ser humano. Se citan obras y autores clásicos que han contribuido a la difusión de esta rama de la ciencia, que es de suma importancia para combatir las enfermedades y que tiene además raigambre popular.

PALABRAS CLAVES

Medicina herbaria, plantas medicinales, flora útil, civilizaciones, medicamento natural, etnobotánica, terapéutica.

ABSTRACT

The long path of herbal medicine and the useful flora in the different civilizations from prehistory to the present day are presented, and the importance of the use of medicinal plants from which active principles are isolated, which serve as models in the era industrial to be synthesized as patent medicines. From the monographic text, we inquire about the various practices and plant species used by

humans. Classical works and authors are cited who have contributed to the dissemination of this branch of science, which is extremely important in combating diseases and which also has popular roots.

KEY WORDS

Herbal medicine, medicinal plants, useful flora, civilizations, natural medicine, ethnobotany, therapy.

INTRODUCCIÓN

La historia de la Farmacia y la Medicina es en sí la historia de la humanidad, y adentrarnos en ella es hallar en las plantas medicinales las herramientas terapéuticas que usaron nuestros ancestros en la prevención de la enfermedad y en la conquista de la salud perdida.

A pesar de no saberse a ciencia cierta cómo luchaban los primitivos seres humanos contra las enfermedades, y como los vestigios se han perdido en las neblinas de los tiempos, se ha de suponer, tal y como lo expresa Celsi en su capítulo “Introducción a la historia” en la obra *Farmacotecnia teórica y práctica* (Helman, 1982: 35), que: “La terapéutica antigua consistía en una combinación de prácticas, algunas religiosas y otras de índole mágica (...) y en el empleo empírico de drogas regionales de los tres reinos naturales” [1]; en virtud de la ausencia en dichas culturas del concepto de muerte por causas orgánicas. Sin embargo, se puede afirmar que la medicina

herbaria (o medicina verde como suele denominársele en algunos países de Latinoamérica) nace con el hombre y por el hombre, debido a que las diversas patologías, muchas de las cuales hoy también nos aquejan, son sus compañeras desde entonces. Es más, a través de la paleopatología (ciencia que estudia los procesos morbosos en los tiempos prehistóricos) se ha podido no sólo corroborar el aserto anterior sino confirmar "...sin duda alguna que, mucho antes de que apareciera el hombre en la tierra, ya existía la enfermedad" (Folch, et al., 1986: XXV) [2].

Aunque ya no podemos acercarnos al pensamiento de nuestros ancestros, el estudio de las culturas primitivas contemporáneas nos permite inferir que el hombre primitivo actuó por instinto frente a sus necesidades. Sació su hambre cazando animales o comiendo de los alimentos que la naturaleza le deparaba: "Los primeros alimentos, el cumplimiento del más elemental instinto de conservación, fueron hierbas, frutos silvestres y raíces" (Grimberg, 1984: 26) [3]. De igual forma se protegió del clima y de los animales salvajes escondiéndose en árboles y cuevas, y frente a las enfermedades ensayó la utilización de plantas:

El descubrimiento de las propiedades curativas de las plantas fue, al principio, meramente instintivo. El hombre primitivo halló en las plantas el alimento y la medicina. Se percató (...) de las propiedades de las plantas, y estableció la diferencia en los resultados, apoyándose también en la observación de los animales que las ingerían (Chiej 1992: 18) [4].

El proceso, desde luego, no fue rápido; tuvo que pasar mucho tiempo para que el hombre aprendiera a interactuar con la naturaleza y a tomar de ella los recursos para la supervivencia. "Y gracias a esa adaptación a las fuerzas naturales –comenta Grimberg, 1984–, el hombre llega a un mayor y mejor conocimiento de las mismas y a la adopción, lenta pero constante, de formas de vida más progresivas" (p. 35) [3].

Los estudios arqueológicos nos han proporcionado pruebas irrefutables acerca de la utilización de plantas medicinales por el hombre prehistórico. En La formación de la humanidad, Leakey (1993) afirma:

A finales de noviembre del año 1975 se dio a conocer la existencia de una gruta descubierta, durante unos trabajos arqueológicos, en una zona lejana del sur de Asia, y que fue habitada, hace unos sesenta mil años (...), por el hombre de Neanderthal. En las paredes de la misma, grabados en roca, se podían apreciar claramente plantas, hojas y frutos, muchos de ellos utilizados en nuestros días como medicinales (p. 172) [5].

Sonnedecker en el capítulo "Evolución de la Farmacia" del libro Remington Farmacia (Gennaro, 1987) nos dice:

Podemos imaginarnos entonces, por las pocas pruebas que todavía quedan, los terribles y sobrenaturales que debían ser los males del cuerpo para los seres primitivos de los comienzos de la historia (...), sólo podían combatirse por medios igualmente sobrenaturales, además de los naturales (p. 25) [6].

Adentrarnos entonces en el largo recorrido desde la prehistoria hasta nuestros días en el conocimiento de la denominada medicina herbaria, y en general de la floral útil, es, qué duda cabe, ahondar en lo atávico y en lo cultural; es comprender la dinámica del ser humano con su medio entorno en la conquista del preciado bien de la salud. En las siguientes páginas de este trabajo monográfico se intentará, pues, tal objetivo.

DESARROLLO

Un lecho de flores

No debemos olvidar, entonces, que el hombre primitivo conjuga de manera armónica sus problemas de salud con rituales mágico-religiosos, muchos de los cuales pasaron de generación en generación hasta llegar a nosotros. Fue así como el descubrimiento de la cueva de Shanidar (Irak) enlaza al hombre de Neanderthal con el hombre actual, en virtud de haber sido encontradas en su interior grandes cantidades de polen procedentes de flores completas colocadas alrededor del cuerpo del hombre de Shanidar IV. Un análisis posterior

de dichos granos arrojó que pertenecen a especies tales como: la milenrama, el aciano y la malva real. También se encontraron restos de cola de caballo. Según Arlette Leroi-Gourhan, del Museo del Hombre de París, citada por Leakey (1993: 172), dichas ramas de cola de caballo habrían formado “una especie de lecho sobre el cual dejar al muerto”. Además, Ralph Solecki, de la Universidad de Columbia y excavador de la cueva, citado también por Leakey (1993), señala:

Se sabe que la mayoría de ellas (las flores) tienen propiedades herbarias, y hoy las usa la gente de la región. Se podría pensar –concluye Solecki– que tal vez Shanidar IV no sólo fue un hombre importante, un jefe, sino también una especie de curandero o brujo de este grupo (p. 172) [5].

Los papiros de Ebers y Smith

Ya, en la antigüedad, encontramos que las más importantes civilizaciones hicieron uso de especies vegetales medicinales, conocimiento que pudo llegar hasta nosotros gracias a la magia de la escritura. Fueron los papiros los mayores legados del hombre antiguo, siendo dos de ellos, el de Ebers y el de Smith, los dedicados a los problemas de la salud y de la cirugía. Allí la civilización egipcia (3400–1090 a.C.) dejó plasmado cómo resolvían sus problemas de salud; se habla de plantas de uso común y de la forma de utilización. Como ejemplos de dichas especies están el beleño, la adormidera, la mandrágora, la datura, el incienso, la cebolla, el ajo, el enebro, el opio, la mirra, la resina, la acacia, la higuera, el ricino, el dátil, el granado, etcétera. Más de 800 recetas para curar distintas enfermedades están inscritas en el papiro de Ebers. Es importante recordar que, a pesar de su gran desarrollo, la medicina egipcia conjugaba la aplicación de alguna forma farmacéutica (pomada, poción, colirio, etc.) con el poder de las palabras mágicas, recitando algún encantamiento.

En cuanto a la civilización mesopotámica, cabe señalarse que a mediados del siglo XIX fue descubierta cerca de la ciudad de Nínive una biblioteca con alrededor de 30.000 tablillas, de las cuales 800 fueron descifradas en 1914 por Morris Jastrow. No obstante, Thompson –citado por

Valverde (Folch, et. al., 1986)– ha sido quien ha estudiado con mayor detenimiento las tablillas médicas; habiendo publicado en 1924 una obra acerca de los herbarios asirios:

Thompson realizó un trabajo ejemplar elaborando índices de frecuencia para el estudio de las plantas más utilizadas, estudió su empleo en diversas enfermedades y analizó la flora mesopotámica a la luz de los documentos y de su realidad actual. Las partes de las plantas más utilizadas como drogas fueron la raíz, el tallo y la corteza (p. 18) [2].

Comentan los mismos autores que dentro de las plantas señaladas por Thompson están la adormidera, la mandrágora, el heléboro, la belladona. Además, “importaban del Valle del Indo” la canela, el jengibre, la asafétida y utilizaban (no sólo con fines medicinales) el hinojo, el azafrán, la cebada, el trigo, el ajo, los pepinos, la lechuga, el laurel, el enebro, etc.

