



**Investigaciones sobre la
Passiflora tripartita var.
mollissima: sus aplicaciones
y potencial futuro**

Giovanni Orlando Cancino Escalante - Susan Elsa Cancino -
Jenifer Dayana Villamizar Monsalve

Investigaciones sobre la
***Passiflora tripartita* var. *mollissima*:**
sus aplicaciones y potencial futuro

Investigaciones sobre la *Passiflora tripartita* var. *mollissima*: sus aplicaciones y potencial futuro

Giovanni Orlando Cancino Escalante
Susan Elsa Cancino
Jenifer Dayana Villamizar Monsalve



Investigaciones sobre la Passiflora tripartita var. mollissima: sus aplicaciones y potencial futuro / Giovanni Orlando Cancino Escalante, Susan Elsa Cancino, Jenifer Dayana Villamizar Monsalve -- Pamplona: Universidad de Pamplona. 2024.

125 p. ; 17 cm x 24 cm.

ISBN (digital): 978-628-7656-23-9

© **Universidad de Pamplona**

Sede Principal Pamplona, Km 1 Vía Bucaramanga-Ciudad Universitaria. Norte de Santander, Colombia.

www.unipamplona.edu.co

Teléfono: 6075685303

Investigaciones sobre la Passiflora tripartita var. mollissima: sus aplicaciones y potencial futuro

Giovanni Orlando Cancino Escalante

Susan Elsa Cancino

Jenifer Dayana Villamizar Monsalve

ISBN (digital): 978-628-7656-23-9

Primera edición, 2024

Colección Biología y Ciencias Naturales

© Sello Editorial Unipamplona

Rector: Ivaldo Torres Chávez Ph.D

Vicerrector de Investigaciones: Aldo Pardo García Ph.D

Jefe Sello Editorial Unipamplona: Caterine Mojica Acevedo

Corrección de estilo: Andrea del Pilar Durán Jaimes

Diseño y diagramación: Laura Angelica Buitrago Quintero

Hecho el depósito que establece la ley. Todos los derechos reservados. Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio, sin permiso del editor.



Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad de Pamplona, por su apoyo económico en la realización del proyecto interno titulado "Evaluación de un dispositivo de cultivo basado en un sistema de inmersión temporal para micropropagación de plantas".

Contenido

Lista de tablas	9
Lista de figuras	11
Introducción	13
CAPÍTULO I	15
<i>Passifloraceae</i> Juss. Ex Roussel	17
Descripción del género <i>Passiflora</i> según caracteres morfológicos	19
Taxonomía del género <i>Passiflora</i>	19
Morfología de las especies pertenecientes al género <i>Passiflora</i>	20
Enfermedades y plagas asociadas a las pasifloras	26
Enfermedades	26
Plagas	30
Uso e importancia económica de la pasiflora	37
Los múltiples usos de las especies de pasiflora: más allá de una simple fruta	37
La importancia económica de las especies cultivadas de pasiflora	38
Las pasifloras de Norte de Santander, Colombia	41
Mejoramiento genético de las pasifloras	43
Enfoques biotecnológicos para el mejoramiento de las pasifloras	46
Cultivo de tejidos de células vegetales: la base de la biotecnología	47
Transformación genética en pasifloras	49
Referencias	52
CAPÍTULO II	63
Historia de la <i>Passiflora tripartita</i> var. <i>mollissima</i>	65
Aspectos biológicos	69

Descripción morfológica de <i>Passiflora tripartita</i> var. <i>mollissima</i>	69
Descripción morfológica de las especies	
cercanas a <i>Passiflora tripartita</i> var. <i>mollissima</i>	71
<i>P. Tarminiana</i> Coppens & Barney	72
<i>P. Mixta</i> (Curuba de Monte)	73
<i>Passiflora Cumbalensis</i> (H. Karst.) Harms	76
Características fisiológicas de <i>Passiflora</i>	
<i>tripartita</i> var. <i>mollissima</i>	77
Ciclo fenológico de <i>Passiflora tripartita</i> var. <i>mollissima</i>	78
Aspectos agronómicos para el cultivo comercial	
<i>Passiflora tripartita</i> var. <i>mollissima</i>	79
Necesidades climáticas del cultivo	79
Consideraciones edafológicas y de fertilización	80
Enfermedades y plagas específicas de	
<i>Passiflora tripartita</i> var. <i>mollissima</i>	82
Métodos de propagación	84
Referencias	87
 CAPÍTULO III	 93
Introducción	95
Metodología	96
Resultados	99
Conclusiones y recomendaciones	114
Referencias	116

Lista de tablas

Tabla 1.1 Familia <i>Passifloraceae</i> y género	18
Tabla 1.2 Principales enfermedades asociadas al género <i>Passiflora</i>	27
Tabla 1.3 Plagas asociadas al género <i>Passiflora</i>	30
Tabla 1.4 Producción de las diferentes especies cultivadas de pasiflora en Colombia (2020)	40
Tabla 1.5 Pasifloras de Norte de Santander, Colombia	41
Tabla 2.1 Área cultivada y producción de curuba de castilla en Colombia (2020)	68
Tabla 2.2 Estadios fenológicos de <i>Passiflora tripartita</i> var. <i>mollissima</i>	78
Tabla 2.3 Principales enfermedades asociadas a la <i>Passiflora tripartita</i> var. <i>mollissima</i>	82
Tabla 3.1 Resultados antes y después de la revisión	99
Tabla 3.2. Publicaciones área fitoquímica	101
Tabla 3.3 Publicaciones área farmacológica	103
Tabla 3.4 Publicaciones área uso nutricional	110
Tabla 3.5 Publicaciones área micropropagación y regeneración <i>in vitro</i>	112
Tabla 3.6 Publicaciones área genética y mejoramiento de la especie	113

Lista de figuras

Figura 1.1 Hojas, fruto y flor de <i>P. ligularis</i>	23
Figura 1.2 Flor, hoja y fruta de <i>P. edulis</i>	24
Figura 1.3 Enfermedades asociadas a la pasiflora	29
Figura 1.4 Plagas asociadas a la <i>Passiflora</i>	33
Figura 1.5 Especies de pasiflora en el departamento Norte de Santander	43
Figura 2.1 Flores y frutos de <i>Passiflora tripartita</i> var. <i>mollissima</i>	70
Figura 2.2 Fruto de <i>P. tarminiana</i> Coppens & Barney	73
Figura 2.3 Hoja de <i>P. mixta</i> (curuba de monte)	75
Figura 2.4 Flor y fruto de <i>Passiflora cumbalensis</i> (H. Karst.) Harms ..	77
Figura 2.5 Injerto en hendidura o en “V” en <i>Passiflora tripartita</i> var. <i>mollissima</i>	81
Figura 2.6. Regeneración vegetal por organogénesis directa en <i>Passiflora tripartita</i> . var. <i>mollissima</i>	86
Figura 3.1. Diagrama de flujo de identificación y selección de los documentos	98

Introducción

El género *Passiflora*, al cual pertenece la *Passiflora tripartita* var. *mollissima* (curuba de castilla), se cultiva en las zonas de montaña del trópico alto de países como Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia siendo de gran interés agronómico y biotecnológico. Las especies de este género, ampliamente conocidas como frutas de la pasión o flores de la pasión, han despertado la curiosidad tanto de investigadores como de aficionados al cultivo de plantas exóticas a nivel mundial. En las últimas dos décadas, se ha evidenciado un incremento en la producción de documentos científicos en particular, en los países andinos de América del Sur, donde la curuba concentra la mayor atención de estudio.

En este sentido, el presente libro, titulado "Investigaciones sobre la *Passiflora tripartita* var. *mollissima*: Sus aplicaciones y potencial futuro", tiene como objetivo recopilar la información más actualizada y relevante sobre esta especie y su potencial agrícola y biotecnológico.

Esta obra está encaminada tanto a la comunidad académica e investigativa como al sector agrícola, así como a todas aquellas personas interesadas en conocer los avances científicos en el cultivo de la curuba y sus aplicaciones y potencial futuro mediante su tecnificación y manejo.

Igualmente, se presentan diferentes aspectos biológicos sobre el género *Passiflora* y en particular, sobre la especie *Passiflora tripartita* var. *mollissima*. En el primer capítulo, se describen las características morfogénicas de las principales especies cultivadas pertenecientes a este género, las enfermedades y plagas que pueden afectar su cultivo y su importancia económica.

En el segundo capítulo, se profundiza en el estudio de *Passiflora tripartita* var. *mollissima*, desde su historia taxonómica hasta sus aspectos biológicos y agronómicos. Se detallan las características fisicoquímicas, el ciclo fenológico de esta especie, los métodos de propagación y los aspectos agronómicos clave para su cultivo comercial. Además, se aborda el tema de las enfermedades y plagas específicas de esta especie.

Finalmente, en el tercer capítulo, se explora el potencial de *Passiflora tripartita* var. *mollissima* en la biotecnología vegetal. En este contexto se efectúa una investigación exploratoria y descriptiva, que permitió recolectar datos relacionados con diferentes tipos de publicaciones científicas y técnicas sobre esta importante especie. Asimismo, se aborda la transformación genética y se presentan enfoques biotecnológicos para el mejoramiento de la especie.

Cabe destacar, que este libro es una valiosa herramienta para los conocedores de la biotecnología vegetal y los especialistas en el cultivo de *Passifloras*, así como para aquellos interesados en el estudio y desarrollo de nuevas variedades de plantas con aplicaciones en la industria alimentaria y farmacéutica.



Capítulo I
La familia *Passifloraceae*

CAPÍTULO I

Passifloraceae Juss. ex Roussel

La familia *Passifloraceae* es una de las más diversas del mundo y se cree que tiene su origen en América del Sur y Central, y muchas de sus especies se encuentran distribuidas en la actualidad en estas regiones. Desde hace siglos, estas plantas han sido apreciadas por los pueblos originarios de América, que las han utilizado tanto por sus propiedades medicinales como por su exquisito sabor y aroma. Con la llegada de los europeos a América, estas plantas se difundieron por todo el mundo y hoy en día se pueden encontrar en América del Norte, Asia, Australia y Oceanía (Aguirre-Morales, Bonilla-Morales & Agudelo-Varela, 2016).

Presenta esta familia una amplia variabilidad morfológica y una gran diversidad en cuanto a la utilización que se les da a sus diferentes especies. Entre sus miembros se encuentran enredaderas, arbustos y árboles, que se destacan por su hermosura y colorido, así como por sus propiedades curativas y aromáticas. Actualmente, la familia se compone de alrededor de 32 géneros de plantas dicotiledóneas, tanto herbáceas como leñosas, que se caracterizan por ser trepadoras y poseer zarcillos axilares (Tabla 1.1). Cabe destacar que el género *Passiflora* es el más importante y numeroso con alrededor de 576 especies y el 90% son nativas de Centro y Sudamérica (World Flora, 2023).

En Colombia se encuentra una gran diversidad de especies perteneciente a la familia *Passifloraceae*, con aproximadamente 170, tanto cultivadas como silvestres. Más bien, la región Andina es la que concentra la mayor cantidad con el 81% del total. Los bosques situados en las cuencas hidrográficas entre los 1.000 y 2.000 metros sobre el nivel del mar, en departamentos como Antioquia, Valle del Cauca y Cundinamarca, son especialmente abundantes en especies de esta familia. La presencia de *Passifloraceae* en estos bosques se debe a las condiciones ambientales favorables que les permiten desarrollarse,

tales como la temperatura, la humedad y la disponibilidad de agua (Ocampo, 2013).

Tabla 1.1
Familia Passifloraceae y género

Familia	Género
<i>Passifloraceae</i> juss. ex roussel	<i>Adenia</i> forssk. <i>Adenoa</i> arbo <i>Afroqueta</i> thulin & razafim. <i>Ancistrothyrsus</i> harms <i>Androsiphonia</i> stapf <i>Arboa</i> thulin & razafim. <i>Barteria</i> hook.f. <i>Basananthe</i> peyr. <i>Ceratosycios</i> walp. <i>Crossostemma</i> planch. ex benth. <i>Deidamia</i> noronha ex thouars <i>Dilkea</i> mast. <i>Distemma</i> lemaire <i>Efulensia</i> c.h. wright <i>Erblichia</i> seem. <i>Hyalocalyx</i> rolfe <i>Loewia</i> urb <i>Malesherbia</i> ruiz & pav. <i>Mathurina</i> balf.f. <i>Mitostemma</i> mast. <i>Murucuja</i> pers. <i>Paropsia</i> noronha ex thouars <i>Paropsiopsis</i> engl. <i>Passiflora</i> l. <i>Piriqueta</i> aubl. <i>Schlechterina</i> harms <i>Stapfiella</i> gilg <i>Streptopetalum</i> hochst. <i>Tricliceras</i> thonn. ex dc. <i>Turnera</i> plum. ex l. <i>Vasconella</i> regel <i>Viridivia</i> J.H. hemsl. & verdc.

Fuente: World Flora, 2023.

Descripción del género *Passiflora* según caracteres morfológicos

Taxonomía del género *Passiflora*

Se divide en cinco subgéneros:

Astrophea

(De Candolle 1828:435;
Masters, 1871:629)

Decaloba

(De Candolle 1828:435)

Deidamioides

(Harms 1923:59;
Killip 1938:25)

Tetrapathea

(De Candolle 1828:435)

Passiflora

(Feuillet y MacDougal 2003:31; Krosnick,
Ford & Freudenstein, 2009:375)

Actualmente al subgénero *Tacsonia* (Bonilla, 2014), se le considera como la supersección *Tacsonia* (Juss.) (Feuillet & MacDougal, 2003: 38) y consta de 12 secciones y 64 especies. En un estudio sobre coevolución, Abrahamczyk y Kessler (2014) confirmaron la naturaleza monofilética de *Tacsonia* (*P. mollissima*), que se cultiva en las zonas de tierras altas tropicales de Sudamérica, y maracuyá (*P. edulis*), cultivada en regiones tropicales y subtropicales, a partir el nivel del mar hasta altitudes de 1.000 metros (Ocampo & Coppens, 2017; Vanderplank, 1997; Escobar, 1993).

El conocimiento citológico de *Passiflora* sigue siendo limitado y los recuentos cromosómicos más extensos fueron realizados por Bowden (1945), Beal (1973), Storey (1950) así como Snow y MacDougal (1993). Sin embargo, se ha establecido que la misma se puede clasificar en cuatro grupos de cariotipos, representados por $x = 6$, $x = 9$, $x = 10$ y $x = 12$ de los cuales todas las especies cultivadas, como *P. mollissima*, *P. edulis*, *P. ligularis* y sus híbridos F1, se clasifican en $n = x = 9$, aunque se han encontrado conteos cromosómicos $2n$ de 14, 20,

22, 24, 36, 72 y 84 en algunas especies tanto nativas como introducidas (Soares-Scott, Meletti, Bernacci, & Passos, 2005; Melo & Guerra, 2003).

Morfología de las especies pertenecientes al género *Passiflora*

El género está compuesto principalmente por enredaderas leñosas, que tienen zarcillos axilares y en ocasiones son lianas, arbustos o pequeños árboles. Las especies arbóreas, pertenecientes al subgénero *Astrophea*, como *P. arborea*, *P. emarginata*, *P. lindeniana* y *P. sphaerocarpa*, son representativas de este grupo. Además de estos árboles, existen también pequeños arbustos y lianas y se encuentran principalmente en climas tropicales (Hilgenhof, 2012; Ocampo 2007; Killip, 1938). En relación con la morfología de las raíces se destaca que a mayor edad de la planta las raíces, tanto primarias como secundarias, presentan mayor grado de lignificación. Se ha determinado que dos especies poseen una raíz principal: *P. exsudans* zucc. y *P. karwinskii* mast. (Ulmer & MacDougal, 2004).

En cuanto a los tallos estos cumplen una función de soporte para la planta y son responsables del almacenamiento de agua. En cuanto a su apariencia, puede tener una forma terete, ligeramente angulada o surcada. Algunos tallos presentan alas o son planos, parecidos a una cinta y ligeras estrías, las cuales se vuelven más pronunciadas al secarse (Ulmer & MacDougal, 2004).

Los zarcillos son estructuras que se desarrollan en solitario, con una disposición axilar y sin ramificaciones. Se caracterizan por tener una forma helicoidal, y pueden ser deciduos o transformarse en espinas. En algunas especies del género *Passiflora*, surgen a partir de la bifurcación del pedúnculo, sin embargo, en las especies arbóreas del subgénero *Astrophea*, no se desarrollan zarcillos, mientras que en algunos arbustos escandentes, los zarcillos pueden convertirse en púas (Cervi & Linsigen, 2010; Uribe, 1972; Killip, 1938).

Las hojas se disponen de forma alterna en el tallo y presentan una lámina foliar bien desarrollada, que varía en longitud y textura desde membranácea hasta coriácea. La lámina es típicamente lobulada, pudiendo ser simple o unilobulada, 2-lobulada, 3-lobulada, 5-lobulada o escasamente 9-lobulada. Solo algunas especies presentan hojas compuestas, como *P. deidamioides*, *P. cirrhiflora*, *P. pedata* y *P. trifoliata* (Ulmer & MacDougal, 2004).

Las glándulas y nectarios extraflorales son una estructura relevante de las especies desde el punto de vista ecológico, taxonómico y evolutivo, siendo comunes en este género. Estas glándulas se encuentran en diversas partes de la planta, incluyendo la lámina foliar, el pecíolo, las brácteas y las estípulas (Tillett, 1988). Los pecíolos pueden tener dos o más nectarios glandulares, que se presentan con frecuencia en pares opuestos en algunas especies y en toda la supersección Decaloba (Ulmer & MacDougal, 2004). La forma de estas glándulas puede variar desde cicatrices superficiales hasta glándulas capitadas largamente estipitadas o lígulas de hasta un centímetro de largo, como en el caso de la granadilla (*P. ligularis*) (Figura 1.1).

Las flores generalmente se presentan en forma individual o en pares, pero algunas especies pueden tener inflorescencias en cimas, pseudo-racimos o incluso, en raras ocasiones, en racimos verdaderos. Se puede decir que el género presenta inflorescencias, ya que las flores se conectan al tallo mediante un pedúnculo que se adhiere a una estructura más pequeña llamada pedicelo, el cual sostiene la flor. El pedúnculo puede presentar una longitud variable y la flor puede estar erecta o colgar del extremo del pedúnculo (pedicelo) (Masters, 1871; Tillett, 1988). El desarrollo heteroblástico, la heterofilia y las nectarias foliares son características de estas especies.

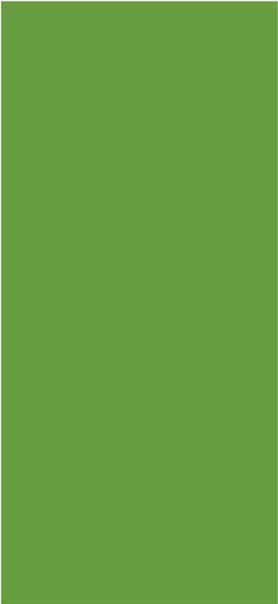
Las flores son hermafroditas, a menudo grandes y vistosas, solitarias o racemosas, principalmente axilares, en pedúnculos articulados y a menudo con 3 brácteas. Los estambres están incorporados en un tubo alrededor del pedúnculo del ovario y las anteras pueden ser de color crema, amarillo o anaranjado. Los frutos son esféricos, subsféricos,

ovales, oblongos u obovados y el pericarpio es quebradizo (Tillett, 1988). Han sido objeto de estudio para investigaciones morfológicas y ecológicas debido a su diversidad en formas y colores, así como a la presencia de estructuras complejas como las coronas o la extensión del tubo floral. Las flores pueden variar en tamaño desde 1 cm (en especies como *P. multiflora* y *P. suberosa*) hasta 20 cm (en especies como *P. pergrandis* y *P. speciosa*), así como en la longitud del tubo floral (Ulmer & MacDougal, 2004). La aparición de flores es constante, de manera que se pueden encontrar frutos o flores abiertas en la parte más madura de la rama, hacia el ápice se observan flores solitarias o en pares dispuestas axilarmente (Tillett, 1988).

Los frutos son bayas indehiscentes, con pericarpio delgado, membranoso o grueso y carnoso, clasificados en dos tipos: Pequeños, negros y no comestibles del subgénero *Decaloba*, y grandes, de color amarillo y sabor agradable del subgénero *Passiflora* (Imig & Cervi, 2013) (Figura 1.2). La forma del fruto puede ser diversa, con diferentes formas como globosas, ovales, oblongas, esféricas, elípticas, ovoides o piriformes, y están conformados por el pericarpio, endocarpio, arilo y semillas. El pericarpio contiene el arilo gelatinoso que cubre las semillas, cuya cantidad varía según la especie, y el mecanismo de dispersión está relacionado con animales como aves y mamíferos (Ulmer & MacDougal, 2004).

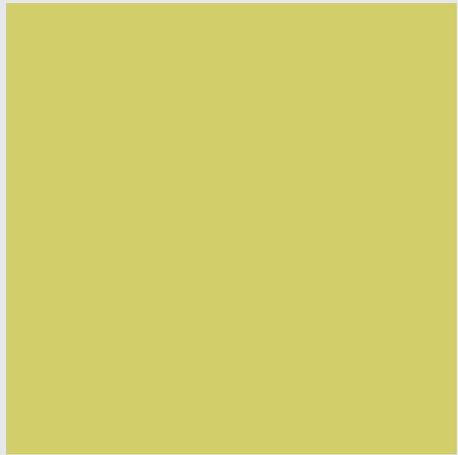
Las semillas son ariladas, siendo el arilo la parte comestible del fruto. El arilo se encuentra unido a la pared del fruto mediante funículos que se desprenden de la placentación parietal y su color varía desde blanco hasta amarillo y rojo intenso. Es acuoso y rodea individualmente las semillas, conteniendo el jugo de *Passiflora*, que puede tener un sabor dulce, ácido o insípido. Todas las semillas están comprimidas lateralmente, reticuladas y de color marrón oscuro cuando maduran son numerosas, aplanadas y con una testa dura y ornamentada (Aguirre-Morales, Bonilla-Morales & Agudelo-Varela, 2016; Vanderplank, 1997).

Figura 1.1
Hojas, fruto y flor de P. ligularis



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura 1.2
Flor, hoja y fruta de P. edulis



Fuente: Elaboración propia, 2023.

En cuanto a la polinización, las *Passifloras* son generalmente plantas alógamas que dependen de la polinización cruzada. Las flores presentan características morfológicas y químicas atractivas para los polinizadores, como la heterostilia, autoincompatibilidad, protandria y movimiento alterno de anteras y estigma. Además, la exhibición o no del androginóforo es otro fenómeno que garantiza una mayor eficiencia en la polinización (Ramírez, 2006).

