

GÉNERO *Erythrina*:
**ACTUALIDAD EN LA INVESTIGACIÓN
Y PERSPECTIVAS DE DESARROLLO
CIENTÍFICO**

Luisa Fernanda Velásquez Holguín
Diego Fernando Montoya Yepes
Ángel Arturo Jiménez Rodríguez
Walter Murillo Arango
Jonh Jairo Méndez Arteaga

UNIVERSIDAD DEL TOLIMA

Género *Erythrina* : actualidad en la investigación y perspectivas de desarrollo científico / Luisa Fernanda Velásquez Holguín ... [et al.] -- 1ª. ed. -- Universidad del Tolima, 2019.
156 p. : il., gráficas, tablas

Contenido: Generalidades del género *Erythrina* – Tendencias de investigación en la última década del género *Erythrina* – Chachafruto : alimento del futuro.

Incluye bibliografía
ISBN: 978-958-5569-03-4

1. Género *Erythrina* – Botánica 2. Género *Erythrina* – Farmacología 3. Género *Erythrina* – Agricultura 4. Chachafruto I. Título II. Montoya Yepes, Diego Fernando III. Jiménez Rodríguez, Ángel Arturo IV. Murillo Arango, Walter V. Méndez Arteaga, Jonh Jairo VI. Velásquez Holguín, Luisa Fernanda

583.74
G326

© Sello Editorial Universidad del Tolima, 2019

© Luisa Fernanda Velásquez Holguín, Diego Fernando Montoya Yepes, Ángel Arturo Jimenez Rodríguez, Walter Murillo Arango, Jonh Jairo Méndez Arteaga,

Primera edición digital
ISBN electrónico: 978-958-5569-03-4
Número de páginas: 132
Ibagué-Tolima

Facultad de Ciencias Básicas
Género *Erythrina*: actualidad en la investigación y perspectivas de desarrollo científico

Grupo de Investigación en Productos Naturales -GIPRONUT
Universidad del Tolima
publicaciones@ut.edu.co
lfvelasquezh@ut.edu.co

Impresión, diseño y diagramación:
PROVEER PRODUCTOS Y SERVICIOS S.A.S

Corrector de estilo: Carlos Alfonso Quimbayo

Todos los derechos reservados. Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio, sin permiso expreso del autor.

Contenido

Prólogo	9
---------------	---

Capítulo 1.

Generalidades del género <i>Erythrina</i>	11
--	-----------

Generalidades	13
---------------------	----

Descripción botánica, distribución y usos tradicionales	17
---	----

Producción científica	23
-----------------------------	----

Bibliografía	30
--------------------	----

Capítulo 2.

Tendencias de investigación en la última década del género <i>Erythrina</i>.....	37
---	-----------

Tendencias en investigación.....	39
----------------------------------	----

Farmacología.....	45
-------------------	----

• Actividad antimicrobiana.....	48
---------------------------------	----

• Actividad antioxidante.....	50
-------------------------------	----

• Actividad anticancerígena.....	52
----------------------------------	----

• Actividad antiinflamatoria	55
------------------------------------	----

• Otras actividades	58
---------------------------	----

Agricultura	64
-------------------	----

• Insecticida	66
---------------------	----

• Sistemas agroforestales y recuperación de suelos	69
---	----

Alimentación.....	71
-------------------	----

Patentes	76
Bibliografía	82

Capítulo 3.

Chachafruto: alimento del futuro 95

Generalidades	97
Farmacología.....	99
Alimentación.....	100
• Alimentación animal.....	101
• Alimentación humana	103
Otros estudios	106
Aporte regional a la investigación.....	106
Bibliografía	108

Anexos 113

Listado de figuras

Figura 1.	Caracteres taxonómicos de la especie tipo <i>Erythrina corallodendron</i> L.	18
Figura 2.	Distribución mundial del género <i>Erythrina</i>	20
Figura 3.	Usos tradicionales otorgados a las partes de la planta.	21
Figura 4.	Órganos usados en la medicina tradicional.....	22
Figura 5.	Producción científica género <i>Erythrina</i>	24
	A. Publicaciones realizadas desde el año 1937.....	24
	B. Publicaciones realizadas en la última década	25
Figura 6.	Áreas de estudio género <i>Erythrina</i>	25
	A. Áreas de publicación desde el año 1937.....	25
	B. Áreas de publicación en la última década	26
Figura 7.	Retos e interacciones en las tres áreas de investigación relacionadas anteriormente.	27
Figura 8.	Ranking de publicaciones por país.	29
Figura 9.	Distribución de las especies de <i>Erythrina</i> en Colombia.....	41
Figura 10.	Áreas de investigación y número de usos en el ámbito mundial.	43
Figura 11.	Reportes por especie a nivel mundial.....	44
Figura 12.	Aporte de cada especie en las áreas de investigación.	44
Figura 13.	Reportes de por especie en el área de farmacología ...	47
Figura 14.	Porcentajes de las partes de la planta más empleadas en farmacología.....	47
Figura 15.	Porcentaje de las principales bioactividades reportadas en el área de farmacología.....	48
Figura 16.	Compuestos aislados de raíz de <i>E. variegata</i>	50
Figura 17.	Líneas celulares (cáncer) evaluadas con extractos y compuestos de especies de <i>Erythrina</i>	53
Figura 18.	Compuesto (Faseolidina) aislado de <i>E. fusca</i>	54

Figura 19. Compuestos aislados de *E. poeppigiana*.55

Figura 20. Tipos de ensayo reportados en el área de farmacología.62

Figura 21. Resumen del área de farmacología con sus respectivas bioactividades y especies.63

Figura 22. Reportes en porcentaje por especie en el área de agricultura.65

Figura 23. Reportes por uso en el área de agricultura.65

Figura 24. Plagas y vectores tratados con especies de *Erythrina*.68

Figura 25. Porcentaje de reportes por especie en el área de alimentación animal.73

Figura 26. Resumen del área de agricultura y alimentación, con sus respectivos usos y especies.75

Figura 27. Patentes registradas por décadas desde 1940.76

Figura 28. Patentes registradas en la última década.77

Figura 29. Oficinas de registro de patentes.77

Figura 30. Especies con mayor número de patentes78

Figura 31. Nombres comunes otorgados en diferentes regiones a *E. edulis*.98

Figura 32. Comparación en el contenido nutricional de algunas leguminas de la canasta familiar y *E. edulis*.101

Figura 33. Contenido nutricional de la semilla de *E. edulis*.104

Figura 34. Morfología de la hoja del género *Erythrina*.118

Figura 35. Morfología de la flor del género *Erythrina*.122

Listado de tablas

Tabla 1.	Beneficios a la salud de algunos compuestos bioactivos en legumbres de grano.....	15
Tabla 2.	Taxonomía del género <i>Erythrina</i>	17
Tabla 3.	Descripción botánica del género <i>Erythrina</i>	19
Tabla 4.	Especies reportadas para Colombia.....	40
Tabla 5.	Publicaciones del género en Colombia en la última década.	42
Tabla 6.	Actividad antiradicalaria (IC ₅₀ (µg/mL)) reportada para <i>E. variegata</i>	51
Tabla 7.	Actividad antiinflamatoria (%) reportada para extractos de <i>E. variegata</i>	57
Tabla 8.	Trabajos con menos de tres reportes en la última década sobre <i>E. variegata</i>	58
Tabla 9.	Trabajos con menos de cuatro reportes en la última década sobre <i>E. velutina</i>	60
Tabla 10.	Trabajos con menos de tres reportes en la última década sobre <i>E. fusca</i>	61
Tabla 11.	Reportes de las especies restantes.	61
Tabla 12.	Patentes registradas para especies del género <i>Erythrina</i>	79
Tabla 13.	Comparación taxonómica de la hoja de las especies de <i>Erythrina</i>	119
Tabla 14.	Comparación taxonómica de la flor de las especies de <i>Erythrina</i>	123
Tabla 15.	Comparación taxonómica del fruto y semilla de las especies de <i>Erythrina</i>	129

Prólogo

Esta obra es el resultado de un de trabajo de revisión sobre las especies del género *Erythrina*, especialmente las registradas para Colombia. El documento es un aporte de información científica actualizada en el ámbito nacional e internacional, con el fin de conocer y divulgar el potencial de nuestra biodiversidad para el fomento del estudio y aprovechamiento de especies promisorias como el chachafruto (*Erythrina edulis* Michelli), una especie nativa de la región andina y considerada como promisoría debido a las múltiples aplicaciones que se le otorgan en lo ecológico, lo alimentario, lo económico y lo industrial. Adicionalmente, se busca fomentar su consumo, ampliar sus usos industriales y fortalecer las iniciativas de generar cadenas de producción en la región, para aquellas comunidades que hoy cultivan y desarrollan actividades económicas alrededor de la especie. Otro objetivo apunta a reconocer el trabajo que se viene realizando desde la universidad del Tolima sobre esta leguminosa.

Los investigadores interesados en las especies de este género, podrán disfrutar de una gran descripción de información, que les permitirán conocer más a fondo las bondades de estas especies. Los trabajos aquí publicados dejan abiertos numerosos interrogantes para futuras investigaciones y muestran la importancia de continuar con su estudio en las diferentes áreas



abordadas. En este sentido, el libro ha sido escrito en tal forma que los distintos capítulos son independientes y pueden ser consultados y utilizados separadamente, aun cuando es un texto de carácter científico, emplea un lenguaje que se puede entender desde cualquier área del conocimiento y por personas de la sociedad en general.

Finalmente, los autores expresan, su agradecimiento al Grupo de Investigación en Productos Naturales (GIPRONUT) y a la Universidad del Tolima, institución de la que se recibió apoyo financiero para la publicación de esta obra.

LOS AUTORES





Fuente: Autores

Capítulo 1

GENERALIDADES DEL GÉNERO *Erythrina*

Generalidades

La familia Leguminosae es la tercera más diversa del mundo, la segunda más importante a nivel económico, una de las principales fuentes de alimento, madera, miel, resina, forraje y compuestos químicos. Adicionalmente, es una de las más importantes a nivel ecológico por su papel en la fijación de nitrógeno (Souza y Lorenzi, 2005; Luz, Maki, Horak, Vidal, y Mendonca, 2013). Según Lewis, Schrire, Mackinder y Lock, para el año 2005 las leguminosas contaban con alrededor de 727 géneros y 19.500 especies distribuidas en tres subfamilias (Faboideae, Caesalpinioideae y Mimosoideae); sin embargo, para el año 2017 estas cifras aumentaron a 946 géneros y 24.505 especies (The Plant List) distribuidas en seis subfamilias (Papilionoideae, Cercidoideae, Caesalpinioideae, Detarioideae, Duparquetioideae, Dialioideae) de acuerdo con los estudios filogenéticos realizados por Phylogeny and classification of the Leguminosae (LPWG, 2017). En general, esta familia presenta un amplio rango de distribución (cosmopolita); se caracteriza por su fruto en legumbre, un fruto dehiscente seco producto de un ovario simple, el cual difiere de un folículo por la dehiscencia en sus dos suturas en vez de una (Gómez, 2012).

Desde la antigüedad, las leguminosas han jugado un papel importante en la alimentación humana, siendo las especies de



la subfamilia Papilinoideae las más relevantes en la canasta familiar por el aporte nutricional y proteico que ofrecen sus frutos; además, estas son de fácil acceso, resistentes a condiciones ambientales adversas y de bajo valor económico, características que las incluyen en planes de seguridad alimentaria en el ámbito mundial (Gómez, 2012; FAO, 2016; FAO, 2017).

Su relevancia es tal, que el 2016 fue considerado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) el año de las legumbres, como una forma de resaltar la importancia de estas especies vegetales en las que se incluyen las leguminosas que son cosechadas para grano seco, y de las cuales se conoce su participación en la alimentación humana. Esta iniciativa de la FAO pretende no solo dar a conocer la importancia de estas especies para la humanidad y la agricultura, sino también incentivar su consumo y aumentar de manera significativa su producción. Dentro de las especies de interés, son reconocidas el frijol, las arvejas, los garbanzos y las lentejas, solo por citar algunos ejemplos.

En lo que respecta a su valor nutricional, existen muchos aspectos que son de interés, tales como su aporte de proteína y de aminoácidos como la lisina (escasa en cereales); además, de micronutrientes como selenio, zinc, hierro; se encuentran también vitaminas A y E, niacina, riboflavina, ácido fólico y piridoxina, y aunque el aporte de grasas es bajo, son fuente de ácidos grasos mono y poliinsaturados que no aportan colesterol. El contenido de carbohidratos en las leguminosas de grano es alto (55 a 65%), al igual que fibra dietaria; estos y otros aspectos para un amplio número de leguminosas de grano se pueden observar con más detalle en la base de datos global de la FAO (<http://www.fao.org/3/a-i6832e.pdf>).

Muchos estudios han mostrado que el consumo de leguminosas de grano puede prevenir y ayudar a manejar problemas de obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares, así como



reducir el riesgo de padecer algunos tipos de cáncer. Muchas de estas bondades están ligadas al contenido de una variedad de compuestos bioactivos que pueden ser extraídos y se pueden incorporar en diferentes matrices alimentarias. Dentro de estas fracciones se incluye la fibra, componentes proteicos, isoflavonas y algunos polifenoles. A continuación, se muestran algunos de los aspectos funcionales asociados con los principales compuestos presentes en leguminosas (Tabla 1).

Tabla 1. Beneficios a la salud de algunos compuestos bioactivos en legumbres de grano.

TIPO DE COMPUESTO	EFFECTO BENÉFICO REPORTADO
Inhibidores de proteasa y amilasa	Posible anticancerígeno y rol terapéutico en la diabetes tipo 2 respectivamente.
Saponinas	Pueden ayudar a reducir el colesterol, efecto anticancerígeno, inhibición de la agregación plaquetaria.
Fitatos	Coadyuvantes en la reducción del colesterol, actividad antioxidante mediante reducción de la oxidación del hierro, efecto hipolipidémico, beneficios en el manejo de pacientes con diabetes tipo 2
Compuestos fenólicos: Flavonoides, isoflavonoides, taninos condensados, lignanos, antocianinas, proantocianidinas, ácidos fenólicos	Reducen el riesgo de enfermedades cardiovasculares; reducen el riesgo de cáncer de dependencia hormonal; antioxidantes; reducen el factor de riesgo de menopausia; actividad antiinflamatoria y actividad anticancerígena.
Lectinas	Rol en el tratamiento de la obesidad; reduce el crecimiento de tumores



TIPO DE COMPUESTO	EFEECTO BENÉFICO REPORTADO
Fitoesteroles	Reducen los niveles y absorción del colesterol, incremento en la excreción de ácidos biliares, efecto antioxidante.
Almidón, oligosacáridos, Fibra dietaria	Efecto prebiótico, reducen el riesgo de cáncer de colón, la absorción de lípidos y mejoran el perfil lipídico sanguíneo.

Fuente: Elaborado a partir de (Benouis, 2017; Singh, Singh, Shevkani, Singh y Kaur 2017; López, Leyva, Gutiérrez y Heredia, 2017)

El cambio de hábitos alimenticios de la población mundial ha causado que el consumo per cápita de estas legumbres vaya en descenso desde el año 1960, con excepción de países como la India (Tiwari, Gowen y McKenna, 2011). Algunas de las causas de los descensos en la producción y consumo de estas leguminosas tienen que ver con la urbanización de la población y el desplazamiento de la frontera agrícola, lo que ha propiciado que sean reemplazadas por alimentos de origen animal, aceites y azúcares, o por el cultivo de algunas especies de cereales. Este fenómeno parece tener una relación marcada con la aparición de problemas de mal nutrición y de salud, en especial, de afecciones cardiovasculares y diabetes, sobre todo en países en desarrollo. No obstante, según la FAO, se viene generando una mayor conciencia del impacto negativo sobre la salud que generan dietas con altos contenidos calóricos y proteína de origen animal, lo cual ha incrementado el interés por el consumo leguminosas.

Por otra parte, el papel que juegan en el ambiente estas plantas es de vital importancia, dado que en asociación con microorganismos presentes en el suelo fijan el nitrógeno



atmosférico mejorando su fertilidad, lo que disminuye la necesidad de aplicar fertilizantes, y contribuye a la recuperación de suelos que han sido degradados por prácticas agrícolas extensivas (Baca, Soto y Pardo, 2000; Calvo, 2011).

Descripción botánica, distribución y usos tradicionales

Dentro de esta gran diversidad de especies de la subfamilia Papilinoideae (≈ 14.000), se destacan las pertenecientes al género *Erythrina* (Tabla 2) (LPWG, 2017), el cual fue caracterizado por Carl Linneo en 1753, quien describió la especie *Erythrina corallodendron* (especie tipo), considerando específicamente la forma de los verticilos de la flor (cáliz, estandarte, alas y quilla) (Figura 1); no obstante, otros autores como Candolle y Endlicher, tuvieron en cuenta otros caracteres taxonómicos entre los que se destacan el tamaño y forma del tallo, la disposición de la inflorescencia, la forma del estandarte y la legumbre, como caracteres diferenciales intraespecíficos (Avenidaño y Castillo, 2014); a continuación, se presenta la descripción botánica del género (Tabla 3).

Tabla 2. Taxonomía del género *Erythrina*.

Phylum	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Leguminosae
Subfamilia	Papilinoideae
Género	<i>Erythrina</i>

Fuente: Neill, 1993.





Figura 1. Caracteres taxonómicos de la especie tipo *Erythrina corallodendron* L.

Dónde: 1: Hoja; 2: Tallo; 3: Vaina; 4: Semilla; 5: Flor.

Fuente: Missouri Botanical Garden, 1927.



Tabla 3. Descripción botánica del género *Erythrina*.

CARÁCTER	DESCRIPCIÓN
Tallo	Generalmente con espinas; ramas jóvenes teretes, ocasionalmente lenticeladas.
Estípulas	Libres, tempranamente caducas.
Hojas	Alternas, trifolioladas; pecíolos y peciólulos glabros o pubescentes, con pulvínulos conspicuos, generalmente oscuros al secar.
Foliolos	Romboides, ovados, elípticos o suborbiculares, ápice agudo, acuminado u obtuso, base obtusa, truncada o aguda, margen entera, pubescentes o glabros, tricomas simples, ocasionalmente dendrítico-equinoides.
Venación	Eucamptódroma; venas secundarias 6-8 pares, rectas y paralelas entre sí; foliolos laterales asimétricos con estípelas glandulares; foliolo terminal generalmente más grande que los laterales.
Inflorescencias	En racimos terminales, pseudoterminales o axilares, también flores simples o fasciculadas en grupos de (2-) 3 (-6).
Brácteas florales	Persistentes o caducas; bractéolas caducas.
Cáliz	Gamosépalo, cilíndrico o campanulado, escotado o entero, con lóbulos algunas veces prominentes, glabro o pubescente generalmente hacia la base.
Corola	Conspicua, roja o anaranjada; estandarte siempre mayor que la quilla, generalmente elíptico, ovado u obovado, erecto o reflexo, con papilas diminutas; pétalos de la quilla total o parcialmente adnatos; alas con uñas menores de 3 mm de longitud.
Estambres	10, 1 vexilar generalmente de menor longitud; filamentos connados en la base formando un tubo, porción libre de los filamentos de 2/3 de la longitud total de los estambres; anteras dorsifijas, dehiscencia longitudinal.
Ovario	Estipitado, generalmente pubescente; estilo pubérulo en la base; estigma usualmente capitado, pequeño.



CARÁCTER	DESCRIPCIÓN
Fruto	Legumbre dehiscente, estipitada, linear-oblonga, moniliforme o inflada, ligera o fuertemente constricta entre las semillas, ápice mucronado; pubescente o glabra.
Semillas	Sub-reniformes, rojas, anaranjadas, bicolor (rojo con negro), marrón o café-jaspeado.

Fuente: Granados, Ruiz y Forero, 2005.

Este género presenta una distribución tropical y subtropical con especies en el viejo y en el nuevo mundo, con alrededor de 70 en América, 31 en África, 12 en Asia y Oceanía (Figura 2) (Neill, 1993; Granados, Ruiz y Forero, 2005). Presenta una amplia variedad de hábitats (bosque tropical lluvioso, desiertos subtropicales muy áridos hasta bosques montanos superiores a 3000 m.s.n.m); está conformado por 115 especies, la mayoría árboles, arbustos y unas pocas hierbas perennes con raíces leñosas (Neill, 1993; Granados, Ruiz y Forero, 2005).

Figura 2. Distribución mundial del género *Erythrina*.

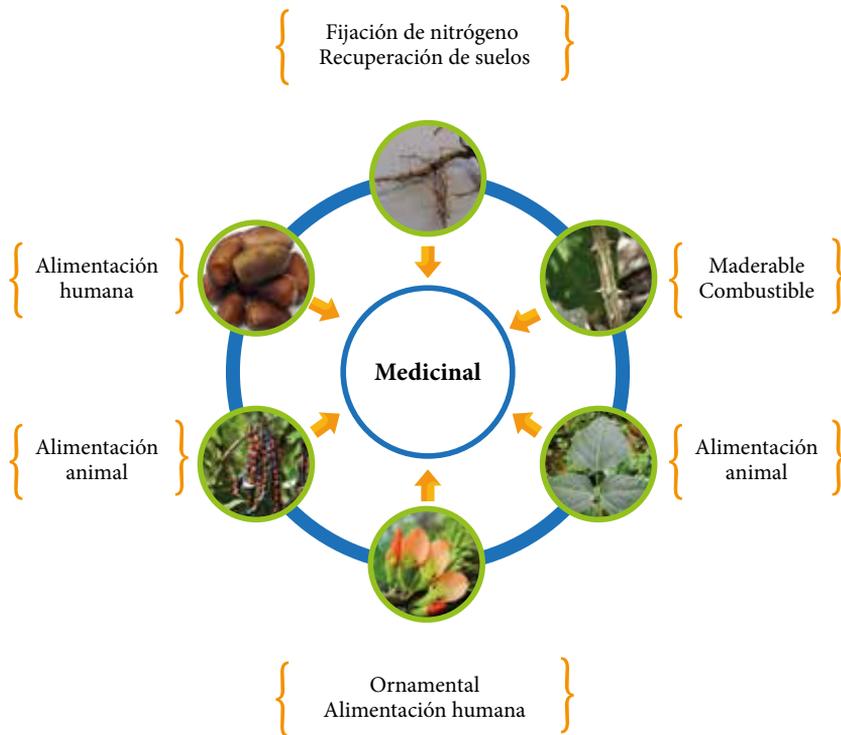


Fuente: GBIF, 2017



Esta amplia distribución ha permitido que a través del tiempo las diferentes culturas interactuaran con las especies de este género, lo cual se ve reflejado en los numerosos usos tradicionales que se le otorgan tanto a la planta completa como a sus partes (Figura 3), usos que han sido clasificados en medicinales, artesanales, alimenticios, mágico-religiosos, ornamentales, tóxicos, para la fabricación de utensilios domésticos, de herramientas de trabajo, envolturas de alimentos, forrajes, tintes y colorantes (Ariza *et al.*, 2010).

Figura 3. Usos tradicionales otorgados a las partes de la planta.



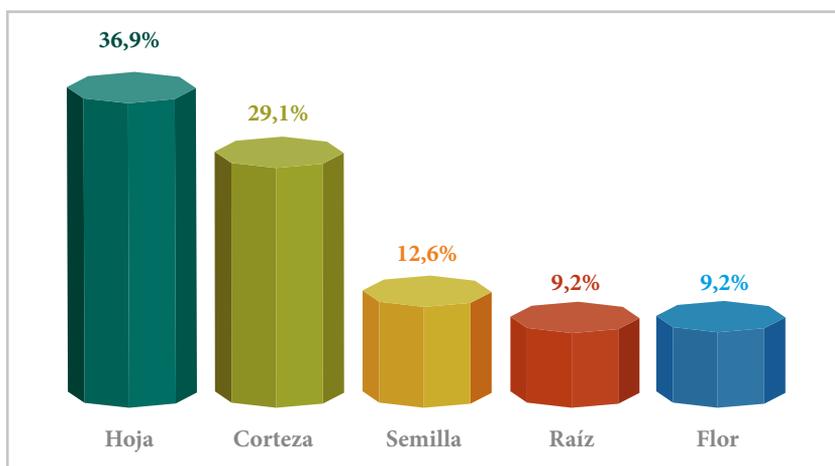
Fuente: Autores.

Un uso común a todas las partes de la planta, ha sido la medicina tradicional, pues se han utilizado para tratar diversas afecciones, tales como: quemaduras del arco, abscesos,



ulceras, hemorroides, malaria, sífilis, trastornos menstruales, elefantiasis, diarrea, hepatitis, gonorrea, lepra, dermatitis, migraña, infecciones urinarias, respiratorias, de ojos, piel y garganta, también se utiliza como antiinflamatorio, diuréticos, hipoglucemiantes, anticonceptivos, antiparasitario, analgésico, antipiréticos, antiséptico, antimicótico, sedativos y tóxicos (Pino, Prieto, Pérez y Molina, 2004; Mass y Campanera, 2011; De Araujo, De Oliveira, Aquino, Alexandre y Sant’ana, 2012; Escamilo, 2012); de las partes de la planta que son usadas, la hoja y la corteza son las más empleadas como medicinas (Figura 4) (Pino, Prieto, Pérez y Molina, 2004; De Araujo, De Oliveira, Aquino, Alexandre y Sant’ana, 2012).

Figura 4. Órganos usados en la medicina tradicional



Fuente: Elaborado por autores con información de Pino, Prieto, Pérez y Molina, 2004; De Araujo, De Oliveira, Aquino, Alexandre y Sant’ana, 2012.

Algunas semillas son utilizadas en artesanías locales para la elaboración de manillas y/o collares (bisutería) e instrumentos musicales que están ligados a la cultura de cada comunidad; adicionalmente, se usan en alimentación humana y animal (bovino, ovino, caprino, porcino y acuícola), en esta última empleando procesos como el ensilaje, que consiste en la



fermentación del forraje y en algunos casos de los frutos (vainas y semillas), para retener nutrientes y de esta forma aumentar su biodisponibilidad, lo que genera una mayor rentabilidad en el sector pecuario (Guzmán, 2010; Meza *et al.*, 2014; Aguirre, Loja, Solano y Aguirre, 2015; López, Navarro y Caleño, 2016; Montero, 2016; López y Briceño, 2017).

Las cercas vivas, la ornamentación, la recuperación de suelos y la inclusión de estas en sistemas agroforestales y silvopastoriles son otros de los usos dados a las plantas de este género. Gracias a sus colores llamativos, característicos en flores y semillas, atraen una gran diversidad de aves, mariposas y abejas, lo que lleva a un aumento en la polinización de las especies a las que se encuentra asociadas; adicionalmente, al ser leguminosas, tienen un alto contenido proteico y, en asociación con otros microorganismos, contribuyen a la fijación de nitrógeno en el suelo (Fernández, 2010; Aguilar y Aguilar, 2011; Farfán, 2012; Ventrichi, 2014; Cárdenas, 2016; López, Navarro y Caleño, 2016).

Por otra parte, la madera de algunas especies es ampliamente utilizada en la elaboración de viviendas, muebles y como combustible (Ariza *et al.*, 2010; Grados y Peláez, 2012; Corado y Escobar, 2013; Aguirre, Loja, Solano y Aguirre, 2015; López, Navarro y Caleño, 2016).

Esta cantidad de usos ha despertado un gran interés en la comunidad científica, la cual busca aumentar el conocimiento sobre las plantas, sus principios activos y mecanismos de acción, todo esto encaminado a una posible industrialización, en pro de mejorar la calidad de vida de la población en diversos sectores.

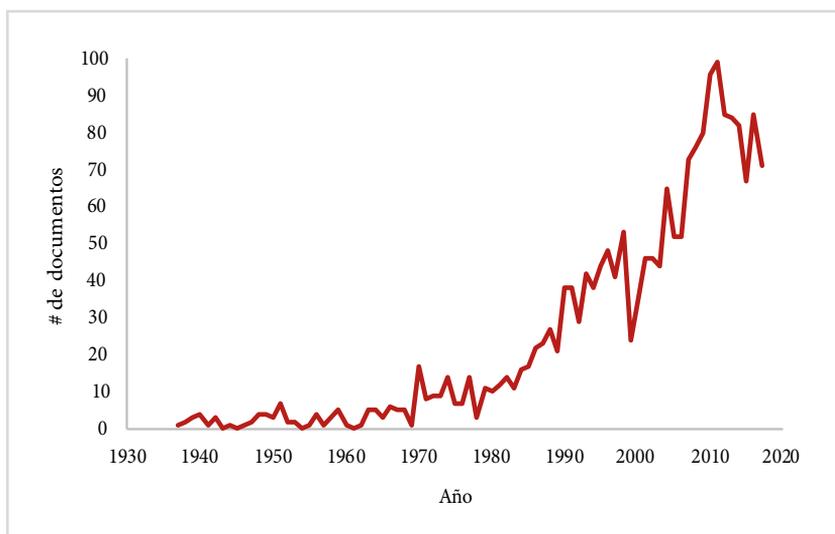
Producción Científica

La primera publicación sobre especies del género fue realizada por Wagner en 1901; en dicha publicación hace una detallada



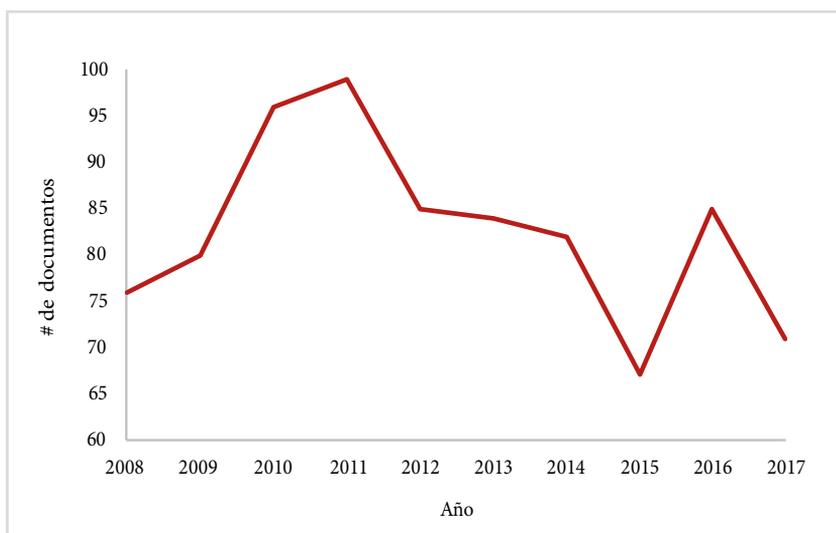
descripción botánica sobre algunas especies; no obstante, es a partir de la década de los 40 que las investigaciones se centran en la caracterización química y biológica, en principio, aislando alcaloides (Erysodine, Erysopine, Erysocine y Erysovine) (Folkers y Koniuszy, 1940, abc) y, posteriormente, toda la gama de metabolitos presentes en la planta, con el fin de establecer su relación con la actividad otorgada tradicionalmente. En este sentido se observa un incremento paulatino en el número de investigaciones publicadas hasta el año 2017 (Figura 5a), manteniéndose un promedio de 80 documentos anuales en la última década (Figura 5b). Las principales áreas de investigación han sido la agricultura y la bioquímica (Figura 6a); sin embargo, en los últimos 10 años los estudios relacionados con la farmacología han empezado a incrementarse (Figura 6b).