Volák y Stodola (1990) dicen:

Un rey de Babilonia, Mardukapalidine II (772-710 a.C.) hizo construir un jardín en el que se cultivaron 64 especies de plantas medicinales, entre las cuales había manzanos, granados, pepinos, calabazas, ajos, cebollas, hinojos, azafrán, tomillo, mostaza, alcaravea, eneldo, boj, caña, férula y mirra. Entre las drogas especialmente eficaces se contaba con el heléboro, el beleño, la mandrágora, el cáñamo y la adormidera (u opio) (p. 7) [7].

La filosofía de las civilizaciones del Valle del Indo (India) era la de “prolongar la vida humana”. Comentan Volák y Stodola ya citados:

...una de las partes más importantes de la ciencia médica consistía en el conocimiento de los productos medicinales (upaj). Los remedios eran fundamentalmente de origen vegetal y el cultivo de las plantas medicinales estaba reglamentado y organizado por medio de las ordenanzas del rey budista Asoka (siglo III a.C.) (p.8) [7].

Se puede afirmar que la utilización de plantas medicinales en la India es tan antigua como en la China:

Por la época del éxodo hebreo de Egipto, más o menos en 1200 a.C., un joven indio pobre llamado Jivaka deseaba estudiar medicina (...) abordó al gran Punarvasu Atreya, fundador de la primera escuela india de medicina (...). Al cabo de siete años, preguntó al profesor cuándo acabaría sus estudios. En lugar de responder, Atreya lo desafió a recorrer la campiña y recoger todas las plantas que le parecieran inútiles para fines médicos. Jivaka no regresó durante muchos días. Finalmente cuando apareció venía enojado y con las manos vacías. Comunicó a su mentor que no había encontrado una sola planta que careciera de poder curativo. El profesor Atreya contestó: “¡Puedes irte! Ahora cuentas con los conocimientos para ser médico” (Castleman, 1994:15) [8].

La obra Salud natural (1992) comenta en relación a la medicina de la India lo siguiente:

El único libro que perduró e hizo posible indagar en su cultura (India) fue el Atharvaveda. En él se encuentran las primeras referencias escritas sobre las prácticas médicas imperantes, con gran profusión de plantas medicinales. Por desgracia, la mayoría de las hierbas descritas son para nosotros irreconocibles (p. 13) (...)

Más adelante la obra citada revela:

Con respecto a la invasión de la India por los arios, éstos hacen suya la muy avanzada medicina india. Debemos tener en cuenta que en aquella época ya se hacían prótesis, pues había “hombres expertos que fabricaban ojos y piernas artificiales”. También dominaban el uso de cánulas para las retenciones de orina, etc.

La ciudad de Taxila, antes de la conquista de Alejandro, era el centro intelectual de la India, llegando la enseñanza del “arte de la vida” (medicina)

a un nivel que sólo los griegos pudieron alcanzar (p. 14) [9].

El término “arte de la vida” o “ciencia de la vida” procede de dos palabras indias: ayur (vida) y veda (conocimiento): así pues, la medicina ayurvédica es descrita como “el conocimiento de cómo vivir”, y hace hincapié en que la buena salud es responsabilidad del individuo. En la medicina ayurvédica la enfermedad se considera en términos de desequilibrio, que se combate mediante las hierbas y el control de la dieta (Ody, 1993: 12) [10]. Este tipo o forma de medicina ve a la persona de manera holística, es decir, como a un todo: espíritu, cuerpo y mente (o microcosmos), con el macrocosmos o universo. Afortunadamente, la invasión británica no pudo destruir los conocimientos milenarios, los cuales han llegado hasta el mundo occidental para su desconcierto y asombro.

Varias de las plantas de uso común hoy en Europa y Asia proceden de la India, como el benjuí, el aloe, el ricino, la nuez moscada, el cáñamo (hachís), el sésamo, la pimienta, el jengibre, el clavo de especia, etc. Los orígenes de la medicina china se remontan a 2500 años a.C. Su práctica hace énfasis en la ausencia de armonía interior, lo cual exige el restablecimiento de la misma para que así el organismo se reponga por completo. Fue por ello que el médico chino Pien T S’io (450 a.C.) explica las enfermedades como alteraciones del Yin-Yang, que no es otra cosa que los estados de reposo y movimiento que se suceden de manera rítmica y deliberada:

En una obra que se considera la más antigua de la medicina –escrita treinta siglos antes de Jesucristo, en China–, Kuang Ti cita al granado, al opio y al ruibarbo; el Peng T Sao de Li Che Ten (2500 a.C.) se refiere acerca de 1.100 plantas y describe más de 8.000 recetas médicas. También es muy conocida la obra del emperador Sheng-Nung, de China, quien descubrió el gin-seng y muchas otras plantas importantes... (Zuluaga, 1996: 19) [11].

Según Ody (1993), la mitología china dice que fue Sheng-Nung quien “inventó” la agricultura e

identificó numerosas plantas medicinales. Más adelante la misma autora agrega:

Históricamente, existieron multitud de filosofías y técnicas médicas diferentes en China, con una mezcla de médicos ambulantes, curanderos de pueblo y chamanes nativos. También estaban los doctores filósofos taoístas, autores de los textos médicos clásicos, a quienes recurría la aristocracia en caso de enfermedad (p. 15) [10].

Es importante agregar –tal como lo hacen Volák y Stodola– que la medicina china influyó en la medicina occidental, ya que muchas especies utilizadas ampliamente, tanto en la antigüedad como hoy en día, son chinas. Se pueden mencionar el ruibarbo, el alcanfor, la efedrina, el anís estrellado, el ginseng, el té, entre muchas otras [7].

En la Odisea, citada por Pío Font–Quer (1988), se lee:

Helena, engendrada por Zeus, echó súbitamente una droga en el vino, tan contraria a los duelos y a la ira, que hacía olvidar toda pena (...). La hija de Zeus tenía tan excelentes remedios, que le había proporcionado Polidamna, la esposa de Ton, la de Egipto, donde las tierras de pan llevan crían tantas y tan buenas hierbas mezcladas con otras que son aciagas; allí todos son médicos, y en ningún país del orbe los encontraríamos más sabidos, porque son del linaje de Peon (p. XI) [12].

La medicina griega

Pues bien, la medicina griega descolló en la antigüedad, no sólo por la presencia de importantes figuras, sino también por el legado de drogas vegetales que fueron utilizadas con éxito en el tratamiento de diversas patologías:

Los médicos antiguos preparaban personalmente sus medicamentos, sirviéndose para ello de las sustancias que les suministraban los herbonistas (rizotomas) y los mercaderes (farinacopolas) (...) los más numerosos, se dedicaban (...) a las plantas medicinales, dejando a la posteridad: croquis,

descripciones de plantas e indicaciones sobre sus efectos (Volák y Stodola, op. cit., 10) [7].

Hipócrates (468–377 a.C.), reputado desde hace siglos como “Padre de la Medicina”, clasificó a los elementos y a las hierbas según cualidades, a saber: frías, calientes, secas o húmedas. Además, fue el propulsor de la idea de llevar una vida sana y equilibrada para la conservación de la salud. También a él se debe la clasificación de alrededor de 200 plantas de acuerdo a sus poderes diuréticos, cicatrizantes, purgantes, etc. Es bueno hacer referencia –y en consonancia con el pensamiento de Pío Font–Quer– que la medicina hipocrática estuvo a un nivel muy superior con respecto a la medicina egipcia. Más adelante agrega el citado autor, refiriéndose a Pedanius Dioscórides (siglo I de nuestra era):

...en Asia Menor nació un griego apellidado Dioscórides, el anazarbeo, que llegó a ser una gran lumbrera médica (...) y fue médico de los ejércitos de Nerón (...) escribió su tratado titulado (Peri hyles iatrikes logoi hex) o Materia Médica, en seis libros, que comprende remedios de los tres reinos de la Naturaleza (...) y, principalmente, vegetales, de los cuales nos dio alrededor de 600 especies (p. XII) [12].

Pedanius Dioscórides escribió el clásico De Materia Médica alrededor del año 60 d.C., que se convertiría en referencia obligada durante 1500 años. Se dice que fue también médico de Antonio y Cleopatra (Ody, op. cit., 10) [10].

Resalta en el mundo griego Teofrasto (Ereso, año 372 a.C.):

La acumulación de hechos botánicos que logra Teofrasto está a la altura de las aportaciones zoológicas de Aristóteles. La obra de Teofrasto fue base para posteriores estudios botánicos y en la clasificación de las plantas. Teofrasto no sólo fue el primer autor de botánica sino también el más grande hasta el Renacimiento alemán. (...) se ocupa de 500-550 especies y variedades de plantas, la mayoría de ellas cultivadas (Valverde en Folch, et. al., op. cit., 110) [2].

Teofrasto, que repudiaba el uso de amuletos y la creencia en encantamientos, escribió una obra monumental dividida en nueve tomos: Historia de las plantas. El tomo IX, que trata sobre plantas, preparación y usos, recibió en Grecia la calificación de herbario. Según Valverde (en Folch, et. al., op. cit.), La historia de las plantas es “...un digno antecedente de la obra de Dioscórides” [2].