Es interesante destacar que las diversas formas, colores y estructuras de la flor de las especies de *Passiflora* l. tiene un impacto directo en el tipo de polinizadores que atrae (Ulmer & MacDougal, 2004). Por ejemplo, las flores violetas, azules, moradas, rosadas o amarillas con androginóforo corto, corona prominente y una fragancia intensa son polinizadas principalmente por abejas mientras que, las flores rojas, con un hipantio alargado, corona corta y sin fragancia, son más propensas a atraer a colibríes. En comparación, los murciélagos son los polinizadores menos comunes en *Passiflora*, y tienden a preferir flores de colores blancos o cremas con una corona amarilla, fragancias suaves y una anthesis nocturna, como las flores de *P. mucronata* y *P. unipetala* (Jørgensen, Muchhala, & MacDougal, 2012).

La zona Andina de Colombia es la que tiene la mayor cantidad de especies de *Passifloras* amenazadas, con veinte, lo que equivale al 87% del total. Esto se debe en gran parte a que esta región es la más diversa del país, pero también la más deteriorada. Entre ellas, la cordillera Oriental (departamentos de Norte de Santander, Santander y Cundinamarca) es la que concentra la mayor cantidad con un total de 11, de las cuales seis son endémicas de esta zona. Por su parte, la cordillera Central posee cinco especies, todas endémicas de esta cordillera, mientras que la Occidental alberga tres especies, las cuales todas endémicas de dicha región (Hernández & García, 2006)

En el Nudo de Los Pastos se localizan dos especies amenazadas y endémicas de esta zona, y en la Sierra Nevada de Santa Marta hay dos especies, una de ellas endémica de este macizo. El valle del Río Magdalena también es una zona de concentración de especies de pasifloras amenazadas, con tres especies endémicas (Hernández & García, 2006).

Enfermedades y plagas asociadas a las pasifloras

Enfermedades

La prevalencia de enfermedades en las plantas de pasiflora varía dependiendo de la especie cultivada y las situaciones ambientales en las que se desarrollan (Tabla 1.2). Los principales problemas que afectan a estas plantas son la enfermedad de la mancha marrón (*Alternaria*) que posee un efecto devastador al destruir el sistema vascular de las raíces, la corona y el tallo y la enfermedad de la pudrición de raíz y fruto causada por *Phytophthora*, que produce defoliación, así como pudrición de frutos, afectando el desarrollo general de la planta (Patiño & Pérez, 2021; Rodríguez et al., 2016; Cheng et al., 2014; Fischer & Rezende, 2008).

Las variedades andinas, entre ellas *P. edulis* y *P. ligularis*, son susceptibles a la antracnosis, una enfermedad grave causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporoides* (Figura 1.3). Las señales más comunes de esta enfermedad son lesiones necróticas y hundidas, similares a úlceras, en los tallos, hojas, frutos o flores. Las infecciones por antracnosis pueden ocurrir durante todo el año, en cualquier fase del progreso de la planta, y pueden producir pérdidas de cultivo significativas al provocar la caída y la pudrición de los frutos (Roy et al., 2022; Patiño-Pacheco & Pérez-Cardona, 2021; Rodríguez et al., 2016).

Los virus, especialmente los pertenecientes al grupo de los potyvirus, como el Passion Fruit Woodiness (PWV), son responsables de causar severos síntomas de mosaico, epinastia, defoliación y muerte prematura en las plantas de por ejemplo *P. edulis* y *P. ligularis* (Fischer & Rezende, 2008; Nakasone & Paull, 1998; Vanderplank, 1997). Bensch et al. (1996, p. 258) señalaron que un único virus, el virus del mosaico del maracuyá (MarMV) puede infectar a las especies *P. edulis*, *P. alata* y *P. quadrangularis* en una amplia área geográfica como es el caso de Colombia (Figura 1.3).

Tabla 1.2*Principales enfermedades asociadas al género Passiflora*

Enfermedades	Nombre/Organismo	Especies afectadas
Hongos	Secadera	<i>P. edulis</i> ; <i>P. alata</i> ; <i>P. quadrangularis</i>
	<i>Fusarium</i> wilt	<i>P. edulis</i> ; <i>P. suberosa</i> ; <i>P. ligularis</i> ; <i>P. quadrangularis</i> ; <i>P. foetida</i>
	<i>Phytophthora</i> podredumbre de cuello y raíces	<i>P. edulis</i> ; <i>P. ligularis</i> ; <i>P. quadrangularis</i> ; <i>P. suberosa</i>
	<i>Colletotrichum gloeosporoides</i>	<i>P. edulis</i> ; <i>P. ligularis</i> ; <i>P. quadrangularis</i> ; <i>P. suberosa</i> ; <i>P. mita</i>
	Roña Cladosporium	<i>P. edulis</i> ; <i>P. incarnata</i> ; <i>P. laurifolia</i> ; <i>P. quadrangularis</i>
	<i>Septoria</i> blotch	<i>P. edulis</i> ; <i>P. incarnata</i> ; <i>P. ligularis</i> ; <i>P. suberosa</i>
	Mancha marrón	<i>P. edulis</i> ; <i>P. incarnata</i> ; <i>P. ligularis</i> ; <i>P. quadrangularis</i>
	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>P. edulis</i> ; <i>P. ligularis</i>
	<i>Thantephorus cucumeris</i>	<i>P. edulis</i>
	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	<i>P. edulis</i>
	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	<i>P. edulis</i> ; <i>P. incarnata</i>
	<i>Rhizopus stolonifer</i>	<i>P. edulis</i>
Phomopsis tersa	<i>P. edulis</i> ; <i>P. ligularis</i>	
Bacteria	Mancha bacteriana	<i>P. edulis</i> ; <i>f. flavicarpa</i> ; <i>P. edulis</i> ; <i>P. alata</i> ; <i>P. amethystina</i> ; <i>P. serrato-digitata</i> ; <i>P. cincinnata</i> ; <i>P. maliformis</i> ; <i>P. nitida</i>
	Mancha aceitosa	<i>P. alata</i> ; <i>P. suberosa</i> ; <i>P. ligularis</i> ; <i>P. quadrangulares</i> ; <i>P. mollissima</i> <i>P. laurifolia</i> ; <i>P. caerulea</i>
Phytoplasma	<i>Candidatus phytoplasma</i>	<i>P. edulis f. flavicarpa</i> ; <i>P. edulis</i> ; <i>P. alata</i> ; <i>P. quadrangulares</i> ; <i>P. cincinnata</i> ; <i>P. sublanceolata</i> ; <i>P. foetida</i> , <i>P. caerulea</i> ; <i>P. actinia</i> ,

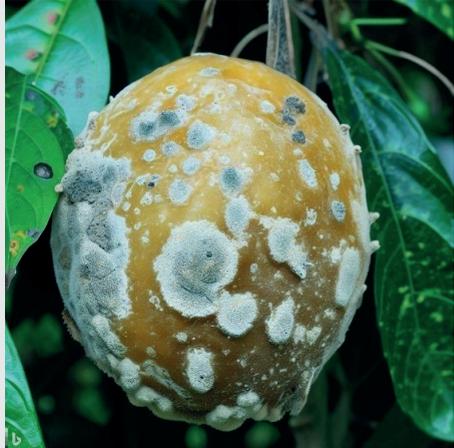
Enfermedades	Nombre/Organismo	Especies afectadas
Potyvirus	Passionfruit woodiness virus (PWV)	<i>P. edulis</i> ; <i>P. alata</i> ; <i>P. quadrangulares</i> ; <i>P. incarnata</i> ; <i>P. caerulea</i>
	Passion fruit crinkle virus (PCV)	<i>P. edulis f. flavicarpa</i> ; <i>P. edulis</i> ; <i>P. alata</i> ; <i>P. quadrangulares</i> ; <i>P. cincinnata</i> ; <i>P. auriculata</i> ; <i>P. maliformis</i> ; <i>P. foetida</i> .
Virus	Cucumber mosaic virus (CMV)	<i>P. caerulea</i> ; <i>P. alata-caerulea</i> ; <i>P. edulis f. flavicarpa</i> ; <i>P. foetida</i>
	Passiflora latent virus (PLV)	<i>P. edulis</i> ; <i>P. quadrangulares</i> ; <i>P. caerulea</i> ; <i>P. ligularis</i> , <i>P. alata</i> ; <i>P. cincinnata</i> ; <i>P. maliformis</i> ; <i>P. foetida</i> .
	Virus del mosaico amarillo de las <i>Passifloras</i> PaYMV)	<i>P. edulis</i> ; <i>P. subpeltata</i> , <i>P. quadrangulares</i> ; <i>P. maliformis</i>
	Passion fruit vein clearing virus	<i>P. edulis, f. flavicarpa</i> ; <i>P. edulis</i> ; <i>P. maliformis</i>
	Virus del mosaico de granadilla púrpura (PGMV)	<i>P. edulis</i> ; <i>P. ligularis</i> <i>P. actinia</i> ; <i>P. alata</i> ; <i>P. amethystina</i> ; <i>P. coccinea</i> .
	Mancha verde del maracuyá (PGSV)	<i>P. edulis</i> ; <i>P. ligularis</i> ; <i>P. alata</i> ; <i>P. caerulea</i> ; <i>P. coccinea</i> ; <i>P. incarnata</i> .
Germinus virus	Virus del mosaico del maracuyá (MarMV)	<i>P. edulis</i> , <i>P. alata</i> ; <i>P. quadrangulares</i> ; <i>P. suberosa</i> ; <i>P. mucronata</i> ; <i>P. coccinea</i> .
	Mancha anular del tomate (ToRSV)	<i>P. edulis</i> ; <i>P. caerulea</i> ; <i>P. ligularis</i> ; <i>P. incarnata</i> ; <i>P. quadrangulares</i> ; <i>P. maliformis</i>

Fuente: Patiño-Pacheco & Pérez-Cardona, 2021; Rodríguez et al., 2016. Cheng et al., 2014; Fischer & Rezende, 2008.

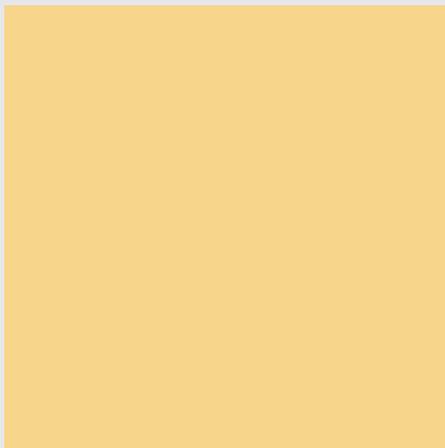
Figura 1.3
Enfermedades asociadas a las pasifloras



Fusarium



Colletotrichum gloeosporoides



Passionfruit Woodiness Virus

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Plagas

Las especies cultivadas de pasiflora son vulnerables al ataque de diversas plagas como áfidos, larvas, gusanos cortadores, moscas de la fruta, nematodos y arañas (Tabla 1.3) los cuales puedan causar graves daños en las plantaciones comerciales (Ocampo et al., 2013; Hernández et al., 2011). En efecto, las larvas de lepidópteros, como las mariposas *Agraulis vanillae* y *Eueides isabella* y los gusanos cortadores como la *Dione juno juno* (Figura 1.4), se alimentan de las hojas de la planta reduciendo la calidad de los frutos. Además, las moscas de la fruta, como la *Anastrepha spp.* y la *Dasiops sp.*, depositan sus huevos en los frutos; lo que ocasiona pérdidas significativas en la producción mientras que los nematodos, como el *Rotylenchulus reniformis* y el *Meloidogyne sp.*, causan deformaciones y necrosis en la planta.

Tabla 1.3

Plagas asociadas al género Passiflora

Plagas	Nombre común	Nombre científico	Efectos
Gusanos	Gusano trazador	<i>D. juno juno</i> Cramer	Producen agujeros en las hojas, tallos y frutos debilitando la estructura de la planta.
	Gusano cosechero	<i>Agraulis vanillae</i> Linnaeus <i>Eueides isabella</i> Heubneri	Se alimentan de las hojas y flores provocando deformación de la planta.
	Trips	<i>Frankliniella auripes</i> Hood <i>Frankliniella occidentalis</i> Perg. <i>Neohydatothrips signifer</i> Priesner <i>Neohydatothrips burungae</i> Hood	Succionan la savia celular causando deformaciones en las hojas, flores y frutos.
Ácaros	Arañita roja	<i>Tetranychus urticae</i> Koch <i>Tetranychus mexicanus</i> Koch	Se alimentan de las hojas y brotes de la planta, causando amarillamiento, marchitamiento y deformación de las hojas.
	Arañita blanca	<i>Polyphagotarsonemus latus</i> Banks	

Plagas	Nombre común	Nombre científico	Efectos
Áfidos	Pulgones	<i>Myzus persicae</i> Sulzer <i>Aphis gossypii</i> Glover <i>Macrosiphum solanifolif</i> Ashmead	Insectos que provocan la deformación y retorcimiento de las hojas.
Insectos	Mosca de la fruta	<i>Anastrepha pallidipennis</i> Greene	Las larvas se alimentan de la fruta causando deformaciones y pudrición.
	Mosca del botón floral	<i>Dasiops sp.</i>	
	Mosca de la flor; Mosca Sonsa	<i>Drosophila floricola</i> Sturtevant <i>Drosophila sp.</i>	
	Abejita negra	<i>Trigona sp.</i>	Causa un agujero en la base de la flor al recolectar néctar.
	Chinche patón	<i>Diactor bilineatus</i> Fabricius <i>Leptoglossus sp.</i>	Provoca deformaciones y manchas en los frutos y hojas de la planta.
	Tortuguita, Escama	<i>Ceroplastes cirripediformis</i> Comstock	Las escamas se alimentan de la savia de la planta, debilitándola y provocando la caída de hojas y frutos.
	Chupador	<i>Euthyrrynchus</i> <i>sp. F</i>	Los insectos adultos y ninfas chupan savia de los tallos, frutas. Causan moteado y a veces pudrición o caída de frutos, decoloración y esterilidad.
	Barrenador de tallo	<i>Aepytus (Pseudodalaca)</i> <i>serta</i> Schaus	Las larvas penetran en los tallos, creando galerías y orificios, debilitando la estructura de la planta.
	Tierreros y trozadores	<i>Spodoptera sp</i> <i>Agrotis psilon</i> Hufn <i>Feltia sp</i>	Se alimentan de las raíces o del tallo de la planta, afectando la capacidad de la planta para absorber nutrientes y agua del suelo.

Plagas	Nombre común	Nombre científico	Efectos
Insectos	Chizas	<i>Ancognatha scarabaeoides</i> Burmeister <i>A. Ustulata</i> Burmeister <i>Clavipalpus ursinus</i> Blanchard <i>Astaena</i> sp.	Insectos que provocan la deformación y retorcimiento de las hojas.
Nemátodos	Nemátodos	<i>Rotylenchulus reniformis</i> L. y O <i>Meloidogyne</i> sp.	Son parásitos de las raíces que causan daño en la formación de los frutos.

Fuente: Ocampo et al., 2013; Hernández, Castillo, Ocampo & Wyckhuys, 2011; Instituto Colombiano Agropecuario, 2011.

Figura 1.4
Plagas asociadas a la Passiflora



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Mosca de la fruta



Fuente: Elaboración propia, 2023.

D. juno juno uno adulto



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Trigona sp



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Euthyrrynchus sp. F

Uso e importancia económica de la Pasiflora

Los múltiples usos de las especies de Pasiflora: más allá de una simple fruta

Los frutos de las especies cultivadas del género *Passiflora* se consumen principalmente en fresco debido a su alto contenido de vitamina A, complejo B (niacina, tiamina, y riboflavina) y ácido ascórbico. En efecto, algunas especies tanto silvestres como cultivadas, poseen propiedades medicinales en sus flores, hojas, así como en sus frutos los cuales han sido asociados con efectos sedativos, antioxidantes, anticonvulsivos, antiansiedad, y antihiperglicémicas. Los indígenas nativos de los países andinos han utilizado el fruto como antiséptico y para combatir la fiebre tifoidea, mientras que en Brasil y en otros países sudamericanos, es prescrita como sedante y se utiliza contra el insomnio, los dolores de cabeza y el asma (Bisht, Rana & Bajaj, 2020; Sandoval et al., 2010; Bernal & Correa, 1998).

Son igualmente empleadas en la industria cosmética en diversos países en el que el aceite extraído del fruto es utilizado en la elaboración de cremas, champús, lociones, aceites, jabones y otros productos cosméticos (Dhawan, Dhawan & Sharma, 2004). Además, han sido usadas como planta ornamental debido a la belleza y exuberancia de sus flores, las cuales presentan una gran variación de coloración, desde tonos fuertes y brillantes hasta tonalidades suaves y tenues. Sus hojas también son llamativas debido a su particular forma lobulada de tres láminas (Pinheiro et al., 2017; Costa & Cavalcante, 2010; Eljach, 2009).

Las especies de dicho género no solo poseen importancia en términos de uso de sus frutos o como plantas decorativas, sino que también presentan un valor ecológico al proporcionar alimento a la fauna silvestre. Su presencia es fundamental para el mantenimiento de variadas interacciones con otros organismos, tales como sus polinizadores (abejas, abejorros, colibrís y murciélagos), las hormigas para la defensa de la planta y la agrupación con hongos del suelo (que forman

micorrizas). Estas interacciones son importantes para la reproducción, supervivencia y adaptación de las pasifloras y de otros organismos que dependen de ellas en su hábitat natural (Ocampo & Merlín, 2014; Eljach, 2009).

La importancia económica de las especies cultivadas de Pasiflora

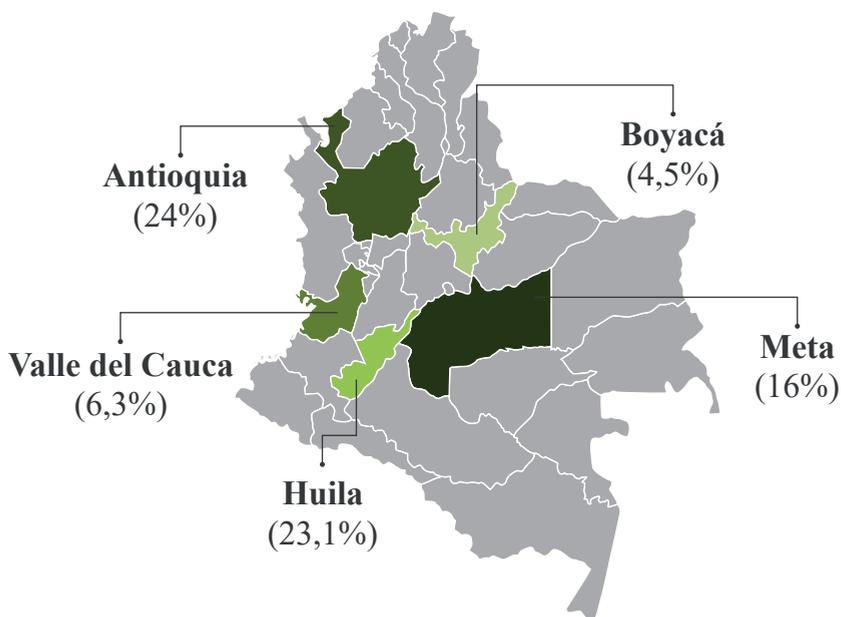
Las plantas pertenecientes al género *Passiflora* se cultivan comercialmente en diversas regiones tropicales y subtropicales del mundo. A pesar de su creciente demanda, su producción sigue siendo relativamente baja en comparación con otros cultivos importantes, lo que dificulta la cuantificación precisa del mercado debido a la falta de datos confiables. No obstante, de las diferentes fuentes de información analizadas se puede afirmar que Brasil es el principal productor mundial de pasiflora, con un promedio anual de 948.100 toneladas para el periodo comprendido entre 2015 y 2017, lo que equivale a cerca del 65% de la producción global (Khuwijitjaru & Klinchongkon, 2020).

Es importante mencionar que gran parte de la producción brasileña se destina al mercado interno del país. Le sigue Colombia, con una producción de 241.393 toneladas en 2018, y Ecuador con 150.000 toneladas en 2014, siendo este último el mayor exportador a nivel mundial. Además, Vietnam y Australia poseen una relativa participación en el mercado productor de pasiflora, con un promedio de 20.000 toneladas y 4.500 toneladas, respectivamente, para los periodos 2015-2017 y 2016-2017 (Khuwijitjaru & Klinchongkon, 2020).

Europa es el mayor importador con un volumen promedio de 12.600 toneladas en el año 2019, seguido de Estados Unidos de América quienes, junto con Puerto Rico, demandan una gran cantidad de pasifloras para la producción de jugo concentrado. Las perspectivas para el mercado de pasiflora son positivas, y nuevos países han aumentado sus importaciones dado que, en Asia, principalmente Taiwán, Japón y Corea del Sur, se consume ahora productos derivados de pasiflora y, en Sudamérica, países como Chile y Argentina han desarrollado mercados regionales (Khuwijitjaru & Klinchongkon, 2020).

En Colombia se han registrado un total de 42 especies de *Passiflora* comestibles, de las cuales nueve son distribuidas en mercados locales e internacionales (Chaparro et al., 2015; Ocampo et al., 2007). Entre las especies más destacadas por su valor comercial debido a sus frutos comestibles se encuentran la granadilla (*P. ligularis*), la badea (*P. quadrangularis*), el maracuyá (*P. edulis* var. *flavicarpa*), la curuba (*P. mollisima*), la gulupa (*P. edulis*) y la cholupa (*P. maliformis*) (Carvajal et al., 2014).

En el año 2020 (Tabla 1.4), la producción total alcanzó un estimado de 220.920 toneladas, cultivadas en una superficie de 19.853 hectáreas. Los cultivos se distribuyen en 24 departamentos y 422 municipios del país, con una mayor concentración en los departamentos de:



Entre ellos, Huila es el departamento que cuenta con la mayor área sembrada de estas frutas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020).

Tabla 1.4

Producción de las diferentes especies cultivadas de Pasiflora en Colombia (2020)

Departamento	Área sembrada (Ha)	Producción (Ton)
Huila	5.023	51.026
Antioquia	3.212	53.135
Meta	3.753	35.307
Valle del Cauca	1.132	13.987
Boyacá	1.402	9.876
Nariño	982	4.177
Otros	4.349	53.412
Total	19.853	220.920

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020.

Cabe destacar que, según la especie y el estado productivo, la producción de pasiflora puede generar entre dos y tres empleos directos e indirectos por hectárea, respectivamente. En Colombia se han identificado un total de 5.511 productores dedicados al cultivo de pasiflora, lo que demuestra la calidad de esta actividad en la economía y el desarrollo agrícola de la región (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020).

En cuanto al mercado internacional, los Países Bajos son el principal destino de las exportaciones de pasiflora producidas en Colombia, con una participación del 77% en las exportaciones en el que Alemania y Bélgica se ubican en segundo y tercer lugar, respectivamente. Esta preferencia por las frutas exóticas en los menús saludables adoptados por los países europeos es una de las razones que promueven la solicitud de pasifloras en el mercado internacional (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020).