Figura 5. Producción científica género *Erythrina*.



A. Publicaciones realizadas desde el año 1937.

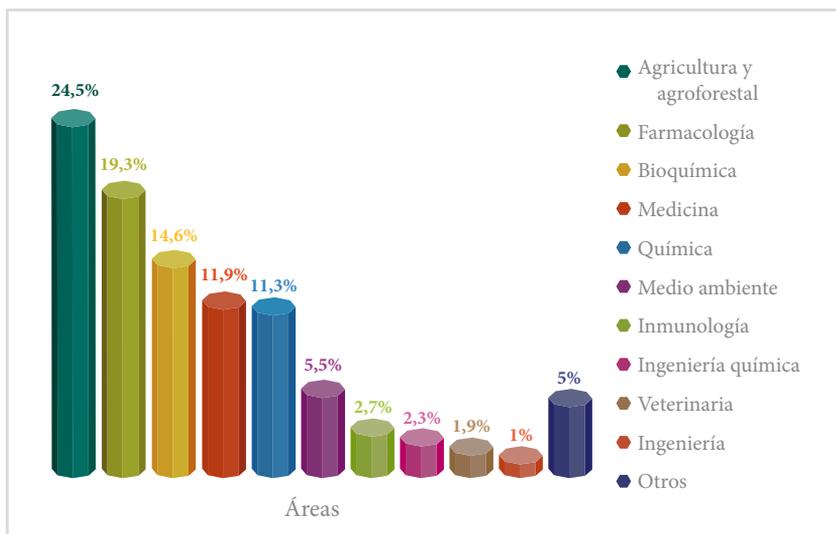




B. Publicaciones realizadas en la última década.

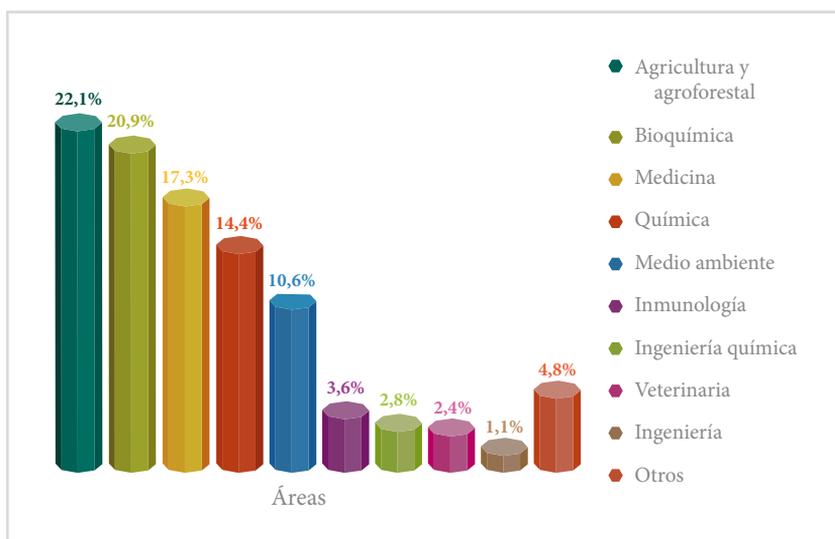
Fuente: Scopus, 2018.

Figura 6. Áreas de estudio género *Erythrina*.



A. Áreas de publicación desde el año 1937.





B. Áreas de publicación en la última década.

Fuente: Scopus, 2018.

En este sentido, centraremos la atención en tres grandes líneas: farmacología, agricultura y alimentación, las cuales engloban, en primera medida, todos los tópicos de publicación, además de vincularse a los retos actuales en investigación, que buscan soluciones a los problemas de salud pública y de seguridad alimentaria (Figura 7).

En este orden de ideas, en farmacología se ha comprobado su potencial como antioxidante, anticancerígena, antimalárica y antibacteriana, entre otros, los cuales están vinculadas a problemas de salud pública que han llamado la atención de entidades como la Organización Mundial de la Salud (OMS), que destina un presupuesto anual para la investigación en estas bioactividades, como consecuencia de la afectación de una gran cantidad de personas en países en vía de desarrollo (Maisuthisakul, Pasuk y Ritthiruangdej, 2008; Khaomek, 2008; Djiogue *et al.*, 2009; OMS, 2013).

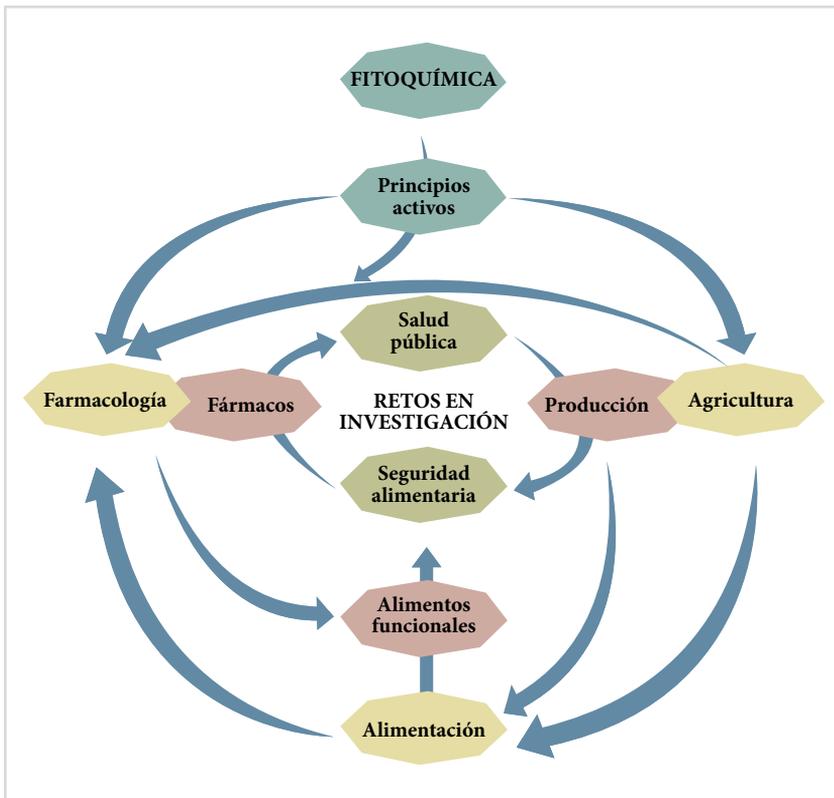
En relación con la agricultura, las plantas se han empleado en sistemas agroforestales y silvopastoriles para la fijación de



nitrógeno al suelo y para mejorar las condiciones de cultivo de café, plátano y otras especies de importancia económica.

Adicionalmente, se ha evaluado diversos principios activos para el control biológico de plagas (Vijaya, Chitti, Ravi, Subba, y Venkateswarlu, 2008; Govindarajan y Sivakumar, 2014; Gagliardi, Martin, Virginio, Rapidel e Isaac, 2015).

Figura 7. Retos e interacciones en las tres áreas de investigación relacionadas anteriormente.



Fuente: Autores

Respecto de la alimentación, se ha demostrado su importancia como suplemento en la dieta humana y en la dieta animal, por su aporte de proteína, minerales, carbohidratos y fibra, características que han hecho que la FAO las considere en el



listado de las especies promisorias para la seguridad alimentaria (Zavaleta, Millones, Torres, y Vásquez, 2010; Guevara, Suca, Suca y Barbachan, 2014; Ashfod *et al.*, 2017).

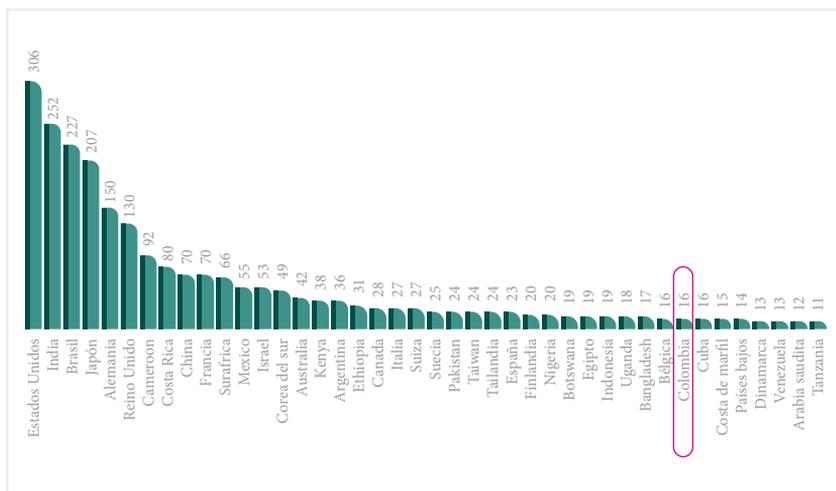
Sin embargo, es necesario evidenciar que estas áreas no se encuentran aisladas unas de otras y que, por el contrario, existe una interacción continua que permite avanzar en la búsqueda de soluciones a diferentes problemas. En este sentido, la fitoquímica (estudio, aislamiento y caracterización de principios de origen vegetal) se ha constituido en una fuente de principios activos que abarcan usos desde el control de plagas y promotores de crecimiento (agricultura) buscando mejorar la producción, así como el enriquecimiento de alimentos que, además de nutrir, prevengan, controlen y/o curen enfermedades (alimentos funcionales). Por otra parte, el aporte que tiene en el área de la farmacología permite avanzar en la formulación de fármacos de importancia en la salud pública (Figura 7).

Esta retroalimentación entre áreas es fundamental, pues abarca todos los enfoques de investigación de plantas de este género, lo cual, en conjunto, contribuye al mejoramiento de la salud pública y al mantenimiento de la seguridad alimentaria.

La producción científica reportada está liderada por Estados Unidos e India con 306 y 252 documentos, respectivamente; esto llama la atención, pues el aporte de estos países es alto, a pesar de que su diversidad en especies de este género es baja. Colombia, por ejemplo, tiene alrededor del 12% de la diversidad mundial y el 18% en América (constituyéndose en uno de los países más biodiversos en *Erythrinas*); a pesar de esto, solo se reportan 10 documentos, ocupando el puesto 35 entre los países que contribuyen a la investigación de estas especies (Figura 8).



Figura 8. Ranking de publicaciones por país.



Fuente: Scopus, 2018

No obstante, al tener en cuenta lo publicado en literatura gris los trabajos asociados a estas especies aumenta a un total de 46 documentos, manteniendo la misma tendencia en las tres áreas de investigación, además de reportarse otros usos como los ornamentales y artesanales, los cuales, para efecto de este libro, no se tendrán en cuenta.

En ambos casos se evidencia falta de trabajo, exponiendo los vacíos de información que se tienen en el país, lo cual, sumado a sus múltiples usos, hacen de estas una fuente potencial de materia prima para realizar investigaciones en distintas regiones del país y en todas las áreas de trabajo.

Por todo lo anterior, este libro se centrará en las especies de *Erythrina* reportadas en el territorio colombiano, ofreciendo herramientas taxonómicas para su determinación, y una visión general sobre sus investigaciones científicas y aplicaciones en la última década. Todo esto con el fin de establecer los avances y los retos que se aproximan en los siguientes años para lograr ampliar los horizontes de aplicación.



Bibliografía

- Aguilar, H. Y Aguilar, R. (2011). Estudio preliminar sobre la biodiversidad asociada al Bucare Ceibo *Erythrina Poeppigiana* (Walp) O. F. Cook. (Leguminosa: Papilionoideae) en el estado Mérida, Venezuela. *Rev. Ecol. Lat. Am.* 16(2-3): 1-19 ISSN 1012-2494.
- Aguirre, Z.; Loja, A.; Solano, M. Y Aguirre, N. (2015). Especies Forestales más aprovechadas del Sur del Ecuador. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 128p.
- Ariza, W.; Huertas, C.; Hernández, A.; Geltvez, J.; González, J. Y López, L. (2010). Caracterización y usos tradicionales de productos forestales no maderables (PFNM) en el corredor de conservación Guantiva–La Rusia–Iguaque. *Colombia forestal*, 13(1), 117-140
- Ashfod, D.; Lara, P.; Aguilar, E.; Cen, F.; Ku, J., y Sanginés, J. (2017). In vivo digestibility and nitrogen balance in sheep diets with foliage of fodder trees in substitution for soybean meal. *Agroforestry Systems*, 91(6), 1079-1085.
- Avendaño, N. Y Castillo, A. (2014). El género *Erythrina* L. (Leguminosae-Faboideae) en Venezuela. *Acta bot. VENEZ.* 37 (2): 123-164.
- Baca, B.; Soto, L., y Pardo, M. (2000). Fijación biológica de nitrógeno. *Elementos: Ciencia y cultura*, Julio-agosto, año/vol7, número 038. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.
- Benouis, K. (2017). Phytochemicals and bioactive compounds of pulses and their impact on health. *Chemistry International*, 3(3), 224-229.
- Calvo, S. (2011). Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno. Facultad deficiencias biológicas. Universidad de Salamanca. España, 173-186.
- Cárdenas, L. (2016). Aspectos ecológicos y silviculturales para el manejo de especies forestales. Revisión de información disponible para Colombia. Fundación Natura. Bogotá, Colombia.
- Corado, M. Y Escobar, S. (2013). Extracción y determinación de la presencia de alcaloides en flores del árbol de pito (*Erythrina*



- berteroana*). [Trabajo de graduación para optar al grado de Técnico en Laboratorio Químico]. Escuela Especializada en Ingeniería, ITCA-FEPADE.
- De Araújo, J.; De Oliveira, M.; Aquino, P.; Alexandre, M. Y Sant'Ana, A. (2012). A phytochemical and ethnopharmacological review of the genus *Erythrina*. In *Phytochemicals-A Global perspective of their role in nutrition and health*. InTech.
- Djiogue, S.; Halabalaki, M.; Alexi, X.; Njamien, D.; Fomum, Z.; Alexis, M. y Skaltsounis, A. (2009). Isoflavonoids from *Erythrina poeppigiana*: evaluation of their binding affinity for the estrogen receptor. *Journal of natural products*, 72(9), 1603-1607.
- Escamilo, S. (2012). El Pajuro (*Erythrina edulis*) alimento andino en extinción. *Investigaciones Sociales*, 16(28), 97-104.
- FAO, (2016). Las legumbres contribuyen a la seguridad alimentaria. Año internacional de las legumbres. Tomado de la página: <http://www.fao.org/3/a-c0063s.pdf>.
- FAO, (2017). Legumbres para la seguridad alimentaria y la nutrición ¿Cómo puede aprovecharse todo su potencial? Foro Global sobre Seguridad Alimentaria y Nutrición. Tomado de la página: <http://www.fao.org/3/b-i6690s.pdf>
- Farfán, F. (2012). Árboles con potencial para ser incorporados en sistemas agroforestales con café.
- Fernández, R. (2010). Importancia y ventajas de *Erythrina* sp. en sistemas agroforestales. *Xilema*, 23(1), 51-55.
- Folkers, K., y Koniuszy, F. (1940^a). *Erythrina* alkaloids. VII. Isolation and characterization of the new alkaloids, erythraline and erythratine. *Journal of the American Chemical Society*, 62(2), 436-441.
- Folkers, K., y Koniuszy, F. (1940^b). *Erythrina* alkaloids. VIII. Studies on the constitution of erythramine and erythraline. *Journal of the American Chemical Society*, 62(7), 1673-1677.
- Folkers, K., y Koniuszy, F. (1940^c). *Erythrina* alkaloids. IX. Isolation and Characterization of Erysodine, Erysopine, Erysocine and



- Erysovine. *Journal of the American Chemical Society* 62(7), 1677-1683.
- Gagliardi, S.; Martin, A.; Virginio, E.; Rapidel, B. y Isaac, M. (2015). Intraspecific leaf economic trait variation partially explains coffee performance across agroforestry management regimes. *Agriculture, Ecosystems y Environment*, 200, 151-160.
- GBIF. Global Biodiversity Information Facility. (2017). Conjunto de datos de la lista de verificación <https://doi.org/10.15468/39omei> se accede a través de GBIF.org
- Gómez, A. (2012). Caracterización con marcadores moleculares rams (Random amplified microsatellites) de algunas especies del género *Erythrina* presentes en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira.
- Govindarajan, M. y Sivakumar, R. (2014). Larvicidal, ovicidal, and adulticidal efficacy of *Erythrina indica* (Lam.) (Family: Fabaceae) against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti*, and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Parasitology research*, 113(2), 777-791.
- Grados, M. Y Peláez, F. (2012). Especies vegetales utilizadas por pobladores de Berlín, Bagua Grande (Amazonas, Perú) 2011-2012. *Rebiolest*, 2, e36.
- Granados, J.; Ruiz, L. y Forero, E. (2005). Sinopsis de las especies colombianas del género *Erythrina* (Leguminosae: Papilionoideae: Phaseoleae). *Estudios en leguminosas colombianas*. Universidad Nacional de Colombia.
- Guevara, J.; Suca, C.; Suca, F. Y Barbachan, H. (2014). Análisis sensorial de carne de cuyes alimentados con dietas suplementadas con harina de pajuro (*Erythrina edulis*)-UNMSM. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 17(1), 59-62.
- Guzmán, R. (2010). Evaluación de Bloques Multinutricionales para Ovinos Elaborados a Partir de Desechos Agroindustriales de *Euterpe oleracea* y Follajes de *Gliricidia sepium*, *Erythrina fusca* y *Eichhornia crassipes* (Doctoral dissertation, Universidad de Oriente).



- Khaomek, P.; Ichino, C.; Ishiyama, A.; Sekiguchi, H.; Namatame, M.; Ruangrunsi, N. y Yamada, H. (2008). In vitro antimalarial activity of prenylated flavonoids from *Erythrina fusca*. *Journal of natural medicines*, 62(2), 217-220.
- Lewis G, Schire B, Mackinder B y Lock M. (2005). *Legumes of the World*. Roy Bot Gard Kew, 577 p.
- López, C.; Navarro, L. Y Caleño, B. (2016). *Productos forestales no maderables de Corpochivor. Una mirada a los regalos del bosque*. Corporación Autónoma Regional de Chivor, Bogotá, Colombia.
- López, L.; Leyva, N.; Gutiérrez, E. y Heredia, J. (2017). Effect of cooking and germination on bioactive compounds in pulses and their health benefits. *Journal of Functional Foods*.
- López, M. Y Briceño, E. (2017). Efecto de la especie de leguminosa y la fuente de carbohidratos en la calidad física y química de mezclas para ensilaje. *Nutrición animal tropical*, 11(1), 52-73.
- LPWG. Phylogeny and classification of the Leguminosae. (2017). A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. *Taxon* 66 (1). February 2017: 44-77.
- Luz, C.; Maki, E.; Horak, I.; Vidal, P. y Mendonca, C. (2013). Pollen grain morphology of Fabaceae in the Special Protection Area (SPA) Pau de Fruta, Diamantina, Minas Gerais, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 85(4), 1329-1344.
- Maisuthisakul, P.; Pasuk, S. y Ritthiruangdej, P. (2008). Relationship between antioxidant properties and chemical composition of some Thai plants. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(3), 229-240.
- Mass, W. Y Campanera, M. (2011). *Arboles medicinales*. Programa de Cooperación Hispano Peruano - Proyecto Araucaria XXI Nauta.
- Meza, G.; Loor, N.; Sánchez, A.; Avellaneda, J.; Meza, C.; Vera, D.; Cabanilla, M.; Liuba, G.; Meza, J.; Meza, F.; Ramírez, M.; Moncayo, O.; Cadena, D.; Villamar, R., Díaz, E.; Rizzo, L.; Rodríguez, J. Y López, F. (2014). *Inclusión de harinas de follajes arbóreos*



y arbustivos tropicales (*Morus alba*, *Erythrina poeppigiana*, *Tithonia diversifolia* e *Hibiscus rosasinensis*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus* Linnaeus). Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, 61(3), 258-269.

Missouri Botanical Garden, St. Louis, U.S.A. (1927). Tomado de la página: <http://archive.org/stream/mobot31753002718408#page/404/mode/2up>

Montero, E. (2016). Evaluación de las propiedades fermentativas, nutricionales y el costo de elaboración de ensilajes de Poró (*Erythrina poeppigiana*) y Cratylia (*Cratylia argentea*) con niveles crecientes de inclusión de guineo cuadrado (*Musa sp.*), para alimentación de rumiantes.

Neill, D. (1993). The genus *Erythrina*: taxonomy, distribution and ecological differentiation. *Erythrina* in the new and old worlds. Missouri Botanical Garden Bulletin, 63, 166.

OMS, (2013). Las investigaciones en salud son fundamentales para avanzar hacia la cobertura sanitaria universal. Tomado de la página: http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2013/world_health_report_20130815/es/.

Pino, S.; Prieto, S.; Pérez, M. y Molina, J. (2004). Género *Erythrina*: Fuente de metabolitos secundarios con actividad biológica. Acta Farm. Bonaerense, 23(2), 252-258.

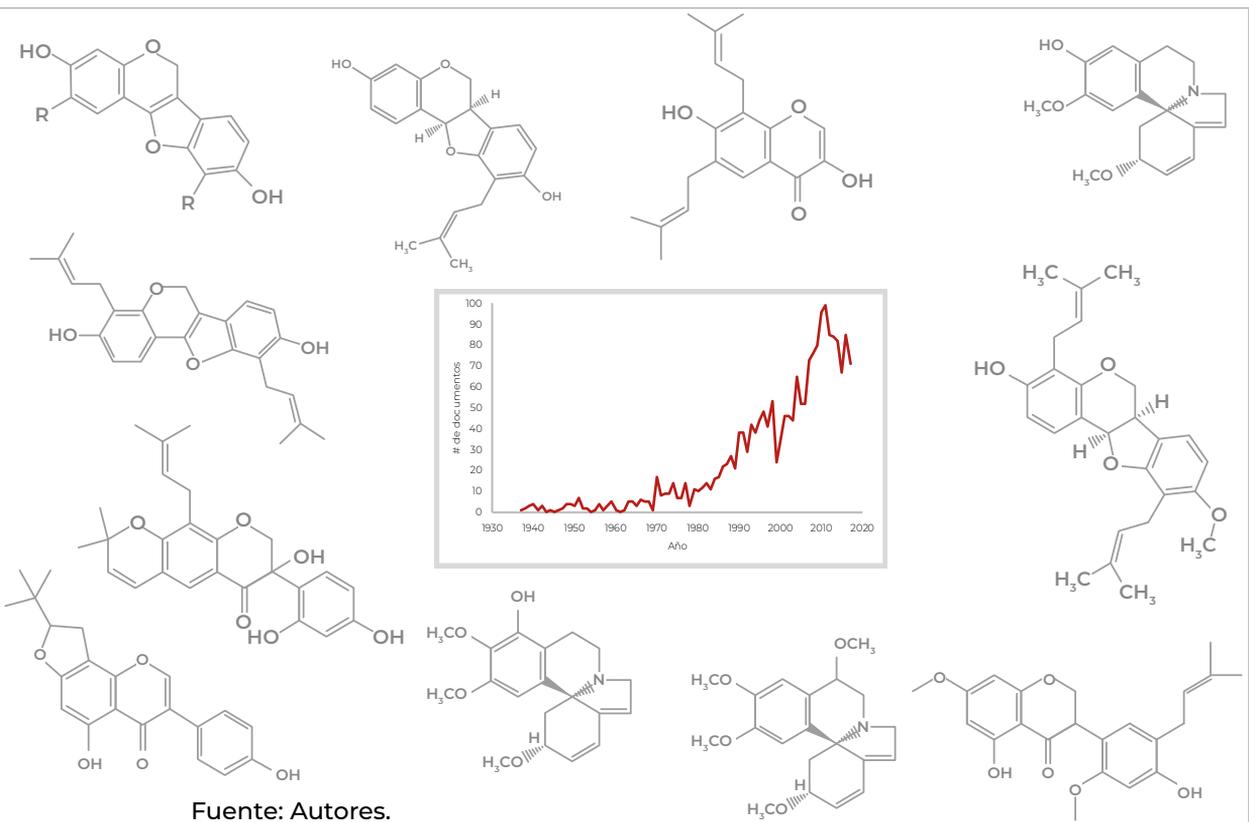
Ruiz, L.; Gradstein, S. Y Bernal, R. (2017). *Erythrina*. En Bernal, R., S.R. Gradstein Y M. Celis (eds.). 2015. Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>

Scopus. (2018). Tomado de la página web: <https://www.scopus-com.ezproxy.unal.edu.co/term/analyzer.uri?sid=d9174c2935f6cb4573d033e603eb711byorigin=resultslistysrc=sys=TITLE-ABS-KEY%28Erythrina%29ysort=plf-fysdt=bysot=bysl=24ycount=2031yanalyzeResult-s=Analyze+resultsytxGid=080a4558f8313d8476c8e9f8ddcaa7be>.



- Singh, B.; Singh, J.; Shevkani, K.; Singh, N. y Kaur, A. (2017). Bioactive constituents in pulses and their health benefits. *Journal of food science and technology*, 54(4), 858-870.
- Souza, V. Y Lorenzi, H. (2005). Fabaceae (Leguminosae). In: *Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II*. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, São Paulo. p. 291-328.
- The plant list. (2017). Recuperado de <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Leguminosae/>
- Tiwari, B.; Gowen, A. y McKenna, B. (2011). *Pulse foods: processing, quality and nutraceutical applications*. Academic Press.
- Ventrichi, M. (2014). Filogenia do gênero *Erythrina* L. (Leguminosae, Papilionoideae, Phaseoleae) e revisão taxonômica das espécies ocorrentes no Brasil.
- Vijaya, G.; Chitti, N.; Ravi, P.; Subba, D., y Venkateswarlu, P. (2008). Potential of *Erythrina variegata* orientalis leaf powder for the removal of cobalt (II). *Chemical Engineering Communications*, 196(4), 463-480.
- Wagner, R. (1901). Ueber *Erythrina Crista-galli* L. und einige andere Arten dieser Gattung. *Österreichische botanische Zeitschrift*, 51(11), 418-426.
- Zavaleta, W.; Millones, C.; Torres, E. y Vásquez, E. (2010). Sustitución parcial de harina de trigo (L.) con harina y pasta de pajuro (Triana) para la elaboración de pan enriquecido. *Rev. Aporte Santiaguino* 2010; 3(1): 1. ISSN 2070-836X





Capítulo 2

TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN EN LA ÚLTIMA DÉCADA DEL GÉNERO *Erythrina*

Tendencias en investigación

Como se mencionó en el capítulo anterior, el desarrollo científico se ha basado en el aprovechamiento de la biodiversidad para buscar soluciones a diversos problemas en distintos sectores, razón por la cual se esperaría que los países megadiversos sean los que publiquen un mayor número de artículos científicos y generen un mayor aporte a la sociedad. Sin embargo, no es así, y este aporte se ve influenciado por el nivel de desarrollo en investigación en cada uno de los países. Para dar un ejemplo de ello, Colombia es considerado uno de los países más diversos en flora en el ámbito mundial, pero su aporte a la investigación ha sido bajo por la carencia de estudios bioprospectivos, entre otras causas.

Actualmente, en Colombia se encuentran reportadas 13 especies del género *Erythrina*, de las cuales 10 son nativas, dos fueron introducidas del viejo mundo y una es endémica (de la cual hay poca información) (Tabla 4). Estas especies están ampliamente distribuidas en el territorio nacional, encontrándose en hábitats como bosques secos, selvas húmedas, bosques andinos, bosques de galería, terrenos inundables y zonas de manglar, en un rango altitudinal de 0 a 3.100 m.s.n.m (Figura 9) (Granados, Ruiz y Forero, 2005; Ruiz, Gradstein y Bernal, 2017).