A manera de ejemplos se citan algunas de las plantas medicinales recomendadas por Teofrasto: la mandrágora, el heléboro, el pepino silvestre, la belladona, el estramonio, el romero, la amapola, el regaliz, el árnica, el helecho macho, la pimienta negra, etc.

La medicina romana se dejó influir por las teorías griegas, las cuales llegaron a Roma cien años antes de la era cristiana. Sobresalió Claudius Galenus (201-130 a.C.), nacido en la ciudad de Pergamon (Asia Menor) y médico de la Corte del emperador Marco Aurelio. “Reelaboró muchas de las antiguas ideas hipocráticas y dio forma a la teoría de los humores. Sus obras se convirtieron en libros de texto sobre medicina...” (Ody, op. cit., 11) [10].

Las plantas medicinales en la Edad Media

La medicina griega tuvo un radio de acción bastante amplio, por lo cual su filosofía y su arte se extendieron durante varios siglos mucho más allá de sus fronteras. Es por ello que en la Europa de mediados del siglo X, muchos de los principios hipocráticos eran puestos en práctica. Por ejemplo, la famosa escuela de Salerno, de notoria influencia en la Europa medieval, basaba su praxis médica en una dieta adecuada, ejercicio y aire fresco (todos ellos principios hipocráticos). No obstante, los documentos de la época dicen que la medicina con base en las plantas estaba en manos de la Iglesia católica. Sin embargo, a partir de la segunda mitad de la Edad Media, los conocimientos de las viejas escuelas fueron retomados y se apartó la praxis médica de la Iglesia. Dice Sonnedecker (en Gennaro, op. cit.)

Esta tendencia (la separación de la práctica médica de los monasterios) se observaba primeramente en Italia, España y Francia, que fueron puntos de tránsito para las drogas y para los conocimientos

farmaco médicos que seguían las rutas comerciales del Mediterráneo desde la civilización islámica más adelantada (p. 27) [6].

Celsi afirma:

“Los médicos árabes (...) incorporaron nuevos fármacos (...), debe mencionarse el sen, maná, alcanfor, sándalo, ruibarbo, casia-fístula, tamarindo, clavos de olor, cubeba, nuez moscada (...) la goma arábica, etc.” (en Helman, op. cit., 40) [1].

Paracelso

Con el Renacimiento, una generación de cambios y conocimientos abarcó varios siglos. Gutenberg inventó la imprenta y Cristóbal Colón descubrió América. Durante este período descollaron importantes figuras de las artes y de la ciencia, tal es el caso del controversial Paracelso (1493-1541), quien fue:

...el gran crítico del arte médico greco-romano-arábigo que imperaba hasta entonces (...) estuvo destinado a señalar un derrotero completamente nuevo, no sólo en la medicina, sino a la química y a la farmacia (...). Las teorías de Paracelso originaron una lucha apasionada entre dos escuelas: la medicina galénica de los antiguos, con amplio uso de drogas naturales, especialmente de las vegetales; y la medicina química... (Celsi en Helman, op. cit, p 42) [1].

Paracelso se negaba a reconocer los “magisterios” complejos y descabellados de su época, dando prioridad a la medicina por medio de las plantas e interesándose por los efectos curativos de las aguas minerales y de las plantas locales. Entra, pues, en la historia médica como un gran reformador de la medicina, el fundador –en cierto modo– de la quimioterapia, y como un destacado conocedor de las plantas medicinales (Volák y Stodola, op. cit., 15) [7]

Las prácticas médica y farmacéutica se hacen más científicas, es por ello que notables profesionales “contribuyeron –nos habla Celsi– en buena parte al adelanto de las ciencias y en particular al de la botánica y la química”. Sin

embargo, la antigua práctica de la botánica en la medicina fue desplazada por la química:

El desarrollo especializado de ciencias básicas a finales del siglo xviii y comienzos del xix (época moderna) sería necesario, no obstante, para generar la revolución terapéutica que ha reemplazado a casi toda la materia médica acumulada en los siglos anteriores (Sonnedecker en Gennaro, op. cit., p 29) [6].

Con el descubrimiento de América fueron incorporadas a la terapéutica europea diversas drogas originarias de las Indias, muchas de las cuales “revolucionaron” la práctica médica:

...se descubrieron nuevos fármacos simples, sumamente valiosos por sus propiedades curativas, y distintos de los ya conocidos, como son: coca, quina, tabaco, ipecacuana, jalapa, zarzaparrilla, bálsamo de Perú, bálsamo de Tolú, curare, entre otros, además (...) el maíz, ají, mandioca, patata o papa, cacao, ananás o piña. Banana o plátano, vainilla, maní o cacahuate, zapallo o calabaza, porotos o frijoles, etc. (Celsi en Helman, op. cit., p43) [1].

De más está agregar que las civilizaciones precolombinas hicieron uso de las especies medicinales, lo cual ha quedado como testimonio para la humanidad en las diversas crónicas de los viajeros de Indias.

Los avances de la química

Durante el siglo XVIII, con el avance de la química, investigadores de diversos países lograron hallar los componentes activos de muchas especies medicinales para utilizarlos de manera aislada, una práctica común en nuestros tiempos. Haciendo un breve recuento podríamos nombrar al francés J.B. Caventon (1795-1877) y su colega J. Pelletier, quienes descubrieron la quinina, la cinconina, estriocina y brucina. Friedrich Wilhelm Adam Sertitner (farmacéutico alemán: 1783-1841) descubrió la morfina (extraída de la cápsula del opio); Heidelberg, P.L. Geiger (1785-1836) junto con Hesse (químico) descubrieron la atropina, la daturina, la hiosciamina, la colquicina, la cicutina

y la aconitina, mientras la codeína fue descubierta por Robiquet y la cafeína por Runge.

En la actualidad, cientos de especialidades farmacéuticas tienen como principios activos drogas procedentes de especies vegetales, gracias a transformaciones químicas –de semisíntesis– o como resultado de complicados procesos de síntesis orgánica, muchas veces imitando una molécula de origen vegetal. La alta tecnología prevalece en la industria químico-farmacéutica, cuyo trabajo es producto de la integración de diversas disciplinas científicas. Es así como la vieja tradición de la confección de fórmulas en las farmacias con base en principios naturales fue prácticamente desplazada por las medicinas patentadas provenientes de la industria.

La Etnobotánica

A pesar de que la medicina herbaria quedó rezagada pues en casi todo el mundo prevalecen las formas sofisticadas de práctica médica, ese conocimiento milenario pasado de generación en generación aún se conserva en las denominadas comunidades primitivas contemporáneas y en aquellas zonas de muy difícil acceso. Como dice Piedrahita en su presentación al libro Medicina natural y salud de Balch y Balch (1994): “Estos pueblos que conservan un modo tradicional de vida estrechamente ligado con su entorno, son los depositarios de muchos conocimientos sobre plantas útiles” (p. vii) [13].

Así, el hombre contemporáneo que sufre los embates de un mundo en caos y debe hacer frente a innumerables problemas, sobre todo los que atañen a su salud, vuelve su mirada hacia el pasado, hacia un conocimiento milenario que permitió la supervivencia de la civilización. Dice Estrada Lugo (1992):

...las enfermedades que causan la mayor cantidad de muertes en nuestros pueblos (...) tienen curación con la medicina alopatía o moderna, ésta escasamente cubre a la mitad de la población (...); esta situación se complica con los constantes incrementos en los costos, pero principalmente en los precios de los medicamentos de patente, razones por las cuales los gobiernos no están ni estarán en

condiciones de cubrir las demandas de salud (...); lo cual conducirá irremediablemente a continuar haciendo uso de una medicina tradicional basada fundamentalmente en las plantas medicinales (p. IX) [14]

Este renovado interés por las plantas medicinales, y de modo general por el entorno, ha hecho posible el surgimiento de la etnobotánica, definida magistralmente por Hernández Xolocotzi, en el libro *Plantas medicinales de México* (Estrada Lugo, *op. cit.*) como: “...el campo científico que estudia las interrelaciones que se establecen entre el hombre y las plantas, a través del tiempo y en diferentes ambientes” (p.3) [14]. Sin embargo, esta disciplina científica no nace en nuestro siglo, sino que sus orígenes se remontan muy atrás. Tal y como lo afirma Enrique Leff en la obra anteriormente citada: ...el etnobotánico Jacques Barrau sitúa sus antecedentes en épocas anteriores a la taxonomía botánica de Linneo (...). Pero el término mismo de etnobotánica, como disciplina científica, fue inventado por el botánico americano Herschberger en 1895... (p. 29) [14].

Se hace más y más evidente que la población desea alternativas económicas y de menor riesgo para sus problemas de salud. En el mundo entero el interés por la medicina herbaria es creciente; tan es así que países como EEUU, en el cual la medicina científica había desplazado a la tradicional o herbaria: ...el 25% de las medicinas de patente – comenta Castleman (*op. cit.*)– aún contiene ingredientes activos derivados de hierbas, y el médico promedio extiende a diario ocho recetas basadas en ellas. No sólo eso, sino que incluso los opositores más enconados de las plantas medicinales las utilizan todos los días, por lo común sin darse cuenta (p. 2) [8].