Las Pasifloras de Norte de Santander, Colombia

Actualmente en el departamento Norte de Santander se han identificado 27 especies de pasiflora (Tabla 1.5) la mayoría de las cuales se caracterizan por ser trepadoras (Figura 1.5), con excepción de *Passiflora arbolea* y *Passiflora viofila*, que son árboles y lianas, respectivamente (Tabla 1.4). Asimismo, se distribuyen en una categoría altitudinal que va desde los 0 hasta los 4000 metros sobre el nivel del mar.

Tabla 1.5

Pasifloras de Norte de Santander, Colombia

Nombre	Sinónimo	Altura msnm	Autor
<i>Passiflora arbolea</i>	<i>Astrophea glauca</i> M. Roem., <i>Passiflora glauca</i> Bonpl., <i>Passiflora schultzei</i> Harms	1000-2000	Spreng
<i>Passiflora auriculata</i>	<i>Cieca auriculata</i> (Kunth) M. Roem.,	0-1500	Kunth
<i>Passiflora bicuspidata</i>	<i>Distephana cuneata</i> (Benth.) M.Roem., <i>Tacsonia bicuspidata</i> H. Karst., <i>Tacsonia cuneata</i> Benth	2500-3500	(H. Karst.) Mast
<i>Passiflora biflora</i>	<i>Decaloba biflora</i> (Lam.) M.Roem., <i>Passiflora glabrata</i> Kunth, <i>Passiflora lunata</i> Willd	2500-3500	(H. Karst.) Mast
<i>Passiflora bracteosa</i>	<i>Tacsonia infundibularis</i> Mast	2200-3000	Triana & Planch.
<i>Passiflora bucaramangensis</i>		1500-2600	Killip
<i>Passiflora cuneata</i>	<i>Decaloba cuneata</i> (Willd.)	1000-2000	Willd.
	M.Roem., <i>Passiflora bifurca</i>		
	Triana & Planch.		
<i>Passiflora foetida</i>	<i>Dysosmia foetida</i> (L.) M. Roem.,	0-1500	L
	<i>Granadilla foetida</i> (L.) Gaertn		
<i>Passiflora grandis</i>		1000-2000	Killip

Nombre	Sinónimo	Altura msnm	Autor
<i>Passiflora gritensis</i>		2000-2500	H. Karst
<i>Passiflora hyacinthiflora</i>		2700-3000	Triana & Planch.
<i>Passiflora kalbreyeri</i>		1500-2600	Mast-
<i>Passiflora ligularis</i>		1000-3000	Juss.
<i>Passiflora longipes</i>	<i>Passiflora longipes</i> var. <i>retusa</i> (Hook.) Triana & Planch., <i>Passiflora retusa</i> Hook.	2000-3500	Juss.
<i>Passiflora manicata</i>	<i>Tacsonia manicata</i> Juss.	1500-3000	Juss. Pers
<i>Passiflora misera</i>	<i>Cieca misera</i> (Kunth) M. Roem., <i>Passiflora laticaulis</i> Killip	0-500	Kunth
<i>Passiflora mixta</i>	<i>Tacsonia mixta</i> (L.f.) Juss.	1300-3700	L.f.
<i>Passiflora pinnatistipula</i>	<i>Tacsonia pinnatistipula</i> (Cav.) Juss.	2500-3800	Cav.
<i>Passiflora purdiei</i>		1000-2000	Killip
<i>Passiflora quadrangularis</i>	<i>Granadilla quadrangularis</i> (L.) Medik.	0-1200	L.
<i>Passiflora rugosa</i>	<i>Passiflora eriocaula</i> Harms, <i>Tacsonia rugosa</i> Mast.	2500-3500	(Mast.) Planch. & Triana
<i>Passiflora semiciliosa</i>		2000-4000	Triana & Planch.
<i>Passiflora smithii</i>		500-2000	Killip
<i>Passiflora suberosa</i>	<i>Cieca suberosa</i> (L.) Moench, <i>Granadilla suberosa</i> (L.) Gaertn., <i>Passiflora suberosa</i> var. <i>longiloba</i>	350-2000	L. Triana & Planch.

Nombre	Sinónimo	Altura msnm	Autor
<i>Passiflora trianae</i>	<i>Passiflora rigidifolia</i> Killip	3000-3500	Killip
<i>Passiflora trinervia</i>	<i>Tacsonia trinervia</i> Juss	2300-3100	(Juss.) Poir.
<i>Passiflora vitifolia</i>	<i>Passiflora punicea</i> DC.,	0-1000	Kunth
	<i>Servitensis</i>		H. Karst

Fuente: Bernal, Gradstein & Celis (2016). Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Figura 1.5

Especies de pasiflora en el departamento Norte de Santander



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Mejoramiento genético de las Pasifloras

El objetivo primordial del mejoramiento genético en pasifloras consiste en el desarrollo de variedades que permitan alcanzar una producción óptima para satisfacer las necesidades de los productores y, en última instancia, las demandas de los consumidores. Es importante destacar que los objetivos específicos de dicho mejoramiento varían según el país o región de estudio y entre los objetivos más destacados se encuentran el aumento en el tamaño de la fruta, la mejora del sabor del jugo, así como la resistencia a plagas y patógenos tales como *Fusarium*, *Alternaria*, *Colletotrichum*, *Oldium* y *Cladosporium*, además de

la tolerancia a bacterias y virus, así como la capacidad de resistir factores abióticos (Nakasone & Paull, 1998; Coppens d'Eeckenbrugge et al., 1997; Campos, 1992).

Los cultivadores han hecho uso de la variabilidad genética de las pasifloras para mejorar características relacionadas con el fruto, la productividad, la tolerancia a plagas y enfermedades, así como la tolerancia al frío. Cabe destacar, que la hibridación entre *P. edulis* y *P. incarnata* ha evidenciado una mejor resistencia al frío y tolerancia al potyvirus. Asimismo, un cruce entre *P. edulis* *fv. flavicarpa* y *P. alata* ha dado como resultados híbridos con frutos de alta calidad. A pesar de lo anterior, es importante resaltar que el cruce más utilizado es entre las formas amarilla y morada de *P. edulis* (Nakasone & Paull, 1998).

Sin embargo, al igual que ocurre con otras especies de frutas tropicales leñosas, el mejoramiento genético de pasiflora a través de técnicas tradicionales es un proceso lento y prolongado. El mayor obstáculo radica en la naturaleza altamente heterocigótica del genoma y los altos niveles de autoincompatibilidad. A menudo, muchos cruces no producen plantas fértiles debido a que no se produce la formación de semillas, por razones que aún no se han establecido claramente y en muchos casos, las semillas presentan un descenso en la tasa de germinación.

Adicionalmente, una serie de características importantes de la especie, tales como la resistencia a enfermedades e insectos y la tolerancia al frío, se encuentran principalmente en las no cultivadas. Para transferir estas características a los cultivares, se requiere de varias generaciones de cruces y retrocruces, así como, de la participación de un gran número de poblaciones de plántulas. En este sentido, Bruckner et al. (1995, p. 52) y Rego et al. (1999, p.564) señalan que este proceso implica un esfuerzo considerable y requiere de la aplicación de técnicas avanzadas de mejoramiento genético para poder obtener resultados satisfactorios en un plazo razonable de tiempo.

Una de las estrategias básicas para el mejoramiento genético en especies cultivadas de pasifloras, es la comprensión acerca de su variabilidad genética. Lo anterior permite reducir el peligro de enfermedades epidémicas y fomentar una agricultura sostenible y efectiva, según indica un estudio realizado por Meletti et al. entre los años 2005 y 2008 en Brasil. En dicho estudio se caracterizó el germoplasma de *P. edulis* y se evaluó el mejoramiento genético mediante marcadores moleculares. Lo anterior, permitió el progreso de nuevas variedades e híbridos de fruta de la pasión de alto rendimiento y resistentes a múltiples enfermedades.

En este mismo orden de ideas, Checa, Rosero y Cultid (2019), llevaron a cabo un estudio en Colombia para caracterizar morfo-agronómicamente las diferentes especies de pasiflora pertenecientes al subgénero *Tacsonia*, así como otras especies relacionadas, presentes en la región Andina del departamento de Nariño. La información obtenida a partir de la caracterización de las variables cualitativas y cuantitativas permitió analizar el potencial genético de estas plantas, con el objetivo de establecer un programa de mejoramiento de la especie *P. mollissima* en dicha zona.

Adicionalmente, Ocampo et al. (2013) desarrollaron una investigación para analizar la variabilidad genética de *P. edulis f. flavicarpa* (maracuyá) cultivado en Colombia. El objetivo de dicho estudio fue seleccionar, caracterizar e identificar las variedades del maracuyá existentes en el país, para establecer una base sólida para la implementación de un programa de fitomejoramiento. Posteriormente, Bernal, Ocampo y Hernández (2014) determinaron la variabilidad genética de *P. ligularis* (granadilla) cultivada en Colombia (41 accesiones, 82 individuos) provenientes de los principales departamentos productores por medio de marcadores microsatélites.

Recientemente, y en respuesta a la falta de estudios genéticos detallados que permitan mejorar el cultivo del maracuyá amarillo (*P. edulis var flavicarpa*) en Colombia, Ocampo et al. (2021) llevaron a cabo una investigación para establecer las relaciones genéticas entre diferentes

accesiones de diversos orígenes geográficos. Utilizaron una caracterización agro-morfológica para lograr este objetivo, enfocándose en la variabilidad intraespecífica del maracuyá amarillo estableciendo base para un programa de fitomejoramiento.

Es evidente, que los diversos estudios sobre diversidad genética en pasifloras adelantados tanto en Brasil como en Colombia han estado focalizados en establecer las distancias entre especies cultivadas y sus parientes silvestres como una forma de explorar y conservar los recursos genéticos. Estos estudios han permitido desarrollar investigaciones adicionales sobre la hibridación interespecífica entre las principales especies económicamente importantes de pasiflora, y sus especies silvestres más cercanas (Ocampo, Marín & Urrea; Ramiro, 2021; Bernal, Ocampo & Hernández 2014)

Enfoques biotecnológicos para el mejoramiento de las Pasifloras

El desarrollo de la biotecnología vegetal se ha centrado principalmente en los países desarrollados, lo que ha resultado en una falta de atención hacia los cultivos regionales en los países en desarrollo, donde se cultivan la mayoría de las especies de frutas tropicales. Además, la colección del material genético de las plantas a nivel mundial se ha centrado en los principales cultivos alimentarios (maíz, arroz y trigo) y solo se ha aplicado un esfuerzo limitado a los cultivos menores y sus parientes silvestres, como las pasifloras. Como resultado, la disponibilidad de información centrada en la aplicación de la biotecnología a los cultivos de dichas especies es limitada y la mayor parte del esfuerzo de investigación se ha dirigido solo a aquellas con alta importancia en el mercado internacional, como los cítricos, el plátano y la papaya.

Entre los enfoques más destacados se encuentran la selección y mejora genética de variedades, la utilización de técnicas de ingeniería genética y la aplicación de estrategias de cultivo *in vitro*. Estos enfoques tienen como objetivo mejorar la calidad y la productividad de las plantas, así como aumentar su resistencia a enfermedades y condiciones climáticas adversas.

Cultivo de tejidos de células vegetales: la base de la biotecnología

El cultivo de tejidos vegetales es una herramienta crucial para la aplicación de enfoques genéticos en la mejora de cultivos, y su uso se ha extendido a la micropropagación y producción de plantas libres de enfermedades. De hecho, se ha convertido en una práctica estándar para una variedad de cultivos hortícolas y ornamentales (Davey 2017).

En el caso particular de las pasifloras, estas plantas han demostrado ser susceptibles a la manipulación en cultivo de tejidos. Los investigadores han estudiado la elección de explantes, el efecto de los medios de cultivo, la influencia de los reguladores del crecimiento, así como el papel de la luz y la temperatura en la regeneración *in vitro* de estas plantas. Si bien existe más información disponible sobre la micropropagación que sobre cualquier otra técnica de biotecnología aplicada, también existen varios estudios sobre organogénesis y embriogénesis.

Según Pacheco (2016), los protocolos de cultivo de tejidos para especies de *Passiflora* tienen múltiples objetivos, incluyendo la investigación de procesos fisiológicos en cultivo *in vitro*, producción de semillas sintéticas, selección *in vitro* y desarrollo de hibridación somática, transformación genética y protocolos de conservación *in vitro*. Rosa, Monte-Bello y Dornelas (2014, 2016) se han centrado en los aspectos moleculares de la organogénesis y la embriogénesis somática de *Passiflora*, con el objetivo de entender mejor la expresión génica durante estos procesos morfogénicos.

El cultivo de ápices o nudos es una técnica de micropropagación estándar ampliamente utilizada para la regeneración de plantas *in vitro* el cual se inicia a partir de yemas apicales que contienen el meristema apical y tejidos nodales que contienen meristemas axilares. Esta técnica es preferida ya que preserva la integridad del meristemo, lo que es esencial para la clonación *in vitro* de especies de *Passiflora*.

Los estudios sobre el cultivo de yemas del brote o segmento nodal en especies de pasiflora han identificado cuatro etapas clave: establecimiento de los explantes, proliferación de yemas axilares, formación y enraizamiento de los brotes. Para optimizar la recuperación y el crecimiento inicial del explante, en diversos protocolos se utiliza un medio de crecimiento específico que se complementa con una auxina, como ácido indol-3-acético (IAA), indol-3-butírico (IBA), ácido α -naftalenoacético (NAA), y una citoquinina, como 6-bencilaminopurina (BAP), kinetina, zeatina o 2-iP, o un regulador de crecimiento vegetal como el tiazurón (TDZ). Esto permite la regeneración *in vitro* de plantas de pasiflora a partir de yemas apicales y laterales que contienen meristemas apicales y axilares, preservando la integridad del meristemo esencial para la clonación *in vitro*.

En dichos protocolos la organogénesis es la vía principal de formación de estructuras morfológicas y ha sido observada a partir de diversos tipos de explantes. En efecto, el genotipo parece más determinante en la formación morfogénica que el tipo y concentración de los reguladores de crecimiento utilizados o la elección del explante inicial. Es así como varios órganos como hojas, hipocotilos, segmentos nodales, raíces y tejidos meristemáticos, han sido utilizados en sistemas organogénicos tanto directos como indirectos (Pacheco et al., 2016).

En la micropropagación de especies de pasiflora, el medio MS completo o medio MS ($\frac{1}{2}$ MS) son los más utilizados. No obstante, algunos autores han encontrado que el medio Nischt y Nischt es adecuado para ciertas especies, como *P. mollissima*. En el caso de *P. edulis*, se han observado síntomas de deficiencia de minerales en plantas *in vitro* derivadas de segmentos nodales en medio MS, tales como clorosis y reducción del desarrollo. La falta de cobalto puede aumentar los niveles de etileno, provocando una disminución de la viabilidad y un incremento en las anomalías foliares. En cuanto a la inducción de brotes adventicios de hipocótilo y explantes de hojas de la variedad amarilla de maracuyá, Faria y Segura (1997) descubrieron que la fuente de nitrógeno y el tiosulfato de plata pueden influir en dicho proceso.

Durante los últimos 57 años, se han llevado a cabo numerosos estudios para desarrollar técnicas de cultivo *in vitro* de especies de pasiflora, aunque la mayoría de los protocolos se han centrado en el maracuyá amarillo. Los primeros avances en este campo se remontan a las décadas de 1960 y 1970, cuando se logró inducir la organogénesis en *P. caerulea* (Nakayama, 1966), *P. edulis f. flavicarpa* y *P. molissima* (Moran Robles, 1978). Desde entonces, se han desarrollado con éxito diversos sistemas de cultivo *in vitro* para otras especies de pasiflora mediante técnicas de organogénesis y embriogénesis somática.

A diferencia de la organogénesis, la capacidad de formación de embriones se ha investigado en menor medida. Sin embargo, varios estudios han destacado la formación de células embriogénicas a partir de explantes de hojas en especies como *P. gibertii* (Anthony et al., 1999), *P. ligularis* (de Oliveira et al., 2017), *P. maliformis* (Bernal-Moreno et al., 2018) y *P. mollissima* (Parra & Cancino-Escalante, 2020), así como la formación indirecta de embriones somáticos en líneas de raíces transformadas de *P. cincinnata*. Además, se ha descrito la inducción de la embriogénesis somática indirecta en *P. cincinnata* y *P. edulis*, mediante la combinación de 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) y 6-bencilaminopurina (BAP) en embriones cigóticos maduros (Pinto et al., 2011; Silva et al., 2015).

Recientemente Hieu et al. (2022) publicaron los resultados sobre un protocolo para la micropropagación de maracuyá amarillo para portainjertos y la producción de maracuyá púrpura mediante injertos *in vitro* mediados por microtúbulos de nailon.

Transformación genética en Pasifloras

Hace 22 años se desarrollaron técnicas para insertar T-DNA a través de *Agrobacterium* y transferencia directa de genes, las cuales han sido utilizadas en varias especies de plantas. Hoy en día, estos métodos de transformación genética se han aplicado con éxito en diversas plantas y cultivos importantes, tanto para la alimentación humana como animal, la producción de fibras y para fines ornamentales (Jones, 2017).

En la obtención de plantas transgénicas, la introducción de genes de interés en el genoma de variedades de élite es preferible, y se realiza comúnmente utilizando sistemas de regeneración de plantas altamente eficientes. Aunque la ingeniería genética ha demostrado su eficacia en muchas especies de plantas, se han realizado relativamente pocos estudios de este tipo en el género *Passiflora* concentrándose principalmente en la especie *P. edulis*, que es ampliamente cultivada en todo el mundo. La transformación genética de estas especies suele requerir el uso de técnicas de transformación y regeneración *in vitro*, tal como se ha evidenciado en la literatura científica disponible (Rizwan et al., 2021).

Es importante destacar que el maracuyá amarillo (*P. edulis* var. *flavicarpa*) es vulnerable a la bacteria *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae* y al virus de la madera de la fruta, los cuales han causado daños significativos a la industria de jugos y a los productores de frutas en el sureste de Brasil durante varias décadas. Desafortunadamente, el germoplasma de *P. edulis flavicarpa* no cuenta con ningún material resistente, lo que hace necesario el uso de plantas transgénicas (Fernando et al., 2006)

En 1994, el grupo de transformación genética de plantas en la Universidad de Nottingham en Inglaterra produjo las primeras plantas transgénicas de maracuyá utilizando la técnica de transformación mediada por *Agrobacterium tumefaciens* (Manders et al., 1994). Posteriormente, Cancino-Escalante en 2001, logró la transformación genética de *P. mollissima* (Curuba) por medio de *A. tumefaciens* utilizando las cepas LBA4404 (pVDH65) y EHA 105 (PGUSINT), las cuales contenían los genes *nptII* y *gus*, respectivamente, en explantes de discos de hoja. Además, el estudio observó que la presencia del flavonoide naringenina en el medio de cultivo mejoró significativamente la expresión transitoria del gen GUS en comparación con la acetosiringona, que es el inductor tradicionalmente utilizado.

Otros investigadores, como Hodson (2005), Trevisan et al. (2006) y Monteiro et al. (2011), han reportado la regeneración y transformación

in vitro utilizando explantes de discos de hojas de *P. edulis* Sims. y *P. flavicarpa*. En sus estudios, lograron eficiencias de transformación que oscilaron entre 0,11% y 0,67%. Tuhaise et al. (2019), Asande et al. (2020), Correa et al. (2015), Bunnag y Chamnanpon (2014), también han llevado a cabo la transformación genética de pasifloras mediante diferentes técnicas y explantes, aunque sus eficiencias de transformación fueron bajas.

Uno de los avances más recientes ha sido el sistema de transformación asistido por ultrasonidos en embriones somáticos, el cual permitió una eficiencia de transformación del 28,3% en anteras de *Passiflora cincinnata* (da Silva et al., 2021). Otro método es el sistema de transformación mediado por *Agrobacterium* en plantas de maracuyá, el cual ha mostrado una alta eficiencia de regeneración y transformación del 86% y 29%, respectivamente. Aunque estos sistemas pueden ser utilizados en varias especies de pasifloras, su éxito puede depender de la especie o variedad y puede llevar tiempo desarrollar un método eficiente para cada una de ellas (Quoirin, Winkler & Ayub, 2002).

Referencias

- Abrahamczyk, S. & Kessler, M. (2014). Morphological and behavioural adaptations to feed on nectar: How feeding ecology determines the diversity and composition of hummingbird assemblages. *Journal of Ornithology*, 156, 333–347.
- Aguirre, C., Caetano, C. & Bonilla, M. (2015). Diversidad y distribución de Passiflora subgenero *Astrophea* (passifloraceae) de Colombia. I Simposio Colombiano de Recursos Fitogenéticos Neotropicales-VIII Congreso Colombiano de Botánica. 188 pp.
- Aguirre-Morales, A.; Bonilla-Morales, M. & Agudelo-Varela, O. (2016). História de Passiflora Supersec. Tacsonia (*Passifloraceae*): un acercamiento taxonômico. *Revista Biodiversidad Neotropical*, 6 (2), 107-20.
- Anthony, P., Otoni, W., Power, J.B., Lowe, K. & Davey, M. (1999). Protoplasts isolation, culture, and plant regeneration from Passiflora. *Method. Molecular Biology*, 111, 169–181.
- Asande, L., Omwoyo, R, Oduor, R & Nyaboga, E. (2020). A simple and fast Agrobacterium-mediated transformation system for passion fruit KPF4 (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). *Plant Methods* 16, 1–12.
- Beal P. (1973). Cytology of the native Australian and several exotic Passiflora species. Morphology of satellited chromosomes. *Queensland Journal of Agricultural Science*, 30, 19-24.
- Benscher, D., Pappu, S. Niblett, C., Varon de Agudelo, F., Morales, F. Hodson, E., Álvarez., Acosta, O. & Lee, R. (1996). A strain of soybean Mosaic virus infecting Passiflora spp. In Colombia. *Plant Disease*, 80, 258-262.