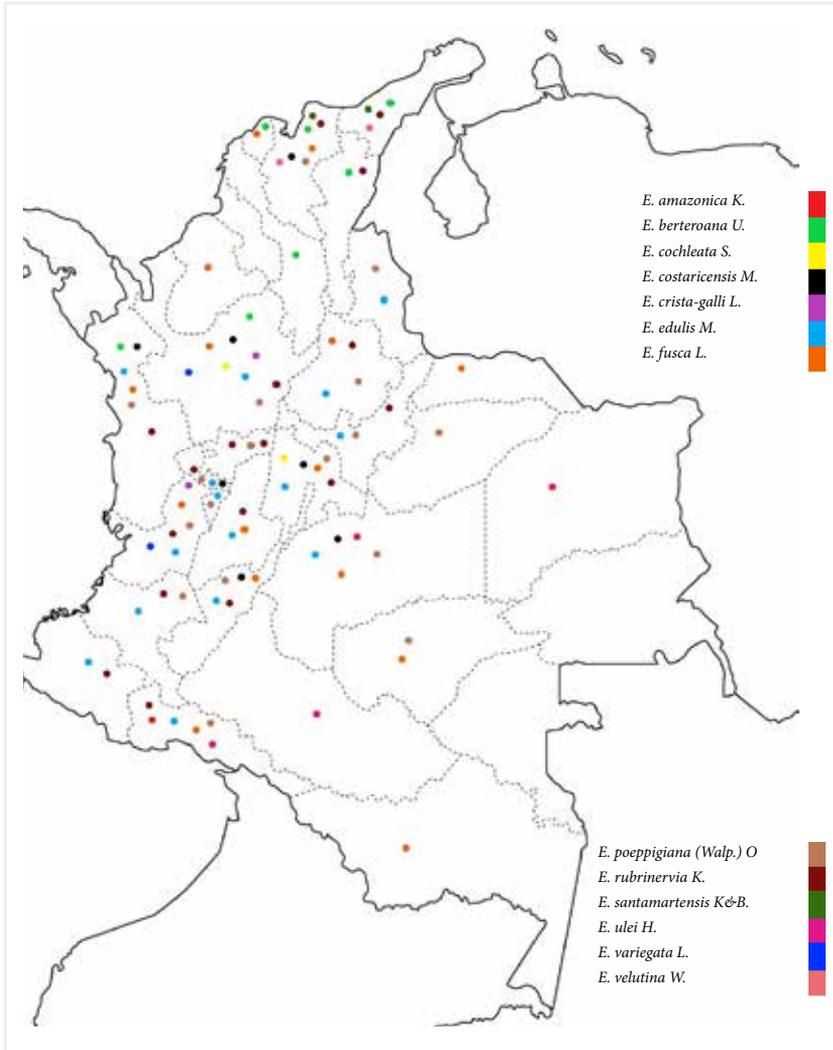
Tabla 4. Especies reportadas para Colombia.

ESPECIE	ORIGEN	ESPECIE	ORIGEN
<i>E. santamartensis</i>	Endémica	<i>E. poeppigiana</i>	Nativa
<i>E. amazónica</i>	Nativa	<i>E. rubrinervia</i>	Nativa
<i>E. berteriana</i>	Nativa	<i>E. velutina</i>	Nativa
<i>E. cochleata</i>	Nativa	<i>E. ulei</i>	Nativa
<i>E. costaricensis</i>	Nativa	<i>E. variegata</i>	Introducida
<i>E. edulis</i>	Nativa	<i>E. crista-galli</i>	Introducida
<i>E. fusca</i>	Nativa		

Fuente: Granados, Ruiz y Forero, 2005; Ruiz, Gradstein y Bernal, 2017



Figura 9. Distribución de las especies de *Erythrina* en Colombia



Tendencias de investigación en la última década del género *Erythrina*

Fuente: Autores.

Colombia se encuentra en el puesto 35 entre los países que publican sobre este género según la base de datos de Scopus. Desde la primera publicación en 1975 hasta la fecha se han realizado 46 publicaciones (Scopus + literatura gris). Las principales áreas de investigación han sido alimentación y agricultura. En la Tabla 5 se muestran las publicaciones realizadas en el país



durante la última década; los departamentos que más aportes han realizado son Cundinamarca y Valle del Cauca con 47,7% y 34,1%, respectivamente.

Tabla 5. Publicaciones del género en Colombia en la última década.

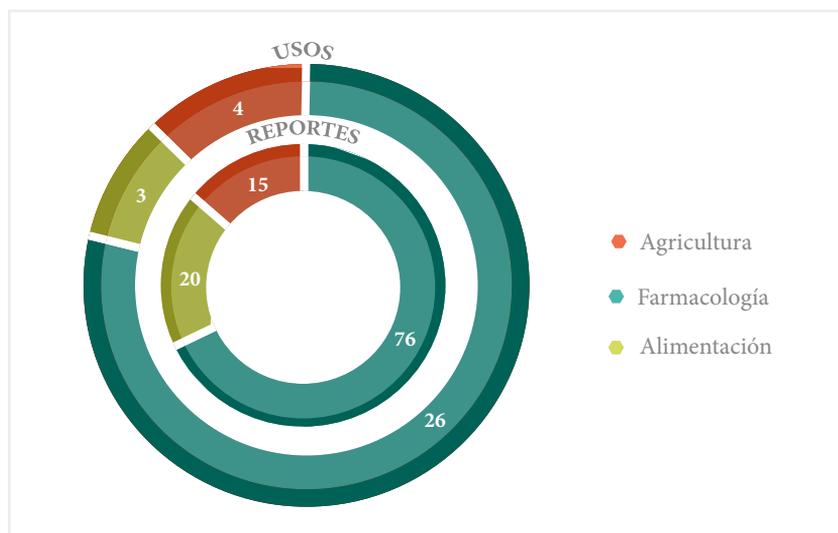
ESPECIE	ÁREA	TÍTULO	REFERENCIA
<i>E. variegata</i>	Al	Selective behaviour of goats offered different tropical foliages	Daovy, Preston y Ledin, 2008.
<i>E. edulis</i> y <i>E. rubrinervia</i>	Ag	Caracterización y usos tradicionales de productos forestales no maderables (PFNM) en el corredor de conservación Guantiva–La Rusia–Iguaque.	Cortés, García, Ortiz, Bernal, Rodríguez y Gutiérrez, 2010.
<i>E. fusca</i>	Al	Evaluation of in situ degradability in cattle supplemented on four tree species	Roa y Muñoz, 2012.
<i>E. edulis</i>	Al	Evaluación de harinas de chachafruto (<i>Erythrina edulis</i>) y quinua (<i>Chenopodium quinua</i> W) como extensores en el proceso de elaboración de salchichas tipo Frankfurt	Delgado, 2014.
<i>E. edulis</i>	Al	Inclusión de harinas de follajes arbóreos y arbustivos tropicales (<i>Morus alba</i> , <i>Erythrina poeppigiana</i> , <i>Tithonia diversifolia</i> e <i>Hibiscus rosasinensis</i>) en la alimentación de cuyes (<i>Cavia porcellus</i> Linnaeus).	Meza <i>et al.</i> , 2014.
Erythrinas	Fa	<i>Erythrina</i> alkaloids: Recent advances in their synthesis, isolation and pharmacology	García y Moreno, 2015.
<i>E. variegata</i>	Ag	Effect of biochar and partial peeling of stems on soil fertility and germination of <i>Erythrina variegata</i> cuttings	Bouaravong, Dung y Preston, 2017

Dónde: Al: Alimentación; Ag: Agricultura y Fa: Farmacología.



No obstante, por su distribución tropical algunas de estas especies también se encuentran en otros países, en los cuales se han desarrollado múltiples investigaciones agrupadas en las tres áreas mencionadas anteriormente (farmacología, agricultura y alimentación). En la última década se tienen 111 reportes, los cuales agrupan alrededor de 33 usos, siendo el área de farmacología la que más reportes (68,5%) y usos (78,7%) tiene en el ámbito mundial (Figura 10).

Figura 10. Áreas de investigación y número de usos en el ámbito mundial.



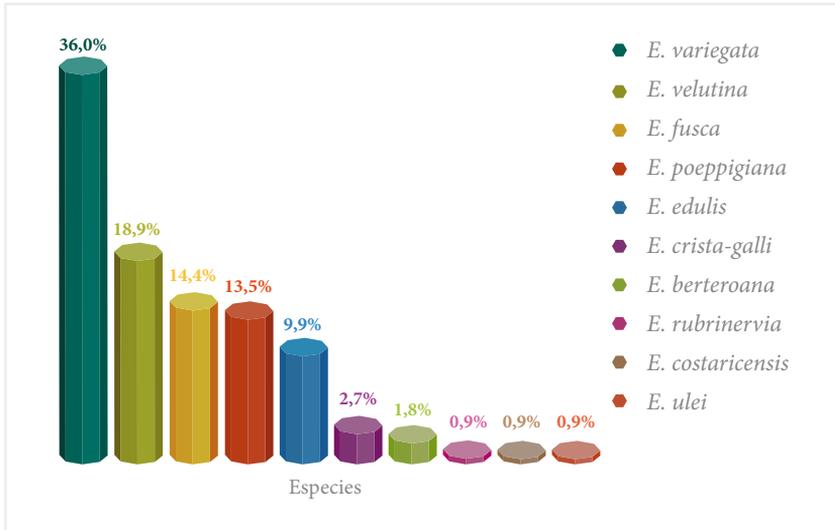
Fuente: Autores.

Globalmente, las especies que han sido más investigadas son *E. variegata* y *E. velutina*, con el 36% y el 18,9%, respectivamente (Figura 11), siendo la primera una de las especies que más aporta en el área de la farmacología (43,4%) y la agricultura (26,7%). De otra parte, en la alimentación humana y animal *E. edulis* y *E. poeppigiana* tienen el mayor número de reportes, con el 50% y el 25%, respectivamente (Figura 12). Es de resaltar que especies como *E. cochleata*, *E. amazónica* y *E. santamartensis*, esta última



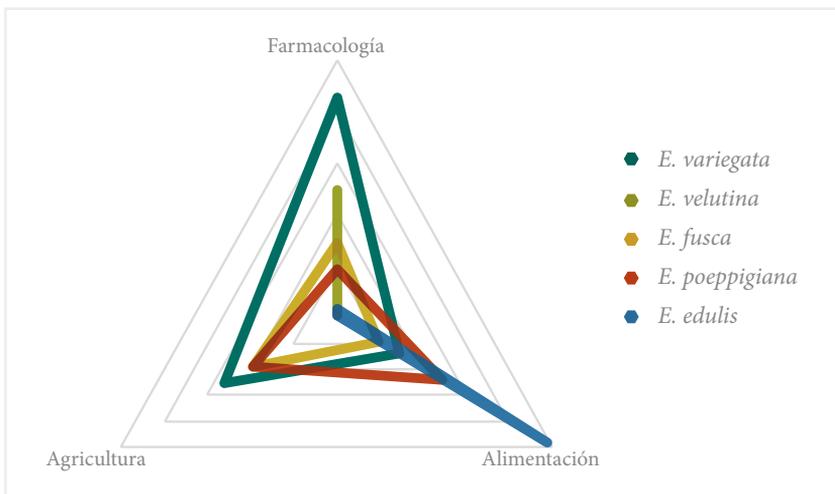
endémica de Colombia, no presentan reportes en literatura en el mismo periodo de tiempo. Cabe mencionar que especies como *E. variegata*, *E. poeppigiana* y *E. fusca*, a pesar de tener afinidad por un área, participan activamente en las tres, mientras que, *E. velutina* y *E. edulis* tienen un área definida (Figura 12).

Figura 11. Reportes por especie a nivel mundial.



Fuente: Autores.

Figura 12. Aporte de cada especie en las áreas de investigación.



Fuente: Autores.



En adelante, se mostrará en detalle el estado del arte de cada una de las áreas establecidas, haciendo énfasis en las plantas del género, la parte de la planta que más se usa, así como las principales bioactividades que han sido investigadas. Todo esto con el fin de establecer un panorama de lo que se ha hecho y hacia donde se puede dirigir la investigación.

Farmacología



Fuente: Autores.

La palabra farmacología deriva del griego *phármakon*, que significa remedio o droga, y *lógos*, razón, tratado o estudio, es decir, la farmacología es la ciencia o estudio razonado de los



fármacos, pero ¿qué son los fármacos? Los fármacos hacen referencia a cualquier sustancia químicamente definida que, aplicada sobre una estructura u organismo vivo, produce una respuesta cuantificable y reproducible (Betés, 2008); sin embargo, para que estas sustancias químicas o principios activos sean considerados fármacos deben realizarse una serie de pruebas que comprueben su efectividad (pruebas preclínicas). Una vez en este punto, se hace necesario llevar a cabo otra serie de ensayos que permitan considerarlo un medicamento (pruebas clínicas), para que, finalmente, pueda ser administrado a los humanos (Magos y Lorenzana, 2009; Bustamante, sf).

Estos principios activos han sido aislados principalmente de fuentes vegetales por sus numerosas ventajas, en comparación con las fuentes de origen animal, entre ellas su fácil adquisición debido al amplio abanico de posibilidades que ofrece la naturaleza en las diferentes regiones y la disponibilidad de su adquisición en los ámbitos urbano y rural, su bajo valor económico y su posibilidad de cultivo a gran escala (Vioque *et al*, 2000).

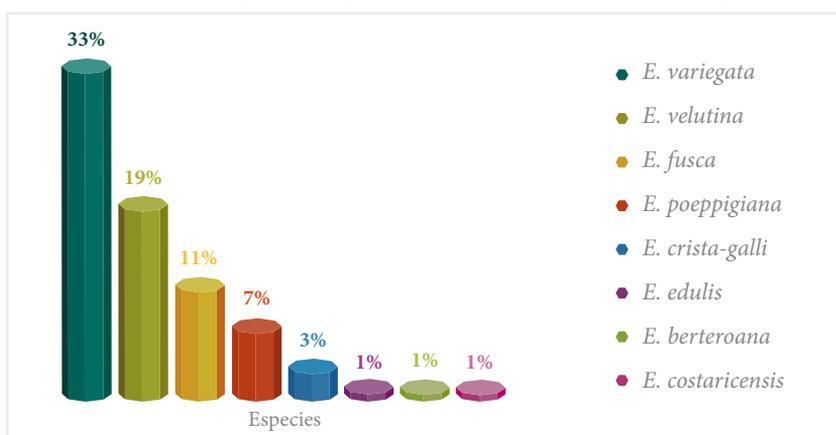
Dentro de la gran diversidad de plantas, las pertenecientes al género *Erythrina* (Leguminosae) han llamado la atención por su alto contenido proteico, además de la amplia gama de metabolitos que se les reporta (alcaloides, fenoles y lectinas, entre otros), los cuales se han asociado con múltiples actividades biológicas que se han trabajado incluso en la etnobotánica (Pino, Prieto, Pérez y Molina, 2004; Bonilla, 2013).

En este sentido, este libro agrupa, en el área de farmacología, todos aquellos estudios, que, en cierta medida, evalúan alguna actividad que directa o indirectamente influye en solucionar problemas de salud pública, todo esto con el fin de proyectar las posibles aplicaciones que se le pueden otorgar; adicionalmente, este apartado tiene como finalidad evidenciar cuáles de los usos tradicionales reportados han sido comprobados en las diferentes áreas de conocimiento.



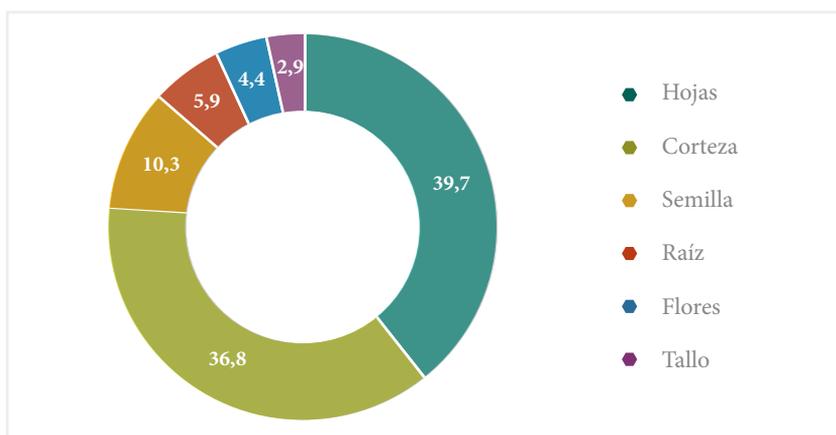
De las 13 especies mencionadas antes, solo ocho han tenido publicaciones relacionadas con farmacología en los últimos 10 años, siendo *E. variegata* y *E. velutina* las que más se han reportado (Figura 13). En general, son las hojas y la corteza las partes de la planta que más se utilizan (Figura 14), y se evalúan principalmente compuestos (29,3%), sin embargo, los solventes más empleados para la extracción de metabolitos son metanol (24,4%), agua (18,3) y etanol (13,4%).

Figura 13. Reportes de por especie en el área de farmacología.



Fuente: Autores.

Figura 14. Porcentajes de las partes de la planta más empleadas en farmacología.

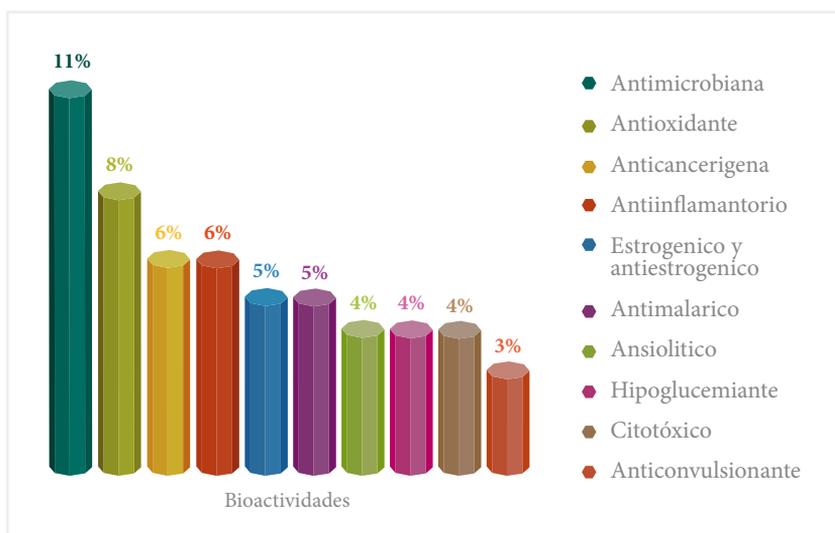


Fuente: Autores.



Se han reportado 26 bioactividades (Figura 15), siendo la actividad antimicrobiana la más trabajada, con un 14,5%, seguida de la actividad antioxidante, con 10,5% marcando las tendencias en investigación. En adelante se mostrarán en detalle las cuatro actividades más evaluadas.

Figura 15. Porcentaje de las principales bioactividades reportadas en el área de farmacología.



Fuente: Autores.

• Actividad antimicrobiana

Antes del siglo XX, las enfermedades infecciosas eran la principal causa de muerte en el mundo. Con el descubrimiento y uso de los antibióticos, el número de muertes disminuyó; sin embargo, hoy en día sigue siendo uno de los problemas de atención sanitaria más importante mundialmente, sobre todo en países en desarrollo (OMS, 2017).

La creciente resistencia a los antibióticos de algunos microorganismos que causan enfermedades infecciosas y la aparición de efectos secundarios producto de los antibióticos ha aumentado el interés en continuar con la investigación y búsqueda



de principios activos que contrarresten estos problemas de salud pública (Sahoo, Panda, Das, y Dhal, 2012).

En el caso particular del género *Erythrina*, los metabolitos reportados con la actividad han sido principalmente los fenoles. Las especies que aportan información a esta área han sido *E. variegata* (45,4%), *E. velutina* (27,3%), *E. fusca* (18,2%) y *E. crista-galli* (9,1%), en la última década.

En general, los solventes más empleados para la obtención de extractos han sido metanol, etanol y agua. Las partes de la planta más empleadas han sido la hoja y la corteza, las cuales se han evaluado frente a 13 patógenos.

Particularmente, los extractos de hojas de *E. crista-galli*, *E. fusca* y *E. variegata*, empleando etanol, metanol y agua como solventes, han mostrado actividad contra patógenos como: *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Porphyromonas gingivalis* y *Candida albicans*, asociadas a enfermedades periodontales e infecciones de piel, principalmente (Sarwat y Ahmad, 2012; Vivot, Sánchez, Cacik y Sequin, 2012, Sudiono, Sandra, Saputri, Kadrianto y Melinia, 2013).

En el caso de los extractos etanólicos obtenidos de la corteza de *E. velutina*, se evidencia actividad frente a *Streptococcus pyogenes*; sin embargo, al evaluar la actividad frente a *S. aureus* no existe una consistencia entre los reportes, lo cual puede estar asociado al tipo de cepas y a las condiciones de ensayo (Silva, 2016; Gomes, Gardin y Uchiyama, 2016). Adicionalmente, extractos metanólicos de tallo de *E. variegata* han mostrado actividad frente a cepas como: *Serratia marcescens*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas putida* y *Bacillus circulans*, que se relacionan con enfermedades sistémicas (Sahoo, Panda, Das, y Dhal, 2012).

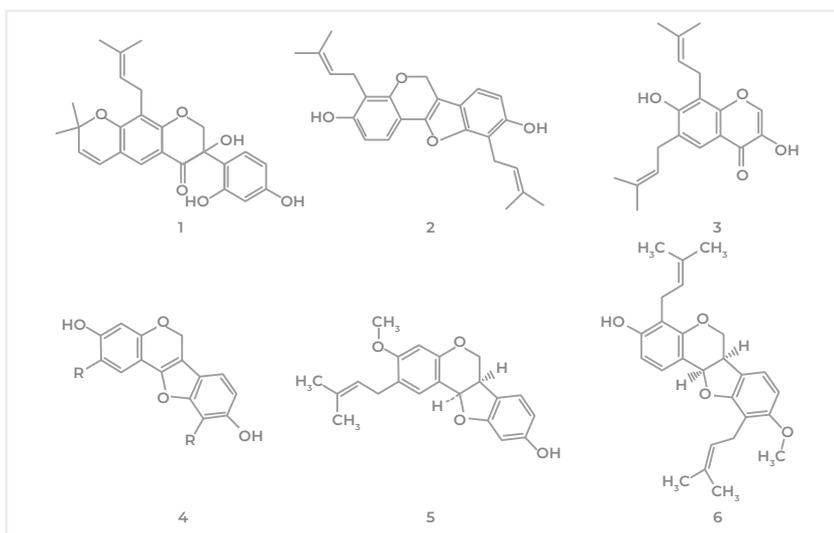
La actividad mostrada por los extractos ha hecho que se profundice en la caracterización química, llegando a la purificación de compuestos como Erivarina V, Erivarina W, Erivarina X, Ericristagallin, Orientanol B y Erizerina E, aislados



de la raíz de *E. variegata* (Figura 16) (Tanaka *et al.*, 2011; Girardi *et al.*, 2015; Selvam, Jordan, Prakash, Mutisya y Thilagavathi, 2017). Todos estos isoflavonoides presentan actividad frente a *S. aureus*, resistente a meticilina.

Otros compuestos, como flavonoides y taninos, aislados de la corteza y el tallo de *E. velutina* y *E. fusca*, respectivamente, también mostraron actividad frente a cepas como *S. aureus*, razón por la cual se reportan como antibacterianos (Maisuthisakul, Pasuk y Ritthiruangdej, 2008; Selvam, Jordan, Prakash, Mutisya y Thilagavathi, 2017).

Figura 16. Compuestos aislados de raíz de *E. variegata*.



Dónde: 1. Erivarina V; 2. Erivarina W; 3. Erivarina X; 4. Ericristagallin; 5. Orientanol B y 6. Erizerina E. Fuente: Autores.

• Actividad antioxidante

Los radicales libres se producen como resultado de la respiración en los organismos aeróbicos, y están relacionados con funciones vitales, como la inmunocompetencia, la apoptosis, el tono vascular, la regulación hormonal, la transducción de señales, los factores de transcripción, los genes de defensa y la reacción adaptativa a las enzimas.



No obstante, sus niveles excesivos se han relacionado con la aparición de enfermedades como el cáncer, los accidentes cerebrovasculares y la diabetes. Estos radicales se generan como irregularidades entre la formación y la neutralización de los prooxidantes, que dan como resultado el estrés oxidativo, siendo las especies reactivas de oxígeno y nitrógeno (ROS, RNS) los radicales libres que más complican las funciones humanas (Hemmalakshmi, Priyanga, Vidya, Gopalakrishnan y Devaki, 2016).

A cinco de las especies de interés se les ha evaluado esta actividad, siendo *E. variegata*, con el 50% de los reportes, la más trabajada. En la Tabla 6 se muestran las IC_{50} para los ensayos reportados en literatura con esta especie; este potencial antioxidante lo han asociado los autores directamente al contenido de flavonoides, que se encuentra en un rango de 200 mg/g, y de fenoles, con 130 mg/g, específicamente en corteza (Santhiya, Priyanga, Hemmalakshmi y Devaki, 2016).

Tabla 6. Actividad antiradicalaria (IC_{50} ($\mu\text{g}/\text{mL}$)) reportada para *E. variegata*.

Radical	DPPH•	ABTS•+	FRAP	NO•	HO•	SO•	PR	H ₂ O ₂	Referencia
Parte/ solvente									
Corteza MetOH	400	-	130	-	-	-	-	-	Santhiya, Priyanga, Hemmalakshmi y Devaki, 2016
Corteza Agua	320	-	100	400	390	410	200	-	Devaki, Hemmalakshmi y Priyanga, 2016.
Hoja EtOH	84,05	72,5	100	62,34	59,58	68,47	100	63,8	Hemmalakshmi, Priyanga, Vidya, Gopalakrishnan y Devaki, 2016.
Flor EtOH	69,52	66,6	100	57,72	54,34	73,5	100	75,68	

Dónde: DPPH•: 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl; ABTS•+: 2,2'-azino-bis(3-ethyl venzothiazio line-6-sulphonic acid); FRAP: poder reductor férrico; NO: óxido nítrico; HO•: radical hidroxilo; SO•: radical super oxido; PR: poder reductor; H₂O₂: peróxido de hidrogeno.



En la Tabla 6 se puede evidenciar, cómo las diferentes partes de la planta presentan respuestas distintas frente a los radicales evaluados, y cómo, en cierta medida, influye el solvente que se emplea para obtener el extracto. Entre la corteza, la hoja y la flor, la que presenta una mejor actividad es la flor, frente a los radicales DPPH•, ABTS•+, NO•, HO•; y la hoja, frente los radicales SO• y H₂O₂.

Por otra parte, la corteza de *E. fusca* y *E. poeppigiana* también han sido reportadas por promover la actividad de algunas enzimas como la superóxido dismutasa y el glutatión reductasa, en modelos in vivo de ratas epilépticas, además de inhibir la glioxilasa I (Debnath *et al.*, 2010; Hikita *et al.*, 2014). Adicionalmente, el extracto etanólico de las hojas de *E. crista-galli* se reporta con una IC₅₀ de 3,1 µg/mL frente al radical DPPH. Esta actividad podría estar asociada al contenido de fenoles (67,5 mg/g), flavonoides (20,2 mg/g) y Vitamina C (364,3 mg/g) (Maisuthisakul, Pasuk y Ritthiruangdej, 2008).

Al comparar los extractos etanolicos de hoja de *E. variegata* y *E. crista-galli*, se observa que esta última presenta una IC₅₀ 28 veces menor, lo que indica el potencial que tiene esta especie para obtener principios de esta naturaleza.

• Actividad anticancerígena

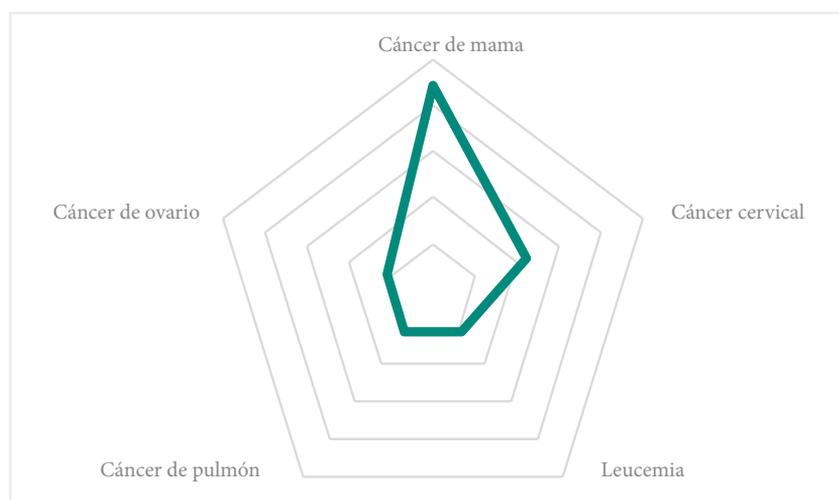
El término cáncer es genérico y designa un amplio grupo de enfermedades que pueden afectar cualquier parte del cuerpo; también se habla de tumores malignos o neoplasias. Una característica importante de esta enfermedad es la multiplicación rápida de células anormales que se extienden más allá de los límites normales y pueden invadir partes adyacentes del cuerpo y propagarse a otros órganos generando daños severos. Este proceso se denomina metástasis, y es la segunda causa de muerte en el mundo, con cerca de 8,8 millones de personas al año, sobre todo en países de bajos recursos (OMS, 2018).



Existen diversos tipos de cáncer, que pueden surgir por diversos factores, entre ellos: hereditarios, conductuales y alimentarios (índice de masa corporal elevado, baja ingesta de frutas y verduras, falta de actividad física y consumo de alcohol y tabaco). Los cinco tipos de cáncer que causan un mayor número de fallecimientos en el mundo son el pulmonar, el hepático, el colorrectal, el gástrico y el mamario (OMS, 2018).

De los diversos tratamientos que existen para el cáncer, la quimioterapia es una de las más usadas, sin embargo, no es selectiva y es altamente tóxica para los tejidos normales, generando diversos tipos de toxicidad, como la cardíaca, la renal y la mielo-toxicidad. Es por ello que los productos derivados de plantas han tomado fuerza como una alternativa para el control de esta patología (Herlina, Gaffar y Widowati, 2018 y Hikita *et al.*, 2018). En la búsqueda de soluciones, las especies de este género han sido una alternativa al tratar estos problemas, siendo el cáncer de mama y el cervical los más estudiados, con el 44% y el 22%, respectivamente (Figura 17).

Figura 17. Líneas celulares (cáncer) evaluadas con extractos y compuestos de especies de *Erythrina*.



Fuente: Autores.