Capasso, Balestrieri y Mascolo (en Estrada Lugo, *op. cit.*), expresan:

En la actualidad, no obstante el florecimiento de las industrias farmacéuticas y la producción de medicamentos de síntesis o semisíntesis a escala industrial, el interés por las plantas medicinales, jamás extinguido, parece despertar y se ven publicitados con mayor

insistencia preparaciones galénicas hechas con hierbas medicinales (p. 506) [14].

Finalmente –comenta Castleman (*op. cit.*)–: “La Organización Mundial de la Salud (OMS) calcula que las hierbas curativas son la medicina principal de dos tercios de la población mundial, es decir, de unos cuatro mil millones de personas” (p. 1) [8]. En América Latina el estudio de las plantas medicinales y de su contexto natural es de gran importancia. En México cabe señalar al botánico, boticario, entomólogo y agroeconomista Antonio de la Cal, quien en 1832 publica su obra fundamental: *Materia médica*. A tal respecto nos dice Huerta (1996):

La preocupación que llevó a Antonio de la Cal a la publicación de la Materia médica, fue la necesidad de proporcionar, a las personas “precisadas a vivir fuera de las ciudades y de las grandes poblaciones sin recurso de facultativos”, un método claro y sencillo para aplicar con más seguridad aquellas plantas que ellos mismos conocían, y que empleaban en sus enfermedades, asignando las dosis que debían usarse en el tiempo oportuno (p. 57) [15].

En México también debe señalarse al desaparecido maestro Efraím Hernández Xolocotzi, quien –según Estrada (*op. cit.*)–: “...durante los últimos 21 años dictó la cátedra de Etnobotánica en (el) ahora Colegio de Postgraduados, Chapingo, tiempo durante el cual hizo escuela en esta área científica” (p. 63) [14]. Más adelante dice el mismo autor: “...el maestro inducía en nosotros (...) el afán por el planteamiento de nuevos conocimientos teóricos, de nuevas rutas (...); así, han ido madurando poco a poco nuevas áreas de la Etnobotánica: principalmente plantas medicinales...” (p. 66) [14].

En el mismo contexto geográfico encontramos a Maximino Martínez, quien recopiló una serie de artículos sobre plantas medicinales para entregarnos la obra *Plantas medicinales de México* (1994) [16]. No deja de ser relevante (también de México) la obra de González de Cosío *Especies vegetales de importancia económica en México* (1984) [17]. Destaca, en el área del estudio de las

plantas medicinales de México, el maestro varias veces citado Erick Estrada Lugo.

En Colombia García Barriga con su obra: Flora medicinal de Colombia (1992) [18] hace un aporte. Irrumpió en el área el también colombiano Zuluaga, con la obra: El nuevo libro de las plantas medicinales (*op. cit.*, 1996). Este científico realizó una importante investigación etnobotánica sobre las plantas medicinales desde la época de la Conquista hasta nuestros días. Además, sus aportes en esta rama del conocimiento se han centrado en diversos municipios de su país. De Puerto Rico destaca Núñez Meléndez (1992), quien llevó adelante, por varias décadas, una excelente labor en los campos de la etnobotánica y la farmacognosia y que recoge en su obra Plantas medicinales de Puerto Rico (1992) [20].

En Venezuela muchos se han dedicado al estudio de su flora útil. Citemos, pues, a Francisco Tamayo en su excelente prólogo a la tercera reimpresión del Manual de las plantas usuales de Venezuela de Henri Pittier (1978):

El ilustre José María Vargas, primer botánico venezolano, formó su herbario particular; le siguió don Fermín Toro con el suyo propio; posiblemente el licenciado J.M. Benítez autor del primer estudio publicado de nuestra flora, Principios para la materia médica del país, pudo formar otra más; luego Adolfo Ernst funda su correspondiente herbario, publica flómulas regionales, dicta cátedra de Ciencias Naturales en la Universidad (...) y forma un grupo de discípulos que, como L. Alvarado, Alfredo Jahn y J.A. Rodríguez López, mantienen viva la llama del conocimiento de las plantas. Cuando Pittier se aboca, allá por 1913 a 1915, al estudio de la flora venezolana sólo eran conocidas científicamente 1.534 especies, cuya cantidad se eleva a 6.037, a partir de 1918, fecha en la cual, se establece Pittier definitivamente en el país, hasta 1926 cuando aparece el Manual de las plantas usuales de Venezuela... (p. XIV) [21].

Si se pidiera dar el nombre de la obra más importante, en cuanto al conocimiento de la flora útil venezolana, no se podría negar a reconocer en

fundamental al estudio etnobotánico de su país y de la región. De ese mismo país destaca el sacerdote católico Arias Alzate, con su obra: El libro de las plantas medicinales (1991) [19]. Irrumpió también el Manual de las plantas usuales de Venezuela de Henri Pittier el clásico por antonomasia, y cuya primera edición data de 1926. Es sin duda la obra de consulta obligada para quienes pretendan adentrarse en el conocimiento de nuestras especies de importancia económica. Además, sus aportes en las áreas de la etnobotánica y de la distribución biogeográfica de especies medicinales, son inestimables. No obstante, la obra de este insigne botánico fue continuada por Ludwig Schnee, quien en 1961 publicó, a través de la Revista de la Facultad de Agronomía, el voluminoso libro titulado: Plantas comunes de Venezuela [22], luego ampliado y corregido por Freddy Leal y Carmen Emilia Benítez bajo el título El manual de Plantas Comunes de Venezuela de Ludwig Schnee y que apareciera en las Ediciones de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela en el 2010. [23]

De la UCV cabe mencionarse al Dr. Stephen Tillet, quien además de haber sido director del Herbario “Dr. Víctor Manuel Ovalles” y miembro de la Cátedra de Botánica de la Facultad de Farmacia, desarrolló una amplia trayectoria en los estudios etnobotánicos, destacando su Guía Introductoria de Etnobotánica (1995) [24]. En ese mismo contexto destacó el Dr. Américo Albornoz, quien se preocupó por divulgar la medicina herbaria. En este sentido, es capital su libro Medicina tradicional herbaria (1993) [25]. No puede pasar inadvertido el licenciado Francisco Delascio Chitty, quien llevó adelante una interesante labor para el conocimiento de nuestra flora medicinal, destacando su libro Algunas plantas usadas en la medicina empírica venezolana (1985) [26]. En la Universidad de Oriente resaltó el Dr. Keshava Bath por su importante producción bibliográfica y su divulgación científica en revistas y cursos de extensión. Es referente obligado su libro, ya clásico, Herbolario tropical (1994) [27].

En Mérida han destacado varios investigadores por dar a conocer la flora útil. Cabe citarse en primer término al botánico, profesor universitario y andinista Luis Ruiz Terán y su trabajo titulado Notas Etnobotánicas y Nombres Vulgares de

Plantas Medicinales (1987), publicado con Santiago López Palacios en la Revista de la Facultad de Farmacia de la ULA [28]. De López Palacios se hace fundamental citar dos libros que son referentes del área etnobotánica: Escritos Etnobotánicos (1985) [29] y Usos médicos de plantas comunes (1987) [30].

De la autoría de quien esto escribe debe mencionarse: Plantas usuales en la medicina popular venezolana (1997) [31], Breve diccionario de plantas medicinales (1999) [32], Breve diccionario del naturismo (2010) [33] y Herbolario tradicional venezolano (2003, 2005 y 2009) [34], con la coautoría (éste último) de Juan Carmona Arzola.

CONCLUSIONES

Todas las civilizaciones han echado mano de las plantas medicinales con fines terapéuticos, y en este largo recorrido histórico la dinámica planteada entre el ser humano y la naturaleza ha cambiado, para hacer de ella fuente inestimable en la conquista de la salud en una doble dimensión: la planta *per se*, pero también el fármaco de patente o industrializado.