- Bernal, S., Rodríguez, L., Bohórquez Quintero, M., Araque, E. & Pacheco, J. (2018). Embriogénesis no zigótica en *Passiflora maliformis* Nonzygotic. *Revista Peruana de Biología*, 25(3), 281-290.
- Bernal N., Ocampo J. & Hernández, J. (2014). Caracterización y análisis de la variabilidad genética de la granadilla (*Passiflora ligularis* juss.) en Colombia empleando marcadores microsatélites. *Revista Brasileira De Fruticultura*, 36(3), 586–597.
- Bernal, H. & Correa, J. (1998). Especies vegetales promisorias de los países del Convenio Andrés Bello. Tomo XII, Programa de Recursos Vegetales del convenio Andrés Bello, Bogotá Colombia.
- Bernal, R., Gradstein, S. & Celis, M. (2016). Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co/>
- Bisht, T, Rana, V. & Bajaj, H. (2020). A Review on Genus *Passiflora*: An Endangered Species. *Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 15 (4), 17-21
- Bowden, W. (1945). A list of chromosome numbers in higher plants. II Menispermaceae to Verbenaceae. *American Journal of Botany*, 32, 191-201.
- Bruckner, C., Casali, V., Moraes, C., Regazzi, A. & Silva E. (1995). Self-incompatibility in passion fruit (*Passiflora edulis* sims). *Acta Horticulturae*, 370,45-57.
- Bunnag, S. & Chamnanpon, N. (2014). Regeneration and transformation of purple passion fruit (*Passiflora edulis* S.) via *Agrobacterium tumefaciens*. In Proceedings of the XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): 1110, Brisbane, Australia, pp. 215–222.

- Campos, T. (1992). The culture of curuba *Passiflora mollissima* (H.B.K.) Bailey in Colombia. *International Society for Horticultural Science*, 30 (310), 215-229.
- Cancino-Escalante GO. (2001). Plant tissue culture and Agrobacterium mediated transformations studies in Passiflora. Tesis Doctoral. Universidad de Notingham, Nottingham, Reino Unido. 171p.
- Carvajal, L., Turbay, S., Álvarez, L., Rodríguez, A., Álvarez, J., Bonilla, K., Restrepo, S. & Parra, M. (2014). Propiedades funcionales y nutricionales de seis especies de *Passiflora* (Passifloraceae) del departamento del Huila, Colombia. *Caldas*, 36 (1): 1-15.
- Cervi, A. & Linsigen, L. (2010). *Passiflora kikiana*, a new species of *Passifloraceae* from the Brazilian Amazon. *Acta Botanica Brasili-ca*, 24 (4), 1062-1064.
- Chaparro, D., Maldonado, M., Franco, M. & Urango L. (2015). Características nutricionales y antioxidantes de la fruta curuba larga (*Passiflora mollissima* Bailey). *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(1), 120-128.
- Checa O., Rosero, E., & Cultid, I. (2011). Colección y caracterización morfoagronómica del subgénero *tacsonia* en la zona andina del departamento de Nariño, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(1), 5893-5907.
- Cheng, Y., Deng, T., Chen, C., Chiang, C., & Chang, C. (2014). First Report of Euphorbia leaf curl virus and Papaya leaf curl Guangdong virus on Passion Fruit in Taiwan. *Plant Disease*, 98 (12), 1746.
- Coppens d'Eeckenbrugge, G.; Segura, S.; Hodson, E. & Góngora, G. (1997). Les fruit de la Passion. En: Charrier, A., Jacquot, M., Hamon, S. & Nicolas, D. (Eds). *L'amelioration des Plantes Tropicales*. CIRAD – ORSTOM Coedition. Montpellier, France, pp. 291-312.

- Correa, M., Pinto, A., Rezende, J., Harakava, R. & Mendes, B. (2015). Genetic transformation of sweet passion fruit (*Passiflora alata*) and reactions of the transgenic plants to Cowpea aphid borne mosaic virus. *European Journal of Plant Pathology*, 143, 813–821.
- Costa, A. & Cavalcante, H. (2010). Desarrollo tecnológico para uso de pasifloras silvestres como alimentos funcionales y medicinales. Memorias Primer Congreso Latinoamericano de *Passiflora*, Neiva-Huila. 98-106pp.
- Da Silva, M., Pinto, D., Passos, A., Marcelino-Guimarães, F., Rossi, A, Krause, W, de Carvalho, I., Batista, D., Rocha, D. & Otoni, W.C. (2021). Novel and efficient transformation of wild passion fruit (*Passiflora cincinnata* Mast.) using sonication-assisted Agrobacterium-mediated transformation. *Vitro Cellular Developmental Biology Plant*, 57, 380–386.
- Davey, M. (2017). Regeneration of Fruit and Ornamental Trees via Cell and Tissue Culture, The University of Nottingham, Nottingham, UK Elsevier Ltd. Encyclopedia of Applied Plant Sciences, 2nd edition, Volume 2 <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00149-0>
- De Candolle, A. (1828). Mémoires de la Société de Physique et d’Histoire Naturelle de Geneve. 1, pp. 434-436.
- De Oliveira, D., Paiva, R., Carpentier, S. et al. (2017). Characterization of the formation of somatic embryos from mature zygotic embryos of *Passiflora ligularis* Juss. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 131, 97–105.
- Dhawan, K., Dhawan, S. & Sharma, A. (2004). *Passiflora*: A review update *Journal of Ethnopharmacology*, 94 (1) (2004), 1-23.
- Eljach, S. (2009). Etnobotánica de la granadilla de quijos (*Passiflora popenovii*) en el municipio de Timbío, departamento del Cauca, Colombia (trabajo de grado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

- Escobar, L. (1993). Neotropical montane *Passifloraceae*. In: Biodiversity and Conservation Symposium, New York.
- Faria, J. & Segura, J., (1997). *In vitro* control of adventitious bud differentiation by inorganic medium components and silver thiosulfate in explants of *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, 33, 209–212.
- Fernando, J., Vieira, M., Machado, S. et al. (2006). New insights into the *in vitro* organogenesis process: the case of *Passiflora*. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 91, 37–44 (2007).
- Feuillet, C. y MacDougal, J. (2003). A new infrageneric classification of *Passiflora* L. (*Passifloraceae*). *Passiflora*, 13 (2), 34-38.
- Fischer, I. & Rezende, J. (2008). Diseases of Passionflower (*Passiflora* spp.). Pest Technology, Global Science Books.
- Harms, H. (1925). *Passifloraceae*. In: Engler A, Prant, ed. Die Natürlichen Pflanzenfamilien. Leipzig: Wilhelm Engelmann, pp. 470-507.
- Hernández L., Castillo, F., Ocampo, J. & Wyckhuys, K. (2011). Guía de identificación de plagas y enfermedades para el maracuyá, la granadilla y la gulupa. Bio-Sistemas-Universidad Jorge Tadeo Lozano/Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT.
- Hernández, A. & N. García (2006). Las pasifloras. En: García, N. & G. Galeano (eds.). Libro Rojo de Plantas de Colombia. Volumen 3: Las bromelias, las labiadas y las pasifloras. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto Alexander von Humboldt - Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, pp. 583-657
- Hieu, T., Phong, T., Khai, H.D. et al. (2022). Efficient production of vigorous passion fruit rootstock for *in vitro* grafting. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 148, 635–648

- Hilgenhof, R. (2012). *Passiflora* subgenus *Astrophea* curiosities amongst the passionflowers. Royal Botanical Garden, Kew. 111 pp.
- Imig, D. & Cervi, C. (2014). A new species of *Passiflora* L. (Passifloraceae), from Espírito Santo, Brazil. *Phytotaxa*, 186, 292-296.
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2011). Manejo de problemas fitosanitarios del cultivo de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) en condiciones de ola invernal. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 31p.
- Jones, H. (2017) Encyclopedia of Applied Plant Sciences, 2nd edition, Volume 2 <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00134-9>
- Jørgensen, P., Muchhala, N. & MacDougal, J. (2012). *Passiflora unipetala*, a new bat-pollinated species of *Passiflora* supersect. *Tacsonia* (Passifloraceae). *Novon*, 22, 174-179.
- Khuwijitjaru, P. & Khwanjai, K. (2020). Passion fruit. En: Valorization of Fruit Processing By-products. Galanakis, M. (Ed.), Academic Press.
- Killip, E. (1938). The American species of *Passifloraceae*. Field Museum of Natural History Botany Service, 19, 1-612.
- Krosnick, S., Ford, A. Freudenstein, V. (2009). Taxonomic Revision of *Passiflora* subgenus *Tetrapathea* including the Monotypic Genera *Hollrungia* and *Tetrapathea* (*Passifloraceae*) and a New Species of *Passiflora*. *Systematic Botany* 34 (2), 375-385.
- Manders, G., Otoni, W., Vaz, F., Blackball, N., Power, J. & Davey, M. (1994). Transformation of passionfruit (*Passiflora edulis* var *flavicarpa* Degener.) using *Agrobacterium tumefaciens*. *Plant Cell Report*, 13, 697–702.

- Masters, M. (1871). XIX. Contributions to the natural history of the *Passifloraceae*. Transactions of the Linnean Society. London 27:593-645, tab. 64, 65.
- Meletti, L. M.; dos Santos, R. R.; y Minami, K. (2000). Melhoramento do maracujazeiro-amarelo: obtenção do cultivar composto IAC-27. *Science. Agricultural* 57(3):491-498.
- Melo, N. & Guerra, M. (2003). Variability of the 5S and 45S rDNA sites in *Passiflora* L. species with distinct base chromosome numbers. *Annals of Botany*, 93, 309-316.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). Cadena de Passifloras. Indicadores e instrumentos. Bogotá, Colombia. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Passifloras/Documentos/2020-12-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Monteiro, A., Jadao, A., Mendes, B., Rezende, J, Trevisan, F., Mello, A, Vieira, M., Meletti, L. & Piedade, S. (2011). Genetic transformation of passionflower and evaluation of R1 and R2 generations for resistance to Cowpea aphid borne mosaic virus. *Plant Disease*, 95, 1021–1025.
- Moran Robles, M. (1978). *In vitro* vegetative multiplication of axillary buds of *P. edulis* var. *flavicarpa* Degener and *P. mollissima* Birley. *Fruits*, 33, 701–715.
- Nakasone, H. & Paull, R. (1998). Tropical Fruits. CABI Publishing, Oxford, pp. 270-291.
- Nakayama, F. (1966). Cultivo *in vitro* de tejidos de *Passiflora caerulea*. Revista de la Facultad de Agronomía de la *Universidad Nacional de La Plata* 42, 63–74.

- Ocampo, J. & Coppens d'Eeckenbrugge, G. (2017). Morphological characterization in the genus *Passiflora* L.: an approach to understanding its complex variability. *Plant Systematics and Evolution* 303(4): 531-558.
- Ocampo, J. & Merlin, Y. (2014). *Passiflora* de Colombia (*Passifloraceae*), Field Museum, Chicago.
- Ocampo, J. (2013). Diversidad y distribución de las *Passifloraceae* en el departamento del Huila en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 18(3), 511-516.
- Ocampo, J., D'eeckenbrugge, G., Restrepo, M., Jarvis, A., Salazar, M. & Caetano, C. (2007). Diversity of Colombian *Passifloraceae*: biogeography and an updated list for conservation. *Biota Colombiana*. 8(1),1-45.
- Ocampo, J., Marín, V. & Urrea, Ramiro. (2021). Agro-morphological characterization of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) reveals elite genotypes for a breeding program in Colombia. *Agronomía Colombiana*, 39(2), 156-176.
- Ocampo, J., Urrea, R., Salazar, M., Hernández, J. & Posada, P. (2013). Avances de investigación en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) en Colombia como base para el mejoramiento genético. Libro de memorias del Segundo Congreso Latinoamericano de Pasifloras, Colombia.
- Ocampo, J., Urrea, R., Wyckhuys, K., & Salazar, M. (2013). Exploración de la variabilidad genética del maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) como base para un programa de fitomejoramiento en Colombia. *Acta Agronómica*, 62(4), 352-360.
- Pacheco, G., Simão, M., Vianna, M., Garcia, R., Vieira, L. & Mansur, E. (2016). *In vitro* conservation of *Passiflora*. A review. *Scientia Horticulturae*, 211, 305-311.

- Parra, O. & Cancino-Escalante, G. (2019). Evaluation of induction of somatic embryogenesis from cotyledonary leaves of Banana Passion fruit (*Passiflora mollissima*) L.H Bailey. *Respuestas*, 24 (1), 31-38.
- Patiño, M. & Pérez, O. (2021). Evaluación de la resistencia de genotipos de *Passifloras* a *Fusarium solani* f.sp. *passifloraceae* en granadilla. *Entramado*, 17(2) 256-267.
- Pinheiro, P., Aparecida, C., Tayane, N., Mikosvki, A. Fealho, L. & Lemes, M. (2017). Regeneração *in vitro* de *Passiflora miniata* Mast. *Ornamental Horticulture*, 23 (1) 88-95.
- Pinto, D., de Almeida, A., Rêgo, M. et al. (2011). Somatic embryogenesis from mature zygotic embryos of commercial passionfruit (*Passiflora edulis* Sims) genotypes. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 107, 521–530.
- Quoirin, M., Winkler, LM. & Ayub, R. (2002) *Agrobacterium tumefaciens* mediated transformation of yellow passion fruit *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* with the CME-ACOL gene. In: XXVI International Horticultural Congress: citrus and other subtropical and tropical fruit crops: issues, advances and 632, pp 243–248
- Ramírez, W. (2006). Hibridación interespecífica en *Passiflora* (*Passifloraceae*), mediante polinización manual, y características florales para la polinización. *Lankesteriana*, (3), 123-131.
- Rego, M., Bruckner, C., Silva, E., Finger, L., Siquiera, D. & Fernandes, A. (1999). Self-incompatibility in passion fruit: evidence of two locus genetic control. *Theoretical and Applied Genetics*, 98, 564-568.
- Rizwan, H., Yang, Q., Yousef, A., Zhang, X., Sharif, Y., Kaijie, J., Shi, M., Li, H., Munir, N. & Yang, X. (2021). Establishment of a novel and efficient *Agrobacterium*-mediated in plant transformation system for passion fruit (*Passiflora edulis*). *Plants*, 10, 2459.

- Rodríguez, M.; Niño, N., Cutler, J., Langer, J., Casierra-Posada, F., Miranda, M., Bandte, M. & Buttner (2016). Certificación de material vegetal sano en Colombia: un análisis crítico de oportunidades y retos para controlar enfermedades ocasionadas por virus. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(1), 164-175.
- Rosa, Y., Monte-Bello, C. & Dornelas, M. (2014). Species-dependent divergent responses to *in vitro* somatic embryo induction in *Passiflora* spp. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 120, 69–77.
- Rosa, Y., Monte-Bello, C. & Dornelas, M. (2016). *In vitro* organogenesis and inefficient plant regeneration from root explants of *Passiflora suberosa* L. (*Passifloraceae*). *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant* 52, 64–71.
- Roy, A., Guillermo, L. Nunziata, S., Padmanabhan, C., Rivera, Y., Brlansky, R., Hartung, J. (2022). First report of Passion fruit green spot virus in yellow Passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) in Casanare, Colombia. *Plant Disease*. Epub ahead of print.
- Sandoval, A., Forero, F., Cabrera, S., Rivera, J. & Parra, M. 2010. Caracterización de extractos a partir de hojas y flores del maracuyá *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, granadilla *Passiflora ligularis* (Juss.) y chulupa *Passiflora maliformis* (L.) del departamento del Huila. Memorias Primer Congreso Latinoamericano de Passiflora, Neiva-Huila.,14p.
- Silva, G., Cruz, A., Otoni, W., Pereira, T., Rocha, D. & Silva, M. (2015). Histochemical evaluation of induction of somatic embryogenesis in *Passiflora edulis* Sims (*Passifloraceae*). *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, 51, 539–545.
- Snow, N. & MacDougal, J. (1993). New chromosome reports in *Passiflora* (*Passifloraceae*). *Systematic Botany*, 18 (2) 261-273.

- Soares-Scott, M., Meletti, L., Bernacci, L. & Passos, I. (2005). Citogenética clássica e molecular em passifloras. En: Faleiro, F.; Junqueira, N. & Braga, M. (Eds.). Maracujá: germoplasma e melhoramento genético. Embrapa Cerrados, Planaltina. pp. 213-240.
- Storey, W. (1950). Chromosome numbers of some species of *Passiflora* occurring in Hawaii. *Pacific Science*, 4, 37-42.
- Tillett, S. (1988). *Passionis passifloris* II. Terminología. *Ernstia* 48, 1-40.
- Trevisan, F., Mendes, B., Maciel, S., Vieira, M., Meletti, L. & Rezende, J. (2006). Resistance to Passion fruit woodiness virus in transgenic passionflower expressing the virus coat protein gene. *Plant Disease*, 90, 1026-1030.
- Tuhaise, S., Nakavuma, J., Adriko, J., Ssekatawa, K. & Kiggundu, A. (2019). Establishment of a transformation protocol for Ugandas yellow passion fruit using the GUS gene. *African Journal of Biotechnology*, 18, 416-425.
- Ulmer, T. & MacDougal, J. (2004). *Passiflora: passionflowers of the word*. Timber Press Portland, Oregon. 430 pp.
- Uribe, L. (1972). Catalogo ilustrado de las Plantas de Cundinamarca: *Passifloraceae, Begoniaceae, Melastomaceae*. Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, 5, 5-41.
- Vanderplank, J. (1997). *Passion Flowers*. Second Edition, Casell Publishers Ltd, London, pp. 1-224.
- World Flora Online (WFO) (2023): *Passiflora* L. Published on the Internet; <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-4000028296>.



Capítulo II
Passiflora tripartita
var. mollissima

**Aspectos biológicos
y agronómicos**

CAPÍTULO II
Passiflora tripartita var. *mollissima*
Aspectos biológicos y agronómicos

Historia de la *Passiflora tripartita* var. *mollissima*

El género *Passiflora* tiene su origen en la palabra latina "fos passionis", que fue utilizada por primera vez por Plunket en 1696 para describir estas plantas con flores. Dentro del género, la *Tacsonia* proviene del nombre quechua (dialecto ecuatoriano) "taxo", debido a que sus especies y frutos comestibles son nativos de pueblos ubicados en el norte de Ecuador y sur de Colombia (Coppens d'Eckenbrugge et al., 1997; Escobar, 1988a). En Colombia, estas especies son conocidas como "curuba", mientras que en Perú se les conoce con varios nombres, siendo los más comunes "poro poro", "puru puru" o "tumbo". Por su parte, en Venezuela, el nombre utilizado es "parchita" (Coppens d'Eckenbrugge et al., 1997).

Ahora bien, fue en 1781 cuando Carlos Linneo realizó la descripción de las dos primeras especies del subgénero *Tacsonia*, *P. mixta* y *P. adulterina*, a partir de dibujos enviados por José Celestino Mutis durante la Expedición Botánica Real al Nuevo Reino de Granada (Castroviejo, 1989). Estas especies son endémicas de Bogotá, Colombia y su denominación taxonómica, "flor de la pasión adulterada", hace referencia a la estructura del cáliz con un tubo largo y las hojas tripartitas, características que no se encuentran en el maracuyá (Escobar, 1988a; Uribe, 1972).

Posteriormente, durante la visita de Bernard de Jussieu a los Andes ecuatorianos, se recolectaron diversas especies de *Tacsonia*, entre las cuales se destacan *P. longiflora* y *P. tomentosa*, ambos sinónimos de *P. mixta*, que fueron citadas en su obra publicada en 1805 (Escobar,

1988a). No obstante, la presencia de un largo tubo en el cáliz y la corona notablemente reducida, características distintivas del subgénero *Tacsonia*, motivaron a Jussieu y a otros taxónomos posteriores a excluir diversas especies (Killip, 1938; Masters, 1872). Además, Jussieu mencionó nuevas especies recolectadas por Alexander Von Humboldt y Aimé Bonpland, tales como *I. lanata*, *T. tripartita*, *T. manicata* y *T. glaberrina*. Cabe destacar que la descripción definitiva de *P. mixta* fue publicada por Juan Velasco en 1789 (Escobar, 1988ab).

En 1828, Augustin-Pyramus de Candolle fue el primer investigador en reconocer cuatro subdivisiones dentro del género *Tacsonia*: *Psilanthus*, *Distephana*, *Eutacsonia* y *Bracteogama*, de las cuales las últimas dos albergan la mayoría de las 26 especies asignadas a *Tacsonia* (Escobar, 1988a). En 1872, cuando se publicó la Monografía de *Passifloraceae* en Flora Brasiliensis, muchos botánicos europeos, como Fuck, Schlim, Linden y Purdie, tuvieron acceso a colecciones sudamericanas, lo que contribuyó significativamente al aumento del número de especies conocidas de *Tacsonia*.

Además, en el mismo año, Masters -una autoridad destacada en *Passifloraceae*- pudo incluir 25 especies, 3 subespecies y 4 variedades en *Tacsonia* (Escobar, 1988a). Su obra más relevante en relación con *Passifloraceae* fue "Contribution to the Natural History of *Passifloraceae*", en la que proporcionó información detallada sobre la germinación de semillas, el desarrollo, la morfología, la anatomía, la biología reproductiva y la taxonomía de la familia (Escobar, 1988ab).

A principios del siglo XX, en Quito, Ecuador, el Reverendo Aloisio Sodiro contribuyó al estudio de las *Tacsonias* a través de varias publicaciones (1903, 1906, 1907). Además, en Berlín, Hermann Harms (1925) realizó un estudio extenso de once géneros de *Passifloraceae* y condensó la literatura publicada sobre usos económicos, estudios químicos, fósiles y polinización (Escobar, 1988ab).

En 1938, Killip, un botánico estadounidense del Instituto Smithsonian de Washington, publicó "The American Species of *Passifloraceae*" después de recolectar varios especímenes en Colombia, Ecuador y Perú mientras visitaba los principales herbarios europeos entre 1924 y 1927. Este estudio analizó 365 especies distribuidas en cuatro géneros y se recomendó que *Granadillastrum*, anteriormente denominado por taxónomos como una sección de *Tacsonia*, fuera elevado al estatus de subgénero (Escobar, 1988ab).

Sin embargo, según la última revisión sistemática del género *Passiflora*, (Feuillet & Macdougal, 2003, 2007), la cual se fundamenta en caracteres morfológicos, ubican el subgénero *Tacsonia*, como una supersección dentro del género *Passiflora*. En este sentido, *P. mollissima* es una especie que pertenece a la familia *Passifloraceae*, género *Passiflora*, supersección *Tacsonia* (Aguirre, Caetano & Bonilla, 2015).

Según el registro del Jardín botánico de Missouri (Tropicos.org) el nombre aceptado de *P. mollissima* (Kunth) L.H. Bailey es *P. tripartita* var. *mollissima*. Además, se indican siete sinónimos: *Murucuia mollissima* (Kunth) Spreng, (Killip, 1938); *Passiflora tomentosa* Lam (Macbride, 1941); *Passiflora tomentosa* var. *mollissima* (Kunth) Triana & Planch; (Escobar, 1988ab); *Passiflora tripartita* var. *mollissima* (Kunth) Holm-Niels. & Jørg. (Hokche, Berry & Huber, 2008); *Tacsonia mixta* subsp. *tomentosa* (Cav.) Mast (Killip, 1938); *Tacsonia mollissima* Kunth (Mcvaugh, 2001); *Tacsonia mollissima* var. *glabrescens* Mast (Escobar, 1988ab).