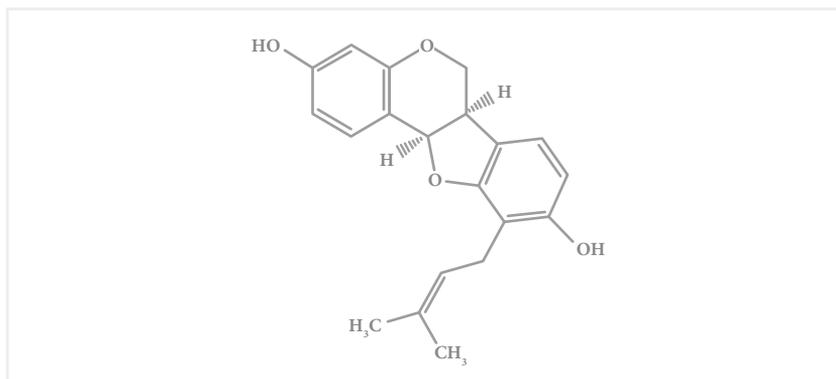


En este caso en particular, el trabajo con extractos crudos ha sido menor, centrándose específicamente en *E. variegata*, con el cual los extractos metanólicos de hoja se probaron frente a diversas líneas celulares de cáncer de mama, concretamente: T47D, MCF-7 y MDA-MB-231, presentando actividad citotóxica con una IC_{50} de 43,7 $\mu\text{g/mL}$, 92 $\mu\text{g/mL}$ y 143 $\mu\text{g/mL}$ respectivamente (Herlina, Julaeha, Kurnia y Supratman, 2013 y Rai, Ramanath, Kevin y Kedilaya, 2017).

Adicionalmente, al fraccionar los extractos con acetato de etilo y n-butanol se potenció la actividad (22,9 $\mu\text{g/mL}$ y 10,5 $\mu\text{g/mL}$ respectivamente) frente a la línea celular T47D (Herlina, Julaeha, Kurnia y Supratman, 2013). De otra parte, también se evaluaron extractos clorofórmicos, pero estos no mostraron actividad frente a las mismas líneas celulares (Rai, Ramanath, Kevin y Kedilaya, 2017).

Con el fin de elucidar los mecanismos de acción y potenciar el efecto farmacológico, se ha optado por probar compuestos, entre ellos la Faseolidina (pterocarpano), (Figura 18) obtenidos de *E. fusca* para tratar líneas celulares de cáncer cervical (HeLa), de pulmón (NCI-H187) y de mama (BC), alcanzando IC_{50} de 7,7 $\mu\text{g/mL}$, 5,05 $\mu\text{g/mL}$ y 14,32 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente (Selvam, Jordan, Prakash, Mutisya y Thilagavathi, 2017).

Figura 18. Compuesto (Faseolidina) aislado de *E. fusca*.



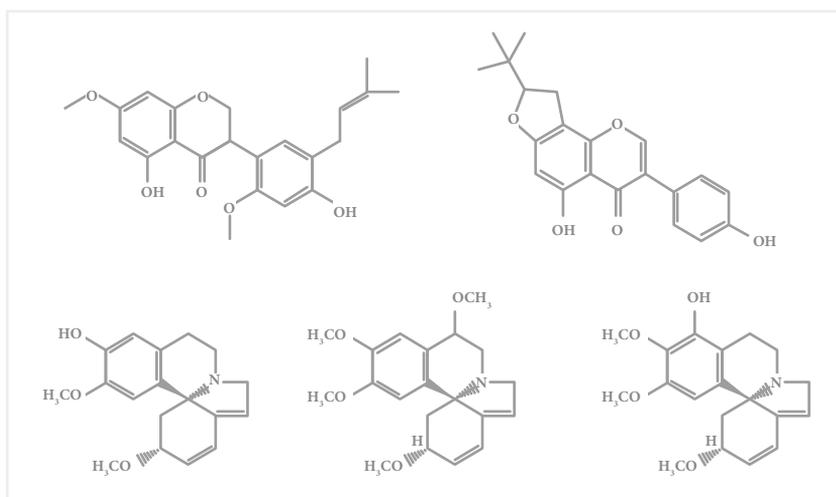
Fuente: Autores.



Para el caso de *E. poeppigiana* se han reportado alcaloides isoquinolínicos aislados de hojas, como 10,11-dihydroxyerysodina, 6,7-hidro-11-methoxyerysothrine y 6,7-dihidro-17-hidroxyerysothrine, (Figura 19) con actividad frente al cáncer de mama (MCF-7), obteniendo resultados favorables de manera preliminar con los dos primeros compuestos (Herlina, Mardianingrum, Gaffar y Supratman, 2017).

En lo referente a los flavonoides, la Eripogeina K (Figura 19) mostró una CI_{50} de 3,59 μ M en línea celular de leucemia (HL60) (Hikita *et al.*, 2018), mientras que Eripogeina D (Figura 19) se evaluó frente a líneas celulares de cáncer cervical (HeLa), cáncer de ovario (SKOV-3) y cáncer de mama (MCF-7), presentando IC_{50} de 225 μ M, 70,74 μ M y 30,12 μ M, respectivamente (Herlina, Gaffar y Widowati, 2018).

Figura 19. Compuestos aislados de *E. poeppigiana*.



Dónde: 1. Eripogeina D; 2. Eripogeina K; 3. 10,11-dihydroxyerysodina; 4. 6,7-hidro-11-methoxyerysothrine y 5. 6,7-dihidro-17-hidroxyerysothrina

Fuente: Autores.

• Actividad antiinflamatoria

La inflamación es una respuesta inmunológica que genera procesos tisulares constituidos por una serie de fenómenos



moleculares, celulares y vasculares con finalidad defensiva frente a agresiones por patógenos bacterianos y por cualquier otro agresor de naturaleza biológica, química, física o mecánica. Ejerce una respuesta reparadora que implica un enorme gasto de energía metabólica, la cual es inmediata y preponderadamente inespecífica, y favorece el desarrollo posterior de una respuesta específica, que beneficia la migración de células inmunes de los tejidos cercanos que pueden ayudar a controlar el efecto provocado por la agresión (Barreto y José, 2009).

Sin embargo, al haber una duración prolongada de los procesos inflamatorios y al estar relacionada con enfermedades degenerativas como artritis, arteriosclerosis o, incluso cáncer, se promueve la liberación de diversos compuestos (enzimas, prooxidantes y radicales libres, entre otros), los cuales en exceso pueden llegar a desencadenar procesos perjudiciales para la salud, razón por la cual se ha hecho necesaria la investigación en principio activos que permitan controlar la liberación excesiva de estos compuestos y, de esta forma, regular las cascadas bioquímicas asociadas a la inflamación (Meneses, 2015).

La tendencia en investigación se mantiene, al ser *E. variegata* la especie que más se ha investigado; su hoja y su corteza han sido la fuente principal para obtener extractos etanólicos y metanólicos con actividad antiinflamatoria. En este sentido, se evaluaron diversos métodos, entre ellos la capacidad de inhibir PEG₂, la TNF- α , y el óxido nítrico, con extractos etanólicos de corteza, los cuales reportaron IC₅₀ de 9,27 $\mu\text{g/mL}$, $>100 \mu\text{g/mL}$ y 47,1 $\mu\text{g/mL}$ respectivamente (Thongmee e Itharat, 2016.); por su parte, el extracto metanólico en el modelo de estabilización de membrana HBRC reportó capacidad de estabilización con una IC₅₀ entre 340 y 364 $\mu\text{g/mL}$. Los autores asocian esta actividad con el contenido de alcaloides, que en este caso es de 220 mg/g (Santhiya, Priyanga, Hemmalakshmi y Devaki, 2016).



En cuanto a la hoja solo se han evaluado extractos etanólicos frente a tres modelos: 1. En membrana HBRC, 2. En edema plantar y 3. En edema granular. En el primer modelo, a 1600 µg/mL se logró una estabilidad del 90% frente al 95% alcanzado por el control (diclofenaco) a 500 µg/mL (Balamurugan, SupriyaSajja, Balakrishnan y Selvarajan, 2010). Los modelos 2 y 3 fueron evaluados *in vivo* (ratones); el edema granular fue evaluado con dos variantes (algodón seco y húmedo), y los resultados se ven reflejados en la tabla 7 (Mantena y Tejaswini, 2015).

Por lo que se refiere a *E. velutina* se han evaluado extractos hidroalcohólicos de corteza en modelo de edema plantar inducido por carragenato y dextrano, mostrando efectos positivos en el modelo inducido por este último, en el cual, a una dosis de 200 y 400 mg/Kg alcanza una disminución del 53% (Vasconcelos *et al.*, 2011). De la semilla de esta misma especie se aisló un inhibidor de la tripsina (EvTI), el cual actúa de manera no competitiva, inhibiendo la liberación del TNF- α y promoviendo la acción de la IL-12 e INF- α , con una IC₅₀ de 2,2X10⁻⁸ mol/L (Machado *et al.*, 2013).

Tabla 7. Actividad antiinflamatoria (%) reportada para extractos de *E. variegata*.

Modelo	Edema plantar	Edema granular	
		Seco	Húmedo
Dosis			
200 mg/Kg	56,23	28	42
400 mg/Kg	71,6	26	27
Control 20 mg/kg	75*	44**	51**

*: Diclofenaco; **: Dexametasona

Fuente: Elaborado a partir de Mantena y Tejaswini, 2015



• Otras actividades

Si bien hay actividades que han focalizado la mayor parte de la investigación, hay campos emergentes en los cuales las especies de este género vienen despertando el interés científico; dentro de las múltiples investigaciones se han realizado trabajos en alrededor de 22 bioactividades que orbitan entre uno y cinco reportes para cada una de ellas, logrando resultados preliminares que demuestran el potencial que estas especies tienen en el área de la farmacología.

En este sentido, *E. variegata*, como se ha observado a lo largo del capítulo, es la planta más utilizada, con 14 bioactividades en la última década. A grandes rasgos, actividades como la anticonvulsionante (dos) e hipoglucemiante (tres) son la de mayor potencial probado (Tabla 8), siendo la hoja la parte de la planta que más llama la atención, con 10 reportes, y la corteza, con seis.

Tabla 8. Trabajos con menos de tres reportes en la última década sobre *E. variegata*.

Parte	Bioactividad	Referencia
Hoja	Analgésico	Mahal <i>et al.</i> , 2009
Corteza	Ansiolítico	Pitchaiah <i>et al.</i> , 2010
Hoja	Antialopecia	Mustarichie, Megantara y Saptarini, 2017; Mustarichie, Wicaksono y Gozali, 2017
Corteza	Anticonvulsionante	Pitchaiah <i>et al.</i> , 2010; Chinchawade, Deshmukh, Gaikwad y Grampurohit, 2013
Raíz		



Parte	Bioactividad	Referencia
Hoja	Antihiperuricémico	Sowndhararajan, Joseph y Rajendrakumaran, 2012
Corteza		
Hoja	Antifertilidad	Herlina, Julaeha, Kurnia y Supratman, 2013
Hoja	Antimalárico	
Hoja	Antiviral	Wardani, Mun'im y Yanuar, 2018
Hoja	Citotóxica	Herlina, Madihah, Deni y Amien, 2017
Hoja	Estrogénico y antiestrogénico	Mangathayaru, Sarah y Balakrishna, 2014
Corteza	Fractura ósea	Zhang, Li, Li, Wan y Wong, 2010
Corteza	Hipoglucemiante	Kumar, Lingadurai, Shrivastava, Bhattacharya y Haldar, 2011; Anupama, Narmadha, Gopalakrishnan y Devaki, 2012; Santhiya, Priyanga, Hemmalakshmi y Devaki, 2016
Hoja		
Corteza	Protector solar	Rebello, N. 2016
Hoja	Vaso relajante	Kim, Lee, Kim y Rhyu, 2010

Fuente: Autores.

Por otra parte, 11 usos con la misma tendencia de reportes se han trabajado en extractos y compuestos de *E. velutina* (Tabla 9), siendo los problemas asociados al sistema nervioso los más reportados (cuatro), asociando esta actividad al alto contenido de alcaloides presentes, en su mayoría en hojas, corteza y semilla.



Tabla 9. Trabajos con menos de cuatro reportes en la última década sobre *E. velutina*.

Parte	Bioactividad	Referencia
Hojas	Citotoxicidad	Craveiro <i>et al.</i> , 2008; Ozawa <i>et al.</i> , 2009
Semilla	Aglutinante	Machado <i>et al.</i> , 2013
Hoja	Anticolinesterasa	Santos, Da Silva, Santos, Santana y Marçal, 2012
Semilla	Gastroprotector	Oliveira de Lima, 2016
Hoja	Anticonvulsionante	Teixeira <i>et al.</i> , 2008
Flores	Ansiolítico	Sousa <i>et al.</i> , 2008; Gomes, Gardin y Uchiyama, 2016; De Sousa, Oliveira y Calou, 2018
Hoja		
Corteza		
Corteza	Hipoglucemiante	Siqueira <i>et al.</i> , 2012
Corteza	Isquemia cerebral	Rodrigues <i>et al.</i> , 2017
Semilla	Somnífero	Ozawa, Honda, Nakai, Kishida y Ohsaki, 2008
Hoja	Sedante	Carvalho, Almeida, Melo, Cavalcanti y Marçal, 2009
Hoja	Vaso relajante	Da Silva <i>et al.</i> , 2013

Fuente: Autores.



En cuanto a *E. fusca*, es la tercera especie con más actividades trabajadas, siendo la actividad antimalárica la más evaluada, con tres reportes (Tabla 10); otras especies como *E. berteroana*, *E.*

costaricensis, *E. crista-galli* y *E. poeppigiana* han tenido solo una actividad evaluada (Tabla 11).

Tabla 10. Trabajos con menos de tres reportes en la última década sobre *E. fusca*.

Parte	Bioactividad	Referencia
Corteza	Antimalárico	Khaomek <i>et al.</i> , 2008; Deharo, E. y Ginsburg, H. 2011; Selvam, Jordan, Prakash, Mutisya y Thilagavathi, 2017
Flor	Antitusivo	Bipat <i>et al.</i> , 2016
Hoja	Citotóxica	Sudiono, Sandra, Saputri, Kadrianto y Melinia, 2013
Tallo	Estrogénico y antiestrogénico	El-Halawany, El-Dine, Chung, Nishihara y Hattori, 2011
Semilla	Fractura ósea	Abd, Nazrun y Muhammad, 2012

Fuente: Autores.

Tabla 11. Reportes de las especies restantes.

Especie	Parte	Bioactividad	Referencia
<i>E. berteroana</i>	Corteza	Antiofídico	Giovannini y Howes, 2017
<i>E. crista-galli</i>	-	Antimalárica	Selvam, Jordan, Prakash, Mutisya y Thilagavathi, 2017
<i>E. costaricensis</i>	Semilla	Aglutinante de eritrocitos	Nasi, Picariello y Ferranti, 2009
<i>E. poeppigiana</i>	-	Estrogénica y antioestrogénica	Djiogue <i>et al.</i> , 2009; Djiogue <i>et al.</i> , 2010; Njamen, Djiogue, Zingue, Mvondo y Nkeh, 2013

Fuente: Autores.

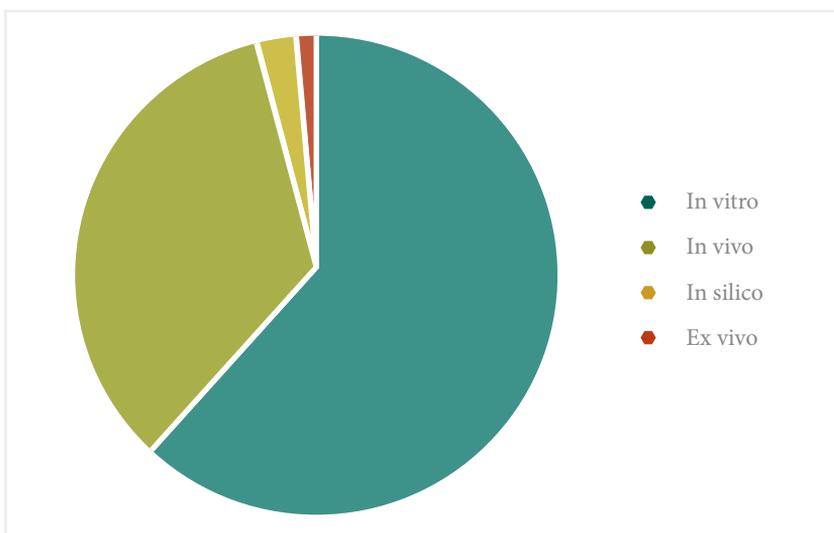
Todos los trabajos resaltados en el presente apartado, al estar enmarcados en el área de farmacología, siguen una línea de



trabajo que tiene como punto de partida los ensayos preclínicos (proyecciones *In-silico*, *In-vitro* e *In vivo*, estos últimos en pequeños roedores), seguidos de los ensayos clínicos (ensayos en grandes animales y humanos), con el fin de llegar a comercializar algún fármaco o fitofármaco.

Como se puede evidenciar en la Figura 20, todos los trabajos se mantienen en la fase preclínica, específicamente a nivel *in vitro* (líneas celulares) e *in vivo* (ratones, ratas, conejos y cerdos), haciéndose notaria la falta de avance a nivel clínico, aun cuando es evidente el potencial que poseen estas plantas.

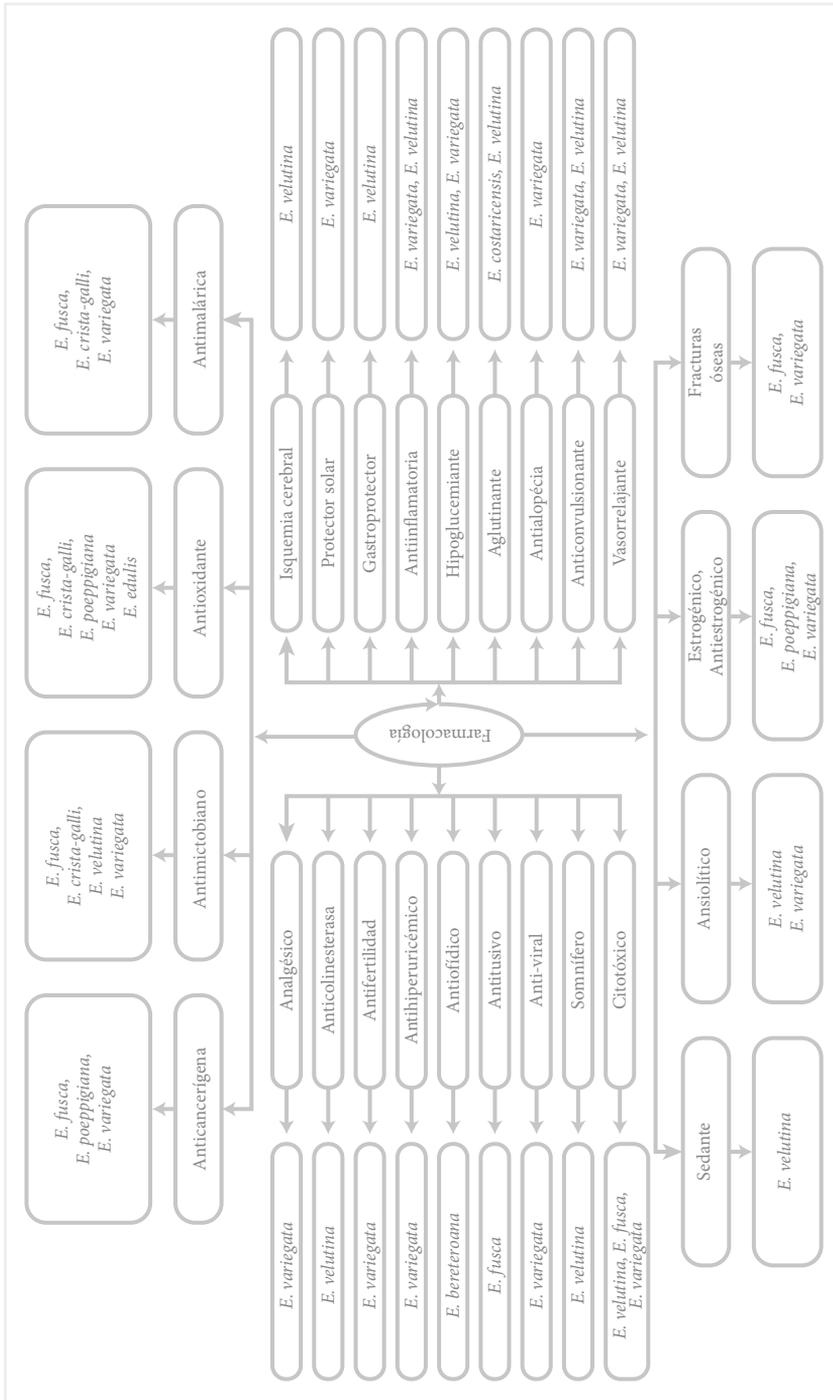
Figura 20. Tipos de ensayo reportados en el área de farmacología.



Fuente: Autores.



Figura 21. Resumen del área de farmacología con sus respectivas bioactividades y especies.



Fuente: Autores.



Agricultura

La agricultura es la actividad agraria que comprende el conjunto de acciones humanas que transforman medios naturales, con el fin de optimizar la siembra y producción de especies de interés económico. El arte de cultivar el suelo se basa en la facultad de transformarlo mediante la adición de tratamientos que permitan un mejor desarrollo y producción de las especies cultivadas; sin embargo, problemáticas relacionadas con la fertilidad actual de los suelos, el cambio climático, las tendencias de monocultivo y la alta presencia de plagas, han puesto en riesgo la seguridad alimentaria de la población mundial, y han generado la búsqueda de alternativas, tales como la implementación de especies vegetales con potencial para la fijación de nitrógeno, y que posean metabolitos secundarios aptos para el control de plagas y enfermedades que afectan la producción agrícola mundial, en busca de establecer procesos ambientalmente amigables y sostenibles (González *et al.*, 2013).

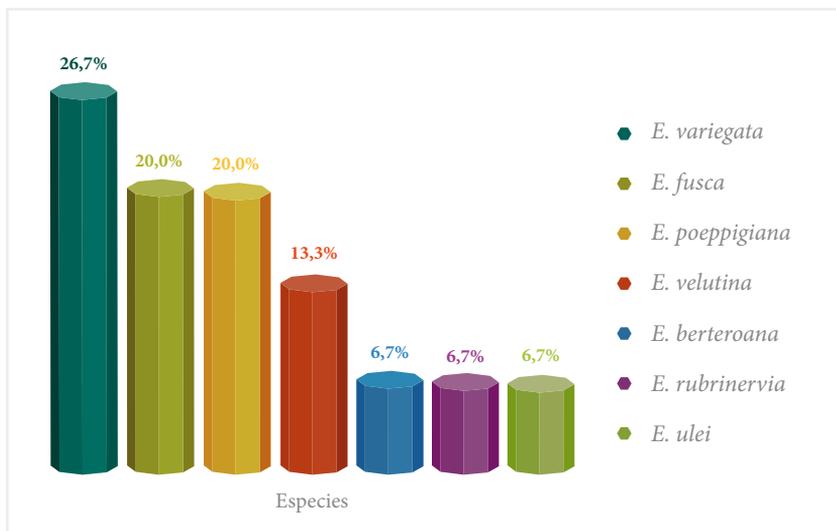
En este sentido, las leguminosas se han convertido en especies representativas al momento de buscar alternativas para el control de estas problemáticas y, entre ellas, especies del género *Erythrina* han sido ampliamente utilizadas como fijadoras de nitrógeno, cercas vivas, en sistemas agroforestales y para la recuperación del suelo. Además, metabolitos secundarios obtenidos de ellas han sido probados como controladores biológicos frente a insectos-plaga de interés mundial. Las especies del género más trabajadas en agricultura se muestran en la Figura 22.

De las 13 especies en las que nos hemos centrado, siete han sido reportadas con usos en la agricultura y de ellas las más utilizadas son *E. variegata* con 26,7% seguida de *E. fusca* y *E. poeppigiana* con 20% cada una. En cuanto a los usos reportados, la actividad insecticida (33,3%), la agroforestal (33,3%) y la de



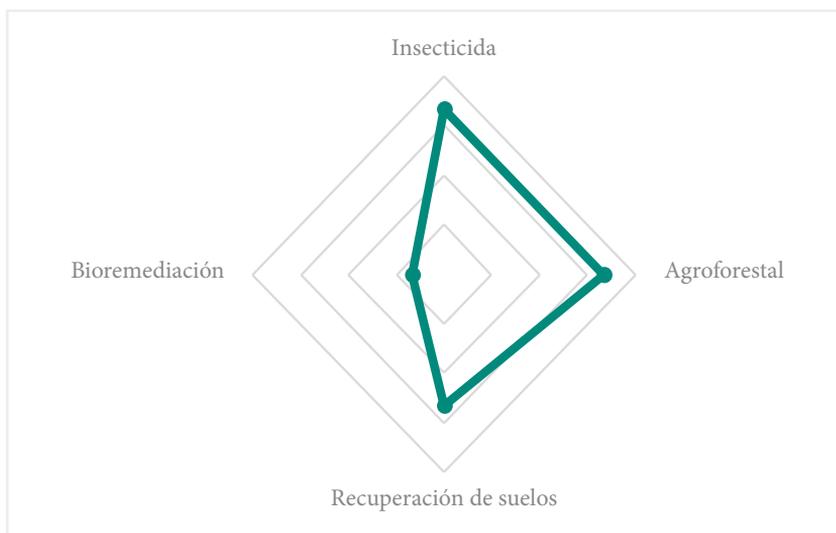
recuperación de suelos (26,7%) han sido las actividades más estudiadas (Figura 23). En adelante nos centraremos en dar una visión de los avances en los usos que se han trabajado.

Figura 22. Reportes en porcentaje por especie en el área de agricultura.



Fuente: Autores.

Figura 23. Reportes por uso en el área de agricultura.



Fuente: Autores.



• Insecticida

Una de las mayores problemáticas actuales de la agricultura se relaciona con la presencia de insectos plaga, los cuales pueden llegar a causar pérdidas productivas y afectan la seguridad alimentaria; para su control se utilizan masivamente plaguicidas sintéticos de amplio espectro que presentan efectos negativos, entre ellos, desarrollo de resistencias, aparición de nuevas plagas, eliminación de insectos benéficos y presencia de trazas en los alimentos (Parra, García y Cotes, 2007).

Por lo anterior, se hace necesaria la búsqueda alternativas desde el control biológico, o de bio-insumos que aseguren un control de plagas sin afectar la calidad de los alimentos ni la salud de quienes los consumen; en este sentido, extractos y metabolitos secundarios han llamado la atención, por la amplia gama de bioactividades que se les han reportado en literatura, entre los cuales se pueden hallar fito-compuestos con actividad mimética y antagonista de hormonas de insectos, antihormonas juveniles, fito-ecdisteroides, anti-ecdisonas y compuestos con actividad inhibidora de la alimentación, por lo cual estos podrían servir de base para el desarrollo de nuevos productos fitosanitarios con mayor selectividad y menor capacidad contaminante o toxica (Parra, García y Cotes, 2007).

En el caso de *E. variegata* se han empleado la semilla y la corteza para tratar insectos plaga, como el gorgojo de maíz (*Sitophilus zeamais*) y la mosca del melón (*Bactrocera cucurbitae*), las cuales son responsables de pérdidas considerables en los cultivos (Singh, Kaur, Rup y Singh, 2009; Liu, Chu, Jiang y Liu, 2012). Particularmente, el gorgojo de maíz fue tratado con extracto etanólico de corteza, rico en dos alcaloides en particular: Eryzopine y Eryzovine, logrando una disuasión en la alimentación del insecto con una IC_{50} de 108, 5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ y 89,7 $\mu\text{g}/\text{mL}$, respectivamente (Liu, Chu, Jiang y Liu, 2012).



De otra parte, la mosca del melón fue tratada con lectinas de unión D-galactosa, aisladas de semilla, logrando una disminución en el peso de la pupa, disminuyendo la eclosión y la pupación; no obstante, no se afectó el porcentaje de ovoposición, todo esto con una IC_{50} de 81 $\mu\text{g/mL}$ (Singh, Kaur, Rup y Singh, 2009). En esta misma línea, se trató la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata*) con compuestos de semilla de *E. velutina* (Vinilina de unión a quitina) alcanzando efectos sobre la mortalidad y sobre el peso de las larvas con ED_{50} de 0,14% y 0,12%, respectivamente (Macedo *et al.*, 2008).

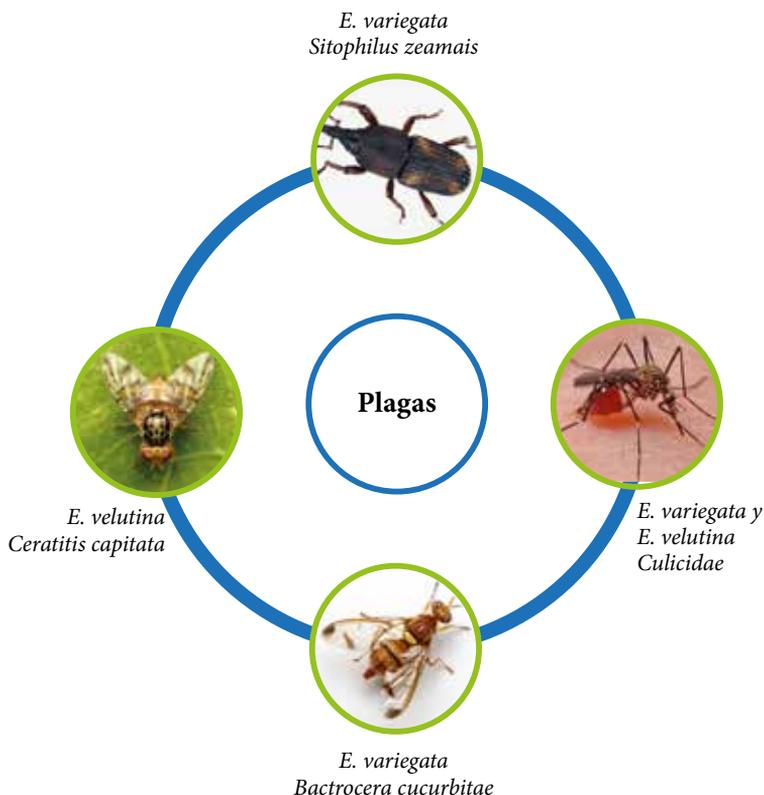
Por otra parte, se ha evaluado el efecto de extractos sobre insectos vectores, pues las enfermedades transmitidas por estos representan más del 17% de todas las enfermedades infecciosas, y provocan cada año más de 700.000 defunciones; la mayor carga de estas enfermedades corresponde a las zonas tropicales y subtropicales.