Muchos han sido los investigadores y sus obras (ya clásicas) revisados en el recorrido, que dan fe del interés científico y también popular que las plantas medicinales despiertan en la humanidad. América Latina, y en particular Venezuela, no han escapado a este derrotero, lo que se traduce en labor investigativa y además en inquietud por parte de las comunidades, de poder acercarse a la medicina herbaria (y a la flora útil en general) para obtener de ella el máximo beneficio terapéutico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Helman J. Farmacotecnia teórica y práctica. Tomo I. Distrito Federal (México): CIA. Editorial Continental, S.A. de C.V., 1982.
- [2] Folch Jou G, Suñé J, Valverde J. Historia general de la farmacia. El medicamento a través del tiempo. Tomo I y II. Madrid (España): Ediciones Sol S.A.; 1986.
- [3] Grimberg C. El alba de la civilización. Tomo 1. Bogotá (Colombia): Círculo de Lectores, S.A.; 1984.
- [4] Chiej R. Guía de plantas medicinales. Barcelona (España): Editorial Grijalbo; 1992.
- [5] Leakey R. La formación de la humanidad. Barcelona (España): RBA Editores; 1993.
- [6] Gennaro AR. Remington Farmacia. Buenos Aires (Argentina): Editorial Médica Panamericana S.A.; 1987.
- [7] Volák J, Stodola J. Plantas medicinales. Praga (Checoslovaquia): Editorial Susaeta; 1990.
- [8] Castleman M. Hierbas curativas. México: Editorial Diana; 1994.
- [9] Salud Natural. Curación por las plantas. Caracas (Venezuela): Sociedad Comercial y Editorial Santiago Ltda.; 1992
- [10] Ody P. Las plantas medicinales. Guía práctica con remedios eficaces para los trastornos más comunes. Buenos Aires (Argentina): Javier Vergara Editor; 1993.
- [11] Zuluaga G. El nuevo libro de las plantas para el cuidado de la salud. Bogotá (Colombia): Intermedio Editores; 1996.
- [12] Font-Quer P. Plantas medicinales. El Dioscórides renovado. Barcelona (España): Editorial Labor, S.A.; 1988.
- [13] Balch J, Balch P. Medicina natural y salud. Guía de autoayuda completa y actualizada. Bogotá (Colombia): Editorial Printer Latinoamericana Ltda. para el Círculo de Lectores; 1994.
- [14] Estrada Lugo E. (Editor). Plantas medicinales de México. Introducción al estudio. México D.F. (México): Universidad Autónoma Chapingo. Unidad de Estudios Etnobotánicos. Programa Universitario de Plantas Medicinales. Departamento de Fitotecnia. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible; 1992.
- [15] Huerta A. El Jardín de Cal. La botánica y las Ciencias de la Salud en Puebla. México D.F. (México): Gobierno del estado de Puebla. Secretaría de Cultura. Colección Catalejos; 1996.
- [16] Martínez M. Las plantas medicinales de

- México. México D.F. (México): Ediciones Botas; 1994.
- [17] González de Cosío M. Especies vegetales de importancia económica en México. México D.F. (México): Editorial Porrúa; 1984.
- [18] García Barriga H. Flora medicinal de Colombia. Tomos I, II y III. Bogotá (Colombia): Tercer Mundo Editores; 1992.
- [19] Arias A. El libro de las plantas medicinales. Bogotá (Colombia): Editorial Oveja Negra; 1991.
- [20] Núñez Meléndez E. Plantas medicinales de Puerto Rico. San Juan (Puerto Rico): Editorial de la Universidad de Puerto Rico; 1992.
- [21] Pittier H. Manual de las plantas usuales de Venezuela. Caracas (Venezuela): Fundación Eugenio Mendoza; 1978.
- [22] Schnee L. Plantas comunes de Venezuela. Maracay (Venezuela): Revista de la Facultad de Agronomía; 1961.
- [23] Schnee L, Leal F, Benítez C. El Manual de Plantas Comunes de Venezuela de Ludwig Schnee. Maracay (Venezuela): Ediciones de la Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela; 2010.
- [24] Tillet S. Guía introductoria de Etnobotánica. Caracas (Venezuela): Servicios Gráficos de la Facultad de Farmacia de la UCV; 1995.
- [25] Albornoz A. Medicina tradicional herbaria. Caracas (Venezuela): Instituto Farmacoterápico Latino S.A.; 1993.
- [26] Chitty FD. Algunas plantas usadas en la medicina empírica venezolana. Caracas (Venezuela): Dirección de Investigaciones Biológicas, División de Investigación, Jardín Botánico. Imparques; 1985.
- [27] Bath K. Herbolario tropical. Caracas (Venezuela): Ediciones Vivir Mejor; 1985.
- [28] Ruiz Terán L, López S. Notas Etnobotánicas y Nombres Vulgares de Plantas Medicinales. Mérida (Venezuela): Revista de la Facultad de Farmacia de la ULA. Vol. 29:5; 1987.
- [29] López Palacios S. Escritos etnobotánicos. Mérida (Venezuela): Talleres Gráficos Universitarios de la ULA; 1985.
- [30] López Palacios S. Usos médicos de plantas comunes. Mérida (Venezuela): Talleres Gráficos Universitarios de la ULA; 1987.
- [31] Gil Otaiza R. Plantas usuales en la medicina popular venezolana. Mérida (Venezuela): Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad de Los Andes; 1997.
- [32] Gil Otaiza R. Breve diccionario de plantas medicinales. Caracas (Venezuela): Los Libros de El Nacional; 1999.
- [33] Gil Otaiza R. Breve diccionario del naturismo. Caracas (Venezuela): Los Libros de El Nacional; 2010.
- [34] Gil Otaiza R, Carmona J. Herbolario tradicional venezolano. Mérida (Venezuela); 2003, 2005 y 2009.
- Gil Otaiza Ricardo:** Académico y escritor. Farmacéutico, Magíster en Educación Superior Mención Docencia Universitaria, Magister en Gerencia Empresarial, Doctor en Educación Mención Andragogía y Doctor en Ciencias de la Educación, con Postdoctorado en Gerencia en las Organizaciones. Profesor Titular (J) de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de Los Andes. Exdecano (2002-2005). Expresidente de la Academia de Mérida (2016-2017 y 2018-2019). Autor de 36 libros en distintos géneros y decenas de artículos en revistas científicas. Biógrafo, crítico literario, ensayista, narrador, poeta, editor, conferencista y columnista del diario El Universal. Miembro Correspondiente Nacional de la Academia Venezolana de la Lengua e Individuo de Número Sillón 5 de la Academia de Mérida. Correo-e: rigilo99@gmail.com.
- ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-0638-4012>

NORMAS EDITORIALES

La Revista de la Facultad de Farmacia (Rev Fac Farm) es una publicación editada por la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de Los Andes, Mérida, República Bolivariana de Venezuela. La revista es arbitrada e indizada y tiene como objetivo publicar Trabajos Originales (inéditos producto de estudios terminados), Revisiones, Reporte de Casos Clínicos, Comunicaciones y Cartas al Editor, que versen sobre las siguientes áreas del conocimiento: Etnobotánica, Química Orgánica, Química Inorgánica, Química Analítica, Química Medicinal, Fitoquímica, Ciencias de los Alimentos, Galénica, Tecnología Industrial, Análisis de Medicamentos, Física, Físicoquímica, Estadística Aplicada a las Ciencias de la Salud, Microbiología, Parasitología, Inmunología, Hematología, Farmacología, Toxicología, Fisiología, Citología, Farmacocinética, Mercadotecnia, Historia de la Farmacia y Bioanálisis, Farmacognosia, Nutrición en Salud Pública y Biotecnología. Los manuscritos deben ser concisos, correctos en su estilo y escritos en idioma español, inglés o portugués. El Comité Editorial (CE) tiene prevista la publicación de un volumen y dos números al año, con la extensión que se estime conveniente.

ENVÍO DEL MANUSCRITO

Los autores deben enviar el archivo del manuscrito en programa "Word for Windows" a través de los siguientes correos: revfarm@ula.ve o revfarmacia@gmail.com. Es necesario que el autor principal envíe una comunicación al Editor, en donde solicita la consideración del material adjunto para la publicación en alguna de las secciones de la Revista, con indicación expresa, de tratarse de un trabajo original, de no haber sido publicado excepto en forma de resumen y que sólo ha sido enviado a la Revista de la Facultad de Farmacia. Además, debe incluir la autorización, donde todos los autores aceptan con su firma, que han participado activamente en el desarrollo y ejecución de dicha investigación, y que conocen que está siendo enviado a publicación sin percibir remuneración alguna.

SISTEMA DE ARBITRAJE

Todos los trabajos serán sometidos a consideración del CE de la Revista, el cual decidirá si el trabajo debe ser enviado a arbitraje o es devuelto por no cumplir con las normas editoriales establecidas. El arbitraje de doble ciego será realizado por al menos tres expertos en el área objeto de la comunicación. Se cuenta con la participación de especialistas, provenientes de diferentes instituciones locales, nacionales, así como internacionales. En caso de existir sugerencias por parte de los evaluadores para mejorar la calidad de los trabajos, serán devueltos a sus autores para las debidas correcciones, las cuales deben cumplirse, siendo posible apelar con la debida justificación en cada caso. Para facilitar el proceso de arbitraje, los autores deberán enviar una lista de seis posibles árbitros (Nacionales e Internacionales) con sus respectivas direcciones de correo electrónico.

NORMAS EDITORIALES

Los textos deben estar compuestos por las siguientes secciones:

Revisiones: Según los criterios establecidos por el CE, para incluir revisiones en la Revista de la Facultad de Farmacia se debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Al menos uno de los autores debe tener un mínimo de tres trabajos sobre el tema, publicados en revistas indexadas y arbitradas y por lo menos una de esas revistas debe ser Tipo A.
- Las revisiones pueden ser solicitadas al autor (es) por el CE o propuestas por el autor (es) al CE, sobre temas seleccionados. Estructura: Resumen, palabras clave, abstract, key words, introducción, cuerpo o desarrollo, conclusión (es), referencias bibliográficas, de acuerdo a las mismas instrucciones de los trabajos originales.