Es importante resaltar, que *Tacsonia* una supersección, congrega las siguientes especies y subespecies: *Passiflora tripartita* var. *mollissima* (Kunth.) (curuba de Castilla) (Holm-Nielsen, Jorgenson & Lawesson, 1988); *Passiflora tarminiana* Coppens y Barney, conocida como curuba India, descrita como nueva especie en 2001 por Coppens d'Eeckenbrugge et al.; *Passiflora pinnatistipula* (Uribe, 1972); *Passiflora tripartita* Juss Poir. Por su parte las subespecies de importancia comercial se destacan la *Passiflora mixta* (cura de monte), la *Passiflora antioquiensis* Karst y la *Passiflora bracteosa* Planch. y Lind. ex Tr. y Planch.

La *Passiflora tripartita* var. *mollissima*, es originaria de los países andinos y se distribuye en el oeste de América del Sur, desde Venezuela hasta el sur de Colombia y el norte de Chile (Green, 1994; Seidemann, 1995). En efecto, fue domesticada poco antes de la conquista española y desde entonces ha sido ampliamente explotada en varias regiones subtropicales alrededor del mundo, incluyendo California, Hawái, México, Nueva Zelanda, Kenia e India (Bernal & Correa, 1998). Se encuentra en altitudes entre 2000 y 3500 msnm (Tellez, 1998; Coppens d'Eeckenbrugge et al., 1997; Seidemann, 1995).

Desde su introducción a nivel mundial, es considerada como una especie con grandes posibilidades agronómicas, por consiguiente, es altamente valorada en el mercado comercial no solo por su fruta comestible, sino también por las propiedades nutricionales y medicinales, así como por las flores de considerable valor ornamental (Ocampo & Coppens d'Eeckenbrugge, 2017, Chaparro-Rojas et al., 2014; Contreras-Calderón, 2011).

En Colombia, la producción de curuba de Castilla se extiende sobre un área cultivada entre 13 y 845 hectáreas, lo que equivale aproximadamente al 7,62% de la producción total de pasifloras del país (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020). Esta fruta se destina principalmente al mercado local, y su cultivo se concentra en siete departamentos (Tabla 21.), siendo Boyacá y Norte de Santander los principales con más de dos tercios de la producción total (83%) (Agronet, 2021).

Tabla 2.1

Área cultivada y producción de curuba de castilla en Colombia (2020)

Departamento	Área sembrada (Ha)	Producción (Ton)
Boyacá	845	11.088
Norte de Santander	252	3.002
Huila	90	617
Cundinamarca	78	1.660
Nariño	49	213
Valle del Cauca	14	162
Santander	13	94
Total	1.341	16.836

Fuente: Agronet, 2021.

Aspectos biológicos

Descripción morfológica de *Passiflora tripartita* var. *mollissima*

Se caracteriza por presentar pubescencia en todas sus partes, excepto en las flores, y poseer tricomas rectos a ondulados, transparentes, de color verde amarillento o incoloros (Figura 2.1). El tallo es cilíndrico, estriado y denso o suavemente pubescentes ocasionalmente angulados y estriados. Las estípulas son dentadas, miden hasta 9 mm de longitud y 4 mm de ancho. El pecíolo mide hasta 30 mm de longitud y tiene de 8 a 12 glándulas sésiles. Las hojas son trilobuladas, con una longitud de hasta 125 mm y un ancho de hasta 150 mm, con lóbulos ovado-oblongos de 30-40 mm de ancho y bordes serrados y suavemente pubescentes.

El pedúnculo mide hasta 60 mm de longitud, mientras que las brácteas miden 25 mm de longitud y están unidas por la mitad a un tercio de su longitud. El tubo del cáliz es de color verde oliva con un tinte rosa en el exterior y blanco en el interior, midiendo hasta 80 mm de longitud y 10 mm de ancho. Las flores son péndulas y llamativas, de color rosa o rosa coral, midiendo de 60 a 90 mm de ancho. Los sépalos son oblongos, midiendo de 25 a 35 mm de longitud y de 10 a 15 mm de ancho. Los pétalos son de color rosa y ligeramente más cortos que los sépalos. La corona de filamentos tiene una banda púrpura con tubérculos rosados. El fruto es oblongo-ovoide, mide hasta 100 mm de longitud y 35 mm de diámetro, es suavemente pubescente, de color verde y amarillo al madurar y son pubescentes (Seidemann, 1995).

Figura 2.1

Flores y frutos de Passiflora tripartita var. mollissima



Fuente: Elaboración propia, 2023.

En su hábitat natural, *P. tripartita* var. *mollissima* y sus especies estrechamente relacionadas experimentan hibridación natural, lo que conduce a la aparición de diversas variaciones en las características de sus hojas y flores. A pesar de ello, estas variaciones no han sido debidamente documentadas ni clasificadas de forma sistemática, por lo que deben ser consideradas como formas y no como variedades, según lo mencionado por Vanderplank (1997). Identificar y diferenciar entre estas cuatro especies y sus híbridos, puede ser un desafío especialmente en ausencia de flores, ya que las características distintivas se basan en el tamaño y la forma de las hojas, las glándulas del pecíolo y el grado de pubescencia. Sin embargo, los análisis moleculares iniciales realizados en muestras de especies de pasiflora en general han confirmado consistentemente tres de las cuatro categorías principales sugeridas por Feuillet y MacDougal (2003). Tanto las clasificaciones propuestas por Killip (1938) como por Feuillet y MacDougal (2003) se basan en la morfología compleja y diversa de pasiflora.

Es así como las especies de pasiflora muestran una multitud de características distintas, como una amplia gama de formas de hojas, que pueden variar incluso dentro de una sola especie o individuo (denominado heterofilia y heteroblastia), la aparición de nectarios extraflorales en varias partes de la planta (como pecíolos, márgenes, brácteas o sépalos de las hojas), rasgos florales únicos que exhiben un alto grado de coevolución con polinizadores específicos, particularmente en términos de color de la corola y desarrollo variable del hipantio y la corona (Ocampo & Coppens d'Eeckenbrugge, 2017).

Descripción morfológica de las especies cercanas a *Passiflora tripartita* var. *mollissima*

En lo que concierne concretamente a las especies morfológicamente más cercanas a *P. tripartita* var. *mollissima* (ver estudio morfológico curubas Primot et al, 1995) se encuentra la *P. tarminiana* Coppens & Barney (curuba India), *P. mixta* (curuba de Monte) y *P. cumabalensis* (Ocampo & Coppens d'Eeckenbrugge, 2017, Primot et al. 2005; Segura et al., 2003, 2005).

***P. Tarminiana* Coppens & Barney**

Liana con un tallo cilíndrico y una corteza fibrosa, con entrenudos de 6-12 cm de longitud. Su indumento es canescente. Las estípulas son aciculares, auriculares y aristadas, de 4-7 x 2(-3) mm (1-3 mm de longitud sin el ápice aristado), el ápice aristado mide 3-4 mm de longitud y se caen en tiempo corto. Los pecíolos miden entre 1.5 y 4 cm, son ligeramente canaliculados adaxialmente y pubescentes-canescentes-ferruginosos con 1 a 4 pares de glándulas adaxiales. Las hojas son trilobuladas, con un ancho de (7-)16(-29) cm, y los lóbulos son ovados y acuminados, con el margen serrado. El lóbulo central mide (5.5-)11(-16) x (2.5-)5(-8) cm, y los lóbulos laterales miden (5-)9(-16) x (2.3-)4(-7) cm. La lámina es moderadamente lustrosa en la parte superior, glabrescente o escasamente pubescente, con tricomas principalmente cortos mezclados con algunos muy largos, mientras que en la superficie inferior es canescente-pubescente, con tricomas ferruginosos a lo largo de las nervaduras.

Las flores son axilares, solitarias y péndulas, con pedúnculos de 3-10 cm de longitud, canescentes-pubescentes. Las brácteas miden entre 3 y 5 cm de largo por 2-3 cm de ancho; están unidas hasta la mitad, tienen márgenes enteros, son ovadas y acuminadas, con nervaduras amarillentas y venación reticulada visible y se encuentran a 1 cm de la base del hipanto. El tubo floral (incluyendo el hipanto) mide de 6 a 8 cm de longitud por 0.7-1 cm de ancho, es de color verde claro en el exterior y blanquecino en el interior y la cámara del néctar es semiglobosa y mide de 1.4 a 2 cm de ancho. El opérculo está reflexionado, con el margen recurvado y hay un anillo presente.

Los sépalos y pétalos son generalmente de color rosa brillante a rosa claro. El fruto es fusiforme y mide entre 10 y 14 cm de longitud por 3.5-4.5 cm de ancho. Los frutos jóvenes son canescentes, con el pericarpio de color verde oscuro y puntos blancos, excepto a lo largo de los principales haces vasculares y los estilos secos son persistentes (Figura 2.2). Durante la maduración, los puntos desaparecen y el fruto cambia de color verde a amarillo anaranjado. Las semillas son asimétricas, de

color marrón rojizo cuando están secas, con una superficie reticulada y una forma aguda y cordada. Los arilos son de color naranja, dulces y aromáticos (Coppens d'Eeckenbrugge, et al., 2001).

Figura 2.2

Fruto de P. tarminiana Coppens & Barney



Fuente: Elaboración propia, 2023.

***P. Mixta* (Curuba de Monte)**

Las plantas con tricomas lisos o rizados, de color transparente, blanco o amarillento, de hasta 0.6 mm de longitud. Los tallos son angulados y estriados. Las hojas son trilobuladas, midiendo entre (3.5-) 6.5 (-12.0) cm de largo y (5.0-) 9.5 (-18.5) cm de ancho, con extremos agudos y base redondeada; los márgenes están serrados y los lóbulos son ovales, oblongos o lanceolados (Figura 2.3). Los lóbulos laterales se separan del lóbulo central en un ángulo de 45-65° y pueden ser membranosos o

coriáceos, lisos en la parte superior y lisos o peludos en la inferior, a veces con pelos suaves. Los pecíolos miden (0.9-) 2.0 (-8.0) cm de largo y tienen de 4 a 10 nectarios cortos o alargados, de unos 4 mm de largo en la superficie superior.

Las estípulas son reniformes, generalmente envuelven el tallo, miden entre (0.6-) 1.5 (-3.3) cm de largo y (0.2-) 0.9 (-2.0) cm de ancho, tienen una punta acuminada y generalmente una arista, su base es oblicua y sus bordes son aserrados y glandulares. Los pedúnculos son gruesos y miden entre (1.0-) 3.1 (-9.0) cm de largo; las brácteas se unen en la base y generalmente cubren de 1/2 a 4/5 de su longitud, formando un tubo estrecho o ancho alrededor del hipanto. Cada bráctea mide (1.2) 4.2 (-7.7) cm de largo y (0.5-) 1.1 (-2.5) cm de ancho, con una punta aguda o acuminada, una base cuneada o redondeada y son lisas o peludas en la superficie inferior y densamente peludas en la superior.

Las flores miden entre (9.3-) 13.5 (-19.5) cm de largo, son erectas o horizontales. Los hipantios son cilíndricos o estrechos en la base, midiendo (7.0-) 9.5 (-14.0) cm de largo y (0.5-) 1.1 (-1.5) cm de ancho; son verdes y se vuelven rosados hacia el extremo, lisos o peludos en la parte inferior y blancos y lisos en la superior. Los sépalos son oblongos con una base ancha que se estrecha hacia el extremo, midiendo (2.3-) 4.0 (-5.5) cm de largo y (0.9-) 1.4 (-2.1) cm de ancho, lisos o peludos en la superficie inferior, con una arista subapical de aproximadamente 3 mm de largo, generalmente de color amarillo rosado y ocasionalmente rosado o rojizo, se vuelven de color crema hacia la base en la superficie superior en algunos especímenes.

Los frutos tienen forma ovoide u oblonga, miden entre 4.0 y 7.2 centímetros de largo y de 2.0 a 3.5 centímetros de ancho, y su pericarpio es muy coriáceo y verde durante la maduración. Las semillas son obovadas y tienen un tamaño de entre 3.5 y 5.0 milímetros de largo por 2.0 a 4.0 milímetros de ancho; su arilo es poco succulento y de un tono amarillento o anaranjado claro (Masters, 1883).

Figura 2.3
Hoja de P. mixta (curuba de monte)



Fuente: Elaboración propia, 2023.

***Passiflora cumbalensis* (H. Karst.) Harms**

Plantas con una superficie glabra, excepto en el interior de las brácteas. Los tallos son angulares y estriados, pero luego se vuelven teretes. Las hojas tienen una forma trilobulada y las láminas foliares miden entre 2.6-14.5 cm de largo y 3.5-16.3 cm de ancho. Estas están divididas en tres lóbulos ovados a lanceolados, que pueden ser obtusos, agudos o acuminados en el ápice y acorazonados o redondeados en la base. Además, presentan márgenes glandular-aserrados y tienen una textura coriácea. Los peciolos miden entre 1.1-4.7 cm de largo y tienen de 2-4 nectarios esféricos en la mitad apical de la superficie adaxial. Las estípulas son reniformes, generalmente convexas lateralmente, miden entre 0.7-2.4 cm de largo y 0.2-1.3 cm de ancho, son acuminadas y a menudo aristadas en el ápice, oblicuas en la base, glandular-aserradas en las márgenes y tienen una textura coriácea.

Los pedúnculos son delgados y miden entre 3.0-10.5 cm de largo. Las brácteas son ovadas a oblongas, connatas en la base hasta 1/2-4/5 de su longitud y cada bráctea mide entre 2.0-5.5 cm de largo y 0.9-2.6 cm de ancho. Las brácteas son agudas en el ápice, cuneadas en la base, enteras en las márgenes y tienen una textura subcoriácea. Las flores son péndulas y miden entre 8.5-16.0 cm de largo. Son glabras y los hipantios miden entre 5.3-12.7 cm de largo y 0.6-1.3 cm de ancho (prensados) (Figura 2.4). Los hipantios están ligeramente dilatados en la base y ápice, y pueden ser de color morado, azul, violeta, magenta, rosado o verde en la superficie abaxial y blancos en la superficie abaxial.

Los sépalos son oblongos sobre una base ancha, miden entre 2.5-5.1 cm de largo y 1.2-2.2 cm de ancho, y se vuelven más angostos en el ápice. Presentan una arista subapical de aproximadamente 2 mm de largo en la superficie abaxial, son ligeramente coriáceos y pueden ser de color rosado-violeta, rosado, magenta o rosado-amarillento. Los pétalos son similares en forma y tamaño a los sépalos, se estrechan en la base y son de color igual a los sépalos. Tanto los pétalos como los sépalos están ampliamente campanulados en la antesis. La corona es

tuberculada y dentada, con dientes blancos de aproximadamente 1 mm de largo, aunque a veces puede reducirse a una banda morada poco prominente.

El fruto de forma oblonga tiene pericarpio blando, un tono rojizo y mide 5,5-9,2 cm de largo y 1,6-4,5 cm de ancho (cuando se presiona). Sus semillas son oblongas, de unos 6-7 mm de largo y 4 mm de ancho, con un arilo jugoso, comestible y de color naranja (Harms,1894).

Figura 2.4

Flor y fruto de Passiflora cumbalensis (H. Karst.) Harms



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Características fisicoquímicas de *Passiflora tripartita* var. *mollissima*

Aunque existen variaciones en la composición fisicoquímica de *Passiflora tripartita* var. *mollissima* hay coincidencia en que esta fruta presenta cantidades moderadas de carbohidratos y una significativa

cantidad de micronutrientes, como el ácido ascórbico, retinol y riboflavina (Contreras-Calderón et al., 2011; Valente et al., 2011), así como de minerales como fósforo, magnesio, potasio, cloro, hierro y sodio (Leterme et al., 2006). Asimismo, se han encontrado compuestos fenólicos secundarios como flavonoides y carotenoides y se ha demostrado su importante actividad antioxidante, mediante la capacidad de neutralizar radical peroxilo y reducir hierro en evaluaciones efectuadas *in vitro* (Chaparro-Rojas, 2014).

Ciclo fenológico de *Passiflora tripartita* var. *mollissima*

Estudios sobre la fenología de la especie son limitados, sin embargo, se han identificado 10 estados fenológicos cuyas descripciones existentes se enfocan principalmente, en la fase reproductiva y vegetativa de la planta especificadas en la tabla 2.2 (Bernal & Diaz, 2005). Durante la etapa vegetativa se produce el crecimiento y desarrollo de las diferentes estructuras que permiten a la planta formar tejidos y órganos especializados para la acumulación de sustancias. Por su parte, en la fase reproductiva, la planta genera y emite sus órganos, lo que culmina con la formación y posterior llenado de los frutos (Bernal & Diaz, 2005).

Tabla 2.2

*Estadios fenológicos de *Passiflora tripartita* var. *mollissima**

Vegetativa	Descripción	Duración
0	Empieza con la fase de turgencia de las semillas.	28 a 33 días
1	Se inicia cuando la plúmula y la raíz embrionaria de la semilla germina y concluye cuando la planta ha desarrollado las primeras hojas y raíces.	21 días
2	Se inicia cuando las plantas poseen de 1-2 cm y finaliza cuando han alcanzado un tamaño de entre 10 y 15 cm.	40 a 50 días
3	En esta fase la planta experimenta un incremento significativo en su tamaño y se produce la aparición de hojas, ramas y zarcillos. Se concluye con la formación y consolidación de las ramas principales.	90 a 150 días

Vegetativa	Descripción	Duración
4	La planta comienza a emitir ramificaciones secundarias, una vez que las ramas principales han sido formadas. La fase concluye cuando el crecimiento vegetativo se detiene y comienza la emisión de brotes florales.	30 días
Reproductiva	Descripción	Duración
1	La planta comienza con la formación de las estructuras florales y culmina con el proceso de polinización y la apertura de las flores.	15 días
2	Comienza con la formación del fruto y finaliza cuando inicia su crecimiento.	60 días
3	Se refiere a la etapa de llenado y maduración del fruto y culmina con la obtención de un fruto maduro y listo para la cosecha.	30 días

Fuente: Adaptado de Bernal & Díaz, 2005.

Aspectos agronómicos para el cultivo comercial de *Passiflora tripartita* var. *mollissima*

Necesidades climáticas del cultivo

Los cultivos comerciales deben estar situados en un rango altitudinal entre 1700 y 3200 msnm, una vez que en franjas inferiores las plantas pueden presentar menor vigor genético, una mayor incidencia de enfermedades y plagas, así como procesos de fecundación y polinización menos efectivos. Por su parte, las condiciones de temperatura deben situarse en un rango óptimo entre 13 y 16°C con una humedad relativa entre 70 y 75%, teniendo en cuenta que el crecimiento vegetativo fuera de este rango puede ser más acelerado o lento afectando, así el normal desarrollo del cultivo (Fischer et al., 2020; Campos & Quintero, 2012; Bernal & Díaz, 2005).

Los requerimientos hídricos *Passiflora tripartita* var. *mollissima* se estiman entre 1000 a 1500 mm anuales dado que se trata de una especie

que requiere polinización alógama, es importante controlar la intensidad de los vientos. Además, la radiación solar debe situarse en un intervalo entre 2000 y 2500 horas anuales para asegurar una producción de frutos constante (Fischer et al, 2020; Campos & Quintero, 2012).

Consideraciones edafológicas y de fertilización

El cultivo necesita de un suelo con una profundidad mayor a 0,5 metros, textura franca, drenaje natural de buen nivel para evitar la acumulación de agua y terrenos con pendientes menores al 75%. En cuanto a las características químicas es fundamental un pH entre 5 y 6, un contenido de aluminio menor a 1 meq por cada 100 gramos de suelo, al menos un 5% de materia orgánica, y que el contenido de potasio, así como del fósforo sean superior a 0,3 meq y 30 ppm, respectivamente (Bernal & Diaz, 2005; Campos, 2001; Angulo & Fischer, 1999; Schoeniger, 1986).

En terrenos poco profundos o con deficiencia de nutrientes, se puede considerar la opción de utilizar plantas de *P. manicata* como portainjertos para injertar cultivares de *Passiflora tripartita* var. *mollissima* cuyo propósito es producir plantas de calidad y frutos con alta aceptación en la industria de alimentos (Flechas et al., 2019; Quintero, 2009). En este sentido, el tipo de injerto más comúnmente utilizada es el tipo hendidura o en “V” (Figura 2.5) (Campos, 1993).

Figura 2.5

Injerto en hendidura o en “V” en Passiflora tripartita var. mollissima



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Enfermedades y plagas específicas de *Passiflora tripartita* var. *mollissima*

Al igual que otras especies del género, la *Passiflora tripartita* var. *Mollissima* es susceptible a enfermedades (Tabla 2.3) como los hongos *Colletotrichum gloeosporioides* y *Fusarium oxysporum* los cuales ocasionan lesiones en la planta. A su vez, entre las plagas más comunes (Tabla 2.4) se encuentran la *Dasiops curubae*, así como la *Dione junco* Cramer que atacan los frutos, las hojas y tallos jóvenes de la planta afectando su crecimiento, desarrollo y producción (Fischer et al., 2020; Bernal & Díaz, 1995).

Tabla 2.3

Principales enfermedades asociadas a la Passiflora tripartita var. *mollissima*

Enfermedades	Nombre común	Nombre científico
Hongos	Antracnosis	<i>Colletotrichum gloeosporoides</i>
	Secadera	<i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht
	Moho Gris	<i>Botrytis cinerea</i> Pers. ex Fr.
	Mancha negra	<i>Alternaria passiflorae</i> Simmonds
	Cenicilla	<i>Oidium</i> link
	Mildeo blanco	<i>Ovulariopsis</i> Pat. & Her
	Falsa roya	<i>Asperisporium</i> Wallr.
	Pudrición de frutos	<i>Rhizopus stolonifer</i> (Ehrend. Fr).
	Fumagina	<i>Capnodium</i> Mont.
Bacteria	Mancha aceitosa	<i>Xanthomonas</i> spp.

Fuente: Adaptado de Bernal & Diaz, 2005.

Tabla 2.3*Principales plagas asociadas a la Passiflora tripartita var. mollissima*

Plagas	Nombre científico
Gusanos	<i>Manopus biguttatis</i> Laporte
	<i>Dione Juno</i> Cramer
	<i>Agralulis vanilae</i> (L.)
Insectos	<i>Empoasca dimorpha</i> Ruppel
	<i>Empoasca scinda</i> Ruppe & De Long
	<i>Diacrisia aeroginosa</i> (Felder)
	<i>Copitarsia Consueta</i> (Walker)
	<i>Peridroma saucia</i> (Hubrer)
	<i>Spodoptera spp.</i>
	<i>Desiops curubae</i>
	<i>Loncheae Cristula</i> (McAlpine)
	<i>Zapitriothrica</i> Wheeler
	<i>Pyrausta Perelegans</i> Hampson
	<i>Heterachtes sp.</i>
	<i>Nyssodrys sp.</i>
	<i>Aepytus</i> (Pseudodalaca)
	<i>Serta</i> (Schaus)
<i>Trigona trinidadensis</i> Provancher	
Nemátodos	<i>Meloidogyne Incognita</i> Kofoid & White
	<i>Meloidogyne javanica</i> (Treub) Chitwood

Fuente: Adaptado de Bernal & Diaz, 2005.