Sumado a esto, los cambios en las prácticas agrícolas, como consecuencia de las variaciones de temperatura y de las precipitaciones, pueden influir en la propagación de enfermedades transmitidas por vectores (OMS, 2017).

En la Figura 24 se observan los insectos plaga y los vectores que han sido tratados con especies de este género, contribuyendo en cierta medida a su control.



Figura 24. Plagas y vectores tratados con especies de *Erythrina*.



Fuente: Autores, imágenes tomadas de internet.

Concretamente, extractos metanólicos de hoja de *E. variegata* se probaron frente a los vectores *Anopheles stephensi*, *Aedes aegyti* y *Culex sp.*, los cuales son responsables de la transmisión de enfermedades como el dengue, la malaria, el paludismo, zika, entre otras. Estos extractos tuvieron un efecto en las diferentes etapas de desarrollo (huevo, larva y adulto). En el de caso de eclosión de huevos se observó un 100% en la mortalidad, a las siguientes concentraciones para cada vector: 150 $\mu\text{g/mL}$, 200 $\mu\text{g/mL}$ y 250 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente; en lo relacionado con la actividad larvicida se tuvieron LC_{50} para cada vector de 69,43 $\mu\text{g/mL}$, 75,13 $\mu\text{g/mL}$ y 91,43 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente. Finalmente,



en el efecto adulticida se tuvieron LC_{50} para cada vector, de 88,76 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 94 $\mu\text{g}/\text{mL}$ y 119 $\mu\text{g}/\text{mL}$, respectivamente (Govindarajan y Sivakumar, 2014).

Adicionalmente, compuestos extraídos de semilla de *E. velutina* han sido empleados para evaluar el efecto que tiene en la ovoposición, su actividad larvicida y adulticida de *A. aegypti*; en este sentido, se determinó una disminución del 25% en la ovoposición, a una concentración de 7,3 mg/mL , mientras en la actividad larvicida y adulticida se obtuvo una CI_{50} de 0,52 mg/mL , para cada caso, a las 24 horas de exposición (Barbosa *et al.*, 2014).

• **Sistemas agroforestales y recuperación de suelos**

En la actualidad las problemáticas asociadas al cambio climático, la expansión de la frontera agrícola y la tendencia hacia el monocultivo, se han constituido en retos de interés mundial, con mayor preponderancia en los países en vía de desarrollo; éstas son abordados en forma interdisciplinaria, en busca de mantener la productividad del campo, recuperar los suelos y evitar el daño en el establecimiento de nuevos sistemas, lo que implica trabajos desde la agronomía, la ingeniería, la bioquímica y la biología (Beer *et al.*, 2003).

Una alternativa que ha surgido para afrontar estos problemas es la relacionada con los sistemas agroforestales, que tienen más ventajas que los monocultivos, entre las cuales se destacan: proveer servicios medioambientales como captura de CO_2 , conservación y recuperación de suelos, conservación de la calidad del agua, valores estéticos (parques en ciudades y sabanas con árboles), amortiguar áreas protegidas, conservación de biodiversidad y poder ser empleados como destinos agroecológicos, los cuales pueden generar ingresos extra a los agricultores, además de poder responder a la demanda de una agricultura funcional sin afectar la productividad (Beer *et al.*, 2003).



En este orden de ideas, los estudios sobre la diversidad de plantas que se pueden emplear en estos sistemas y los aportes que cada una de ellas pueda dar al campo se han potenciado en las últimas décadas, y las especies agrupadas en el género *Erythrina* han empezado a llamar la atención por la reconocida capacidad que tienen las leguminosas de fijar nitrógeno, además de la amplia gama de posibilidades que ofrecen en cuanto sus metabolitos constituyentes y servicios ecosistémicos.

Por ello, características como soportar cambios de temperatura y de pH, inundaciones y sequías, fijación de nitrógeno, aporte de biomasa y tolerar altas concentraciones de metales, entre ellos aluminio, hacen que *E. fusca*, *E. berteroana*, *E. variegata* y *E. poeppigiana* sean pioneras en aplicaciones agroforestales y de recuperación de suelos (Vijaya, Chitti, Ravi, Subba y Venkateswarlu, 2008; Villanueva, Ibrahim y Casasola, 2008; Gagliardi, Martin, Virginio, Rapidel y Isaac, 2015; Farfán, Baute, Menza y Sánchez, 2016). Además, *E. ulei* se ha reportado como la planta que mejor promedio de incremento en diámetro anual presenta en sistemas de recuperación de bosques premontanos, constituyéndose también en una opción para la fijación de dióxido de carbono atmosférico y, por ende, colaborar con los efectos del cambio climático (Buttgenbach, Vargas y Reynel, 2012).

Una vez establecidas estas plantas en sistemas agroforestales, se ha comprobado que tienen múltiples beneficios para los cultivos con los cuales se han asociado, siendo uno de los más estudiados el café, en el cual se ha comprobado que, además de la fijación de nitrógeno, aporta otros nutrientes por medio de la biomasa (hojas) (Gagliardi, Martin, Virginio, Rapidel y Isaac, 2015), lo cual mejora la calidad del grano.

De otra parte, el sombrío que aportan estas plantas tiene impacto positivo sobre la productividad, aumentándola incluso hasta en un 40% (Farfan y Baute, 2010).



Alimentación



Fuente: fotografías tomadas de internet.

La FAO ha centrado sus esfuerzos en asegurar que las personas tengan acceso regular a suficientes alimentos de buena calidad, lo que se ha constituido en un reto para el milenio, pues la problemática de inanición en muchos países es causal de problemas sociales y de salud pública que atentan contra la calidad de vida de las personas. Todo esto ha llevado a que en los ámbitos científico y técnico se promuevan investigaciones que se centren en el mejoramiento de la producción de alimentos y en el estudio de especies que puedan ser promisorias por su aporte a la nutrición. Incluso, han surgido los conceptos de alimentos funcionales y nutraceuticos, los cuales, además de nutrir, pueden tener algún efecto benéfico frente a diversas enfermedades que se presentan en la actualidad (FAO, 2004; FAO, 2017).

Por otra parte, desde las ciencias agrícolas también se viene trabajando en la búsqueda y caracterización de nuevas fuentes de alimentación animal, con el fin de asegurar su nutrición plena, a través del aprovechamientos de fuentes alternativas



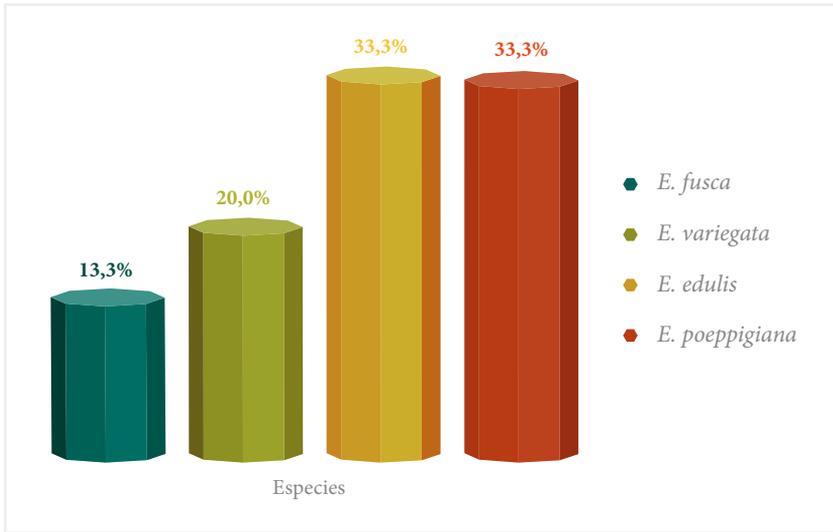
y especies promisorias, las cuales pueden eliminar de manera natural la dependencia de los concentrados (costosos), en aras de continuar sufriendo los requerimientos de la dieta humana, y alejar de esta todos los suplementos químicos o sintéticos (FAO, 2005).

En este orden de ideas, las especies pertenecientes a la familia Leguminosae han sido catalogadas como especies importantes desde el punto de vista nutricional, debido a que son un alimento vegetal ampliamente disponible, que contiene, además de carbohidratos, una buena cantidad de proteína y vitaminas B, las cuales se encuentran incluidas en la canasta familiar; sus principales representantes son el frijol, la lenteja, la arveja y la soya (Latham, 2002). En el caso particular de las especies pertenecientes al género *Erythrina*, se ha trabajado ampliamente en la utilización de estas en la alimentación animal, principalmente como suplementos alimentarios, sin embargo, la única especie comestible para el humano es *E. edulis* de la cual se hablará en detalle en el siguiente capítulo.

En la última década, de las 13 especies reportadas para Colombia, solo de cuatro de ellas, se ha reportado (20 reportes) que se emplean para alimentación, es decir, solo el 30,7% de las plantas han sido estudiadas y del resto se desconoce su potencial aplicación. Puntualmente, en humanos solo la semilla de *E. edulis* se considera comestible, y de su aplicación se han reportado cinco estudios, es decir, el 25% (ver en detalle el capítulo 3). En lo relacionado con la alimentación animal (75% de los reportes), *E. poeppigiana* y *E. edulis* son las especies que más se han empleado, con un 33,3% cada una (Figura 25), siendo la hoja (80%) y la semilla (20%) las partes que más se emplean.



Figura 25. Porcentaje de reportes por especie en el área de alimentación animal.



Fuente: Autores

En este sentido, las hojas han sido un suplemento nutricional para varias especies animales, entre ellas algunos rumiantes (vacas, ovejas y cabras), cerdos, aves y conejos; *E. poeppigiana* ha sido reportada como una fuente económica para la alimentación de vacas, sin que se altere la producción ni la calidad de la leche (Jiménez, Mendoza, Soto y Alayón, 2015). Las hojas de *E. variegata* han sido empleadas para promover el crecimiento en cabras, y como sustituto de la harina de soya en la alimentación de pequeños rumiantes, observándose buena digestibilidad y retención de nitrógeno (Allard, 2010; Best *et al.*, 2017).

A su vez, *E. variegata* y *E. poeppigiana* han sido empleadas para la alimentación de aves de corral, cuyes y conejos encontrándose que en el primer caso la dieta suplementada con hojas de estas especies reduce los efectos del estrés oxidativo, mientras que en conejos y cuyes se muestra un mayor rendimiento de canal (ganancia de peso). En estos casos hay un bajo valor económico,



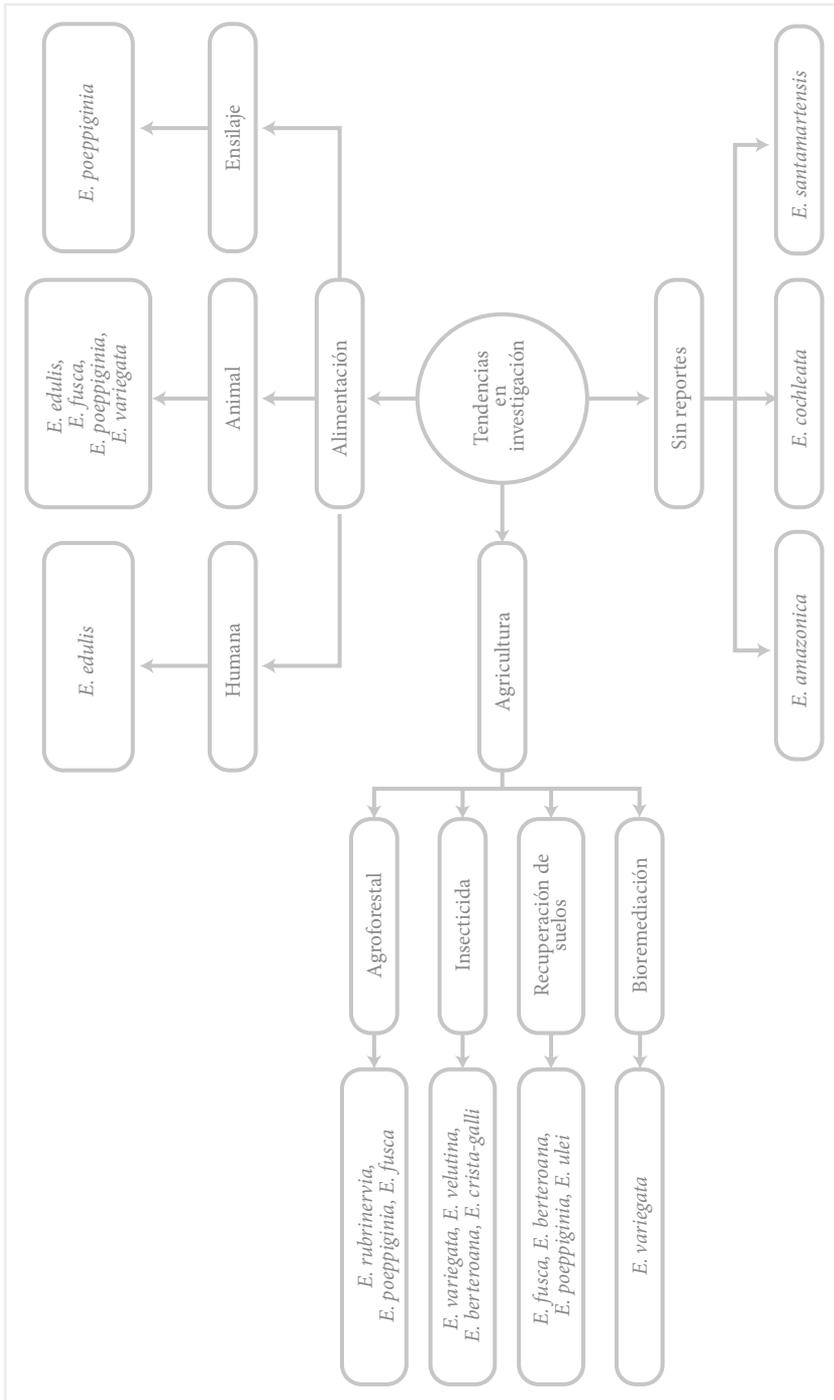
constituyéndose en una alternativa para la alimentación animal (Meza *et al.*, 2014; Gupta, Singh y Pankaj, 2017; Sánchez, Torres, Busto, Barrera y Sánchez, 2018).

Una alternativa en la alimentación animal es el ensilaje, el cual consiste en aumentar la biodisponibilidad de los nutrientes, y que estos perduren en el tiempo. En este sentido, los forrajes de *E. fusca* se han constituido en una alternativa, pues se ha evidenciado que con una adición de entre 10 y 15% de harina de hoja al ensilado se logra mayor crecimiento en longitud y ancho así como una ganancia de peso y altura en ovinos (Guzmán, 2010), mientras que en cerdos, los altos contenidos de proteína, fibra y alcaloides muestran una menor digestibilidad, respecto de los alimentos convencionales; no obstante, se pueden emplear como una alternativa económica para la alimentación de los mismos (Régnier, Bocage, Archimède, Noblet y Renaudeau, 2013).

En este sentido, el ensilado de hojas de *E. poeppigiana* ha mostrado características de calidad media a buena, en contenidos de nitrógeno amoniacal, asegurando porcentajes adecuados de fibra y materia seca, sin dejar de lado el bajo costo que implica su elaboración (Montero, 2016; Herrera y Arguedas, 2017).



Figura 26. Resumen del área de agricultura y alimentación, con sus respectivos usos y especies.



Tendencias de investigación en la última década del género *Erythrina*

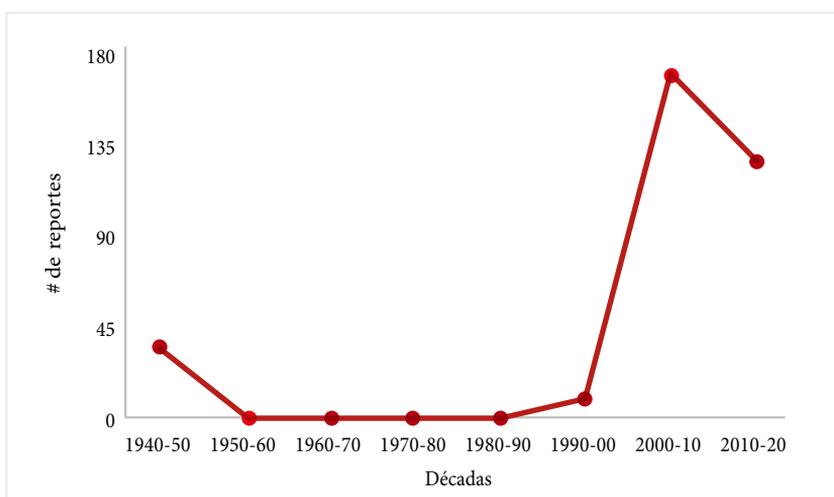


Patentes

Producto de la investigación se generan múltiples resultados que pueden ser innovadores y una forma de resaltar dicha innovación es a través de las patentes. Una patente es un derecho exclusivo que concede el estado para la protección de una invención, otorgando derechos propios para explotarla comercialmente durante un periodo de tiempo determinado (OMPI, 2017).

En la actualidad existen diversas bases de datos que permiten evidenciar en el ámbito mundial el registro y estado de las patentes a través del tiempo. En lo relacionado con la temática de este texto, se realizó una búsqueda en las bases de datos SCOPUS, WIPO, DERWENT INNOVATIONS INDEX y GOOGLE PATENTS empleando los nombres científicos que se enlistan en la Tabla 4. Se evidenció que las especies de este género han sido importantes a la hora de patentar, encontrándose 343 reportes que indican que son empleadas desde 1940, teniendo un auge de publicación en la década del 2000 (Figura 27).

Figura 27. Patentes registradas por décadas desde 1940.

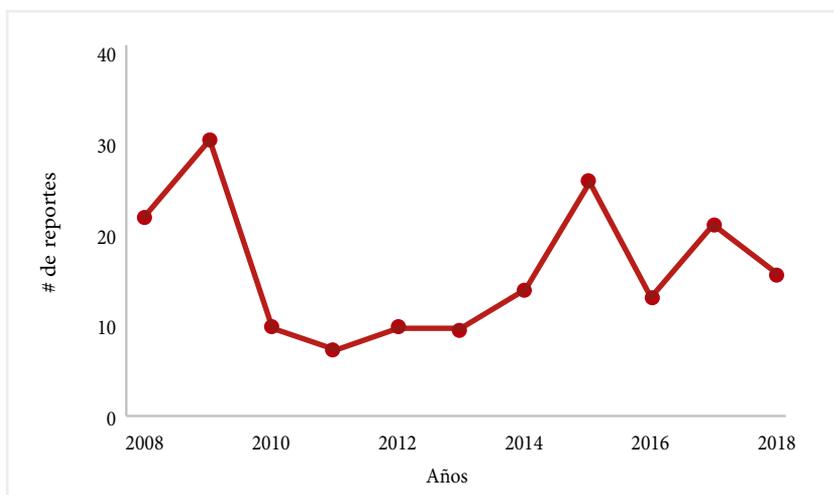


Fuente: Autores.



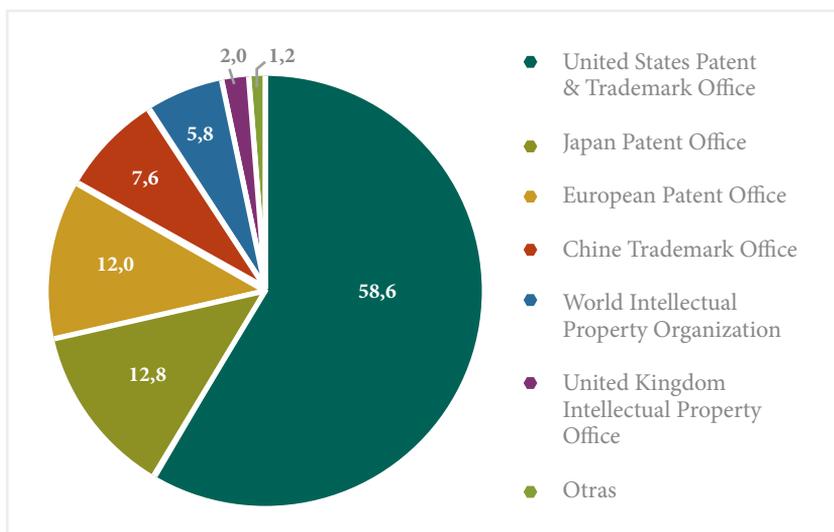
Del total de reportes, aproximadamente el 53,1% se realizó en la última década (Figura 28), y las oficinas ante las cuales se han registrado estas patentes han sido principalmente United States Patent y Trademark Office, Japan Patent Office y European Patent Office (Figura 29).

Figura 28. Patentes registradas en la última década



Fuente: Autores.

Figura 29. Oficinas de registro de patentes.



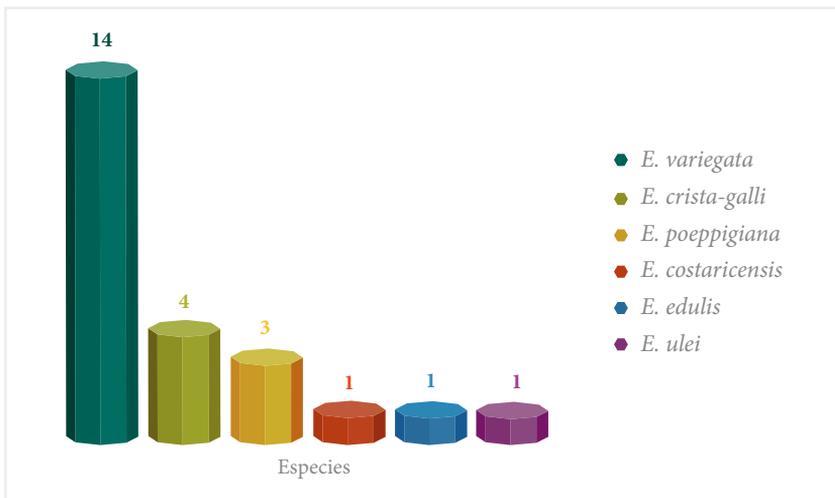
Fuente: Autores.



Del total de reportes de la última década, los compuestos activos de las especies de *Erythrina* han tenido un rol determinante en 24 de ellos. La especie con mayor número de reportes es *E. variegata* con 14, seguida de *E. crista-galli* con cuatro (Figura 30).

Se destacan patentes en el área de regulación de apetito, inhibición de glioxalasa I, antagonistas de los receptores AH, reductores de la absorción de grasa y de sodio, promotores de la secreción salival, reguladores del sueño, promotoras del sueño y reguladores del sistema nervioso; en el área de agricultura se ha reportado una patente sobre un controlador de plagas en plantas (Tabla 12).

Figura 30. Especies con mayor número de patentes



Fuente: Autores.



Tabla 12. Patentes registradas para especies del género *Erythrina*.

Especie	Título	Número App/Pub	Autores/Año
<i>E. variegata</i>	Composition for controlling Plant Pest	JP2009235049	Ryu Kyoto (Yanagi Tomotama), 2009
	Fat absorption inhibitor	JP2011173905	Innan Ake; Imada Keisuke (Taisho Pharmaceutical Co Ltd), 2011
	Fat absorption depressant	JP2011178796	
	Glyoxalase I inhibitor and use thereof	JP2013159600	Kaneda Norio; Tanaka Hitoshi (Meijo Univ), 2013
	Appetite regulating dietary supplement	US8663714	Nielsen, Soren Vedel Saaby; Teisen-Simony, Claude (Dxign Limited), 2014
<i>E. variegata</i>	Reduced sodium food products	US20150342233	Van Lengerich, Bernhard H.; Gruess, Olaf; Hans, Joachim (GENERAL MILLS, INC.), 2015
	Pharmaceutical composition for treating liver cirrhosis and preparation method of pharmaceutical composition	CN104367759A	Zhang Enrong, 2015
	Lotion for female external vaginal erosion	CN105878500A	Feng Xuequn, 2016

Tendencias de investigación en la última década del género *Erythrina*



Especie	Título	Número App/Pub	Autores/Año
<i>E. variegata</i>	Handmade soap and preparation method thereof	CN106906080A	张文州, 陈琳琳, 陈阳劲, 2017
	Nerve activating composition	JP2018012658	Watanabe Tomomichi; Sawano Takeshi (Fancl Corp), 2018
	Degrading benzidine by using crude enzyme solution of <i>Erythrina variegata</i> leaves comprises e.g. eighing <i>Erythrina variegata</i> leaves, removing midrib, cutting, and extracting peroxidase by grinding with phosphate buffer	CN108178335A	Xiao Q, Zhou X, Wu S, Wang N, Pu W, Wang Y., 2018
	AH Receptor antagonists	US20090208432A1	Herrmann, Martina Vielheber, Gabriele Krutmann, Jean Joppe, Holger, 2009
	Sleep inducing agent and medicinal composition and food containing the Same	JP2008024649A	Osaki Ayumi, Honda Kazuki, 2008
<i>E. crista-galli</i>	Breed conservation breeding method for <i>Tetranychus cinnabrinus</i>	CN107466972A	邹志文夏斌辛天蓉王静奚剑飞李晓月练, 2017
	Method for quickly propagating <i>tetranychus cinnabarinus</i>	CN107494452A	



Especie	Título	Número App/Pub	Autores/Año
<i>E. edulis</i>	AH Receptor antagonists	US20090208432A1	Herrmann, Martina Vielheber, Gabriele Krutmann, Jean Joppe, Holger, 2009
<i>E. ullei</i>			
<i>E. poeppigiana</i>	Glyoxalase I Inhibitor And Use Thereof	JP2015081251	Kaneda Norio; Tanaka Hitoshi (Meijo University), 2015
		JP2016204320A	Kaneda Norio; Tanaka Hitoshi; Asao Naoki (Meijo University), 2016
<i>E. costaricensis</i>	Salivary Secretion Promoter	WO2009060915A1	Sakamoto, Takeshi Katsushima, Akira Yokomizo, Atsushi Matsuda, Takashi Fujitani, Toshiaki, 2009

Fuente: Autores.

En definitiva, se puede evidenciar que la mayor parte de las patentes relacionadas con estas especies se centra en el área de la farmacología. Llama la atención el hecho de que, aun cuando han sido ampliamente usadas como alternativa en los diferentes estudios reportados, con sus compuestos químicos y metabolitos, no existe un significativo número de patentes, lo cual puede estar asociado a diversos factores, entre ellos, que las investigaciones continúan en fases iniciales, o que los estudios que se están llevando a cabo buscan un desarrollo tecnológico o de innovación en las técnicas experimentales. En cualquiera



de los casos es evidente el potencial que presentan estas especies para la investigación y para el desarrollo de las áreas mencionadas a lo largo de este libro.