Trabajos originales: Se le da prioridad a los artículos originales. Estructura: Resumen, palabras clave, abstract, key words, introducción, material y métodos, resultados, discusión, conclusión (es), agradecimientos (prescindible) y referencias bibliográficas,

REGLAMENTO PARA EL ARBITRAJE

CAPÍTULO 1

Disposiciones Fundamentales

Artículo 1. El presente **REGLAMENTO** tiene por objeto normar los principios rectores del Arbitraje de los Trabajos de Investigación, enviados por autores al Editor para su aceptación en la Revista de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Los Andes.

Artículo 2. La recepción de un Trabajo de Investigación por parte del Editor, no implica por fuerza su aceptación para ser publicado en cualquiera de los volúmenes de la Revista de la Facultad que se editen en un año. Además, no se recibirán trabajos para arbitraje que no estén acompañados de un oficio dirigido al Editor de la Revista, firmado por el autor (o responsable de una publicación en caso de ser colectiva).

Artículo 3. El Editor podrá recibir trabajos de investigación para su Arbitraje de cualquier autor de algunas de las Facultades de la Universidad de Los Andes, en primera instancia. En segundo lugar, de cualquier autor adscrito a cualquier universidad pública o privada del país. En tercer lugar, de autores de universidades extranjeras con preeminencia de América Latina.

Artículo 4. El Editor se reserva el Derecho de Admisión de los trabajos con base en lo establecido en el presente **REGLAMENTO**, y en las Instrucciones para los Autores, publicada en cada volumen editado de la Revista de la Facultad de Farmacia.

Artículo 5. El Editor no recibirá para su consideración de arbitraje trabajos divulgativos en cualquiera de las áreas de competencia de la Revista de la Facultad de Farmacia.

Artículo 6. El Editor aceptará para su arbitraje trabajos de investigación documental con aportes sustanciales al conocimiento científico de cualquiera de las áreas de competencia de la Revista de la Facultad de Farmacia, y que se ajusten a lo estipulado en las Instrucciones para los autores.

CAPÍTULO 2

De los Árbitros y de su Competencia

Artículo 7. El número de miembros del Comité de Arbitraje estará supeditado a las áreas de

competencia de la Revista de la Facultad de Farmacia. En todo caso, algunos miembros del Comité podrán fungir como representantes hasta de tres áreas del conocimiento, de acuerdo con su formación y experiencia científica, y será potestad del Editor su designación.

Artículo 8. Los miembros del Comité de Arbitraje podrán ser miembros del personal docente y de investigación de la Universidad de Los Andes, o de cualquier otra universidad pública o privada de la República de reconocida actividad científica y académica, con estudios de cuarto nivel.

Artículo 9. Podrán ser miembros del Comité de Arbitraje reconocidos investigadores de universidades extranjeras, cuyas instituciones mantengan convenios de cooperación y de intercambio con la Universidad de Los Andes.

Artículo 10. Podrán ser miembros del Comité de Arbitraje de la Revista de la Facultad de Farmacia investigadores sin estudios de cuarto nivel, siempre que hayan sido reconocidos por su actividad de investigación dentro o fuera de la institución a la que estén adscritos.

Artículo 11. El Editor seleccionará con base en lo expuesto en los Artículos: 7, 8 y 9 del presente **REGLAMENTO**, a los investigadores que conformarán el Comité de Arbitraje de la Revista de la Facultad de Farmacia por un periodo no mayor de dos años consecutivos, pudiendo solicitar a motu proprio su reinserción dentro del Comité a algunos de los miembros salientes o por iniciativa de éstos.

Artículo 12. Son funciones de los árbitros, las siguientes:

a) Evaluar los trabajos de investigación de sus áreas de competencia.

b) Enviar al Editor una respuesta por escrito del trabajo considerado, en un plazo no mayor de 30 días, contados a partir de la recepción del texto.

c) Aprobar o improbar los trabajos recibidos, con base a argumentos científicos proclives a ser revisados.

d) No establecer con los autores de los trabajos ninguna comunicación referida al texto que evalúa, que conlleve interferencias y subjetividades en el

proceso. Aplicar en la evaluación argumentos científicos objetivos que permita al Editor a posterior iniciar un proceso de retroalimentación positiva con los autores, a los fines de la excelencia y transparencia del trabajo científico, y de la proyección de la Revista de la Facultad de Farmacia.

e) Aplicar en la evaluación los parámetros especificados en la Guía para los Árbitros.

Artículo 13. Los árbitros tienen derecho a recibir a cambio de su trabajo de evaluación, una constancia expedida por el Editor, a los fines de su inclusión en procesos de reconocimiento de los méritos académicos y científicos de los miembros del personal docente y de investigación de las universidades representadas en el Comité de Arbitraje.

CAPÍTULO 3

Disposiciones Finales

Artículo 14. El Editor podrá sustituir en cualquier momento a algún miembro del Comité de Arbitraje, cuando éste no haya cumplido con lo dispuesto en el presente **REGLAMENTO**. El Editor procederá de inmediato a sustituir al miembro excluido con base a lo dispuesto en los Artículos: 7, 8 y 9 del presente **REGLAMENTO**, y a notificar de inmediato su remoción al saliente.

Artículo 15. Los autores tendrán derecho a solicitar reconsideración de la evaluación de su trabajo de investigación cuando haya resultado improbadado por un miembro del Comité de Arbitraje. A tales efectos, el Editor enviará el trabajo en cuestión a ser evaluado a otro árbitro. En caso de resultar positiva la segunda evaluación, el Editor se reservará el derecho de publicar o no el trabajo sin más opiniones de expertos, con base a la disponibilidad de espacio en la Revista en el volumen que juzgue conveniente, y así se lo hará saber al autor.

Artículo 16. Con base en lo dispuesto en el Artículo anterior, las decisiones de los árbitros son inapelables y de obligatorio acatamiento por parte del autor.

Artículo 17. Los miembros del Comité de Arbitraje no percibirán remuneración económica alguna por su trabajo.

Artículo 18. Los trabajos de investigación recibirán respuesta escrita a partir de los 60 días hábiles de su recepción.

Artículo 19. Si el informe de arbitraje es positivo para un trabajo en primera instancia, el Editor se compromete a incluirlo en el volumen inmediatamente próximo de la Revista de la Facultad de Farmacia.

Artículo 20. El Editor se arroga la potestad de realizar observaciones de forma a los trabajos recibidos antes de ser enviados a arbitraje, de tal manera que el autor se compromete a acatarlas sin desmedro de la trascendencia o alcance científico del trabajo.

Artículo 21. El autor se hace responsable de cualquier errata de forma y de fondo que esté incluida en el original enviado al Editor; y éste no se compromete a dar Fe de Errata en tales circunstancias.

Artículo 22. El Editor se compromete a dar Fe de Errata en aquellas circunstancias en que por inadvertencia o fallas técnicas se haya incurrido en un error no incluido en el original (papel y electrónico) enviado para su consideración por el autor. Tal procedimiento se patentizará en el volumen inmediatamente siguiente a la emisión del error, siempre y cuando el autor se lo haga saber al Editor por escrito tres meses antes de la edición del siguiente volumen de la Revista de la Facultad de Farmacia.

Artículo 23. El Editor no se compromete a expedir constancias de trabajos recibidos sin que haya finalizado el proceso de arbitraje y se cuente con un informe escrito y firmado por el árbitro.

Artículo 24. Lo establecido en el presente **REGLAMENTO** será difundido en la Revista de la Facultad de Farmacia, de tal forma, que tanto autores como árbitros se solidaricen con lo aquí expuesto.

ÍNDICE ACUMULADO

Volumen 58(1)

Año 2016

Evaluación de la actividad antimicrobiana de plantas medicinales seleccionadas del Jardín Botánico del Orinoco, municipio Heres, Estado Bolívar.

Rojas, Janne; Velasco Carrillo, Judith; Buitrago D., Alexis A.; Mender, Tamara y Rojas, John.

Fasciolosis y parásitos gastrointestinales en becerros de la Estación Experimental "ElJoque" Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

González Ramírez, Luisa Carolina; Martínez, Asdrúbal; Assouad, Manuel; Álvarez, Janeth; Gil, Florimar; Castro Vera, Trino Alberto; Pérez De Pablos, Carlos y Dávila, Ciro.

Estudio fitoquímico y actividad antioxidante de los extractos de las partes aéreas de *Euphorbia laurifolia* Juss. ex Lam.

Mogollón, José Ángel; Rondón, María Eugenia; Morales Méndez, Antonio y Contreras Moreno, Billmary Z.

Comparación de los perfiles de disolución de cápsulas de cefadroxilo comercializadas en Venezuela.

Colón U., Sarín; Guillén, Ana; Peña, Jesus Alberto; Lobatón Álvarez, Robert; León, Andrés y Calderón G., Laura M.

Volumen 58(2)

Año 2016

Composición química y perfil mineral de materias primas de origen animal y vegetal utilizadas en la formulación de dietas para la alimentación de alevines de *Colossoma macropomum*.