Métodos de propagación

Existen específicamente en el caso de la *Passiflora tripartita* var. *mollissima* dos tipos básicos de propagación. El primero, se refiere a la reproducción sexual el cual implica el intercambio del material genético de ambos progenitores y su proceso se inicia con la polinización hasta alcanzar el establecimiento de plántulas. Durante este proceso las especies vegetales invierten una gran cantidad de sus recursos energéticos en el establecimiento y desarrollo de las semillas y de los frutos con la finalidad de alcanzar su éxito reproductivo.

Se puede argumentar que este método ofrece numerosas ventajas, como la posibilidad de generar nuevas variedades o cultivares, su bajo costo y la facilidad de producción en grande escala. Sin embargo, para el caso de la *Passiflora tripartita* var. *mollissima* actualmente no existen semillas mejoradas, más bien los cultivos son establecidos mediante las proporcionadas por los agricultores lo cual puede afectar sus características genéticas, contribuyendo así a una baja productividad de los cultivos (Quintero, 2009).

Por su parte la propagación vegetativa o asexual consiste en obtener plantas para siembra utilizando tejidos vegetativos como acodos, injertos (Figura 2.5), estacas y meristemos *in vitro*, con el propósito de que las plantas adquieren las características especiales como vigor, alta producción y adecuado estado fitosanitario de las plantas madre. Esta técnica permite una etapa de establecimiento más corto y una producción más rápida de los cultivos.

En el caso de la propagación asexual de las pasifloras esta puede lograrse de varias maneras: En primer lugar, por medio de la forma convencional el cual implica como se ha mencionado anteriormente, el uso de distintas partes de la planta como estacas y esquejes, las cuales mantienen la capacidad de enraizamiento. En segundo lugar, a través de injertos de segmentos de la planta en tallos de especies receptoras más resistentes. Por último, utilizando la micropropagación el cual se logra mediante el cultivo de tejidos vegetales en ambientes controlados

in vitro (Quintero, 2009; Rivera, Davey et al., 2003, Rivera & Perea, 2001).

La aplicación de técnicas *in vitro* para la propagación de plantas ha demostrado ser altamente efectiva en la producción rápida, masiva y de alta calidad. Esto permite obtener plantas libres de patógenos con características específicas deseables. Cabe destacar que es fundamental el uso de sustratos, condiciones adecuadas y seguimiento constante de las plantas para garantizar su supervivencia y buen desarrollo.

Ahora bien, *P. tripartita* var. *mollissima* es una planta alógama, lo que significa que presenta una alta variabilidad genética y, por lo tanto, la propagación asexual se recomienda como la opción más adecuada. En este sentido, se ha desarrollado un método *in vitro* utilizando discos de hojas (Cancino-Escalante, 1998, 2001) (Figura 2.6). Cabe resaltar que dicho estudio fue el primero en establecer un protocolo eficiente de transformación y regeneración para diferentes genotipos de esta especie. Entre los diferentes factores clave evaluados se encontró que la elección del genotipo, el pre-cultivo de explantes y la cepa de *Agrobacterium* eran importantes para una eficiente transformación de explantes de hojas de *P. tripartita* var. *mollissima* (Cancino-Escalante, 2001). Igualmente se evidenció la integración de los genes *gus*-intron y *npt II* indicando que era posible incorporar transgenes per se en dicha especie a través de la transformación intermedia de *Agrobacterium*. Asimismo, se han estudiado los efectos promotores del Pluronic F-68, un surfactante no iónico, en la regeneración de brotes a partir de segmentos foliares de plantas *in vitro* derivadas de *P. tripartita* var. *mollissima* (Gill et al., 2003).

Figura 2.6

Regeneración vegetal por organogénesis directa en *Passiflora tripartita* var. *mollissima*



Nota. 1) Planta cultivada *in vitro* (cultivo de 28-40 días de edad); 2) Explante de hoja que muestra regeneración de brotes (medio basal Nischt y Ninitsh (NN) + 3,0 mg l⁻¹ BAP + 2,0 mg l⁻¹ KIN, 58 d); 3) Explante de raíz que muestra regeneración de brotes (medio basado en NN + 2,0 mg l⁻¹ BAP + 1,0 mg l⁻¹ KIN, 58 d); 4) Micrografía electrónica de barrido (SEM) de la superficie de la hoja que muestra regeneración directa de brotes. Barra: 1= 2,0 cm, 2=0,5m 3= 1mm. Fuente: Elaboración propia, 2019.

Referencias

- Agronet (2021). Datos estadísticos. Disponible en: <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx>
- Aguirre, C., Caetano, C. & Bonilla, M. (2015). Diversidad y distribución de *Passiflora* subgenero *Astropheae* (*passifloraceae*) de Colombia. I Simposio Colombiano de Recursos Fitogenéticos Neotropicales-VIII Congreso Colombiano de Botánica. 188 pp.
- Angulo, R. & Fischer, G. (1999). Los frutales de clima frío en Colombia. La curuba. *Revista Ventana al Campo Andino*, 2(2), 24-28.
- Bernal, H. & Correa, J. (1998). Especies vegetales promisorias de los países del Convenio Andrés Bello. Tomo XII, Programa de Recursos Vegetales del convenio Andrés Bello, Bogotá Colombia.
- Bernal, J., & Díaz, C. A. (2005). Tecnología para el cultivo de la Curuba. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Antioquía (Colombia).
- Campos, T. (1992). The culture of curuba *Passiflora mollissima* (H.B.K.) Bailey in Colombia. *International Society for Horticultural Science*, 30 (310), 215-229.
- Campos, T. (1993). Injertación de *Passiflora mollissima* (H.B.K) Bailey sobre *Passiflora manicata* (Juss.). *Estudios preliminares. Agricultura Tropical*, 30 (1), 15-18.
- Campos, T. (2001). *La Curuba, su cultivo*. ICA, Bogotá.

- Campos, T. & Quintero, O. (2012). Curuba *Passiflora tripartita* var. *mollissima*. In: Fischer, G. Manual para el cultivo de frutales en el trópico. Bogotá: Produmedios, pp. 421-442.
- Cancino-Escalante, G. (2001). Plant tissue culture and Agrobacterium mediated transformations studies in *Passiflora*. Tesis Doctoral. Universidad de Nottingham, Nottingham, Reino Unido. 171p.
- Cancino-Escalante, G. O., Darvey, M. R., Lowe, K. C., Power, J. B. (1998). Shoot regeneration from leaf and shoot explants of *Passiflora mollissima*. *Journal of Experimental Botany* 49 (Suppl.), 65 (Abstract).
- Castroviejo, S. (1989). Spanish floristic exploration in America: Past and present. In: *Tropical Forests: Botanical Dynamics, specification, and Diversity*. Academic Press. London, pp.347-353.
- Chaparro-Rojas, D., Maldonado, M., Franco-Londoño, M. & Urango-Marchena, (2014). Características nutricionales y antioxidantes de la fruta curuba larga (*Passiflora mollissima* Bailey). *Perspectivas en Nutrición Humana*, 16(2), 203-212.
- Contreras-Calderón, J., Calderón-Jaimes, L., Guerra-Hernández, E. & García-Villanova, B. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel, and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International*, 44(7), 2047-2053.
- Coppens d'Eeckenbrugge G., Barney, V., Jørgensen P. & MacDougal, J. (2001). *Passiflora tarminiana*, a new cultivated species of *Passiflora* subgenus *Tacsonia* (*Passifloraceae*). *Novon* 11:8–15. doi:10.2307/3393199.
- Coppens d'Eeckenbrugge, G.; Segura, S.; Hodson, E. & Góngora, G. (1997). Les fruit de la Passion. En: Charrier, A., Jacquot, M., Hamon, S. & Nicolas, D. (Eds).

- Lámelioration des Plantes Tropicales. CIRAD – ORSTOM Coedition. Montpellier, France, pp. 291-312.
- Davey, M., Cancino, G., Gill, M., Anthony, P., Power, J. & Lowe, K. (2003). Micropropagation of tropical fruits: beneficial effects of non-ionic surfactants. *Acta Horticulturae*. 616, 353-358.
- Escobar, L. (1988a). Passifloraceae. En: Flora de Colombia (Monografía 10). Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. 138p
- Escobar, L. (1988b). Novedades en *Passiflora* (*Passifloraceae*) de Colombia. *Mutisia* 71:1-8.
- Fischer, G., Quintero O., Tellez, C. & Melgarejo, L. (2020). Curuba: *Passiflora tripartita* var. *mollissima* y *Passiflora tarminiana*. En: PASIFLORAS: especies cultivadas en el mundo, Brasilia, Brasil, pp.107-121.
- Flechas C., Bejarano, N., Melgarejo, L. & Magnitskiy, S. (2019). Fenología floral, crecimiento y calidad de frutos de curuba (*Passiflora tripartita* Kunt var. *mollissima*) en respuesta a diferentes dosis de nutrientes minerales. En: Gulupa (*Passiflora edulis*), curuba (*Passiflora tripartita*), aguacate (*Persea americana*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*): innovaciones. Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, 152-169 pp
- Feuillet, C. & MacDougal, J. (2003). A new infrageneric classification of *Passiflora* L. (*Passifloraceae*). *Passiflora*, 13 (2), 34-38.
- Feuillet, C. & Mac Dougal, J. (2007). *Passifloraceae*. pp. 270-281. In: Kubitzki, K. (ed.). The families and genera of vascular plants. Springer, Berlin. v. 9.

- Gill, M. I. S., Cancino, G. O., Anthony, P., Davey, M. R., Power, J. B., & Lowe, K. C. (2003). Pluronic F-68 Enhanced Shoot Regeneration in Micropropagated Citrus Rootstock and Passiflora Species. *Acta Biotechnologica*, 23(4), 349–358.
- Green, P. (1994) *Passiflora mollissima*: Passifloraceae. Blackwell Publishers, pp.183-186.
- Harms (1894). *Passiflora cumbalensis* (Karsten). *Botanica Jahrb.* 18 Beibl 46: 13.
- Hokche, O., Berry, P. & Huber, O. (2008). *Nuevo catálogo de la flora vascular de Venezuela*. Fundación Instituto Botánico de Venezuela. Caracas, Venezuela, pp. 1-29.
- Holm-Nielsen, L., Jorgenson, P. & Lawesson, L. (1988). Flora de Ecuador, *Passifloraceae*. Harling G & Andersson L. (Eds). University of Goterberg, Copenhagen.
- Killip, P. (1938). The American species of *Passifloraceae* [prim.]. Field Museum of Natural History, Botanical Series, 19(1), 1–331
- Leterme, P., Buldgen, A., Estrada, F., & Londoño, M. (2006). Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia, *Food Chemistry*, 95 (4), 644-652.
- Macbride, J. F. (1941). *Passifloraceae*, Flora of Peru. Field Museum of Natural History, *Botanical Series*, 13 (4/1), 90–132.
- Masters, M. (1871). XIX. Contributions to the natural history of the *Passifloraceae*. Transactions of the Linnean Society. London 27, 593-645, tab. 64, 65.
- Masters, M. (1883). *Tacsonia mixta* var. *bicoronata* (Mast.). Linnean Society, 29, 29.
- Mcvaugh, R. (2001). Ochnaceae to Loasaceae, *Ann Arbor*, 3, 9–751.

- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). Cadena de Passifloras. Indicadores e instrumentos. Bogotá, Colombia. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Passifloras/Documentos/2020-12-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Miranda, D., Perea, M. & Magnitskiy, S. (2009). *Propagación de especies pasifloráceas*. En: Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, Bogotá.
- Ocampo, J. & Coppens d'Eeckenbrugge, G. (2017). Morphological characterization in the genus *Passiflora* L.: an approach to understanding its complex variability. *Plant Systematics and Evolution*, 303(4), 531–558. doi:10.1007/s00606-017-1390-2.
- Primot, S., d'Eeckenbrugge, G. C., Rioux, V., Pérez, J. A. O., & Garcin, F. (2005). Variación morfológica de tres especies de curubas (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*, *P. tarminiana* y *P. mixta*) y sus híbridos en el Valle del Cauca (Colombia). *Revista Brasileira De Fruticultura*, 27(3), 467–471.
- Quintero, O. (2009). *Manejo integrado del cultivo de curuba Passiflora tripartita* var. *mollissima*. En: Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, 191-210pp.
- Reina, C. (1995). Manejo, poscosecha y evaluación de la calidad en curuba. Neiva: Universidad Surcolombiana.
- Rivera, R. & Perea, M. (2001). Morfogénesis *in vitro* de Passifloras. En: Perea Dallos, M. (ed.). En: Biotecnología agrícola: un enfoque hacia el mejoramiento de plantas. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola (Asohofruticol). Universidad Nacional de Colombia, Asociación Nacional de Estudios Vegetales *in vitro* (ACEVIV), 177-183 p.

- Schoeniger, G. (1986). La curuba: técnicas para el mejoramiento de su cultivo. Ed. Guadalupe, Bogotá.
- Seidemann, J. (1995) Zur kenntnis von wening bekannten exotischen Ff Zur kenntnis von exotischen Frutchen 6. Mitt: Curuba (*Passiflora mollissima* [H.B.K.]. *Duetsche Lebensmittel Rundschau*, 91, 110-113.
- Segura, S., Coppens d'Eeckenbrugge, G., López, L., Grum, M. & Guarino, L. (2003) Mapping the potential distribution of five species of *Passiflora* in Andean countries. *Genetic Resources Crop Evolution*, 50, 555–566.
- Segura, S., Coppens d'Eeckenbrugge, G., Ocampo, C. & Ollitrault, P. (2005). Isozyme variation in *Passiflora* subgenus *Tacsonia*: geographic and interspecific differentiation among the three most common species. *Genetic Resources Crop Evolution*, 52, 455–463.
- Uribe, L. (1972). Catálogo ilustrado de las Plantas de Cundinamarca: *Passifloraceae*, *Begoniaceae*, *Melastomaceae*. Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, 5, 5-41.
- Valente, A., Gonçalves Albuquerque, T., Sanches-Silva, A. & Costa, H. (2011). Ascorbic acid content in exotic fruits: A contribution to produce quality data for food composition databases, *Food Research International*, 44(7), 2237-2242.

Capítulo III
La investigación científica
en *Passiflora tripartita*
var. *mollissima*



CAPÍTULO III
*La investigación científica en
Passiflora tripartita var. mollissima*

Introducción

El género *Passiflora* es uno de los más diversos y cuenta con alrededor de 575 especies, distribuidas en zonas tropicales y subtropicales (Jørgensen, Muchhala & Macdougall, 2012). En Colombia, según Ocampo, et al. (2007, p. 29) la mayoría se localizan en hábitats intervenidos como bordes de caminos y de cultivos, así como de bosques secundarios. Las curubas que pertenecen a este género son especialmente desatacadas por su importancia económica, siendo la especie *P. tripartita* var. *mollissima* una de las más representativas.

Sin dudas dicha especie posee gran valor comercial por ser un fruto comestible, por sus propiedades nutricionales y medicinales, al igual que por su potencial exportador (Fischer et al., 2020). Es un cultivo que proporciona materia prima para la industria de transformación agrícola siendo igualmente una importante fuente de ingresos para los pequeños agricultores y un generador de empleo rural. Asimismo, juega un papel fundamental en el desarrollo social y económico del país (Parra & Cancino, 2019).

Fischer et al. (2020, p. 110) argumenta que, debido a su importancia económica, y en particular, en sus potenciales aplicaciones en las industrias farmacéuticas y cosméticas, tal como la elaboración de productos alimenticios, el estudio sobre sus usos especialmente en lo que se refiere al mejoramiento genético, es fundamental para entender el avance en el conocimiento de *P. tripartita* var. *mollissima*.

En este sentido, se evidencia la necesidad de efectuar una revisión de las publicaciones científicas generadas en los últimos veinte años en una de las especies más representativas de Colombia, como es *P. tripartita* var. *mollissima* en el área de la biotecnología vegetal, específicamente en micropropagación, metabolitos secundarios y en genética molecular. Por consiguiente, el propósito del presente estudio fue recopilar y sintetizar la información disponible de dicha especie en publicaciones científicas a nivel nacional e internacionalmente, para así comprobar el actual estado del arte. Es decir, al evaluar la literatura recopilada se buscó identificar los principales descubrimientos en cada uno de los campos mencionados anteriormente, así como las limitaciones y brechas en el conocimiento.

Metodología

Para la presente investigación se estableció una metodología de tipo exploratorio y descriptivo, que permitió recolectar datos relacionados a través de diferentes tipos de publicaciones, tales como artículos de investigación, artículos de revisión, así como libros y capítulos de libros. Para ello, se utilizaron diversas bases de datos de acceso libre como PubMed, Elsevier, Dialnet, Pubindex y SciELO, al igual que bases de datos de contribución o registro como ScienceDirect, Scopus y Springer Link.

Estrategia de búsqueda

En cuanto a la estrategia de búsqueda se incluyeron varios términos múltiples y combinados, utilizando palabras clave específicas como "*Passiflora mollissima*" y "*Passiflora tripartita* var. *mollissima*", operadores definidos como el uso de comillas, así como conectores booleanos (AND, NOT, OR) para el periodo comprendido entre 2000 y 2021.

Selección de estudios: criterios de inclusión y exclusión

En la selección de los estudios relacionados con el tema de interés, se establecieron criterios de inclusión y exclusión con el propósito de determinar qué documentos serían utilizados en la revisión (Figura 3.1). Cabe aclarar que se contabilizó cada publicación de manera individual, por lo que aquellos documentos que abordaban más de un tema fueron considerados como una sola publicación.

Los criterios de inclusión:

- Publicaciones que aborden la especie *P. tripartita* var. *mollissima* y *P. mollissima*.
- Publicaciones relacionadas con las áreas temáticas de biotecnología vegetal, micropropagación, metabolitos secundarios y genética molecular.
- Publicaciones en idioma inglés, español o portugués.
- Artículos publicados en revistas científicas indexadas.

Los criterios de exclusión:

- Publicaciones que sean duplicados.
- Publicaciones que no estén disponibles en línea o no puedan ser accesibles.

Recopilación y organización de los datos

Con respecto a la recopilación y organización de los documentos, se creó una base de datos con variables específicas que fueron actualizadas constantemente durante el proceso de búsqueda, estas se describen a continuación:

- **Tipo de investigación.** Se categorizaron los documentos de acuerdo con el tipo de publicación, tales como artículos de revisión e investigación, libros y capítulos de libros.

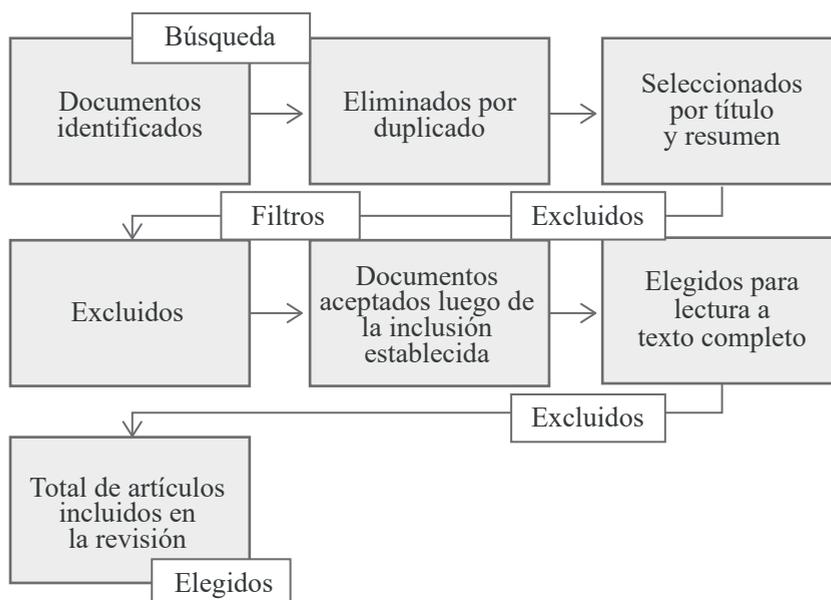
- **Nivel de alcance.** Se incluyó información sobre si la publicación pertenecía a nivel nacional o internacional.
- **Área de investigación.** Se registró el área en la que se desarrolló cada estudio, como fitoquímica, farmacología, nutrición, micropropagación y genética molecular.

Análisis de información

Se procedió a una lectura de los textos con la finalidad de identificar el objeto de estudio, el enfoque, la metodología y los resultados obtenidos para posteriormente, seleccionar los documentos finales. Para tal, se buscó establecer similitudes y diferencias entre los diferentes estudios, así como evaluar la calidad de la evidencia proporcionada.

Figura 3.1

Diagrama de flujo de identificación y selección de los documentos



Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Después de haber realizado la búsqueda de los documentos en las bases de datos seleccionadas utilizando los términos "*Passiflora mollissima*" y "*Passiflora tripartita* var. *mollissima*", se obtuvo un total de 119 como se muestra en la Tabla. 3.1. Posteriormente, se llevó a cabo una revisión y clasificación de estos, identificando un total de 61 que se relacionaban con los temas establecidos, por ello se determinó que el 36% correspondía al ámbito nacional, mientras que el 64% era de origen internacional y del total la mayoría correspondió a artículos de investigación (91%). Con el objetivo de facilitar la interpretación de los resultados, se organizó la información por tipo, autor y conjunto biotecnológico. Asimismo, se proporcionó una descripción de los documentos principales y sus aportes a la investigación.

Tabla 3.1

Resultados antes y después de la revisión

Documentos encontrados	119
Documentos seleccionados	60
Tipos de documentos	Artículos de investigación (55) Artículos de revisión (3) Capítulos de libros (2) Libro (1)

Fuente: Elaboración propia.

Área fitoquímica

P. tripartita var. *mollissima* es una planta con una rica composición fitoquímica, como lo demuestran varios estudios realizados en los últimos años (Tabla 3.2). Giambanelli et al. (2020) han encontrado más de 80 compuestos bioactivos en extractos de curuba obtenidos a partir de las hojas de la planta, entre los que se incluyen derivados de ácidos fenólicos, benzofenonas y ácidos orgánicos. Según los autores los flavan-3-oles, como (epi) catequina, (epi) azfelequina y sus derivados fueron los principales compuestos fenólicos en la fracción fenólica

libre; sin embargo, identificaron que los ácidos fenólicos representaron la clase más abundante de extractos fenólicos ligados.