Bibliografía

- Abd, M.; Nazrun, A. y Muhammad, N. (2012). Role of medicinal plants and natural products on osteoporotic fracture healing. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2012.
- Allard, H. (2010). Goat production in Laos and the potential of using *Erythrina variegata* as a Feedstuff.
- Anupama, V.; Narmadha, R.; Gopalakrishnan, V. y Devaki, K. (2012). Enzymatic alteration in the vital organs of streptozotocin diabetic rats treated with aqueous extract of *Erythrina variegata* bark. Int J Pharm Sci, 4, 134-47.
- Balamurugan, G.; SupriyaSajja; Balakrishnan, D. y Selvarajan, S. (2010). In vitro anti-inflammatory action of *Erythrina variegata* (L.) leaves by HRBC membrane stabilization. Int J Drug Dev Res, 2(3), 669-672.
- Barbosa, P.; De Oliveira, J.; Chagas, J.; Rabelo, L.; De Medeiros, G.; Giodani, R.; y De Freire Melo, M. (2014). Evaluation of seed extracts from plants found in the Caatinga biome for the control of *Aedes aegypti*. Parasitology research, 113(10), 3565-3580.
- Barreto, J. Y José, J. (2009). Evaluación preliminar de la actividad antiinflamatoria de las fracciones obtenidas de los extractos en petrol y en etanol de hojas y corteza de la planta *Bursera tomentosa* (JACQ) Tr. y Pl.
- Beer, J.; Harvey, C.; Ibrahim, M.; Harmand, J.; Somarriba, E. y Jiménez, F. (2003). Funciones de servicio de los sistemas de agroforestería. Agroforestería en las américas vol. 10 n° 37-38 2003.
- Best, D.; Lara, P.; Aguilar, E.; Cen, F.; Ku, J. y Sanginés, J. (2017). In vivo digestibility and nitrogen balance in sheep diets with foliage



- of fodder trees in substitution for soybean meal. *Agroforestry Systems*, 91(6), 1079-1085.
- Betés, M.; Duran, M.; Mestres, C. Y Nogués, M. (2008). *Farmacología para fisioterapeutas*. Betés, M. Capítulo 1: Introducción a la farmacología. Conceptos generales. Ed. Médica Panamericana.
- Bipat, R.; Toelsie, J.; Magali, I.; Soekhoe, R.; Stender, K.; Wangsawirana, A. y Mans, D. (2016). Beneficial effect of medicinal plants on the contractility of post-hypoxic isolated guinea pig atria–Potential implications for the treatment of ischemic–reperfusion injury. *Pharmaceutical biology*, 54(8), 1483-1489.
- Bonilla, J. (2013). Determinación de la toxicidad, actividad sedante y ansiolítica del extracto acuoso de las flores de *Erythrina berteroana* (pito) en ratones NIH. Para optar al grado de licenciatura en Química y Farmacia. San Salvador.
- Bouaravong, B.; Dung, N.; y Preston, T. (2017). Effect of biochar and partial peeling of stems on soil fertility and germination of *Erythrina variegata* cuttings. *Livestock Research for Rural Development*, 29.
- Bustamante, C. sf. Fases del desarrollo de un nuevo medicamento. Tomado de la página <http://clinicalevidence.pbworks.com/w/file/fetch/63221078/FASES%20DE%20DESARROLLO.pdf>
- Buttgenbach, H.; Vargas, C. Y Reynel, C. (2012). Dinámica forestal de un bosque premontano del valle de Chanchamayo (DP de Junín, 1200 msnm). Perú. 112p.
- Carvalho, A.; Almeida, D.; Melo, M.; Cavalcanti, S. y Marçal, R. (2009). Evidence of the mechanism of action of *Erythrina velutina* Willd (Fabaceae) leaves aqueous extract. *Journal of ethnopharmacology*, 122(2), 374-378.
- Chinchawade, A.; Deshmukh, D.; Gaikwad, D. y Grampurohit, N. (2013). Anticonvulsant Activity of Chloroform Extract of Bark y Root of *Erythrina variegata* L. *International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 5(1), 23-25.
- Cortés, W.; García, C.; Ortiz, A.; Bernal, J.; Rodríguez, J., Y Gutiérrez, L. (2010). Caracterización y usos tradicionales de productos



- forestales no maderables (PFNM) en el corredor de conservación Guantiva–La Rusia–Iguaque. *Colombia forestal*, 13(1), 117-140.
- Craveiro, A.; Carvalho, D.; Nunes, R.; Fakhouri, R.; Rodrigues, S. y Teixeira, F. (2008). Toxicidade aguda do extrato aquoso de folhas de *Erythrina velutina* em animais experimentais. *Rev. bras. farmacogn*, 18(supl), 739-743.
- Da Silva, A.; Gondim, A.; Roman, D.; Cruz, J.; Conde, E.; Neto, V. y De Vasconcelos, C. (2013). The positive inotropic effect of the ethyl acetate fraction from *Erythrina velutina* leaves on the mammalian myocardium: the role of adrenergic receptors. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 65(6), 928-936.
- Daovy, K.; Preston, T. y Ledin, I. (2008). Selective behaviour of goats offered different tropical foliages. *Livestock research for rural development*, 20.
- De Sousa, R.; Oliveira, Y. y Calou, I. (2018). Ansiedade: aspectos gerais e tratamento com enfoque nas plantas com potencial ansiolítico. *Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade*, 11(1).
- Debnath, S.; Kannadasan, M.; Acharjee, A.; Bhattacharjee, C.; Kumar, S. y Kumar, G. (2010). Antioxidant activity of the hydro-alcoholic extract of *Erythrina fusca* Lour. bark against the animal models of epilepsy. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2(5), 379-383.
- Deharo, E. y Ginsburg, H. (2011). Analysis of additivity and synergism in the anti-plasmodial effect of purified compounds from plant extracts. *Malaria Journal*, 10(1), S5.
- Delgado, J. (2014). Evaluación de harinas de chachafruto (*Erythrina edulis*) y quinua (*Chenopodium quinoa* W) como extensores en el proceso de elaboración de salchichas tipo Frankfurt [Ms. C. Tesis Ciencia y Tecnología de Alimentos]. Bogotá (Colombia): Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias.
- Devaki, K.; Hemmalakshmi, S. y Priyanga, S. (2016). HPTLC analysis and in vitro antioxidant activity of aqueous bark extract of



- Erythrina variegata* L. Israel Journal of Plant Sciences, 63(3), 143-157.
- Djiogue, S.; Halabalaki, M.; Alexi, X.; Njamen, D.; Fomum, Z.; Alexis, M. y Skaltsounis, A. (2009). Isoflavonoids from *Erythrina poeppigiana*: evaluation of their binding affinity for the estrogen receptor. Journal of natural products, 72(9), 1603-1607.
- Djiogue, S.; Njamen, D.; Halabalaki, M.; Kretzschmar, G.; Beyer, A.; Mbanya, J. y Vollmer, G. (2010). Estrogenic properties of naturally occurring prenylated isoflavones in U2OS human osteosarcoma cells: Structure–activity relationships. The Journal of steroid biochemistry and molecular biology, 120(4-5), 184-191.
- El-Halawany, A.; El Dine, R.; Chung, M.; Nishihara, T. y Hattori, M. (2011). Screening for estrogenic and antiestrogenic activities of plants growing in Egypt and Thailand. Pharmacognosy research, 3(2), 107.
- FAO. (2004). Seguridad Alimentaria y Nutricional. Conceptos Básicos. Tomado de la página <http://www.fao.org/3/a-at772s.pdf>
- FAO. (2005). Con concentrados caseros: mejora la alimentación de sus aves y aumente la producción. Tomado de la página <http://www.fao.org/3/a-au201s.pdf>.
- FAO. (2017). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2017. Fomentando la resiliencia en aras de la paz y la seguridad alimentaria. Roma.
- Farfan, F. Y Baute, J. (2010). Efecto del sombrío con especies de leguminosasa diferentes densidades de siembra sobre la producción de café. Cenicafé 61(1): 35-45.
- Farfan, F.; Baute, J.; Menza, H. Y Sanchez, P. (2016). *Erythrina* sp para sistemas agroforestales con café.
- Gagliardi, S.; Martin, A.; Virginio, E.; Rapidel, B. y Isaac, M. (2015). Intraspecific leaf economic trait variation partially explains coffee performance across agroforestry management regimes. Agriculture, Ecosystems y Environment, 200, 151-160.



- García, O. y Moreno, M. (2015). *Erythrina* alkaloids: Recent advances in their synthesis, isolation and pharmacology. En Alkaloids: Biosynthesis, Biological Roles and Health Benefits pp. 107-130.
- Giovannini, P. y Howes, M. (2017). Medicinal plants used to treat snakebite in Central America: Review and assessment of scientific evidence. *Journal of ethnopharmacology*, 199, 240-256.
- Girardi, C.; Butaud, J.; Ollier, C.; Ingert, N.; Weniger, B.; Raharivelomanana, P. y Moretti, C. (2015). Herbal medicine in the Marquesas islands. *Journal of ethnopharmacology*, 161, 200-213.
- Gomes, C.; Gardin, N. Y Uchiyama, M. (2016). *Erythrina mulungu* Mart. ex Benth e *Erythrina velutina* Willd. –Aspectos farmacológicos y perspectiva antropológica de plantas brasileiras.
- González, R.; Flores, M.; Guerrero, E.; Mendoza, R.; Cárdenas, A.; Aguirre, L. Y Cerna, E. (2013). Efecto insecticida de extractos vegetales, sobre larvas de *Culex tarsalis* (Diptera: Culicidae) en laboratorio. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(2), 273-284.
- Govindarajan, M. y Sivakumar, R. (2014). Larvicidal, ovicidal, and adulticidal efficacy of *Erythrina indica* (Lam.) (Family: Fabaceae) against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti*, and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Parasitology research*, 113(2), 777-791.
- Granados, J.; Ruiz, L. y Forero, E. (2005). Sinopsis de las especies colombianas del género *Erythrina* (Leguminosae: Papilionoideae: Phaseoleae). *Estudios en leguminosas colombianas*. Universidad Nacional de Colombia.
- Gupta, M.; Singh, S. y Pankaj, N. (2017). Ameliorative effect of *Spirulina platensis* and *Erythrina variegata* on oxidative stress in imidacloprid intoxicated white leghorn cockerels. *Toxicology International*, 24(2), 171-177.
- Guzmán, R. (2010). Evaluación de Bloques Multinutricionales para Ovinos Elaborados a Partir de Desechos Agroindustriales de



- Euterpe oleracea y Follajes de *Gliricidia sepium*, *Erythrina fusca* y *Eichhornia crassipes* (Doctoral dissertation, Universidad de Oriente).
- Hemmalakshmi, S.; Priyanga, S.; Vidya, B.; Gopalakrishnan, V. y Devaki, K. (2016). Phytochemical screening and HPTLC fingerprinting analysis of ethanolic extract of *Erythrina variegata* L. Flowers. *Int J Pharm Sci*, 8(3), 210-7.
- Herlina, T.; Gaffar, S. y Widowati, W. (2018). Cytotoxic activity of erypogein D from *Erythrina poeppigiana* (leguminosae) against cervical cancer (HeLa), breast cancer (MCF-7) and ovarian cancer (SKOV-3) cells. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1013, No. 1, p. 012198). IOP Publishing.
- Herlina, T.; Julaeha, E.; Kurnia, D. y Supratman, U. (2013). Potential of dadap ayam (*Erythrina variegata*) plant as herbal medicine. *Journal Medika Planta*, 1(4).
- Herlina, T.; Madihah, M.; Deni, D. y Amien, S. (2017). Subchronic Toxicity of Methanol Extract From *Erythrina Variegata* (Leguminosae) Leaves on Male Wistar Rats (*Rattus Norvegicus*). *Molekul*, 12(1), 88-98.
- Herlina, T.; Mardianingrum, R.; Gaffar, S. y Supratman, U. (2017). Isoquinoline Alkaloids from *Erythrina poeppigiana* (Leguminosae) and Cytotoxic Activity Against Breast Cancer Cells Line MCF-7 In Silico. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 812, No. 1, p. 012091). IOP Publishing.
- Herrera, M. y Arguedas, E. (2017). Efecto de la especie de leguminosa y la fuente de carbohidratos en la calidad física y química de mezclas para ensilaje. *Nutrición animal tropical*, 11(1), 52-73.
- Hikita, K.; Hattori, N.; Takeda, A.; Yamakage, Y.; Shibata, R.; Yamada, S. y Kaneda, N. (2018). Potent apoptosis-inducing activity of erypogein K, an isoflavone isolated from *Erythrina poeppigiana*, against human leukemia HL-60 cells. *Journal of natural medicines*, 72(1), 260-266.
- Hikita, K.; Tanaka, H.; Murata, T.; Kato, K.; Hirata, M.; Sakai, T. y Kaneda, N. (2014). Phenolic constituents from stem bark of



- Erythrina poeppigiana* and their inhibitory activity on human glyoxalase I. *Journal of natural medicines*, 68(3), 636-642.
- Jiménez, G.; Mendoza, G.; Soto, L. y Alayón, A. (2015). Evaluation of local energy sources in milk production in a tropical silvopastoral system with *Erythrina poeppigiana*. *Tropical animal health and production*, 47(5), 903-908.
- Khaomek, P.; Ichino, C.; Ishiyama, A.; Sekiguchi, H.; Namatame, M.; Ruangrungsi, N. y Yamada, H. (2008). In vitro antimalarial activity of prenylated flavonoids from *Erythrina fusca*. *Journal of natural medicines*, 62(2), 217-220.
- Kim, E.; Lee, K.; Kim, D. y Rhyu, M. (2010). Vasorelaxant activities of aqueous extracts from twenty medicinal plants used in oriental medicines in isolated rat aorta. *Preventive Nutrition and Food Science*, 15(3), 189-195.
- Kumar, A.; Lingadurai, S.; Shrivastava, T.; Bhattacharya, S. y Haldar, P. (2011). Hypoglycemic activity of *Erythrina variegata* leaf in streptozotocin-induced diabetic rats. *Pharmaceutical biology*, 49(6), 577-582.
- Latham, M. (2002). *Nutrición humana en el mundo en desarrollo* (Vol. 29). Roma: Fao. Capítulo 27.
- Liu, Z.; Chu, S.; Jiang, G. y Liu, S. (2012). Antifeedants from Chinese medicinal herb, *Erythrina variegata* var. *orientalis*, against maize weevil *Sitophilus zeamais*. *Natural product communications*, 7(2), 171-172.
- Macedo, L.; Amorim, T.; Uchôa, A.; Oliveira, A.; Ribeiro, J.; De Macedo, F. y De Sales, M. (2008). Larvicidal effects of a chitin-binding vicilin from *Erythrina velutina* seeds on the mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(3), 802-808.
- Machado, R.; Monteiro, N.; Migliolo, L.; Silva, O.; Pinto, M.; Oliveira, A. y Morais, A. (2013). Characterization and pharmacological properties of a novel multifunctional Kunitz inhibitor from *Erythrina velutina* seeds. *PLoS One*, 8(5), e63571.



- Magos, Gil. Y Lorenzana, M. (2009). Las fases en el desarrollo de nuevos medicamentos. Revista de la Facultad de Medicina UNAM, 52(6), 260-264.
- Mahal, M.; Khatun, Z.; Hossain, T.; Mamun, A.; Hossain, M.; Das, A. y Rahmatullah, M. (2009). Analgesic Effects of *Erythrina variegata* L. Leaves and Soft Stems in Mice. Journal of Phytomedicine and Therapeutics, 14(1).
- Maisuthisakul, P.; Pasuk, S. y Ritthiruangdej, P. (2008). Relationship between antioxidant properties and chemical composition of some Thai plants. Journal of Food Composition and Analysis, 21(3), 229-240.
- Mangathayaru, K.; Sarah, K. y Balakrishna, K. (2014). Estrogenic effect of *Erythrina variegata* L. in prepubertal female rats. Indian Journal of Natural Products and Resources. Vol 5 (3), september 2014, pp 223-227.
- Mantena, K y Tejaswini, G. (2015). Anti inflammatory activity of *Erythrina variegata*. Int J Pharm Sci, Vol 7, Issue 4, 386-388.
- Meneses, C. (2015). Saponinas y flavonoides de *Passiflora ligularis* y evaluación de su actividad antiinflamatoria.
- Meza, G.; Loor, N.; Sánchez, A.; Avellaneda, J.; Meza, C.; Vera, D. Y Ramírez, M. (2014). Inclusión de harinas de follajes arbóreos y arbustivos tropicales (*Morus alba*, *Erythrina poeppigiana*, *Tithonia diversifolia* e *Hibiscus rosa-sinensis*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus Linnaeus*). Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, 61(3), 258-269.
- Montero, E. (2016). Evaluación de las propiedades fermentativas, nutricionales y el costo de elaboración de ensilajes de Poró (*Erythrina poeppigiana*) y Cratylia (*Cratylia argentea*) con niveles crecientes de inclusión de guineo cuadrado (*Musa sp*), para alimentación de rumiantes.
- Mustarichie, R.; Megantara, S. y Saptarini, N. (2017). In-silico study of bioactive compounds of natural materials as a jak- signal transducer and activator of transcription inhibitor for alopecia. Asian J Pharm Clin Res, Vol 10, Issue 11, 2017, 331-336.



- Mustarichie, R.; Wicaksono, I. y Gozali, D. (2017). Anti-Alopecia Activity of DADAP (*Erythrina variegata* L.) Leaves Ethanol Extract. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 9(10), 1849-1854.
- Nasi, A.; Picariello, G. y Ferranti, P. (2009). Proteomic approaches to study structure, functions and toxicity of legume seeds lectins. Perspectives for the assessment of food quality and safety. *Journal of Proteomics*, 72(3), 527-538.
- Njamen, D.; Djiogue, S.; Zingue, S.; Mvondo, M. y Nkeh, B. (2013). In vivo and in vitro estrogenic activity of extracts from *Erythrina poeppigiana* (Fabaceae). *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, 10(1), 63-73.
- Oliveira de Lima, V.; De Araújo, R. Vieira, N.; De Lyra, I.; Da Silva, C.; Coelho, A. y Antunes, E. (2016). Gastroprotective and antielastase effects of protein inhibitors from *Erythrina velutina* seeds in an experimental ulcer model. *Biochemistry and Cell Biology*, 95(2), 243-250.
- OMPI. (2017). Patentes. Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. Tomado de la página web: <http://www.wipo.int/patents/es/>
- OMS. (2017). Farmacorresistencia: Importancia de la resistencia a los antimicrobianos para la salud pública. Tomado de la página web: http://www.who.int/drugresistance/AMR_Importance/es/
- OMS. (2017). Enfermedades transmitidas por vectores. Tomado de: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>
- OMS. (2018). Cancer. Tomado de la página web: <http://www.who.int/cancer/es/>
- Ozawa, M.; Etoh, T.; Hayashi, M.; Komiyama, K.; Kishida, A. y Ohsaki, A. (2009). TRAIL-enhancing activity of *Erythrinan* alkaloids from *Erythrina velutina*. *Bioorganic y medicinal chemistry letters*, 19(1), 234-236.
- Ozawa, M.; Honda, K.; Nakai, I.; Kishida, A. y Ohsaki, A. (2008). Hypaphorine, an indole alkaloid from *Erythrina velutina*,



- induced sleep on normal mice. Bioorganic y medicinal chemistry letters, 18(14), 3992-3994.
- Parra, G.; García, C. Y Cotes, J. (2007). Actividad insecticida de extractos vegetales sobre *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) vector del dengue en Colombia. CES Medicina, 21(1).
- Pino, S.; Prieto, S.; Pérez, M. Y Molina, J. (2004). Género *Erythrina*: Fuente de metabolitos secundarios con actividad biológica. Acta Farm. Bonaerense, 23(2), 252-258.
- Pitchaiah, G.; Viswanatha, G.; Srinath, R.; Nandakumar, K.; Dayabaran, D. y Florance, E. (2010). Anxiolytic and anticonvulsant activity of aqueous extract of stem bark of *Erythrina variegata* in rodents. Int J Parm Tech Res, 2(1), 40-48.
- Rai, V.; Ramanath, V.; Kevin, S. y Kedilaya, H. (2017). In vitro evaluation of anticancer potential of *Erythrina variegata* L. On breast cancer cell lines. Asian J Pharm Clin Res, Vol 10, Issue 7, 2017, 305-310.
- Rebello, N. (2016). In vitro screening of the sunscreen potential of hydroalcoholic *Erythrina variegata* bark extract. International Journal of Green Pharmacy (IJGP), 10(3).
- Régnier, C.; Bocage, B.; Archimède, H.; Noblet, J. y Renaudeau, D. (2013). Digestive utilization of tropical foliage of cassava, sweet potatoes, wild cocoyam and *Erythrina* in Creole growing pigs. Animal Feed Science and Technology, 180(1-4), 44-54.
- Roa, M. y Muñoz, J. (2012). Evaluation of in situ degradability in cattle supplemented on four tree species. Revista MVZ Córdoba, 17(1), 2900-2907.
- Rodrigues, F.; De Sousa, C.; Ximenes, N.; Almeida, A.; Cabral, L.; Patrocínio, C. y Vasconcelos, S. (2017). Effects of standard ethanolic extract from *Erythrina velutina* in acute cerebral ischemia in mice. Biomedicine y Pharmacotherapy, 96, 1230-1239.
- Ruiz, L.; Gradstein, S. Y Bernal, R. (2017). *Erythrina*. En Bernal, R., S.R. Gradstein y M. Celis (eds.). (2015). Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias



- Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>
- Sahoo, K.; Panda, S.; Das, D. y Dhal, N. (2012). In vitro analysis of antimicrobial activity of stem extracts of *Erythrina variegata* L.: a useful medicinal plant. *Int J Pharma Bio Sci*, 3, B766-B772.
- Sánchez, A.; Torres, E.; Buste, F.; Barrera, A. y Sánchez, J. (2018). Tropical forages as a dietary alternative in fattening rabbits (*Oryctolagus cuniculus* L.). *Acta Agronómica*, 67(2).
- Santhiya, N.; Priyanga, S.; Hemmalakshmi, S. y Devaki, K. (2016). Phytochemical analysis, Anti inflammatory activity, in vitro antidiabetic activity and GC-MS profile of *Erythrina variegata* L. bark. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* Vol, 6(07), 147-155.
- Santos, W.; Da Silva, A.; Santos, C.; Santana, A. y Marçal, R. (2012). In vitro and ex vivo anticholinesterase activities of *Erythrina velutina* leaf extracts. *Pharmaceutical biology*, 50(7), 919-924.
- Sarwat, S. y Ahmad, N. (2012). Screening of potential medicinal plants from district sawat specific for controlling women diseases. *Pak J Bot*, 44(4), 1193-8.
- Scopus. (2018). Tomado de la página web: https://www-scopus-com.ezproxy.unal.edu.co/term/analyzer.uri?sid=d9174c2935f6cb4573d033e603eb711byorigin=resultslistysrc=sys=TITLE-ABS-KEY%28Erythrina%29ysort=plf-fysdt=bysot=bysl=24ycount=2031yanalyzeResults=Analyze+resultsytxGid=080_a4558f8313d8476c8e9f8ddcaa7be.
- Selvam, C.; Jordan, B.; Prakash, S.; Mutisya, D. y Thilagavathi, R. (2017). Pterocarpan scaffold: A natural lead molecule with diverse pharmacological properties. *European journal of medicinal chemistry*, 128, 219-236.
- Silva, T. (2016). Desenvolvimento farmacotécnico de gel dermatológico de *Erythrina velutina* Willd. (Mulungu) e determinação de sua atividade antimicrobiana.
- Singh, K.; Kaur, M.; Rup, P. y Singh, J. (2009). Effects of Indian coral tree, *Erythrina indica* lectin on eggs and larval development of



- melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae*. Journal of environmental biology, 30(4).
- Siqueira, C.; Cabral, D.; Peixoto, T.; De Amorim, E.; De Melo, J.; Araújo, T. y De Albuquerque, U. (2012). Levels of tannins and flavonoids in medicinal plants: evaluating bioprospecting strategies. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2012.
- Sousa, F.; Melo, C.; Citó, M.; Félix, F.; Vasconcelos, S.; Fonteles, M. y Viana, G. (2008). Plantas medicinais e seus constituintes bioativos: Uma revisão da bioatividade e potenciais benefícios nos distúrbios da ansiedade em modelos animais. *Rev. Bras. Farmacogn*, 18(4), 642-54.
- Sowndhararajan, K.; Joseph, J. y Rajendrakumaran, D. (2012). In vitro xanthine oxidase inhibitory activity of methanol extracts of *Erythrina indica* Lam. leaves and stem bark. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(3), S1415-S1417.
- Sudiono, J.; Sandra, F.; Saputri, N.; Kadrianto, T. y Melinia, M. (2013). Bactericidal and cytotoxic effects of *Erythrina fusca* leaves aquadest extract. *Dental Journal: Majalah Kedokteran Gigi*, 46(1), 9-13.
- Tanaka, H.; Atsumi, I.; Shiota, O.; Sekita, S.; Sakai, E.; Sato, M.; Murato, H.; Darnaedi, D. y Chen, I. (2011). Three New Constituents from the Roots of *Erythrina variegata* and their antibacterial activity against methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*. *Chemistry y biodiversity*, 8(3), 476-482.
- Teixeira, F.; Santos, F.; Sarasqueta, D.; Alves, M.; Neto, V.; De Paula, I. y Marchioro, M. (2008). Benzodiazepine-Like Effects of the Alcohol Extract from *Erythrina velutina*. Leaves: Memory, Anxiety, and Epilepsy. *Pharmaceutical biology*, 46(5), 321-328.
- Thongmee, P. y Itharat, A. (2016). Anti-inflammatory Activities of *Erythrina variegata* Bark Ethanolic Extract. *Journal of the Medical Association of Thailand= Chotmaihet thangphaet*, 99, S166-71.



- Vasconcelos, S.; Sales, G.; Lima, N.; Lobato, R.; Macêdo, D.; Barbosa, J. y Viana, G. (2011). Anti-inflammatory activities of the hydroalcoholic extracts from *Erythrina velutina* and *E. mulungu* in mice. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 21(6), 1155-1158.
- Vijaya, G.; Chitti, N.; Ravi, P.; Subba, D. y Venkateswarlu, P. (2008). Potential of *Erythrina variegata* orientalis leaf powder for the removal of cobalt (II). *Chemical Engineering Communications*, 196(4), 463-480.
- Villanueva, C.; Ibrahim, M. Y Casasola, F. (2008). Valor económico y ecológico de las cercas vivas en fincas y paisajes ganaderos. 1ª edición, Turrialba, C.R: CATIE.
- Vioque, J.; Sánchez, R.; Clemente, A.; Pedroche, J.; Yust, M. Y Millán, F. (2000). Péptidos bioactivos en proteínas de reserva. *Grasas y Aceites*, 51, 361-365.
- Vivot, E.; Sánchez, C.; Cacik, F. Y Sequin, C. (2012). Actividad antibacteriana en plantas medicinales de la flora de Entre Ríos (Argentina). *Ciencia, docencia y tecnología*, (45), 131-146.
- Wardani, A.; Mun'im, A. y Yanuar, A. (2018). Inhibition of HIV-1 Reverse Transcriptase of Selected Indonesia Medicinal Plants and Isolation of the Inhibitor from *Erythrina variegata* L. Leaves. *Journal of Young Pharmacists*, 10(2), 169.
- Zhang, Y.; Li, Q.; Li, X.; Wan, H. y Wong, M. (2010). *Erythrina variegata* extract exerts osteoprotective effects by suppression of the process of bone resorption. *British journal of nutrition*, 104(7), 965-971.





Fuente: Autores.

Capítulo 3

CHACHAFRUTO: ALIMENTO DEL *Futuro*

Generalidades

Las semillas y otras partes obtenidas de plantas de la familia Leguminosae conforman una fuente importante de proteína vegetal y, en general, de una gran cantidad de nutrientes; algunas de sus especies (frijol, maní, arveja, lenteja, garbanzo, habas, entre otras) son cultivadas con fines comerciales (Cubero, 1983) y otras como el chachafruto (*Erythrina edulis*), única especie comestible del género *Erythrina*, es considerada una planta promisoriosa, multipropósito y se encuentra incluida en el catálogo de plantas encaminadas a los procesos de seguridad alimentaria; no obstante, los estudios realizados sobre esta planta son muy escasos, aunque el uso tradicional que se le ha dado es bastante amplio.

Esta especie fue descrita por Triana ex Micheli y publicado en el *Journal of Botanique* (Morot) 6(8): 145, en 1892. Su género proviene del griego ερυθρός (erythros) “rojo”, haciendo referencia al color intenso de las flores de algunas especies representativas, y *edulis*: epíteto latino que significa “comestible” (Trópicos, 2018); se encuentra en países como Venezuela, Perú, Bolivia, Argentina, Panamá, Ecuador y Colombia (Lojan, 1992).

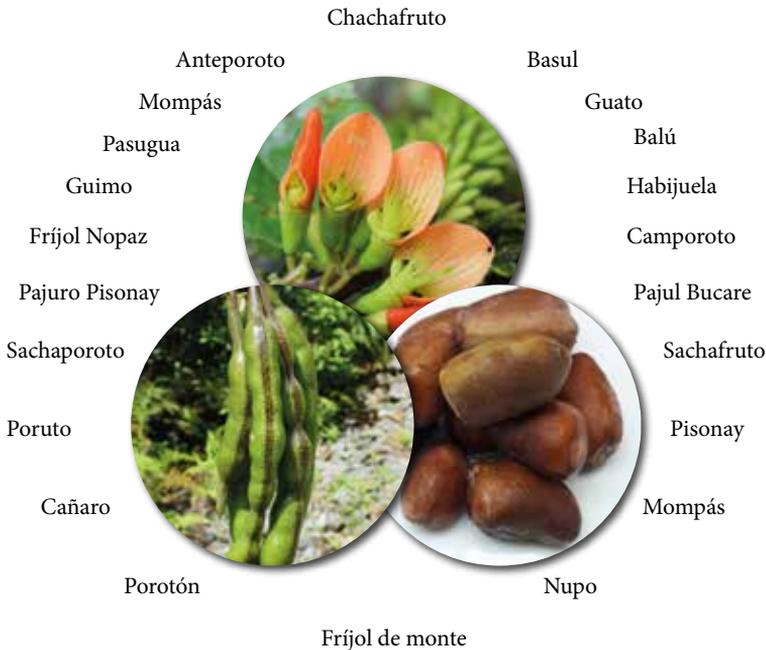
Específicamente, en el territorio colombiano su distribución altitudinal se reporta entre los 1.200 y 2.500 m.s.n.m. (Jimenez, Londoño y Piedrahita, 2004); geográficamente es común en departamentos como Antioquia, Boyacá, Cauca, Chocó, Cundinamarca, Huila, Meta, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Quindío, Santander, Valle y Tolima, pero en general



es nativa de la cordillera de los andes (Acero, Bernal y Rodríguez, 2000). Esta amplia distribución ha llevado a que se le de un tratamiento diferente en cada región y a que se le nombre de diversas maneras (Figura 31).

Como se mencionó antes, al ser una leguminosa multipropósito sus usos han abarcado desde la alimentación humana y animal (fruto completo y el forraje), la recuperación de suelos degradados (fijación de nitrógeno), formación de cercas vivas y de sombrío (árboles) (Mejía, Jaramillo y Barrera, 1993), además de algunos usos medicinales como diuréticos, hipoglucemiantes y anticonceptivo, empleando principalmente sus hojas, flores y raíces (Escamilo, 2012). El chachafruto es una de las especies más versátiles del género, con un amplio espectro de usos y cuya función principal está estrechamente relacionada con la seguridad alimentaria (Arango, Bolaños, Ricaurte, Caicedo y Guerrero, 2012).

Figura 31. Nombres comunes otorgados en diferentes regiones a *E. edulis*.



Aunque la producción de esta leguminosa en el ámbito nacional no es tan marcada, en la última década se ha evidenciado un aumento, pasando de alrededor de 50 t en 2008 a 600 t, aproximadamente, en 2014. Adicionalmente, al no ser una leguminosa tan reconocida, presenta un valor monetario inferior al de otras de gran importancia en la canasta familiar, como el frijol, la arveja y el maní (IAVH, 2003; AGRONET, 2017).

En adelante, centraremos la atención en los reportes que durante la última década han relacionado a *E. edulis* con algunas de las áreas tratadas a lo largo del texto (farmacología, agricultura y alimentación), destacando los avances que se han logrado en el departamento del Tolima.