Morillo, Marielba; Visbal, Tomas; Vielma, Rosa Alba; Peña, Liz; González, Isbelia y Medina, Ana Luisa.

Estudio fitoquímico de la resina de *Protium carana* March (Burseraceae), derivados semisintéticos de los triterpenos $\alpha\beta$ -amirinas, determinación de su actividad antioxidante y actividad antibacteriana.

Bracho Niño, Ismer; Rojas, Luis B.; Usubillaga, Alfredo; Carmona Arzola Juan; Carrero, José; Hernández, Johanna; Deffieux, Denis; Pouységu, Laurent y Quideau, Stéphane.

Uso de chachafruto (*Erythrina edulis*) y soya (*Glycine max*) como sustituto de la harina de pescado en la formulación de dietas para alevines de coporo (*Prochilodus mariae*).

Visbal, Tomas; Morillo, Marielba; Rial, Leandra; Altuve, Daisy; Betancourt, Carlos y Medina, Ana Luisa.

Evaluación sensorial de lonjas de jamón cocido y pechuga de pavo, recubiertas con películas antimicrobianas de alginato de sodio.

Rosales O., Yolima Beatriz; Raybaudi Massilia, Rosa; Medina, Ana Luisa; Mosqueda Melgar, Jonathan y Tomé, Elisabetta.

Volumen 59(1)

Año 2017

Composición química del aceite esencial de las hojas de *Artemisia absinthium* L. colectada en Tovar-Edo, Mérida, Venezuela.

Rojas Fermín, Luis; Rojas Vera, Janne; Cordero de Rojas, Yndra; Handan, Mager y Carmona Arzola, Juan.

Determinación voltamétrica de citrato de sildenafil en formulaciones farmacéuticas.

Ortiz, Reynaldo; Nava, Lismar; Martínez, Yris J.; Weinhold, Elkis y Paredes R., Andreina.

***In vivo* anti-inflammatory activity of grandiflorenic acid and kaurenic acid isolated from *Coespeletia moritziana* and *Espeletia semiglobulata*.**

Rios Tesch, Nurby Nahiely; Villalobos Osorio, Darly Coromoto; Rojas Fermín, Luis; Aparicio Z., Rosa L.; Usubillaga, Alfredo; Mitaine Offer, Anne Claire; Lacaille Dubois, Marie Aleth; Denis, Deffieux; Peixoto, Philippe; Laurent, Pouységu y Stéphane, Quideau.

Composición química del aceite esencial de *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC de los Andes Venezolanos.

Buitrago B., Diolimar; Morales M., Antonio; Rojas Fermín, Luis; Aparicio Z., Rosa L. y Meléndez G., Pablo.

Volumen 59(2)

Año 2017

Actividad antibacteriana de diterpenos del kaurano aislados de *Coespeletia moritziana* (Sch. Bip. ex Wedd.) Cuatrec

Cordero de Rojas, Yndra; Lucena de Ustáriz, María Eugenia; Araujo, Liliana; Usubillaga, Alfredo; Rojas Fermín, Luis y Moujir, Laila.

Actividad anti-inflamatoria del extracto alcohólico de *Astronium graveolens* Jacq.

Hernández Bastidas, Vanessa; Mora V., Flor D.; Nicola, Malafronte y Nunziatina De Tommasi.

Constituyentes volátiles de las hojas de *Lepechinia bullata* (Kunth) Epling de los Andes venezolanos.

Pérez Colmenares, Alida; Rojas Fermín, Luis y Usubillaga, Alfredo.

Actividad antiinflamatoria in vivo de extractos de hojas, tallos y frutos de *Ficus maitin* Pittier.

Villalobos Osorio, Darly Coromoto; Rios, Nurby, Ramírez González, Irama Judith y Meléndez, Pablo.

Volumen 60(1)

Año 2018

Evaluación del balance del contenido vaginal para el diagnóstico de la disfunción vaginal.

Muñoz, Jesús; Sánchez, Kiralba y Babino Cynthia.

Actividad antimicrobiana y perfil fitoquímico de las hojas de *Connarus venezuelanus* B. var. *venezuelanus* (Connaraceae R. BR.).

García Giovanni; Rodríguez Castillo Gabriela; Velasco Carrillo, Judith; Villalobos Osorio, Darly Coromoto y Ramírez González, Irama Judith.

Valoración del efecto de la Erdosteina en cuadros de intoxicación con Paraquat en ratas BIOU: Wistar y comparación con la N-acetil-

cisteína mediante determinación de malondialdehído por Espectroscopia UV.

Di Bernardo, María L.; Zambrano de Dávila Thania; Morales Yasmin; Brito Sulay; Rojas de Marin, Tibisay del Carmen; Montero Yepsy; Osorio Andrés y Montoya Dubelia.

Perfil de textura instrumental y sensorial de pastas elaboradas con *Cajanus cajan* fermentada.

Vivas Odry y Sangronis Elba.

Volumen 60(2)

Año 2018

Fenoles totales, contenido de flavonoides y actividad antioxidante de los extractos etanólicos de plantas ecuatorianas.

Rondón, María; Moncayo, Shirley; Cornejo, Xavier y Plaza, Claudia.

Un modelo de supervivencia bivariante para eventos dependientes bajo el enfoque de funciones cópulas.

Peña G., Jesús A; Ramoni P., Josefa y Giampaolo, Orlandoni.

Estudio de la composición química de los aceites esenciales de las hojas y flores de *Leonotis nepetifolia* (L.) R. Br. (Lamiaceae).

Araque, Emmanuel; Urbina, Daniela; Morillo, Marielba; Rojas Fermín, Luis y Carmona Arzola, Juan.

Revista de la Facultad de Farmacia. Seis décadas de trayectoria.

Gil Otaiza, Ricardo.

Volumen 61(Edición Especial)

Año 2019

Análisis de supervivencia con interacción de diabetes e índice de masa corporal en pacientes en diálisis peritoneal.

Borges P., Rafael E.; Torres-Mantilla, Hugo Alexander y González-Villar, Andrea.

Evolución del error total en la determinación de glucosa en un laboratorio de bioquímica clínica.

Molina, Karla; Torres, Jeymmy; López, María; Hurtado, María; Guillén, Leidys y Dugarte, Freddy.

Actividad larvicida de los aceites esenciales de *Minthostachys mollis* y *Lepechinia bullata* contra *Tecia solanivora* Povolny.

Ramírez, Rosslyn N.; Mora V., Flor D.; Domínguez, Ilka; Rojas Fermín, Luis; Ramírez, Wilson; Peña, José y Pérez Colmenares, Alida.

Composición química y actividad biológica de los extractos de las partes aéreas de *Leonurus japonicus* (Houtt.).

Malave, María José; Mendoza, Zulimar; Morillo, Marielba; Visbal, Tomas; Rondón, María Eugenia y Carmona Arzola, Juan.

Volumen 62(Edición Especial)

Año 2020

Perfil fitoquímico, actividad biológica y fotoprotectora de las flores de *Aldama dentata* La Llave et Lex.

Isla Marylenlid, Pérez Alida, Obregon Ysbelia, Aparicio Rosa, Cordero Yndra, Díaz Clara, Isla José, Chacón Carmen, Fernández Jhender, Rojas-Fermín Luis.

Análisis fitoquímico preliminar y evaluación de la actividad antibacteriana de fracciones de diferentes polaridades obtenidas de *Vismia baccifera* (L.) Triana & Planch y *Vismia macrophylla* Kunth.

Buitrago-Díaz Alexis Alberto, Rojas-Vera Janne, Velasco-Carrillo Judith.

Valoración de dietas a base de *Leucaena leucocephala* (Lam.), *Machaerium* sp y *Glycine max* (Soya) para la alimentación de alevines de *Colossoma macropomum* (cachama negra).

Visbal Tomas, Morillo Marielba, Rial Leandra, Betancourt Carlos, Medina Ana Luisa.

Actualización de la imagen de la Revista de la Facultad de Farmacia.

Rojas-Vera Janne, Buitrago-Díaz Alexis, Meccia Gina, Rondón María Eugenia, Rojas Julio.

Volumen 63(1)

Año 2021

Actividad antioxidante y garrapaticida de los extractos de las hojas de *Bixa orellana* L.

Chacón Arian, Morillo Marielba, Rondón María, Hernández Vanessa, Carmona Juan, Visbal Tomás.

Composición química y actividad biológica de los aceites esenciales de *Piper marginatum* Jacq. y *Piper tuberculatum* Jacq. de Ecuador.

Moncayo Shirley, Rondón María, Araujo Liliana, †Rojas Luis, Cornejo Xavier, Guamán Walter, Jaramillo Soraya.

Microbiología del agua perteneciente al lago cratérico volcánico Cuicocha. Imbabura. Ecuador: Estudio inicial.

González Marco, Alarcón Diego, Araque Judith, Viteri Francisco, Villacis Luis, Escobar Sandra, Araujo Liliana, Medina Gerardo, Andueza Félix.

Estudio preliminar de la calidad nutracéutica y autenticidad de la miel con base en parámetros bioquímicos y capacidad antioxidante.