En cuanto al estudio realizado por Ballesteros et al. (2019), los mismos obtuvieron dos tipos de extractos, siendo los polares los que presentaron el mayor contenido de compuestos fenólicos y la mayor actividad antioxidante. Además, al analizar el aceite por GC-q-TOF, encontraron la presencia de ácidos grasos insaturados, fitoesteroles y tocoferoles. Por su parte, el tamizaje fitoquímico realizado por Latha, Sagaya y Agastian (2015) de treinta y seis extractos de las plantas de *P. tripartita* var. *mollissima* mostró la existencia de compuestos como alcaloides, taninos, fenoles, quinonas, saponinas, flavonoides, flavonoides, glucósidos, carbohidratos, terpenos, triterpenos y proteína.

Vasco, Ruales & Kamal (2008) detectaron que la fruta de *P. tripartita* var. *mollissima* es una de las que posee el mayor contenido de compuestos fenólicos solubles y capacidad antioxidante entre las diecisiete frutas analizadas en el estudio. Igualmente, observaron que contienen terpenos de tipo carotenoides, como α , β carotenos y Zeaxantina, los cuales han sido identificados en estudios posteriores (Encina & Carpio, 2011). En efecto, dichos compuestos han sido encapsulados para su uso en la industria alimentaria y como conservantes (Troya, Tupuna & Ruales, 2018).

En la cáscara del fruto se han detectado siete fitoprostanos (FitoP), sustancias colaboradoras para la prevención del daño celular causado por estrés oxidativo mediado por señales y la eliminación de sustancias tóxicas para la planta, como 9-*epi*-9-F₁₁-PhytoP, 9-F₁₁-PhytoP, 16-B₁-PhytoP + *ent*-16-B₁-PhytoP, 9-L₁-PhytoP + *ent*-9-L₁-PhytoP, 9-*epi*-9-D₁₁-PhytoP, 9-D₁₁-PhytoP, *ent*-16-*epi*-16-F₁₁-PhytoP + *ent*-16-F₁₁-PhytoP (Medina, et al., 2017).

De igual forma, se ha reportado la presencia de 31 compuestos fenólicos en la cáscara del fruto y la mitad de ellos en la pulpa de *P. tripartita* var. *mollissima* (Simirgiotis et al., 2013). Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios importantes que se encuentran en las

plantas y se clasifican por su estructura. Presentan uno o más grupos fenol y se dividen en dos grupos principales: Flavonoides y no flavonoides. Los polifenoles son responsables de la actividad antioxidante, junto con su subclase más amplia, los flavonoides, anteriormente denominados vitamina P (Carmona, Ceballos & González, 2018). Dentro de este grupo, se destacan principalmente los taninos, flavonoides y ácidos fenólicos, así como las antocianinas (Aydogan, 2020). La presencia de estos compuestos bioactivos sugiere que *P. tripartita* var. *mollissima* puede tener potencial para su uso en la prevención y tratamiento de variadas dolencias, gracias a sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (Ruiz, et al., 2018; Contreras et al., 2011).

En cuanto a su perfil olfativo, *P. tripartita* var. *mollissima* posee un aroma acuoso, dulce y frutal, atribuido a compuestos volátiles como acetato de isoamilo, linalool, acetato de butilo (Martín, Osorio & Sinuco, 2017), así como otros compuestos esteres y azufrados (Conde, Sinuco & Osorio, 2014; Noriega et al., 2014). Por otro lado, es rica en pigmentos hidrosolubles como las antocianinas o antocianidinas (Vasco, Ruales & Kamal, 2008), responsables de los colores característicos de las frutas y vegetales. En diferentes estudios se ha descrito la presencia de diversos glucósidos flavonoides en la planta, como vice-nina-2, isovitexina, schaftosídeo, isoorientina, orientina, swertisina y 4'-Methoxyluteolina 8-C-6''-acetylglucopyranoside, así como vitexina y derivados de luteolina (Domínguez, Castellanos et al., 2020; García & Plaza, 2019; Sepúlveda et al., 2018 Gadioli et al., 2016).

Tabla 3.2

Publicaciones área fitoquímica

Autores	Enfoque	Tipo
Castellanos, Naranjo, Forero, Morales, Wilson, Ramos & Hae, 2020.	Polifenoles, Flavonoides	AI; N
Giambanelli, Gómez, Ruíz, Guerra, Figueroa, García & Verardo, 2020.	Ácidos Fenoles, Flavonoles, Flavonas, Benzofenones, Flavanoles.	AI; I

Autores	Enfoque	Tipo
Aydogan, 2020.	Polifenoles.	AI; I
Ballesteros, Álvarez, Ibáñez, Parada & Cifuentes, 2019.	Ácidos Fenólicos, Flavonoides.	AI; N
Domínguez, García & Plaza, 2019.	Polifenoles, Flavonoides.	AI; I
Ruiz, Venegas, Valdiviezo & Plasencia, 2018.	Polifenoles.	AI; I
Ruiz, Venegas, Valdiviezo & Plasencia, 2018.	Polifenoles.	AI; I
Sepúlveda, Modesti, Aragón, Ramos & Castellanos, 2018.	Flavonoides: Flavona.	AI; N
Carmona, Ceballos & González, 2018.	Polifenoles, Flavonoides.	R; N
Gadioli, Barreto, Oliveira, Costa & Oliveira, 2016.	Polifenoles.	AI; I
Medina, Collado, Ferreres, Londoño, Jiménez, Gy, Durand, Galano & Gil, 2017.	Flavonoides.	AI; I
Simirgiotis, Schmeda, Bórquez & Kennelly, 2013.	Polifenoles, Flavonoides.	AI; I
Contreras, Calderón, Guerra & García, 2011.		AI; I
Encina & Carpio, 2011.	Acido Clorogénico, Polifenoles.	AI; I
Vasco, Ruales & Kamal, 2008.	Polifenoles.	AI; I
Latha, Sagaya & Agastian, 2015.	Flavonoides: Taninos.	AI; I
Troya, Tupuna & Ruales, 2018.	Terpenos: Saponinas, Glucósidos, Carotenoides.	AI; I AI; I
Martín, Osorio & Sinuco, 2017.	Compuestos volátiles y olfativos.	AI; N AI; N AI; I

Nota. **AI** Artículo de investigación, **L** libro, **CL** Capítulo de libro, **R** Revisión, **N** Investigación Nacional, **I** Investigación Internacional. Fuente: Elaboración propia.

Área farmacológica

En las últimas dos décadas se ha identificado un gran interés en las propiedades farmacológicas de las plantas medicinales, entre ellas la *Passiflora tripartita* var. *mollissima*. Por consiguiente, durante el período analizado se encontraron múltiples publicaciones relacionadas con la actividad farmacológica de esta especie vegetal (Tabla 3.3), incluyendo su potencial antioxidante, antidiabético, antiestrés y ansiolítico, antibacteriano, gastroprotector, anticancerígeno y su uso en la medicina tradicional.

Tabla 3.3
Publicaciones área farmacológica

Autores	Actividad	Tipo
Pérez, Catañeda, Granda, Tejera, Iturralde, Granda, Jaramillo, Giampieri, Battino & Álvarez, 2019.		AI; I
García, 2017.		AI; I
García, Girones, León, Moreno, Stinco, Meléndez & Ruales, 2017.		AI; I
Zapata, Rojano & Cortés, 2014.		AI; N
Díaz, Salazar, Gutiérrez & Silva, 2014.	Antioxidante	AI; I
Gil, Restrepo, Millán, Álzate & Rojano, 2014.		AI; N
Moreno, Ortiz & Restrepo, 2014.		AI; N
Ochoa, Sepúlveda, Maldonado, Zapata, Rojano & Cortés, 2014.		AI; N
Rojano, Zapata & Cortes, 2012.		AI; I
Inocente, Huamán, Palomino & Bonilla, 2014.		AI; I
Coral, Calixto & Soberón, 2020.		AI; I
Govindappa, 2015.		R; I
Mannan, Akter, Kavidul, Ahmed & Hasan, 2014.	Antidiabética	R; I
Sharma & Sidhu, 2014.		AI, I
Edwin, Sheeja, Dhanabal & Suresh, 2007		AI, I

Autores	Actividad	Tipo
	Antiestrés y ansiolítica	
Del Bosque, 2018.		AI; I
Mayta, Gamboa, Sánchez, Ríos, Medina, García & Asencios, 2019.		AI; I
Calderón, Salas, Dapello, Gamboa, Rosas, Chavez, Retuerto & Mayta, 2019.	Antibacterial	AI; I
Kannan, Parimala & Jayakar, 2010.		AI; I
Ballesteros, Álvarez, León, Morantes, Ibáñez, Parada, Cifuentes Valdés, 2020.	Anticancerígena	AI; I
Chaparro, Maldonado, Urango & Alberto 2015.		AI; N
Espinal, Restrepo, Narváz & McClements, 2016.	Gastroprotectora	AI; I
Charcape, Palacios & Mostacero, 2010.	Medicina tradicional	L; I

Nota. **AI** Artículo de investigación, **L** libro, **CL** Capítulo de libro, **R** Revisión, **N** Investigación Nacional, **I** Investigación Internacional. Fuente: Elaboración propia.

Actividad antioxidante

El género *Passiflora* es rico en constituyentes fitoquímicos, los cuales son responsables de su actividad farmacológica. De hecho, se han identificado diversos estudios relacionados con el efecto antioxidante de *P. tripartita* var. *mollissima* (Pérez et al., 2019; García, et al., 2017; Inocente et al., 2014) en diferentes tipos de extractos (Ochoa et al., 2014), acuosos (García, 2017; Rojano, Zapata & Cortes, 2012), etanólicos e hidroalcohólicos (Díaz et al., 2014).

Debido a estos avances se ha visto un incremento por el conocimiento e interés de los alimentos con este tipo de propiedades, que mejoren o prevengan el deterioro causado por los radicales libres producto del estrés oxidativo, quienes emiten daños a nivel funcional, al igual que en la apariencia física; como lo es el envejecimiento (Díaz et al., 2014). Es por esta razón, que la industria ha situado su atención en la búsqueda y comprensión de las propiedades naturales de los alimentos y también de las plantas, para emplearse como beneficio humano.

En relación con lo anteriormente expuesto, la capacidad antioxidante resulta útil, ya que puede medirse principalmente mediante el método DPPH o 2,2-difenil-1-picrilhidrazi, que consiste en la captación de radicales libres y es el más utilizado para el análisis de la actividad antioxidante natural de los extractos vegetales en *P. tripartita* var. *mollissima*. García (2017) usando este método en extracto acuoso, comparó esta actividad en diferentes muestras de varias localidades de Perú, encontrando que existe una diferencia significativa en el potencial antioxidante.

Es de mencionar que igualmente, existen estudios que analizaron el extracto de la planta por el método químico conocido como FRAP, presentando mayor actividad antioxidante en comparación a especies como *P. edulis* Sims. (Gulupa), *Solanum quitoense* Lam. (lulo), *Persea americana* Mill. (aguacate), *Cyphomandra betacea* Sendt (tomate de árbol) y *Physalis peruviana* L. (uchuva). Adicionado a esto, la

actividad antioxidante ha sido evaluada por métodos biológicos como la inhibición del estrés oxidativo sobre la proliferación de *S. cerevisiae* mostrando un nivel de protección óptimo (Moreno, Ortiz & Restrepo, 2014). En efecto, se han comparado diferentes métodos analizando el nivel de actividad antioxidante; probando que puede medirse mejor a través del método ABTS por su correspondencia con los compuestos fenólicos (Gil et al., 2014).

Por otra parte, la cáscara de la fruta de *P. tripartita* var. *mollissima* posee una mayor capacidad antioxidante y contenido de fenoles en comparación con el jugo de la pulpa. Esta especie igualmente presenta una alta solubilidad en agua destilada y etanol, así como flavonoides, carotenoides y otros metabolitos secundarios que potencian sus capacidades farmacológicas e inhiben procesos inflamatorios (García et al., 2017). Además, se ha demostrado que el extracto de *P. tripartita* var. *mollissima* puede ser utilizado como un potencializador de alimentos; ya que su suplemento en la crema de leche retrasa la oxidación de esta, permitiendo incrementar sus características y mejorar su calidad nutricional (Ochoa et al., 2014).

Actividad antidiabética

Los extractos de *Passiflora tripartita* var. *mollissima* han demostrado efectos antidiabéticos en ratones con características especiales. Un estudio llevado a cabo por Edwin et al. (2007) encontró que el extracto etanólico de esta especie redujo significativamente ($p < 0,001$) el nivel de azúcar en sangre en ratas diabéticas inducidas por aloxano, en dos niveles de dosis: 100 mg/kg y 200 mg/kg, comparando con el estándar de referencia fenformina y control. Además, otros estudios han identificado que ciertos polifenoles presentes en *P. tripartita* var. *mollissima* tienen un efecto hipoglucémico al inhibir la actividad de enzimas de la digestión como la α -amilasa y la α -glucosidasa, utilizando extracto acuoso del fruto de la misma especie (Coral, Calixto y Soberón, 2020).

Adicionalmente, se ha confirmado la presencia de alcaloides, taninos y flavonoides en la planta, los cuales son los responsables de su acción

antidiabética (Sharma & Sidhu, 2014; Mannan, et al., 2014). Por su parte, Govindappa (2015, p.4) ha expresado que los extractos eficaces para el tratamiento de la diabetes provienen de las hojas de la planta, las cuales actúan reduciendo los niveles de azúcar en la sangre.

Actividad antiestrés y ansiolítica

Los ansiolíticos y tranquilizantes son medicamentos comúnmente prescritos para el manejo de la ansiedad, aunque su uso puede estar asociado con efectos secundarios y riesgos para la salud. En este sentido, se han realizado investigaciones sobre el uso de extractos de plantas como alternativas naturales para el manejo de la ansiedad y el estrés. Uno de estos extractos es el obtenido de la flor y hoja de *P. tripartita* var. *mollissima*, el cual ha sido objeto de estudios en humanos, incluyendo cirugías bucales ambulatorias.

Por ello, Del Bosque (2018) evaluó la efectividad de la valeriana, *Melissa officinalis* y *P. tripartita* var. *mollissima* en el control de la ansiedad en pacientes sometidos a cirugía de terceros molares. Los resultados indicaron que estos extractos pueden ser efectivos y en el caso específico de *P. tripartita* var. *mollissima* la planta contiene flavonoides como la vitexina y la isovitexina, que pueden actuar como sedantes y ansiolíticos lo que sugiere que el uso de extractos de la especie puede ser una alternativa natural y efectiva para el control de la ansiedad y el estrés en pacientes sometidos a cirugías y en situaciones estresantes similares. Además, los efectos secundarios y riesgos asociados con los ansiolíticos y tranquilizantes pueden ser minimizados con el uso de estas alternativas naturales.

Actividad antibacterial

Se han llevado a cabo varios estudios para evaluar la acción antibacteriana del extracto de *P. tripartita* var. *mollissima* en cepas bacterianas (Kannan, Parimala & Jayakar, 2010) y su uso en productos farmacéuticos comerciales, como jarabes y cremas dentales (Mayta, et al., 2019). En particular, un estudio comparativo de la capacidad antibacteriana

del extracto de *P. tripartita* var. *mollissima* y la ciprofloxacina demostró que el extracto de la especie controla tanto las bacterias gram positivas como gram negativas (Kannan, Parimala & Jayakar, 2010). Por su parte, en el campo de la higiene dental, se ha desarrollado un nuevo dentífrico natural con y sin flúor a partir de la cáscara y la pulpa de *P. tripartita* var. *mollissima*, que demostró ser efectivo contra siete cepas bacterianas en las primeras 24 y 48 horas (Calderón et al., 2019).

Actividad anticancerígena

En un estudio realizado por Ballesteros et al. (2020), se evaluó el potencial antiproliferativo del extracto de semilla de *P. tripartita* var. *mollissima* en células de cáncer de colon humano HT-29. Según los autores los resultados mostraron una significativa disminución en la viabilidad de las células de cáncer de colon HT-29 después del tratamiento con el extracto durante 48 y 72 horas, mientras que se observaron efectos menores en las células normales del colon humano. Además, el extracto bioactivo fue capaz de detener las células HT-29 en las fases S y G2/M del ciclo celular, lo que sugiere una posible inactivación de la vía de señalización del cáncer FAT10 y otros genes identificados como alterados en el análisis transcriptómico.

Por su parte, en un estudio previo desarrollado por Chaparro, Maldonado, Urango, & Alberto (2015) estos encontraron que el consumo regular de curuba posee propiedades quimiopreventivas contra el cáncer de colon-rectal en un modelo murino inducido por azoximetano. La inhibición en la formación de adenomas en la porción distal del colon y la disminución de la agrupación de glándulas anormales tubulares en su revestimiento sugieren un posible efecto protector contra el desarrollo de tumores. Los hallazgos obtenidos indican que el extracto de semilla de *P. tripartita* var. *mollissima* y su consumo regular pueden ser considerados como potenciales agentes quimiopreventivos lo cual son alentadores y abren la posibilidad de desarrollar nuevas terapias y estrategias preventivas para esta enfermedad.

Actividad gastroprotectora

La actividad gastroprotectora se refiere a la capacidad de una sustancia para proteger el revestimiento del estómago y prevenir o aliviar los trastornos gastrointestinales como la gastritis, las úlceras y la indigestión. En tal sentido, Espinal et al. (2016) llevaron a cabo un estudio sobre el impacto que tienen las propiedades de la pectina en la digestión, bajo condiciones de laboratorio simuladas. En un principio, aislaron la pectina de *P. tripartita* var. *mollissima* para compararla con dos pectinas cítricas comerciales con diferentes pesos moleculares y grados de metoxilación. Según los autores los resultados mostraron una relación inversamente proporcional, es decir, se observó una menor digestión de lípidos cuando el grado de metoxilación y el peso molecular aumentaron demostrando así la utilidad de las propiedades de la pectina como herramienta de apoyo para el desarrollo de nuevos productos alimenticios que favorezcan la digestión y el consumo mejorando, por lo tanto, la calidad de vida humana.

Medicina tradicional

El uso de plantas con fines medicinales es una práctica que ha sido transmitida de generación en generación como parte de la cultura tradicional. En la actualidad, se siguen utilizando recetas a base de plantas para mejorar la salud física y mental de las personas. *P. tripartita* var. *mollissima* es una planta que se utiliza en la medicina tradicional para tratar una variedad de dolencias, desde preparados de raíz y hojas hasta sus frutos. Se ha demostrado su efectividad en el tratamiento de cálculos renales, trastornos urinarios y respiratorios, así como desparasitante. En la ciudad de Piura, Perú, es común su uso en la preparación de jarabes caseros, infusiones y cocimientos (Charcape, Palacios & Mostacero, 2010).

Uso nutricional

Se ha encontrado una serie de estudios en relación con la actividad nutricional y la utilización de la *Passiflora tripartita* var. *mollissima* en

la industria alimentaria (Tabla 3.4). En términos de sus propiedades nutricionales, se ha demostrado que esta especie contiene una variedad de nutrientes importantes como la vitamina A, el ácido ascórbico, el ácido gálico, el calcio, el fósforo, el hierro y el ácido benzoico (Casierra & Jarra, 2016; Rodríguez & García, 2010). Se ha observado que posee un bajo contenido de carbohidratos, calorías, grasa y nitrógeno, lo que la hace adecuada para su inclusión en dietas bajas en azúcar y para aquellos que buscan perder peso (Vivas, Morales & Otálvaro, 2016; Chaparro, Maldonado, Franco & Urango, 2015). Se han creado nuevos productos alimentarios para su comercialización en el mercado incluyendo bebidas naturales a partir del suero de leche de las queserías (Salazar, Oblitas & Rojas, 2016; Vivas et al., 2016), y la creación de bebidas refrescantes combinadas con linaza (Córdova, 2016).

En cuanto al estudio de la vida útil de la *Passiflora tripartita* var. *mollissima*, se ha demostrado que su alto contenido de agua puede resultar en una vida útil limitada debido a la rápida degradación del producto en el mercado (Rodríguez & García, 2010). En consecuencia, se han implementado técnicas de secado para prolongar la vida útil del producto, aunque estas técnicas pueden afectar los componentes nutricionales y resultar costosas (Zapata, Rojano & Cortés, 2015). En general, la *Passiflora tripartita* var. *mollissima* es una fruta funcional y nutracéutica altamente beneficiosa que posee una amplia gama de aplicaciones en la industria alimentaria.

Tabla 3.4
Publicaciones área uso nutricional

Autores	Enfoque	Tipo
Casierra & Jarra, 2016.	Actividad nutricional	CL; N
Chaparro, Maldonado, Franco & Urango, 2015.		AI; N
Vivas, Morales & Otálvaro, 2016.		AI; N
Córdova, 2016.	Proceso productivo	AI; I
Salazar, Oblitas & Rojas, 2016.		AI; I

Autores	Enfoque	Tipo
Rodríguez & García, 2010.		AI; N
Zapata, Rojano & Cortés, 2015.	Vida de anaquel	AI; N
Ortíz & Anzola, 2018.	Actividad Antidiabética	AI; N

Nota. AI Artículo de investigación, L libro, CL Capítulo de libro, R Revisión, N Investigación Nacional, I Investigación Internacional. Fuente: Elaboración propia.

Micropropagación

El cultivo *in vitro* es una técnica que permite una mejor producción y desarrollo de plantas y puede ser realizado mediante diferentes métodos como la morfogénesis, callogénesis, cultivo de meristemos, embriogénesis somática y micropropagación (Miranda, Perea & Magnitskiy, 2009). Los primeros estudios de propagación se llevaron a cabo en la década de 1970 con la multiplicación *in vitro* de yemas axilares, donde se observó que la presencia de Kinetina favorecía la multiplicación, pero no así el AIA y el 2,4-D. En los años noventa se observó que la regeneración de brotes adecuada y el enraizamiento podían lograrse luego de 28 días de cultivo en medio Murashige y Skoog (1962) con concentraciones de NAA y BA, y que los cultivos se podían mantener por largos períodos sin pérdida de material vegetal (Miranda, Perea & Magnitskiy, 2009).

Ahora bien, la regeneración *in vitro* es un tema igualmente relevante en la investigación de la especie *P. tripartita* var. *mollissima*, como se presenta en la tabla 3.5. Por consiguiente, Davey et al., (2003) y Gill et al. (2003) en sus estudios han evaluado el efecto del Pluronic® F-68 en la producción de yemas por brote, lo cual han obtenido resultados importantes en cuanto a la mejora de la regeneración de brotes y en el número de brotes por explante.