Farmacología

El alto contenido de proteína presente en la semilla de *E. edulis*, sumado al creciente número de bioactividades reportadas para las proteínas de origen vegetal, ha despertado interés en la evaluación de esta como una fuente importante de agentes antioxidantes, en torno de lo cual gira el único reporte de esta década. En dicho estudio hidrolizaron la proteína de la semilla empleando tres enzimas por separado (Flavourzyme, Alcalasa, Neutrasa); posteriormente, aislaron por ultrafiltración los péptidos < 3KDa, 3-10KDa y >10KDa para evaluar la actividad antioxidante frente al radical ABTS•+ y por el método de ORAC. Se evidenció que los péptidos < 3KDa obtenidos por la hidrólisis con Alcalasa mostraron mejor actividad en los ensayos evaluados.

Adicionalmente, se reporta un alto contenido de aminoácidos esenciales y no esenciales, a los cuales los autores del estudio les atribuyen su actividad, por lo que lo proponen en la formulación de alimentos funcionales y agentes antioxidantes en la industria alimentaria (Intiquilla *et al.*, 2016).



Se hace evidente la falta de investigación en esta área en la última década, desaprovechando el potencial que tienen esta especie para el desarrollo científico y tecnológico, como sí se observó en las especies mencionadas en el capítulo anterior.

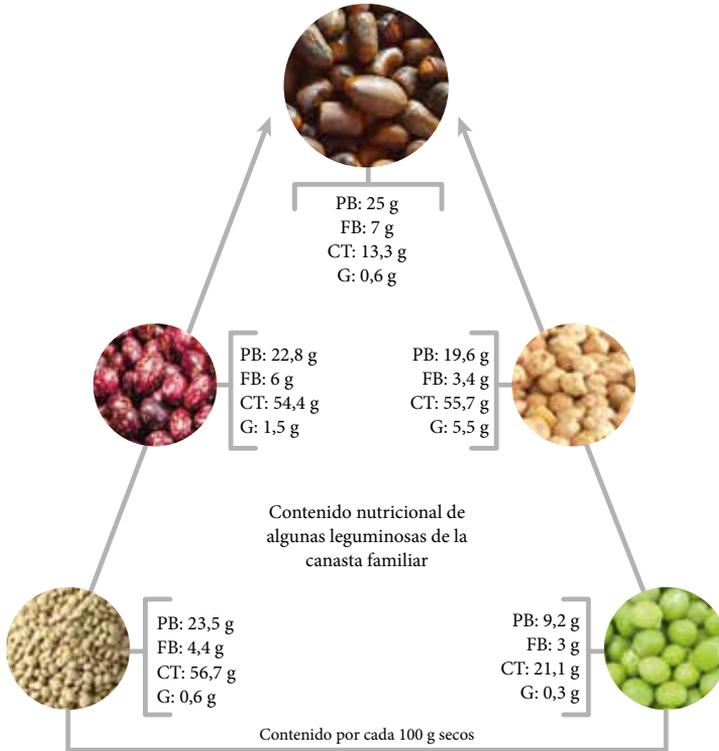
Alimentación

Años atrás la función esencial de la alimentación consistía solo en aportar los nutrientes necesarios para desarrollar nuestras actividades diarias. En la actualidad, se conoce de manera más amplia la relación directa que tienen la alimentación y la salud (“comer sano”), lo que ha hecho que haya un mayor interés en cómo, a través de la dieta, y del consumo de ciertos alimentos, se pueden prevenir, e incluso tratar ciertas enfermedades; por tanto, la ingesta diaria debe aportar más que nutrientes, es decir, alimentos (funcionales) que ayuden a mejorar la salud y disminuyan el riesgo de contraer enfermedades de impacto mundial, como el cáncer, la obesidad, las enfermedades cardiovasculares y la diabetes (Martínez y De Victoria 2006; Cruzado y Cedrón 2013).

El valor nutracéutico que posee el chachafruto respecto de otras especies de la familia es evidenciado en la Figura 32, en la que se puede observar que el contenido proteico del chachafruto es elevado respecto del de otras leguminosas de amplio consumo, como el frijol, la arveja y la lenteja en la alimentación humana; además, el alto contenido de fibra y de otros componentes hacen de esta especie una fuente potencial para la alimentación animal, lo que resalta la importancia de este producto en programas de seguridad alimentaria, ya que es una planta nativa con una buena producción anual (Méndez *et al.* 2013).



Figura 32. Comparación en el contenido nutricional de algunas leguminas de la canasta familiar y *E. edulis*.



Dónde: PB: proteína bruta; FB: fibra bruta; CT: carbohidratos totales y G: grasa.

Fuente: Elaborado con información tomada de Méndez *et al.* 2013.

Por lo anterior, todos los reportes que se tienen frente a esta área serán subdivididos en alimentación animal y alimentación humana, con el fin de evidenciar los avances alcanzados en cada uno de estos campos, para, finalmente, generar perspectivas sobre el futuro de esta especie en los ámbitos regional, nacional y mundial.

• **Alimentación animal**

A pesar de que la información científica es muy escasa, se han encontrado una serie de documentos en los que se hace referencia al uso de la harina de chachafruto como suplemento



dietario de algunos animales que se consumen en la dieta humana.

Uno de ellos es el realizado por Guevara *et al.* (2013), en el que utilizaron harina de chachafruto como suplemento alimentario para cuyes, el cual tuvo como resultado un efecto positivo sobre los parámetros productivos; adicionalmente, los animales que recibieron concentrado con 2% de dicha harina presentaron la mejor conversión alimenticia y el mejor rendimiento de carcasa. Otro factor importante que reportan los autores es el beneficio económico para los productores.

Por otra parte, Morillo *et al.* (2013), utilizaron la harina del chachafruto y de soya como suplemento alimentario en la dieta de alevines de cachama negra, teniendo como resultado ganancias de pesos similares con la dieta control, es decir, no se observaron diferencias significativas en cuanto al crecimiento de los peces con las diferentes dietas, por lo que se puede afirmar que una sustitución total de la harina de pescado por harina de chachafruto y harina de soya conduciría a buenos resultados para la alimentación de alevines de cachama negra, presentando una mayor rentabilidad.

La harina de chachafruto (*Erythrina edulis*) y de quiebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*) se evaluó en la alimentación del caracol de tierra (*Helix aspera*), teniendo como control el concentrado que normalmente se le suministra.

Se logró demostrar que para las variables ganancia de peso y mortalidad no se presentaron diferencias significativas. Por lo tanto, la utilización de los recursos vegetales como el chachafruto y el quiebrabarrigo, que son plantas con alto valor nutritivo, pueden remplazar el concentrado de aves, que comúnmente es utilizado en la alimentación de caracoles (Jaramillo, García y Montoya, 2013).

Los trabajos mencionados emplearon la semilla como suplemento alimentario; sin embargo, autores como Mamani



(2014) y Sánchez (2018) reportaron el uso de la harina de hoja para la alimentación de gallinas y conejos. En el primer caso se evaluaron dos tratamientos con contenido del 3% y del 5% de harina, con el fin de establecer cómo influía la dieta de los animales en la calidad de los huevos, encontrándose que en ambos tratamientos mejoraba la producción en más de un 80%, con un peso promedio de 68 g; además, aumentó el color de la yema (parámetro importante de calidad), como consecuencia de la presencia de carotenoides y xantofilas.

En conejos, se logró una ganancia de peso de alrededor de 29 g/día, posiblemente debido al alto contenido de fibra (16,6%), por lo cual los autores recomiendan una dieta suplementada con un contenido de harina de hoja entre el 15 y 25%.

• Alimentación humana

En la búsqueda de alimentos funcionales, se ha comprobado que la proteína animal posee altos contenidos de grasas saturadas y de colesterol, lo que aumentan el riesgo de contraer enfermedades cardiovasculares y diabetes (Martínez y De Victoria, 2006), razón por lo cual la OMS (2003) recomendó disminuir su consumo e incrementar el consumo de proteína vegetal, debido a sus ventajas como bajo contenido de colesterol, grasas saturadas, alto contenido de fibra y aporte de numerosos nutrientes y aminoácidos esenciales, características que cumple la semilla se chachafruto (Figura 33) (Pérez, Martínez y Díaz, 1979; Mejía, Jaramillo y Barrera, 1993; Barrero y Mejía, 1997; Acero, 2002; Arango *et al.*, 2012; Delgado y Albarracín, 2012; Álzate, Quintero y Lucas, 2013; Umaña, Lopera, y Gallardo, 2013; Peralta, 2014; Intiquilla *et al.*, 2016; D'Amore, 2016).

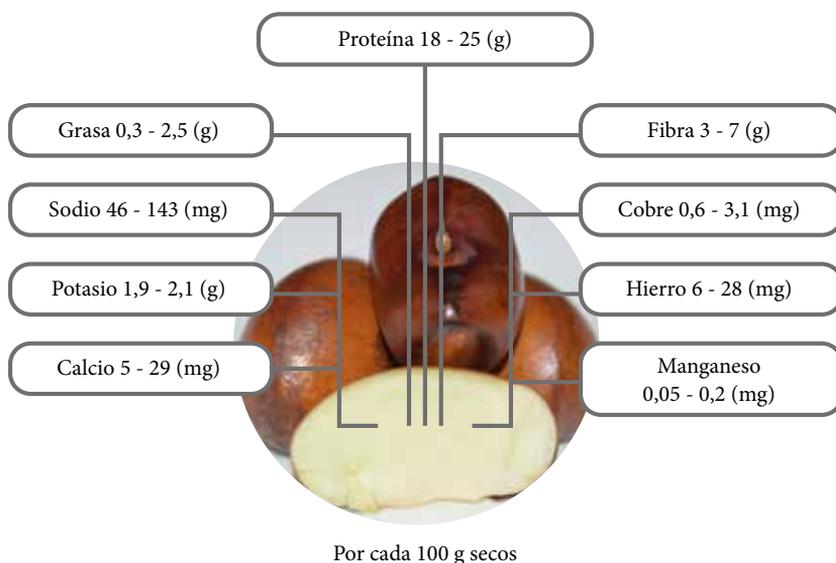
En este sentido, se han realizado estudios sobre la funcionalidad de la harina de chachafruto como sustituto de algunos productos para la alimentación humana. Entre ellos se encuentra el realizado por Zavaleta, Millones,



Torres y Vásquez, (2010), en el cual realizaron una sustitución parcial de harina de trigo con harina y pasta de chachafruto para la elaboración de pan enriquecido, llegando a la conclusión de que los resultados obtenidos en la investigación demuestran que es posible tecnológicamente diversificar el uso del chachafruto en forma de harina y pasta para la industria de la panificación, mejorando el valor nutricional de los mismos, específicamente en lo relacionado con el contenido de proteína, cenizas y carbohidratos, ya que el contenido de proteínas de la harina (20,02%) y pasta (12,90%) de chachafruto fueron superiores en comparación con la proteína de la harina de trigo (10,69%).

De igual manera, Beltrán y Monsalve (2009), reportaron potencial en la harina de chachafruto en la panificación, y describieron el uso de esta en la elaboración de arepas, pan, postres, dulces, galletas e incluso sopas.

Figura 33. Contenido nutricional de la semilla de *E. edulis*.



Fuente: Autores.



Adicionalmente, se ha publicado un estudio en el que se reportan las propiedades tecno-funcionales que provee la harina chachafruto a las redes estructurales de muffins (Silva *et al.* 2015), evidenciando que el contenido de harina de esta especie en la preparación causa una tendencia a incrementar la luminosidad, la tonalidad rojiza y amarillenta de la corteza del producto, reportando que el contenido de gluten puede favorecer la conformación de la estructura para el hinchamiento.

Sin embargo, otros autores como Umaña, Álvarez, Lopera y Gallardo (2013) han reportado que existe un bajo contenido de gluten lo que podría constituir la harina en un producto para emplearse en industria del pan, destinada a personas intolerantes al gluten. No obstante, al no haber consistencia en los reportes, se recomienda continuar con la investigación en este sentido.

De otra parte, Delgado y Albarracín (2012) evaluaron la microestructura y propiedades funcionales de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa W*) y de chachafruto (*Erythrina edulis*) como potenciales extensores cárnicos, al compararlas con harinas comerciales como las de trigo y soya, encontraron que a nivel morfológico las partículas de harina de chachafruto presentan estructuras laminares, mientras que las partículas de las demás harinas presentan arreglos esféricos.

Las harinas de soya y de chachafruto presentaron el mayor contenido de proteína, pero menos capacidad de retención de agua. Los autores expresan que es posible usar las harinas de chachafruto y de quinua en cantidades no mayores al 3% y al 6%, respectivamente, sin generar efectos negativos sobre la calidad y aceptabilidad del producto.

Finalmente, Villafuerte (2015) evaluó en su investigación la capacidad de obtener productos proteicos bajos en fenilalanina a partir del suero dulce de leche y de harina de *Erythrina edulis*, para utilizarlos como suplemento dietario para personas que padecen la enfermedad de fenilcetonuria, comprobando que se



reducen los niveles de estos aminoácidos, pero que la calidad de la proteína baja significativamente.

Otros estudios

Se destaca la investigación de Arango, Bolaños, Ricaurte, Caicedo y Guerrero (2012), en la que se estudió el rendimiento de obtención de un aislado proteico a partir de harina de semillas de chachafruto, mediante diferentes técnicas, para obtener una mayor proporción de proteína.

Encontraron que la extracción alcalina es uno de los métodos más apropiados para la obtención de extractos proteicos de harina de chachafruto, y que la relación harina, solvente y tiempo de extracción son factores que influyen de manera significativa en la cantidad de proteína recuperada, y que los principales tipos de proteínas que contiene el chachafruto son las glutelinas y las albúminas.

Por otra parte, en 2012, González, Agudelo y Salamanca evaluaron la actividad antioxidante de los extractos grasos del chachafruto sobre dos matrices alimenticias: el aceite de soya y la crema de leche, y cómo influían en la rancidez oxidativa de dichos productos.

Encontraron que los extractos no presentan una actividad antioxidante, es decir, no tienen efectos positivos en el retardo de la rancidez.

Aporte regional a la investigación

Teniendo en cuenta lo anterior, en el ámbito departamental regional las entidades académicas y dedicadas a la investigación han iniciado un proceso de apropiación y reconocimiento de



las especies promisorias de la región. Aun cuando no existen cifras exactas sobre la producción ni sobre el establecimiento de cultivos de esta leguminosa en la región, instituciones como la Universidad del Tolima, mediante acercamientos a la comunidad campesina, han logrado establecer que, en zonas como el Cañón del Combeima (Ibagué) y municipios como Cajamarca y Rioblanco se encuentran estos cultivos, en torno de los cuales se han creado asociaciones que, además de suplir la alimentación propia, generan una serie de productos de manera artesanal como yogur enriquecido con chachafruto, arequipe, galletas y harinas para la preparación de tortas.

En estas cadenas de producción emergentes se ha hecho evidente la necesidad de un acompañamiento tecno-científico para suplir vacíos de conocimiento acerca del manejo del cultivo, cosecha y poscosecha, además de la composición bromatológica y fitoquímica de la semilla y de los subproductos (testa y vaina), información que podría contribuir al fortalecimiento de la cadena, abriendo nuevos mercados, como el enriquecimiento de los alimentos (alimentos funcionales), o como fuente de compuestos activos en industrias como la cosmética y la farmacéutica.

Es por esto que el Grupo de Investigación en Productos Naturales de la Universidad del Tolima (GIPRONUT) ha realizado estudios en los que se determinó la composición bromatológica de la semilla, la testa y la vaina, evidenciando que su composición varía de acuerdo con el municipio de procedencia. Además, de estas mismas partes de la planta se obtuvieron extractos etanólicos con altos contenidos de alcaloides, flavonoides y fenoles, de los cuales se evaluó su actividad antimicrobiana y antioxidante, obteniendo buenos resultados, sin presentar toxicidad en células sanguíneas. Adicionalmente, se han obtenido hidrolizados proteicos de la semilla con actividad antioxidante e inhibitoria de la enzima convertidora de angiotensina (ECA), sin toxicidad



en células sanguíneas. Por otra parte, se realizó la caracterización fisicoquímica de la semilla.

Esto ha permitido abrir un amplio panorama de aplicaciones en diversos sectores de la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética, y también en el área de la agricultura.

GIPRONUT continúa sus trabajos con esta leguminosa, en diversas áreas, desde la investigación básica y aplicada.

Bibliografía

- Acero, E.; Bernal, H. y Rodríguez, L. (2000). Muestra agroindustrial de especies promisorias- BIOCAB. Bogotá, Colombia.
- Acero, L. (2002). Guía para el cultivo y aprovechamiento del chachafruto o balú *Erythrina edulis* Triana Ex Micheli. Segunda edición. Bogotá: Convenio Andrés Bello. 15.
- AGRONET. (2017). Precios y producción de leguminosas. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/Precios.aspx>
- Álzate, E.; Quintero, V. y Lucas, J. (2013). Determinación de las propiedades térmicas y composicionales de la harina y almidón de chachafruto (*Erythrina edulis* triana ex micheli). *Temas agrarios*, 18(2), 3.
- Arango, O., Bolaños, V., Ricaurte, D., Caicedo, M., y Guerrero, Y. (2012). Obtención de un extracto proteico a partir de harina de chachafruto (*Erythrina edulis*). *Universidad y Salud*, 14(2), 161-167.
- Barrero, N. y Mejía, M. (1997). Chachafruto, pasado, presente y futuro. Tercera edición. Universidad Nacional de Colombia
- Beltrán, A. y Monsalve, M. (2009). La harina de chachafruto como una alternativa de diversificación en la alimentación de los seres humanos. Tecnológica FITEC. Facultad de Ciencias Administrativas. Bucaramanga, Colombia, 6-20.
- Cruzado, M., Y Cedrón, J. C. (2013). Nutraceuticos, alimentos funcionales y su producción. *Revista de Química*, 26(1-2), 33-36.



- Cubero, J. Y Moreno, M. (1983). Leguminosas de grano. Madrid: Ed. Mundi Prens.
- D'Amore, C. (2016). Evaluación nutricional de harina proteica de *Erythrina edulis*. Universidad Central de Venezuela.
- Delgado, N. Y Albarracín, W. (2012). Microestructura y propiedades funcionales de harinas de quinua (*Chenopodium Quinoa W*) y chachafruto (*Erythrina edulis*): potenciales extensores cárnicos. *Vitae*, 19(1), S430-S432.
- Escamilo, S. (2012). El Pajuro (*Erythrina edulis*) alimento andino en extinción. *Investigaciones Sociales*, 16(28), 97-104.
- González, G.; Agudelo, D. Y Salamanca, Z. (2012). Evaluación de la actividad antioxidante de extractos grasos del balú (*Erythrina edulis*) sobre dos matrices alimenticias. *Revista de Investigaciones de Uniagraria*, 103.
- Guevara, J.; Díaz, P.; Bravo, N.; Vera, M.; Crisóstomo, O.; Barbachán, H. Y Huamán, D. (2013). Uso de harina de pajuro (*Erythrina edulis*) como suplemento en la alimentación de cuyes-lima. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 16(2), 21-28.
- IAVH. (2003). Estudio de Mercado a Nivel Nacional de Productos Derivados del Chachafruto. Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Recuperado de la página: https://www.researchgate.net/publication/265178621_Estudio_de_vigilancia_tecnologica_en_frutos_promisorios_mango_aguacate_cafe_y_chachafruto_para_la_Industria_cosmetica_y_de_aseo_en_el_departamento_del_Tolima-Colombia.
- Intiquilla, A.; Jimenez, K.; Zavaleta, A.; Arnao, I.; Pena, C.; Chávez, E. y Hernández, B. (2016). *Erythrina edulis* (Pajuro) Seed Protein: A New Source of Antioxidant Peptides. *Natural product communications*, 11(6), 781-786.
- Jaramillo, J.; García, A. Y Montoya; J. (2013). Uso de harina de chachafruto (*Erythrina edulis*) y quiebrabarrigo (*Trichanthera gigantea*) en la alimentación del caracol de tierra (*Helix aspersa Máxima*).



- Jiménez, J.; Londoño, G. y Piedrahita, U. (2004) Árboles, Arbustos y Plantas Indicadoras para Atraer a las Aves. Medellín.
- Lojan, L. (1992). El verdor de los Andes: árboles y arbustos nativos para el desarrollo forestal altoandino (No. 634.9709866 L835). Proyecto Desarrollo Forestal Participativo en los Andes, Quito (Ecuador).
- Mamani, E. (2014). Efecto de la harina de hojas de Pisonay (*Erythrina* sp) en la coloración de la yema de huevo en gallinas de postura Hy Line Brown.
- Martínez, O. Y De Victoria, E. (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*, 21() 1-14. Tomado de la página web: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=309226709003>.
- Mejía, M.; Jaramillo, A. Y Barrera, N. (1993). Estudios preliminares sobre desarrollo y manejo de la semilla de chachafruto, *Erythrina edulis* T. *Acta Agronómica*, 43(1-4), 57-68.
- Méndez, J.; Santofimio, T.; Robles, C.; Orjuela, W.; Cardona, E. Y Agudelo, D. (2013). Estudio de vigilancia tecnológica en frutos promisorios (mango, aguacate, café y chachafruto) para la industria cosmética y de aseo en el departamento del Tolima-Colombia. Primera edición. Universidad del Tolima. Pp 187-207.
- Morillo, M.; Visbal, T.; Rial, L.; Ovalles, F.; Aguirre, P. Y Medina, A. (2013). Alimentación de alevines de *Colossoma macropomum* con dietas a base de *Erythrina edulis* y soya. *Interciencia*, 38(2), 121.
- OMS. (2003). Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas. OMS (Organización Mundial de la Salud).
- Peralta, C. (2014). Instalación de módulos demostrativos para la crianza de animales menores con la especie de basul en la provincia de Andahuaylas - Apurímac. Convenio marco de cooperación interinstitucional entre la universidad Nacional José María Arguedas y la Asociación Paz y Desarrollo.
- Pérez, G.; Martínez, C. y Díaz, E. (1979). Evaluation of the protein quality of *Erythrina edulis* (balú). *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 29(2), 193-207.



- Sánchez, K. (2018). Efecto de dietas con recursos forrajeros no convencionales sobre parámetros productivos de conejos nueva Zelanda blanco (*Oryctolagus cuniculus*) bajo producción de agricultura familiar en Silvania (Cundinamarca).
- Silva, S.; Crisóstomo, O.; Álvarez, E.; Mendoza, G.; Rondan, L. Y Rubio, J. (2015). Evaluación de propiedades tecno-funcionales que provee la harina de pajuro (*Erythrina edulis*) a las redes estructurales de Muffins. Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo, 1(1).
- TROPICOS. (2018). Missouri Botanical Garden. Consultado el 18 de enero de 2018 <http://www.tropicos.org/Name/13009270>
- Umaña, J.; Álvarez, C.; Lopera, S. Y Gallardo, C. (2013). Caracterización de harinas alternativas de origen vegetal con potencial aplicación en la formulación. Alimentos Hoy, 22(29), 33-46.
- Villafuerte, F. (2015). Obtención de productos proteicos bajos en fenilalanina a partir de suero dulce de leche y *Erythrina edulis* Triana. Universidad Simón Bolívar. Decanato de estudios de postgrado, coordinación de ciencia de los alimentos y nutrición. Maestría en ciencia de los alimentos.
- Zavaleta, W.; Millones, C.; Torres, E. Y Vásquez, E. (2010). Sustitución parcial de harina de trigo (L.) con harina y pasta de pajuro (Triana) para la elaboración de pan enriquecido. APORTE SANTIAGUINO, 75.





Fuente: Autores

Anexos

**COMPARACIÓN
TAXONÓMICA ENTRE
LAS ESPECIES DEL GÉNERO
Erythrina REPORTADAS
PARA *Colombia***

Glosario

- adnatos.** Adherido, unido.
- alas.** Los dos pétalos laterales de las flores.
- armado.** Estructura que tiene espinas o aguijones.
- bráctea.** Hoja modificada que está junto a las flores.
- bractéolas.** Brácteas de menor tamaño que están situadas sobre el pedicelo floral, entre una bráctea y el cáliz.
- capitado.** Estructura con forma de cabeza.
- cocleada.** Estructura enrollada en espiral.
- connatos.** Estructuras muy próximas entre sí, aunque sin llegar a soldarse.
- constricta.** Ceñidura, estrechamiento.
- coriácea.** Estructura de consistencia parecida a la del cuero.
- cupuliforme.** Estructura que tiene forma de cúpula o de copa pequeña.
- dendríticos.** Estructuras con ramificaciones como árboles.
- elípticos.** Estructuras que tienen forma de elipse.
- emarginado.** Que tiene el ápice con una muesca o escotadura poco profunda.
- endémica.** Distribución limitada de un taxón a un ámbito geográfico reducido y que no se encuentra de forma natural en ninguna otra parte del mundo.
- ensiforme.** Estructura que tiene forma de espada, larga, de bordes paralelos y acabada en punta.



- envés.** Cara inferior de la hoja. Se opone a la haz.
- equinoide.** Especie provista o cubierta de espinas o aguijones, de manera que recuerda un erizo.
- escotado.** Emarginado.
- estaminal.** Relativo o perteneciente a los estambres.
- estipelas.** Pequeñas láminas o escamas que se encuentran en la base de los folíolos o de los segmentos foliares de algunas plantas.
- estipitado.** Estructura provista de pedículo o carpóforo, como el ovario de algunos gineceos.
- estípula.** Apéndice generalmente laminar que aparece con frecuencia en la base de las hojas de muchas especies.
- foliolo.** Cada una de las láminas foliares de una hoja compuesta.
- fusiforme.** Ahusado, que tiene forma de huso.
- gineceo.** Conjunto de los órganos femeninos de la flor.
- glabro.** Estructura totalmente desprovista de pelos.
- glauco.** De color verde claro, con matices azulados o grisáceos.
- haz.** Parte superior de la lámina de la hoja. Se opone a envés.
- lanceolado.** Que tiene forma de lanza.
- micrópilo.** Abertura del rudimento seminal.
- moniliforme.** Que tiene forma de collar, que está compuesto por una serie de segmentos más o menos esféricos, separados por constricciones
- nativa.** Especie que pertenece a una región o ecosistema determinados.
- oblongo.** Dicho de un órgano alargado, más largo que ancho.
- papiláceo.** Que tiene la consistencia y la delgadez del papel.
- peciolo.** Rabillo que une la lámina de una hoja al tallo.
- peciólulo.** Peciolo que sostiene cada uno de los folíolos de los que se compone una hoja compuesta.
- pedicelo.** Cabillo individual de una flor de una inflorescencia.



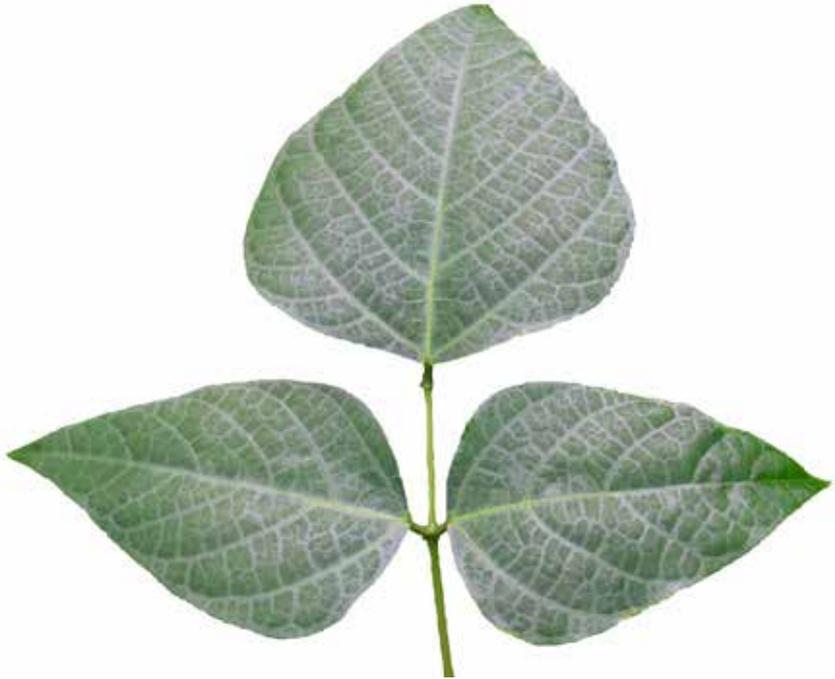
- pericarpo.** Parte del fruto que rodea la semilla y la protege.
- pubérulo.** Dicho de un tallo, hoja, etc., que tiene un aspecto de estar cubierto de polvillo fino, que a menudo corresponde a secreciones cerasas o papila.
- pulvínulo.** Base foliar o foliolar engrosada en forma de cojinete que por variaciones en la turgencia de sus células puede provocar movimientos násticos en las hojas o folíolos.
- quilla.** Parte prominente y más o menos aguda de un órgano.
- raquis.** Nervio medio de las hojas compuestas sobre el que se insertan los folíolos.
- recalcitrante.** Término que hace referencia a las semillas que no sobreviven en condiciones de sequedad y frío.
- reflexo.** Dicho de un órgano que está dirigido hacia la base del tallo.
- reniforme.** Que tiene forma o figura de riñón.
- retuso.** Dicho de un órgano laminar que tiene el ápice truncado y ligeramente escotado, a veces con un apículo en el centro.
- sigmoide.** Curvado dos veces sobre sí mismo.
- subconcoloro.** Dicho de un órgano que tiene el mismo color en todas sus partes.
- subglobosa.** Que tiene forma más o menos esférica.
- terete.** Tallo hueco, cerrado en ambos extremos.
- tricomas.** Excrecencia de morfología variable, formada a partir de células epidérmicas. Son tricomas los pelos, las papilas y las escamas.
- truncado.** Rematado en un plano o en una línea transversal.
- unguiculado.** Provisto de uñas.
- variegado.** Matizado, que tiene colores diversos.
- vexilar.** Perteneciente o relativo al vexilo. Referente a la función exhibitoria o de reclamo del perianto para atraer a los animales polinizantes.



Hoja del género *Erythrina*

Aun cuando todas las especies colombianas poseen hojas trifoliadas, existen algunas diferencias en este órgano, como el tamaño de los folíolos, peciolo y peciólulo, que permiten reconocerlas (Figura 34) (Tabla 13):

Figura 34. Morfología de la hoja del género *Erythrina*.