Pérez-Pérez Elizabeth, Daboin María, Pérez Mariel, Peña-Vera María, Dávila Juan, Sulbarán-Mora Miguel.

Volumen 63(2)

Año 2021

Informe de la citología mamaria.

Toro de Méndez Morelva.

Textura y análisis descriptivo cuantitativo de galletas elaboradas con harinas de granos fermentados de *Phaseolus vulgaris* o *Cajanus cajan*.

Vivas Odry, Sangronis Elba.

Estudio fitoquímico preliminar y evaluación de la actividad antibacteriana del extracto metanólico de los bulbos de *Crinum moorei* Hook F.

Rojas-Vera Janne, Buitrago-Díaz Alexis Alberto, Velasco-Carrillo Judith.

Calidad fisicoquímica de los lagos Colta y Cuicocha ubicados en la alta montaña del Ecuador.

González Marco, Vásquez Paola, Alarcón Diego, Araque Judith, Viteri Francisco, Villacis Luis, Pinto Gustavo, Escobar Sandra, Medina

Gerardo, Andueza Félix.

Volumen 64(1)

Año 2022

Actividad antioxidante y composición química del aceite esencial de *Minthostachys mollis* (Benth.) Griseb de Ecuador.

Toaquiza-Aguagallo Cecilia, Cando-Brito Verónica, †Rojas-Fermín Luis, Pérez-Colmenares Alida, Aparicio-Zambrano Rosa, Obregón-Díaz Ysbelia

Actividad antioxidante de los extractos alcohólicos de los frutos de las especies *Manilkara achras* (Mill.) Fosberg (níspero); *Averrhoa carambola* L. (tamarindo chino) y *Spondias mombin* L. (jobo).

Tolosa Luis, Ramírez Jesús, Rondón María.

Derivados hemisintéticos del *ent*-kaurenol y evaluación de su actividad antimicrobiana.

Hamdan-Sánchez Mager, †Rojas-Fermín Luis, Obregón-Díaz Ysbelia, Aparicio-Zambrano Rosa, Pérez- Colmenares Alida, Cordero Yndra, Díaz Clara, Da Silva-. Rojas Jossblerys, Usubillaga Alfredo.

Análisis químico cualitativo y actividad ecotóxica de la especie *Tristerix longibracteatus* (Desr.) Barlow & Wiens (Loranthaceae) colectada en Chimborazo, Ecuador.

Espinoza Carlos, Rojas Janne, Buitrago-Díaz Alexis, Morillo Marielba, Visbal Tomas.

Volumen 64(2)

Año 2022

Desarrollo y validación de una metodología para el control de calidad microbiológico de fitofármacos y fitomedicamentos.

Rojas-Gelves Clody, Pérez-Colmenares Alida.

Disbiosis cervico-vaginal en la pesquisa citológica de cáncer de cuello uterino.

Erazo-Nieto Greca, Toro de Méndez Morelva.

Estudio fitoquímico preliminar, evaluación de las actividades antioxidante y ecotóxica de los extractos metanólicos de las partes aéreas de *Physalis peruviana* L (SOLANACEAE).

Contreras Carlos, Morillo Marielba, Visbal Tomas.

Distribución del contenido de cadmio en los diferentes componentes de cigarrillos comercializados en Venezuela después de fumados.

Guillén Juan Carlos, Petit de Peña Yaneira, Vicuña-Fernández Nelson, Briceño Luisa Carolina.



**CONSEJO DE DESARROLLO CIENTÍFICO
HUMANÍSTICO, TECNOLÓGICO Y DE LAS ARTES
Cdchta**



El **Cdchta** es el organismo encargado de promover, financiar y difundir la actividad investigativa en los campos científicos, humanísticos, sociales y tecnológicos.

Objetivos Generales:

El **Cdchta**, de la Universidad de Los Andes, desarrolla políticas centradas en tres grandes objetivos:

- Apoyar al investigador y su generación de relevo.
- Vincular la investigación con las necesidades del país.
- Fomentar la investigación en todas las unidades académicas de la ULA, relacionadas con la docencia y con la investigación.

Objetivos Específicos:

- Proponer políticas de investigación y desarrollo científico, humanístico y tecnológico para la Universidad. Presentarlas al Consejo Universitario para su consideración y aprobación.
- Auspiciar y organizar eventos para la promoción y la evaluación de la investigación.
- Proponer la creación de premios, menciones y certificaciones que sirvan de estímulo para el desarrollo de los investigadores.
- Estimular la producción científica.

Funciones:

- Proponer, evaluar e informar a las

Comisiones sobre los diferentes programas o solicitudes.

- Difundir las políticas de investigación.
- Elaborar el plan de desarrollo.

Estructura:

- Directorio: Vicerrector Académico, Coordinador del **Cdchta**.
- Comisión Humanística y Científica.
- Comisiones Asesoras: Publicaciones, Talleres y Mantenimiento, Seminarios en el Exterior, Comité de Bioética.
- Nueve subcomisiones técnicas asesoras.

Programas:

- Proyectos.
- Seminarios.
- Publicaciones.
- Talleres y Mantenimiento.
- Apoyo a Unidades de Trabajo.
- Equipamiento Conjunto.
- Promoción y Difusión.
- Apoyo Directo a Grupos (ADG).
- Programa Estímulo al Investigador (PEI).
- PPI-Emeritus.
- Premio Estímulo Talleres y Mantenimiento.
- Proyectos Institucionales Cooperativos.
- Aporte Red Satelital.
- Gerencia.

**Alejandro Gutiérrez
Coordinador General**

www.ula.ve/cdcht / E-mail: cdcht@ula.ve
Telf. 0274-2402785 / 2402686

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE FARMACIA Y BIOANÁLISIS

Decano(e)

Dra. Angela Lugo

Director de la Escuela de Bioanálisis

MSc. María Evelyn Alviarez Vargas

Director de la Escuela de Farmacia

MSc. Robert Lobatón

Director del Instituto de Investigaciones

Dra. Yndra Cordero

Director de la Oficina de Relaciones

Interinstitucionales

Dr. José Nelson Aranguren

La Revista de la Facultad de Farmacia, posee acreditación del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes. Universidad de Los Andes-Venezuela (CDCHTA-ULA).

Esta publicación está indizada en REVENCYT, Sistema de Publicaciones Scielo, Periódica (UNAM- México), IMBIOMED, Base de datos LILACS producida por BIREME y LIVECS, y Latindex México.

Incluida en el Registro de Publicaciones Científicas y Tecnológicas del FONACIT.

ISSN 0543- 517-X Depósito Legal pp 1958 02 ME 1003

ISSN 2244-8845 Electrónico Depósito Legal ppi 2012 02 ME 4102.

La Revista de la Facultad de Farmacia se exime de compromisos con la opinión y enfoques vertidos por los autores de los materiales publicados en ella. Queda prohibida, sin la autorización del Comité Editorial, la reproducción total o parcial de los trabajos incluidos en este volumen, por cualquier medio. La misma asegura que los editores, autores y árbitros cumplen con las normas éticas internacionales durante el proceso de arbitraje y publicación. Del mismo modo aplica los principios establecidos por el Comité de Ética en Publicaciones Científicas (COPE). Igualmente, todos los trabajos están sometidos a un proceso de arbitraje y de verificación por plagio.

COMITÉ EDITORIAL

EDITORA

Dra. Janne Rojas

Instituto de Investigaciones

EDITORES HONORARIOS

Dr. Alfredo Usubillaga

Instituto de Investigaciones

Dr. Ricardo Gil Otaiza

Dpto. de Farmacognosia y Medicamentos Orgánicos

Dra. Beatriz Nieves Blanco

Dpto. de Microbiología y Parasitología

CUERPO EDITORIAL

Dr. Alexis A Buitrago Díaz

(Diagramación)

Dpto. de Análisis y Control

Dr. Julio Rojas

Dpto. de Toxicología

Dra. María Eugenia Rondón

Dpto. de Farmacognosia y Medicamentos Orgánicos

MSc. Gina Meccia,

Instituto de Investigaciones

REVISTA DE LA FACULTAD DE FARMACIA

Dirección de Canje (Postal address)

Prolongación Av. Humberto Tejera, Sector Campo de Oro, detrás del IAHULA, Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Edificio Carlos Edmundo Salas, 1er piso. ULA. Mérida. República Bolivariana de Venezuela. Código Postal 5101 Teléfono: +58-274-2403561. Fax: +58-274-2403568

Dirección electrónica:

revfarm@ula.ve o revfarmacia@gmail.com



REVISTA DE LA FACULTAD DE FARMACIA Universidad de Los Andes Facultad de Farmacia y Bioanálisis Biblioteca "Ismael Valero"

Esta versión digital de la revista de la Facultad de Farmacia, se realizó cumpliendo con los criterios y lineamientos establecidos para la edición electrónica en el año 2020.

Publicada en el repositorio institucional SaberULA

Universidad de Los Andes-Venezuela

www.saber.ula.ve, info@saber.ula.ve.