Otros investigadores también han estudiado el efecto de la citoquinina y la auxina en la organogénesis de *P. tripartita* var. *mollissima*, observando una proliferación de yemas en cultivo de segmentos nodal-

les e internodales en medio MS (Johnson, Sonali & Rajasekara, 2007). En cuanto a la micropropagación de embriones somáticos, Acosta y Vega (2017) han encontrado que el tratamiento de desinfección de semillas con 5% de NaClO₂ por 5 min es el más efectivo. Además, los autores recomiendan que las plantas se climaticen en turba.

Por último, Parra y Cancino (2019) han informado del primer estudio de obtención de embriones para esta especie, mediante la inducción de embriogénesis somática a partir de hojas cotiledonarias y concentraciones de reguladores de crecimiento. Se evidenció la formación de embriones somáticos en medio de cultivo MS adicionado con 4,5 µM de 2,4-D y 4,5 µM de BA.

Tabla 3.5

Publicaciones área micropropagación y regeneración in vitro

Autores	Explante	Vía	Tipo
Parra & Cancino, 2019.	Hojas cotiledonares	Embriogénesis somática	AI; N
Acosta & Vega, 2017.	Embriones somáticos provenientes de hojas		AI; I
Johnson, Sonali & Rajasekara, 2007.	Punta de brote nodal e internodal		AI; I
Gill, Cancino, Anthony, Davey, Power & Lowe, 2003.	Segmentos de hoja y segmentos nodales		AI; I
Davey, Cancino, Gill, Lowe, Anthony & Power, 2003.	Segmentos de hoja		AI; I

Nota. AI Artículo de investigación, L libro, CL Capítulo de libro, R Revisión, N Investigación Nacional, I Investigación Internacional. Fuente: Elaboración propia.

Genética molecular

La diversidad genética en *P. tripartita* var. *mollissima* ha sido estudiada por un número limitado de investigadores los cuales han utilizado diferentes tipos de marcadores, incluyendo Amplificación Aleatoria del ADN Polimórfico (RAPD) y Polimorfismo en la Longitud de los Fragmentos Amplificados (AFLP) (Tabla 3.6). En un estudio realizado

por Segura et al. (2002) estos evidenciaron una alta variabilidad genética inter e intraespecífica en el subgénero *Tacsonia* para especies silvestres, incluyendo *P. tripartita* var. *mollissima*, *P. mixta* y *P. tarminiana*. Esta variabilidad fue atribuida a la distribución geográfica, con un aumento considerable en la variación intraespecífica en zonas de países como Perú y Ecuador, mientras que se evidenció menor variación en Venezuela y Colombia.

Por su parte Primot et al. (2005) evaluaron la variación morfológica en tres especies de curubas (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*, *P. tarminiana* y *P. mixta*) y de sus híbridos. Los investigadores observaron que los híbridos generados a partir de *P. tripartita* var. *mollissima* y *P. tarminiana* presentaron una morfología intermedia entre las de sus progenitores. Además, encontraron que la dirección del cruzamiento presenta un efecto materno en la herencia de los caracteres morfológicos, lo que se evidencia en la clara diferenciación de los híbridos según la dirección del cruzamiento.

Igualmente, se ha investigado la modificación del genoma de *P. tripartita* var. *mollissima* mediante la transformación genética con *Agrobacterium tumefaciens*. Cancino et al. (2004) evaluaron la utilización del flavonoide naringenina como inductor de genes en la transformación de varias especies, incluyendo *P. tripartita* var. *mollissima*, *P. giberti* y *Nicotiana tabacum*. Los resultados mostraron un aumento en la expresión del gen marcador GUS en *P. tripartita* var. *mollissima* tras la inserción de los genes seleccionados.

Tabla 3.6

Publicaciones área genética y mejoramiento de la especie

Autores	Enfoque	Tipo
Ocampo, Coppens & Morales, 2017.	Recursos genéticos	CL; N
Cancino, Gill, Davey, Power & Lowe, 2004.		AI; N
Primot, Coppens, Rioux, Ocampo y Garcin, 2005.		AI; N
Segura, Coppens, Bohorquez, Ollitrault & Tohme, 2002.	Diversidad genética: Marcadores	AI; I

Nota. AI Artículo de investigación, L libro, CL Capítulo de libro, R Revisión, N Investigación Nacional, I Investigación Internacional. Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones y recomendaciones

La presente investigación tuvo como finalidad revisar, recopilar, y sintetizar información sobre los diferentes usos de la *P. tripartita* var. *mollissima*. Los resultados obtenidos indican que esta especie es una fuente valiosa de antioxidantes y compuestos fitoconstituyentes con propiedades terapéuticas, especialmente los compuestos fenólicos, que le confieren actividad antioxidante, antidiabética y antiinflamatoria. Por lo tanto, cuenta con un perfil farmacológico promisorio, convirtiéndose en un fruto altamente deseable en diferentes sectores de la industria alimentaria, productos de cuidado personal y cosméticos, así como en la producción de medicamentos y fármacos.

La revisión igualmente evidenció el limitado desarrollo investigativo en áreas como mejoramiento genético, técnicas moleculares, regeneración, así como micropropagación *in vitro*. En este sentido para aprovechar plenamente el potencial de *P. tripartita* var. *mollissima*, se sugiere llevar a cabo estudios de mejora genética para identificar y seleccionar características deseables en la planta, como la producción de compuestos antioxidantes y fenólicos, para desarrollar variedades mejoradas. La aplicación de técnicas moleculares también sería importante para comprender la variabilidad genética de la especie y su relación con las propiedades terapéuticas de sus compuestos, tal como para identificar marcadores moleculares útiles para el mejoramiento genético. Además, se podrían investigar las propiedades farmacológicas de los extractos de *P. tripartita* var. *mollissima* en modelos animales y en ensayos clínicos para validar su eficacia y seguridad en el uso humano.

Referencias

- Acosta-Zambrano, M. & Vega-Ramos, C. (2017) Clonación y micropropagación de curuba (*Passiflora mollissima* Bailey) a partir de embriones somáticos provenientes de hojas. *Agrobiología*, 29, p. 775-779.
- Aydogan, C. (2020). Recent advances and applications in LC-HRMS for food and plant natural products: a critical review. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 412,1973-1991.
- Ballesteros, D., Álvarez, G., Ibañez, E., Parada, F. & Cifuentes, A. (2019). Integrated strategy for the extraction and profiling of bioactive metabolites from *Passiflora mollissima* seeds combining pressurized-liquid extraction and gas/liquid chromatography-high resolution mass spectrometry. *Journal of Chromatography*, 595, 144-157.
- Ballesteros, D, Álvarez, G., León, C. Morantes, S., Ibañez, E., Parada, F., Cifuentes & A. Valdés, A. (2020). Foodomics evaluation of the anti-proliferative potential of *Passiflora mollissima* seeds. *Food Research International*, 130, 1-12.
- Calderón, A., Salas, J. Dapello, G., Gamboa, E., Rosas, J., Chávez, J., Retuerto, F. & Mayta F. (2019). Assessment of antibacterial and antifungal properties and in vivo cytotoxicity of peruvian *Passiflora mollissima*. *The journal of Contemporary Dental Practice*, 20(2), 145-151.
- Cancino, G.O.; Gill, M.I.S., Davey, M.R., Power J.B. & Lowe K.C. (2004). Naringenin enhanced efficiency of Gus activity in *Passiflo-*

ra mollissima (H.B.K.) Bailey. *Universitas Scientiarum*, 9(1), 47-57.

Carmona, J., Ceballos, L. & González, C. (2018). Polyphenols and flavonoids in Colombian fruit and vegetables- Applications and benefits: A review. *Journal of Food and Nutrition Research*, 6(3), 176-181.

Casierra, F. & Jarma, A. (2016). Nutritional composition of *Passiflora* species. In: Simmonds, M. & Preedy, V. Nutritional composition of fruit cultivars. Elsevier Inc, pp. 517-534.

Castellanos, L., Naranjo, S., Forero, A., Morales, G. Wilson, E., Ramos, F. & Hae, Y. (2020). Metabolic fingerprinting of banana passion fruits and its correlation with quórum quenching activity. *Phytochemistry*, 172, 1-13.

Charcape, M., Palacios, C. & Mostacero, J. (2010). Plantas medicinales nativas de la región Piura. JDE & SERVICE. Lima, Perú. DIAZ-ESPINOZA, Jorge Victor. 2010. P. 1-142.

Chaparro, D., Maldonado, M., Franco, M. & Urango, L. (2015). Características nutricionales y antioxidantes de la fruta de la curuba larga (*Passiflora mollissima* Bailey). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*. 13(1), 120-128.

Chaparro, D., Maldonado, M., Urango, L. & Alberto, B. (2015). Propiedades quimiopreventivas de *Passiflora mollissima* (Kunth) L.H. Bailey (Curuba larga) contra cáncer colorrectal. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 20(1), 62-74.

Conde, N., Sinuco, D. & Osorio, C. (2014). Chemical studies on curuba (*Passiflora mollissima* (Kunt) L.H. Bailey) fruit flavour. *Food chemistry*, 157, 356-363.

- Coral, E., Calixto, M. & Soberón, M. (2020). Actividad inhibitoria *in vitro* de los extractos acuosos de los frutos de *Hylocereus megalanthus* y *Passiflora tripartita* var. *mollissima* sobre las enzimas α -amilasa y α -glucosidasa. *Revista Sociedad Química*, 86(2), 93-104.
- Córdova I. (2016). La industrialización de una bebida natural a partir del tumbo andino (*Passiflora mollissima*) con linaza (*Linum usitatissimum*). *Ingeniería Industrial*, 34, 195-220.
- Davey, M.R, Cancino, G.O., Gill, M., Lowe K.C, Anthony, P. & Power, J.B. (2003). Micropropagation of tropical fruits: Beneficial effects of Non-Ionic surfactans. *Acta Horticulturæ*, 616, 353- 358.
- Del Bosque, D. (2018). Control de ansiedad mediante el uso de valeriana y *Passiflora mollissima*. *Revista Mexicana de Estomatología*, 5(1), 12-13.
- Díaz, C., Salazar, C., Gutierrez, W., & Silva A. (2014). Comparación de la actividad antioxidante de los extractos etanólicos de *Vitis vinifera* “uva” y *Passiflora mollissima* Bailey “Poro poro”, Cajamarca-2012. *Triaca Magna*, 2(3), 22-32.
- Domínguez G., García, M., Plaza, M. & Marina, M. (2019). Revalorization of *Passiflora* species peels as a sustainable source of antioxidant phenolic compounds. *Science of the Total Environment*, 696, 1-13.
- Edwin, E., Sheeja, E., Dhanabal, S. & Suresh, B. (2007). Antihyperglycemic activity of *Passiflora mollissima* Bailey. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 69(4), 570-571.
- Encina, C. & Carpio, L. (2011). Máxima retención de ácido ascórbico, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en el néctar de tumbo. *Ingeniería Industrial*, 29, 225-245.

- Espinal, M., Restrepo, L., Narvaéz & McClements, D. (2016). Impact of pectin properties on lipid digestion under simulated gastrointestinal conditions: comparison of citrus and banana passion fruit (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*) pectins. *Foods Hydrocolloids*, 52, 329-342.
- Fischer, G., Quintero O., Tellez, C. & Melgarejo, L. (2020). Curuba: *Passiflora tripartita* var. *mollissima* y *Passiflora tarminiana*. En: PASIFLORAS: especies cultivadas en el mundo, Brasilia, Brasil, pp.107-121.
- Gadioli, I., Barreto, M., Oliveira, M., Costa, A., Oliveira, L. (2016). A systematic review on phenolic compounds in Passiflora plants: Exploring biodiversity for food, nutrition, and popular medicine. *Ciencia de los Alimentos y Nutrición*, 58(5), 1-119.
- García, M. (2017). Actividad in vitro de *Passiflora tripartita* var. *mollissima* “puro puro” procedente de los distritos de Usquil, Charat y Huaranchal. *Cientifik*, 5(2), 161-166.
- García, A., Girones, A., León, P., Moreno, D., Stinco, C., Mélenz, A. & Ruales, J. (2017). Banana Passion fruit (*Passiflora mollissima* (Kunth) L.H. Bailey): microencapsulation, phytochemical composition, and antioxidant capacity. *Molecules*, 22(85), 1-12.
- Giambanelli, E., Gómez, A., Ruiz, A., Guerra, E., Figueroa, J., García, B. & Verardo, V. (2020). New advances in the determination of free and bound phenolic compounds of banana Passion fruit pulp (*Passiflora tripartita*, var. *mollissima* (Kunth)L.H. Bailey) and their *in vitro* antioxidant and hypoglycemic capacities. *Antioxidants*, 9(7), 1-17.
- Gil, M., Restrepo, A., Millán, L., Alzate, L. & Rojano, B. (2014). Microencapsulation of Banana of passion fruit (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*): a new alternative as a natural additive as antioxidant. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 671- 682.

- Gill M.I.S., Cancino, G.O., Anthony, P., Davey, M.R., Power, J.B. & Lowe, K.C. (2003). Pluronic F-68 enhanced shoot regeneration in micropropagated *Citrus* rootstock and *Passiflora* species. *Acta Biotechnology*, 23, 349-358.
- Govindappa, M. (2015). A review on role of plant(s) extracts and its phytochemicals for the management of diabetes. *Diabetes & Metabolism*, 6(1), 1-38.
- Inocente, M., Ch., G. Tomas; Huamán, J., Palomino, M. & Bonilla, P. (2014). Compuestos fenólicos, actividad antioxidante y fotoprotectora in vitro de una crema gel elaborada con extracto estabilizado de tumbo serrano (*Passiflora mollissima* HBK). *Revista Peruana Ingeniería Química*, 17(2), 27-33.
- Johnson, M.; Sonali, Y. & Rajasekara, M. (2007). The role of cytokinin and auxin in organogenesis of *Passiflora mollissima* and evaluation of biochemical changes using isozyme and protein profiles. *Ethiopian Journal of Science and Technology*, 4(2), 27-36.
- Jørgensen, P., Muchhala, N. & MacDougal, J. (2012). *Passiflora unipetala*, a new bat-pollinated species of *Passiflora* supersect. *Tacsonia* (Passifloraceae). *Novon*, 22, 174-179
- Kannan, S.; Parimala, B., & Jayakar, B. (2010). *In vitro* antibacterial activity of various extracts on the leaves of *Passiflora mollissima*, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2(5), 225-228.
- Latha, R., Sagaya, J. & Agastian, P. (2015). Physicochemical and phytochemical investigation on medicinal plants used by ethnic tribes of Nilgiri Mountains, South India. *World Journal of Pharmaceutical Sciences*, 3(3), 632-644.
- Mannan, A., Akter, B., Kabidul, N. Ahmed, N. & Hasan, I. (2014). A quick review on diabetic plants and action of phytochemicals. *International Journal of Advanced Research*, 2(5), 227-249.

- Martín, D., Osorio, C. & Sinuco, D. (2017). Flavoromics approach to differentiate three edible Tacsonia (*Passifloraceae*) fruit species. *European Foods Research Technology*, 244, 1-9.
- Mayta, F., Gamboa, E., Sánchez, R., Rios, J., Medina, R., García, M. & Asencios, J. (2019). Development and formulation of the experimental dentifrice based on *Passiflora mollissima* (Tumbo) without fluoride anion: antibacterial activity on seven antimicrobial strains. Hindawi, *International Journal of Dentistry*, 1-8.
- Medina, S., Collado, J., Ferreres, F., Londoño, J., Jiménez, C., Guy, A., Durnd, T., Galano, J. & Gil, A. (2017). Valorization strategy of banana Passion fruit Shell wastes: An innovative source of phyto-prostanes and phenolic compounds and their potential use in pharmaceutical and cosmetic industries. *Journal of Food and Nutrition Research*, 5(11), 801-808.
- Miranda, D., Perea, M. & Magnitskiy, S. (2009). *Propagación de especies pasifloráceas*. En: Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W., Flórez, L. Cultivo, poscosecha y comercialización de las Pasifloráceas en Colombia: Maracuyá, Granadilla, Gulupa y Curuba. Bogotá. pp. 69-96.
- Modesti, G., Córneo, A., Zucolotto, S., Castellanos, L., Ramos, F., Reginatto, F. & Schenkel, E. (2016). Chemical profiles of traditional preparations of four south American *Passiflora* species by chromatographic and capillary electrophoretic. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 26, 451-458.
- Moreno, E., Ortiz, B. & Restrepo, L. (2014). Contenido total de fenoles y actividad antioxidante de pulpa de seis frutas tropicales. *Revista Colombiana Química*, 43(3), 41-48.
- Noriega, P., Calero, D., Larenas, C., Maldonado, M. & Vita, P. (2014). Componentes volátiles de los frutos de *Vasconcellea pubescens* A. DC. Y *Passiflora tripartita* var. *mollissima* (KUNTH) Usando la metodología HS-SPME-GC/MS. *Ciencias de la Vida*, 19(1), 5-11.

- Ocampo, J., Coppens, G. & Morales, G. (2017). Genetic resources of Colombian *Tacsonias* (*Passiflora supersection Tacsonia*): A Biological treasure still to discover, use and conserve. *Passiflora*, 10, 24-53.
- Ochoa, C., Sepúlveda, J., Maldonado, M.E., Zapata, K. & Rojano, B. (2014). Propiedades antioxidantes de extractos de curuba (*Passiflora mollissima* Bailey) en crema de leche. Perspectivas en nutrición Humana. *Investigación*, 16(2), 186-199.
- Ortíz, B., Anzola, C. (2018). Estudio del efecto fisiológico del consumo de arepas enriquecidas con pectina extraída de la cáscara de curuba (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*). *Revista Colombiana Química*, 47(2), 5-11.
- Parra, O. & Cancino, G. (2019). Evaluation of induction of somatic embryogenesis from cotyledonary leaves of Banana Passion fruit (*Passiflora mollissima*) L.H. Bailey. *Respuestas*, 24(1), 31-38.
- Pérez, D., Castañeda, M., Granda, G., Tejera, E., Iturralde, G., Granda, S., Jaramillo, T., Giampieri, F., Battino, M. & Alvarez, J. (2019). Chemical composition and antioxidant activity of the main fruits, tubers and legumes traditionally consumed in the Andean regions of Ecuador as a source of Health-promoting compounds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 74(3), 1-8.
- Primot, S., Coppens, G., Rioux, V., Ocampo, J. & Garcin, F. (2005). Variación morfológica de tres especies de curubas (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*, *P. taarminiana* y *P. mixta*) y sus híbridos en el valle del Cauca (Colombia). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 27(3), 467-471.
- Rodríguez, M. & García, C. (2010). Poscosecha, procesamiento y análisis nutracéutico de gulupa (*P. edulis* Sims.) y curuba (*P. tripartita* var. *mollissima*). Memorias Primer Congreso, Latinoamericano de Passiflora. Corporación Centro de investigación para la Gestión

tecnológica de *Passiflora* del departamento del Huila, Neiva, Colombia.

- Rojano, B., Zapata, K. & Cortes, F. (2012). Capacidad atrapadora de radicales libres de *Passiflora mollissima* (Kunth) L.H. Bailey (Curuba). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 17(4), 408-419.
- Ruiz, S., Venegas, E., Valdiviezo, J. & Plasencia, J. (2018). Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante *in vitro* del zumo de “pur-pur” *Passiflora tripartita* var. *mollissima* (*Passifloraceae*). *Arnaldoa*, 25(3), 1003-1014.
- Salazar, A., Oblitas, J. & Rojas, E. (2016). Reutilización del lactosuero ácido y dulce de las queserías de Cajamarca en la elaboración de una bebida con sabor a poroporo (*Passiflora mollissima*) y sauco (*Sambucus peruviana*). *Agroindustrial Science*, 6, 45-51.
- Segura, S., Coppens, G., Bohorquez, A. Ollitrault, P. & Tohme, J. (2022). An AFLP diversity study of the genus *Passiflora* focusing on subgenus Tacsonia. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 49, 111-123.
- Sepúlveda, P., Modesti, G., Aragón, D., Ramos, F. & Castellanos, L. (2018). Analysis of vitexin in aqueous extracts and comercial products of Andean *Passiflora* species by UHPLC-DAD. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 8(9), 81-86.
- Sharma, T. & Sidhu, M. (2014). A review on antidiabetic medicinal plants. *World journal of Pharmaceutical Sciences*, 2(10), 1356-1374.
- Simirgiotis, M., Schmeda, G., Bórquez, J. & Kennelly, E. (2013). The *Passiflora tripartita* (Banana Passion) fruit: A source of bioactive flavonoid C-glycosides isolated by HSCCC and characterized by HPLC-DAD-ESI/MS/MS. *Molecules*, 18, 1672-1692.

- Troya, D., Tupuna, D. & Ruales J. (2018). Effects of Wall materials and operating parameters on physicochemical properties, process efficiency, and total carotenoid content of microencapsulated Banana Passionfruit pulp (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*) by spray-drying. *Food Bioprocess Technology*, 1828-1839.
- Vasco, C., Ruales, J. & Kamal, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, 111, 816-823.
- Vivas, Y., Morales, A. & Otálvaro, A. (2016). Aprovechamiento de lactosuero para el desarrollo de una bebida refrescante con antioxidantes naturales. *Alimentos Hoy*, 24(39),185-199.
- Zapata, K., Rojano, B. & Cortés, F. (2014). Effect of relative humidity on the antioxidant activity of spray-dried banana Passion fruit (*Passiflora mollissima* Bailey) coated pulp: measurement of the thermodynamic properties of sorption. *Chemical Engineering Communications*. 202 (3), 269-278,
- Zapata, K., Rojano, B. & Cortés, F. (2015). Efecto térmico del secado por aspersión sobre los metabolitos antioxidantes de la curuba larga (*Passiflora mollissima* BAILEY). *Información Tecnológica*, 26(1), 77-84.

Giovanni Orlando Cancino Escalante, PhD

Biólogo de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá, Colombia) y doctor en Biotecnología de la Universidad de Nottingham (Nottingham, Reino Unido). Realizó investigaciones postdoctorales en acceso a recursos genéticos y bioprospección en la Universidad Nacional de Colombia. Actualmente, es profesor de tiempo completo en el Departamento de Biología de la Universidad de Pamplona.

Susan Cancino, MBA

Economista de la Universidad Federal de Pernambuco (Brasil) y magíster en Administración de Negocios de la Universidad de Nottingham (Nottingham, Reino Unido). Actualmente, se desempeña como investigadora en el Grupo de Biotecnología Vegetal de la Universidad de Pamplona, especializándose en Bioeconomía, Economía Agrícola y Econometría.

Jenifer Dayana Villamizar Monsalve, Bióloga

Realizó sus estudios de Biología en la Universidad de Pamplona, enfocando su trabajo de grado en la sistematización y análisis de información científica acerca de las especies de pasiflora en el ámbito de la Biotecnología vegetal. Gracias a su formación en Biología, cuenta con una base sólida de conocimientos en áreas como la Biotecnología Vegetal, con especial énfasis en la propagación in vitro de cultivos vegetales.