Fuente: Autores.



Tabla 13. Comparación taxonómica de la hoja de las especies de *Erythrina*.

Carácter Especie	Estípulas	Pecíolo	Peciolúlos	Foliolos
<i>E. Amazonica</i>	Persistentes o caducas	De 12 cm; raquis de 3 a 4,5 cm, estriado longitudinalmente	De 2 a 3 cm, basalmente engrosados, pubérulos; estípelas diminutas, menores de 0,1 cm	De 8 a 17 cm de largo X 6 a 15 cm de ancho, ovados, cartáceos, tricomas simples, pubescentes cuando jóvenes, tornándose glabros en la madurez
<i>E. berteriana</i>	Caducas	Hasta 17 cm, algunas veces armado; raquis de 3,5 a 8,6 cm, en ocasiones armado	De 0,8 a 1 cm, articulados; pulvínulos partidos horizontalmente; estípelas inconspicuas, de 0,1 cm	De 4 a 16 cm largo X 8 a 18 cm de ancho, ovados a ovado-redondeados; base cuneada, ápice cortamente acuminado; glabros por la haz, glaucos y escasamente pubérulos por el envés, los folíolos jóvenes pubescentes, tricomas simples; folíolo terminal romboides, más ancho que largo, ápice obtuso
<i>E. cochleata</i>	Persistentes o caducas, lanceoladas, más o menos coriáceas, 0,7-1 cm de largo	De 5 a 17 cm; raquis de 2 a 5 cm	De 1 cm, articulados; pulvínulos estriados; estípelas diminutas, menores de 0,1 cm	Ovados, de 4,5 a 12 cm de largo X 3 a 7,5 cm de ancho, glabros por la haz, diminutamente pubérulos por el envés, tricomas simples
<i>E. costaricensis</i>	Persistentes o caducas, hasta 1 cm de largo, coriáceas	De 7 a 20 cm; raquis inerme de 3-8 cm, en ocasiones semi-alado	De 1 cm; estípelas diminutas, menores de 0,2 cm	De 8-24 cm de largo x 6-17 cm de ancho; glabros por la haz excepto por la presencia de algunos tricomas simples sobre las venas, densamente pubérulos por el envés, de color blanquecino al secado





Carácter Especie	Estípulas	Pectíolo	Pectiólulos	Foliolos
<i>E. edulis</i>	Caducas	De 12 a 27 cm, algunas veces con la base semi-engrosada a manera de pulvinulo; raquis de 3 a 9 cm	Menores de 1 cm; estípelas diminutas, menores de 0,1 cm	De 12 a 17 cm de largo X 6 a 12 cm de ancho, ovados a ampliamente ovados, pubérulos, tricomas simples; base cuneada a truncada-redondeada; ápice agudo
<i>E. fusca</i>	Caducas	De 5 a 10 cm; raquis 3-5 cm	De 1 a 1,5 cm; estípelas de 0,1 cm, usualmente engrosadas	De 7 a 14 cm de largo X 5,5 a 7,5 cm de ancho, ovados a oblongos, cartáceos; ápice obtuso, glabros por la haz, pubérulo-blanquecinos por el envés, tricomas simples
<i>E. poeppigiana</i>	Caducas	De 5 a 17 cm, algunas veces armado; raquis de 3 a 8 cm, algunas veces armado, estriado longitudinalmente, ferrugíneo	De 0,5 a 1,5 cm; estípelas cupuliformes, estipitadas, hasta 1 cm	De 6 a 19 cm X 6,5 a 18 cm de ancho, rómbicos; ápice acuminado; glabros por el envés, tricomas simples

Carácter		Estípulas	Pecíolo	Peciólulos	Foliolos
Especie					
<i>E. rubrinervia</i>		Caducas	De 6 a 23 cm; raquis de 2 a 8 cm, estriado longitudinalmente	De 0,4 a 0,11 cm, estipelas 7 diminutas, menores de 0,1 cm	Ovados o rómbicos, de 6 a 18 cm X 6 a 12 cm ancho; pubérulos, tricomas simples
<i>E. santamartensis</i>		Sin reporte	De 8 a 12 cm; raquis de 1,5 a 4,5 cm	De 0,4 a 0,5 cm; estipelas diminutas, menores de 0,1 cm	Ovados, de 8,5 a 16,5 cm de largo X 6,3 a 9,2 cm de ancho, de consistencia membranosa
<i>E. uliei</i>		Caducas	De 10 a 15 cm, raquis de 1,5 a 4,5 cm ambos, glabros; pulvínulo liso, glabro	De 0,5 a 1,2 cm, liso, pubérulo, un par de estipelas glandulares sub-globosas en los folíolos laterales y terminales	Ovadas a ovado-elípticas, base aguda o cuneada, de 10 a 15 cm de largo X 8 a 13 cm de ancho, cartáceas, contornos simétricos
<i>E. variegata</i>		Persistentes, de 0,8 a 1,1 cm, lanceoladas, con puntos glandulares	Raquis de 6 a 8 cm, canaliculados, glabros, con tricomas	De 1 a 1,3 cm; pulvínulo marcado, corrugado; estipelas de 0,13 a 0,3 cm, engrosadas	Ovoides-rómbicos, 4 a 18 cm X 3,5 a 21 cm de ancho, variegados, pubescentes en las yemas, tricomas dendríticos-equinoides, persistentes sobre los nervios; base truncada; ápice acuminado, con un punto glandular de 0,1 cm
<i>E. velutina</i>		Caducas	De 6 a 16 cm; raquis 2,5-6 cm	De 0,5 a 0,8 cm; estipelas menores de 0,15 cm	Ovoides, sub-concoloros, de 6 a 12 cm X 7 ba 14 cm de ancho, base cuneada a truncada; ápice obtuso, redondo, pubescentes, con tricomas dendríticos

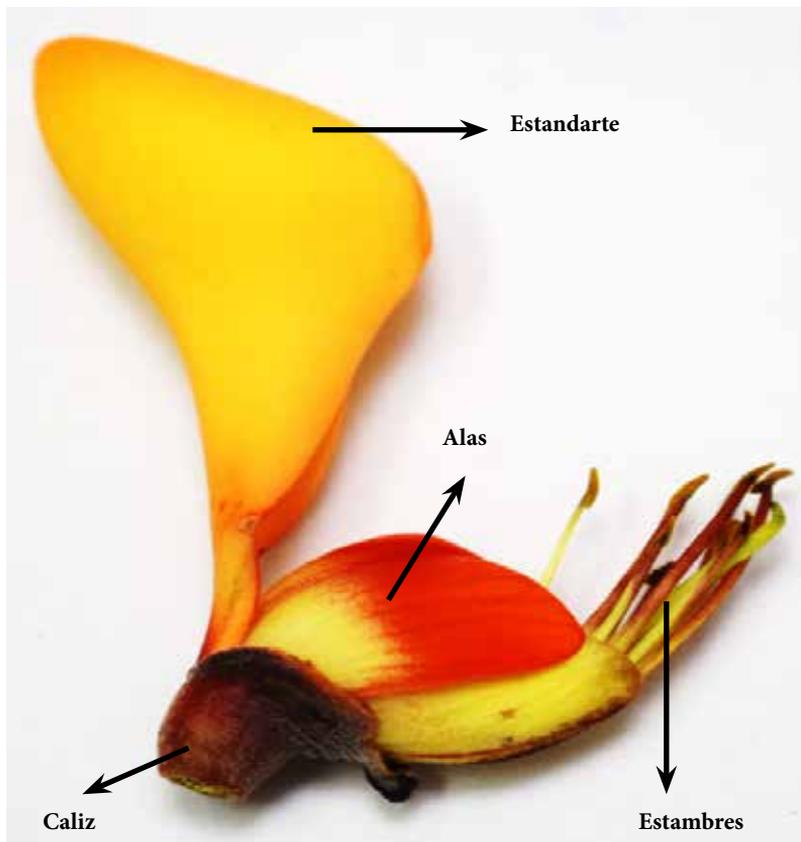
Fuente: Granados, Ruiz y Forero, 2005; Lozano y Zapater, 2010; Avendaño y Castillo, 2014; Ventrichi, 2014.



Flor del género *Erythrina*

La flor es uno de los caracteres más relevantes a la hora de determinar o identificar especies. Para este género Linneo consideró específicamente la forma de los verticilos como un factor determinante. A continuación, se presentan las características más relevantes de las especies colombianas (Figura 35) (Tabla 14):

Figura 35. Morfología de la flor del género *Erythrina*.



Fuente: Autores.



Tabla 14. Comparación taxonómica de la flor de las especies de *Erythrina*.

Carácter					
	Inflorescencia	Cáliz	Estandarte	Estambre	Ovario
<i>E. Amazonica</i>	Terminal, hasta de 31 cm; pedicelos menores de 0,35 cm; brácteas heteromorfas formando un involucre basal; brácteas basales de 0,4 a 0,7 cm, coriáceas, ovadas; brácteas distales de 1,2 a 1,5 cm, coriáceas, linear lanceoladas	Campanulado, pubérulo, tricomas dorsales en material seco, levemente escotado, 2,1 cm en el lado más largo y 1,8 en el lado más corto, rematando en una saliente de 0,10 a 0,15 cm, consistencia subcartácea	De 6 a 8 cm de largo X 1 a 1,3 cm de ancho, angostamente elíptico, papiloso, pubérulo externamente; alas de 1 a 1,2 cm de largo X 0,5 cm ancho, obovado-oblongas, levemente atenuadas hacia la base; pétalos de la quilla parcialmente adnatos, separándose fácilmente, semicirculares; de 0,8 a 0,9 cm de largo X 0,4 de ancho	Vexilar de 5 cm de largo; tubo estaminal de 1,4 cm de largo; porción libre de filamentos de 2 a 2,5 cm, alados, engrosados apicalmente; antera vexilar de 0,2 cm de largo, las demás, de hasta 4 mm	De 4 a 4,5 cm de largo, densamente pubescente; estípite de 1 cm; estilo hasta de 2 cm de largo, parcialmente pubescente; estigma pequeño, capitado, menor de 0,2 cm
<i>E. berterovana</i>	Terminal o pseudo-terminal, de 7 a 30 cm; pedicelos de 0,3 a 0,6 cm; brácteas y bractéolas ovadas, menores de 1 cm de largo	Cilíndrico, entero, escotado, emarginado hacia el ápice, el lado más largo de hasta 2,4 cm, y el más corto de hasta 2 cm, diminutamente pubérulo	De 5 a 9 cm de largo X 1,1 cm de ancho, oblongo-elíptico, naranja a rojo, diminutamente papiloso, base cuneada; alas de 0,5 a 0,7 cm de largo X 0,3 cm de ancho, oblongas; uña de 0,2 a 0,23 cm; pétalos de la quilla semicirculares, de 1 cm de largo X 3 cm de ancho	Vexilar de 5 cm, libre en 1/3 basal del largo total de los estambres; los demás estambres menores de 6 cm de largo, libres en el tercio superior de su longitud; tubo estaminal de 1,5 a 1,8 cm; anteras de 0,2 cm de largo	De 2 a 2,5 cm de largo, recto, lineal, densamente pubescente; estilo de 2 a 2,2 cm de largo; estigma pequeño, capitado



Carácter					Ovario
	Inflorescencia	Cáliz	Estandarte	Estambre	
<i>E. cochleata</i>	Terminal o pseudo-terminal, De hasta 20 cm; pedicelos 0,4 a 0,6 cm; brácteas y bractéolas caducas	Cilíndrico, de hasta 2,2 cm de largo, diminutamente pubérulo; con 4 a 5 lóbulos prominentes, acumulados, de 0,4 a 0,6 cm de largo	De 9 cm de largo X 1 cm de ancho, oblongo-elíptico, base cuneada, diminutamente papiloso; alas de 1,5 a 2 cm de largo X 0,3 cm de ancho; triangular deltoides; uñas de 0,13 a 0,16 cm; pétalos de la quilla oblongos elípticos, de 1,5 cm de largo X 0,4 cm de ancho	Vexilar de 5 cm de largo; tubo estaminal de 4,5 a 5 cm de largo; porción superior de los filamentos de 2 cm de largo, engrosados apicalmente; anteras de 0,15 a 0,2 cm de longitud	De 3 a 3,6 cm de largo, densamente pubescente; estilo de 0,6 cm de largo; estigma pequeño, capitado
<i>E. costaricensis</i>	Terminales o pseudo-terminales, menores de 20 cm; pedicelos menores de 0,4 cm; brácteas y bractéolas lineares, de hasta 0,2 cm, caducas	Cilíndrico, ampliamente escotado y con ápice tridentado, margen engrosado, de hasta 2,3 cm de longitud del lado más largo y 1,7 cm del lado más corto, los tricomas caducas	De 7 a 9 cm de largo X 1 cm de ancho, angostamente elíptico, base cuneada, diminutamente papiloso; alas de 0,7 a 1,9 cm de longitud X 0,4 cm de ancho, obovadas a oblongas; uñas de 0,3 cm; pétalos de la quilla de 1,5 cm de largo X 0,5 cm de ancho, semicirculares, inequiláteras, ensiformes, margen denticulada	Vexilar libre en el 1/3 de la longitud del gineceo, de 4 a 5 cm de longitud; tubo estaminal de 1,1 a 1,4 cm de largo; filamentos libres en los 2/3 de la longitud total de los estambres; estambre más largo, de hasta 8 cm de longitud; anteras de 0,2 a 0,3 cm de longitud	De 3,5 a 4 cm de largo, suavemente curvado, densamente pubescente; estilo glabro, pubérulo en la base; estigma pequeño, capitado

Carácter					Ovario
	Inflorescencia	Cáliz	Estandarte	Estambre	
<i>E. crista-galli</i>	En fascículos axilares, de 2 a 3 flores; pedicelos hasta de 1 a 3 cm de largo y de 0,1 a 0,15 cm de ancho; brácteas y bractéolas lineares, lanceoladas, caducas	Anchamente campanulado, bilabiado, con dos salientes pequeñas, menores de 1 cm de longitud	Hasta de 4 a 5 cm de largo, recurvado, anchamente elíptico, sigmoide, base cuneada, diminutamente papiloso; alas de 0,8 cm de largo X 0,25 a 0,30 cm de ancho, ovadas a oblongas; pétalas de 0,2 mm de largo; pétalos de la quilla adnatos	Vexilar casi del mismo tamaño de los demás estambres; tubo estaminal de 0,5 cm de largo; filamentos libres, menores de 4 cm de largo; anteras de 0,2 a 0,3 cm - de largo	De 2,5 cm de largo, densamente pubescente; estilo glabro; estigma unguiculado
<i>E. edulis</i>	De 12 a 30 cm, pseudoterminales, a veces caulinares; pedicelos de 0,4 cm; brácteas y bractéolas lanceoladas, de 0,3 a 0,5 cm, caducas	Campanulado, bilobado a trilobado, profundamente escotado, sin salientes, hasta 1,5 cm de largo, diminutamente pubérulo	De 2 a 3 cm de largo X 1 a 1,3 cm de ancho, de ovado-elíptico a anchamente elíptico, erecto, base cuneada, ápice emarginado a retuso, diminutamente papiloso, membranoso; alas de 0,4 a 0,8 cm de largo, oblongas; pétalos de 0,1 cm de largo; pétalos de la quilla parcialmente adnatos, separándose fácilmente, De 1 a 1,4 cm de largo X 0,5 a 0,7 cm de ancho, de oblongos a semicirculares	Vexilar, de 1,6 a 2,1 cm de largo; tubo estaminal de 1 cm de largo; los demás estambres casi de la misma longitud del vexilar; anteras de 0,1 cm de longitud	De 1,5 a 2 cm de longitud, densamente pubescente; estigma capitado



Carácter	Inflorescencia	Cáliz	Estandarte	Estambre	Ovario
<p><i>E. fusca</i></p>	<p>Terminal o pseudo-terminal, de 15 a 28 cm; pedicelos De 0,7 a 0,15 cm; brácteas y bractéolas deltoides, de 0,15 a 0,3 cm, pubescentes, caducas, con presencia de puntos glandulares</p>	<p>Campanulado, asimétrico, el borde con un corto escote y una saliente apical bajo la cual se forman constricciones a manera de arrugas, de 1 a 1,3 cm de largo, pubérulo, glabro en la madurez</p>	<p>De 5 a 6 cm X 3 a 4 cm de ancho, color naranja en vivo, anchamente obovado, base angostamente atenuada, diminutamente papiloso; alas de 2,5 a 3 cm de largo, oblongo sigmoides; uñas de 0,05 cm; pétalos de la quilla totalmente adnatos, pareciendo formar un solo pétalo, 2,7 a 3 cm de largo X 1 a 1,5 cm de ancho, ovoides</p>	<p>Vexilar, de 3 a 3,5 cm de largo; tubo estaminal de 0,7 a 0,8 cm de longitud; el estambre más largo de hasta 5,1 cm de longitud; filamentos sub-alados; anteras de 0,27 a 0,35 cm de largo, tecas negras con borde amarillo en material seco</p>	<p>De 2 a 3 cm de largo, sigmoide, densamente pubescente; estigma pequeño, capitado</p>
<p><i>E. poeppigiana</i></p>	<p>Terminal de 8 a 18 cm; pedicelos de 0,5 a 1,2 cm; flores en grupos de 3 a 6 brácteas y bractéolas de hasta 0,15 cm, ovadas</p>	<p>De 0,5 cm de largo, campanulado, simétrico, truncado, liso, borde entero, algunas veces con una pequeña saliente, de 1 cm</p>	<p>De 3 a 5 cm de largo, de color rojo a naranja, elíptico, diminutamente papiloso con el borde ondulado; alas de 1,1 cm de largo X 0,5 cm de ancho, obovadas; uñas de 0,1 cm; pétalos de la quilla hasta de 4 cm de largo, totalmente adnatos, pareciendo formar un solo pétalo, sigmoides</p>	<p>Vexilar casi libre, de 4 cm de largo; el estambre más largo de 4 a 4,5 cm; anteras de 0,1 a 0,12 cm de longitud</p>	<p>De 2 cm de largo, glabrescente; estipite de 1 a 1,2 cm de largo; estilo glabro; estigma capitado y curvado</p>

Carácter					
	Inflorescencia	Cáliz	Estandarte	Estambre	Ovario
<i>E. rubrinervis</i>	Pseudoterminal, De 7 a 25 cm; pedicelos de 0,3 a 0,7 cm; brácteas y bractéolas de 0,05 cm, angostamente elípticas, caducas	De color rojo, algunas veces violáceo, entero, cilíndrico, uniescotado, de 1,2 a 3,5 cm de largo, esparcidamente pubérulo	De 4 a 7 cm de largo, angostamente elíptico, ápice emarginado, diminutamente papiloso; alas de 0,9 cm de largo X 0,4 cm de ancho, semicirculares y apicalmente denticuladas; uñas de 0,1 cm de longitud; pétalos de la quilla parcialmente adnatos de 0,7 cm de largo X 0,55 cm de ancho, semicirculares	Vexilar, de 2,5 a 3 cm de largo; tubo basal de los filamentos de 2 a 3,5 cm; estambre más largo hasta de 7 cm de longitud; anteras de 0,2 cm de largo	De 2 a 2,5 cm de longitud, lineal, densamente pubescente; estilo glabro; estigma de 0,05 cm, truncado
<i>E. santamartensis</i>	Hasta de 4 cm; pedicelos de 0,2 cm; brácteas y bractéolas lineares, de 0,1 cm, caducas	Cilíndrico, entero, hasta de 1,4 cm de longitud, cartáceo, uniescotado, diminutamente pubérulo	De 5 a 5,4 cm de largo X 1 cm ancho, erecto, elíptico, ápice obtuso; alas de 0,5 cm de largo X 0,2 cm de ancho, oblongo, ovadas; uñas de 0,02 cm de longitud; pétalos de la quilla suavemente arqueados, denticulados, libres, menores a 0,5 cm de longitud X 0,3 cm de ancho	Vexilar, de 2,8 cm de longitud; tubo basal de los filamentos de 0,65 cm de largo; estambre más largo de hasta 3,7 cm de largo; anteras de 0,2 a 0,3 cm de longitud	De 3 cm de largo, densamente pubescente; estípites de 0,5 cm; estilo de 1 cm de longitud, glabro; estigma pequeño, unguiculado





Carácter	Inflorescencia	Cáliz	Estandarte	Estambre	Ovario
Especie					
<i>E. ulai</i>	Axilar; elongada, erecta o péndula, de 6 a 25 cm, más de 15 flores; pedicelos filiformes, de 4 a 6 cm de largo y de 0,05 cm de ancho, alados en la base, con puntos glandulares	De color rojo, de 1 a 1,3 cm de largo, estipitado, campanulado uniescotado, pubérulo, tricomas simples, rematando en un punto glandular de 0,14 cm	De color rojo, reflexo, de 2 a 2,5 de largo; alas libres de 0,7 a 0,8 cm de largo X 0,3 a 0,4 cm de ancho; pétalos de la quilla parcialmente adnatos, de 2 a 2,5 cm de largo	De 3 a 4,2 cm de largo, básicamente connatos, apicalmente libres; estambre vexilar de 3 a 4 cm de longitud	De 1,2 a 1,4 cm, 1.2-1.4 cm, estipitado, pubérulo hacia los bordes; estilo de 1 cm de longitud, cercanamente falcado; estigma de 0,01 cm, capitado
<i>E. variegata</i>	De 8 ba 12 cm; botones florales densamente pubescentes; pedicelos de hasta 1 cm	Campanulado, escotado, pubescente hacia la base	De 4 a 5,5 cm de largo x 1 a 1,5 cm de ancho	De 4 a 5 cm de largo; porción libre de los filamentos de 2 a 2,5 cm	De 2 a 3 cm de longitud, densamente pubescente; estilo de 3 a 4 cm de largo
<i>E. velutina</i>	De 10 a 12 cm, pubescente, tricomas como los de las hojas; pedicelos de hasta 1,5 cm; brácteas y bractéolas caducas	Anchamente campanulado, profundamente escotado, apicalmente emarginado, de 1,5 a 1,8 cm de largo X 1 cm de ancho, densamente pubescente	De 3 a 4 cm de longitud, elíptico, base atenuada, fuertemente reflexo, en forma de media luna, diminutamente papiloso; alas de 0,9 a 1,2 cm de longitud, semicirculares; uñas de 0,05 cm; pétalos de la quilla de 1 a 1,3 cm de longitud, circulares, parcialmente adnatos	Vexilar de 3 cm de largo, libre en el 2/3 de la longitud del gineceo, con pelos glandulares; tubo estaminal de 1,5 a 1,7 cm de largo; estambre más largo de 4,2 cm de longitud; anteras de 0,25 a 0,3 cm de longitud	De 1 cm de longitud, sigmoide, densamente pubescente; estilo de 1 a 1,2 cm de largo; estigma pequeño, capitado

Fuente: Granados, Ruiz y Forero, 2005; Lozano y Zapater, 2010; Avendaño y Castillo, 2014; Ventricchi, 2014.

Fruto y semilla del género *Erythrina*

Al igual que los caracteres anteriores, la forma, el tamaño y el color son características importantes en el fruto y la semilla, permitiendo reconocer especies y diferenciarlas de otras.

A continuación, se presentan las características más predominantes de las especies presentes en Colombia (Tabla 15):

Tabla 15. Comparación taxonómica del fruto y semilla de las especies de *Erythrina*.

Carácter	Legumbre	Semilla
Especie		
<i>E. Amazonica</i>	Moniliforme, de hasta 22 cm de largo, paredes internas cartáceas, exfoliadas; estípites de 2,5 a 3,5 cm; pubérulo	Bicolor, rojo con negro, de 1 a 1,2 cm de largo X 0,55 a 0,6 cm de ancho; hilo elíptico de 0,4 cm de largo X 0,2 cm de ancho, borde oscuro; división del hilo negro; zona lenticular linear, de 0,1 cm; micrópilo poco visible
<i>E. berteroana</i>	Moniliforme, de hasta 20 cm de largo, erecta o curva, glabra, paredes cartáceas; estípites de hasta 3 cm de longitud	Oblongas, reniformes, de coloración roja a naranja, pocas veces vinotinto, de 1,1 cm de largo X 0,5 cm de ancho; testa lisa; hilo blancuzco de 0,5 cm de largo X 0,1 a 0,15 cm de ancho, borde del hilo negro, fuertemente marcado; lóbulo de la radícula prominente, zona lenticular con la lente linear negra, brillante, de entre 0,1 a 0,2 cm de longitud; micrópilo poco visible
<i>E. cochleata</i>	Moniliforme, glabra, cocleada, de hasta de 20 cm de largo, paredes internas del fruto blancuzcas; estípites en fruto menor de 4,5 cm	Generalmente rojo escarlata o algunas veces naranja, testa lisa, elíptica, de 1,1 a 1,3 cm de largo X 0,6 a 0,65 cm de ancho; hilo café de 0,5 cm de largo X 0,1 a 0,15 cm de ancho, borde del hilo café, levemente marcado; lóbulo de la radícula prominente, división del hilo amarilla; zona lenticular con marca linear, negra, brillante, de hasta 0,12 cm de largo



Carácter	Legumbre	Semilla
Especie		
<i>E. costaricensis</i>	Moniliforme, hasta de 15 cm de longitud, recta, pubescente, al menos entre las semillas; estípite en fruto de 3 a 5 cm de longitud	De color rojo o naranja, de 1 a 1,2 cm de largo X 0,45 a 0,5 cm de ancho, ocasionalmente con poros cercanos al hilo; hilo generalmente blanquizco, con el borde de color amarillo o café de 0,4 cm de largo X 0,1 a 0,15 cm de ancho, zona lenticular carente de marca; zona adyacente al micrópilo e hilo discolora
<i>E. crista-galli</i>	Linear, de 1,2 a 1,8 cm de ancho X 2 a 35 cm de largo, cilíndrico, constricta entre las semillas, marrón oscuro en el exterior, glabro, pericarpo coriáceo, pedicelo de 2 a 3,5 cm de largo, estipe de 2 a 4 cm de largo	Reniformes, café oscuro, de 1 a 1,5 cm de longitud, hilo prominente
<i>E. edulis</i>	De hasta 33 cm de largo; estípite en fruto menor de 4 cm; glabra	De color marrón, de 3 a 5 cm de largo X 1,5 a 3 cm de ancho; hilo de 0,5 cm de largo X 0,2 cm de ancho, elíptico; semillas recalitrantes, rugosas al secado
<i>E. fusca</i>	Moniliforme o suavemente constricta entre las semillas, hasta de 20 cm de longitud; estípite menor a 1 cm	Café-jaspeado, de 1,4 a 1,8 cm de largo X 0,7 a 0,8 cm de ancho; hilo de 0,6 a 0,8 cm de largo X 0,3 a 0,4 de ancho, elíptico, blanquizco
<i>E. poeppigiana</i>	De hasta 22 cm de longitud, fusiforme-subglobosa; estípite en fruto, menor de 4 cm, no constrictas entre semillas, externamente de color verde oliva; internamente, marrón claro, glabra, pericarpo papiráceo; pedicelo de 1,2 a 1,5 cm de largo	Aparentemente recalitrantes, de color marrón, de 1,2 a 1,5 cm de largo X 0,5 a 0,6 cm de ancho; hilo de 0,2 cm de largo X 0,1 cm de ancho, reniforme



Carácter	Legumbre	Semilla
Especie		
<i>E. rubrinervia</i>	Glabra, moniliforme, hasta de 30 cm de longitud; ápice mucronado; paredes internas cartáceas; estípite en fruto de 1,2 a 2,5 cm	De color rojo o naranja, con poros superficiales en la testa, de 1,1 a 1,4 cm de largo X 0,5 a 0,7 cm de ancho; hilo generalmente grisáceo, aparentemente sucio de 0,5 cm de largo X 0,1 a 0,15 cm de ancho, división hundida, de color café, borde café o negro; zona aledaña o adyacente al micrópilo levemente discolora.
<i>E. ulei</i>	Linear-fusiforme, de 7 a 10 X 1,5 a 2 cm, arqueado, no constricta entre semillas, la coloración externa es marrón oscuro y la interna marrón claro, glabro, pericarpo papiráceo; pedicelo 2,5 a 4,5 cm de largo, estipe de 2 a 3 cm de largo.	Reniformes, marrones, región del hilo no prominente
<i>E. variegata</i>	Linear-oblongo, de 8 a 10 X 1,2 a 1,5 cm, constricta entre semillas, enegrecidas, glabras, pericarpo coriáceo; pedicelo de 1,5 a 2,5 cm de largo, estipe de 1 a 2 cm de largo	Reniformes, negras, región del hilo blanquecino.
<i>E. velutina</i>	Linear, 8 a 14 X 1,2 a 1,5 cm, constricto entre las semillas, margen ondulada, de color marrón oscuro, recubierto por tricomas estrellados, pericarpo coriáceo; pedicelo de 1,5 a 2,3 cm de largo, estipe de 2 a 3 cm de largo, pubescente, al menos entre las semillas.	Reniformes, roja, roja-negra o negra

Fuente: Granados, Ruiz y Forero, 2005; Lozano y Zapater, 2010; Avendaño y Castillo, 2014; Ventrichi, 2014.



Bibliografía

- Avendaño, N. Y Castillo, A. (2014). El género *Erythrina* L. (Leguminosae-Faboideae) en Venezuela. Acta bot. VENEZ. 37 (2): 123-164. 2014
- Granados, J.; Ruiz, L. y Forero, E. (2005). Sinopsis de las especies colombianas del género *Erythrina* (Leguminosae: Papilionoideae: Phaseoleae). Estudios en leguminosas colombianas. Universidad Nacional de Colombia.
- Lozano, E. C., Y Zapater, M. A. (2010). El género *Erythrina* (Leguminosae) en Argentina. Darwiniana, nueva serie, 48(2), 179-200.
- Ventrichi, M. (2014). Filogenia do gênero *Erythrina* L. (Leguminosae, Papilionoideae, Phaseoleae) e revisão taxonômica das espécies ocorrentes no Brasil.

