

Tecnología para el cultivo de la Gulupa en Colombia

(Passiflora edulis f. edulis Sims)

Purple Passion Fruit

Editores

John Ocampo Pérez

Kris Wyckhuys



Ministerio de Agricultura
y Desarrollo Rural
República de Colombia



UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ
JORGE TADEO LOZANO



Tecnología para el cultivo de la Gulupa en Colombia

(Passiflora edulis f. edulis Sims)

Purple Passion Fruit

Editores:

John Ocampo Pérez, I.A., M.Sc., Ph.D.
Especialista en Recursos Genéticos y Mejoramiento

Kris Wyckhuys, I.A., M.Sc., Ph.D.
Especialista en Entomología y Manejo Integrado de Plagas



Ministerio de Agricultura
y Desarrollo Rural
República de Colombia



UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ
JORGE TADEO LOZANO



Citación:

Ocampo, J. & Wyckhuys, K. 2012. Editores. Tecnología para el cultivo de la gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims) en Colombia. Centro de Bio-Sistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, República de Colombia. Bogotá, 68 páginas.

Primera edición: Marzo de 2012

Diseño y diagramación:

Oscar Felipe Idárraga Martínez

Benkio: estudio de diseño

benkiodig@gmail.com

Revisión de textos: Henry Colmenares (Coordinador Editorial UJTL)

Producción: Dirección de Publicaciones UJTL

©2012 Universidad Jorge Tadeo Lozano UJTL

ISBN: 978-958-725-092-3

Reservados todos los derechos: cualquier parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada o transmitida por cualquier medio, sea electrónico, mecánico, por fotocopia, grabación o cualquier otro, con la previa autorización escrita por parte del propietario del copyright o de los editores.

Proyecto



Esta publicación hace parte del proyecto de investigación “Aprovechamiento de la diversidad del maracuyá (*P. edulis* f. *flavicarpa* Degener), la gulupa (*P. edulis* f. *edulis* Sims) y la granadilla (*P. ligularis* Juss.) para mejorar y diversificar los sistemas de producción en Colombia 2008L6772-3447” financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, República de Colombia - MADR entre los años 2008 y 2011.

Entidad ejecutora:

Centro de Bio-Sistemas de la Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

Entidades colaboradoras:

Universidad de Caldas, Casa Luker, Centro Provincial AgroSur-Huila y Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT

Agradecimientos

Los autores agradecen a todos los productores, asistentes técnicos de las UMATAS y Centros Provinciales (CPGA) visitados durante las colectas en campo por su valiosa ayuda con la logística, información sobre el manejo del cultivo de la gulupa y su comercialización.

Contenido



Introducción	v
Capítulo 1: Aspectos generales de la Gulupa John Ocampo Pérez, Gustavo Morales Liscano	7
Capítulo 2: Aspectos fisiológicos de la Gulupa John Ocampo Pérez, Daniel Melo Ortiz, Juan S. Rendón Gutiérrez, Juan C. Arias Suárez, Viviana M. Marín Giraldo	13
Capítulo 3: Recursos genéticos y mejoramiento de la Gulupa John Ocampo Pérez, Ramiro Urrea Gómez	16
Capítulo 4: Métodos de propagación de la Gulupa John Ocampo Pérez, Paula Posada Quintero, Ramiro Urrea Gómez	24
Capítulo 5: Ecología del cultivo de la Gulupa John Ocampo Pérez, Paula Posada Quintero	29
Capítulo 6: Establecimiento y zonas productoras del cultivo de la Gulupa John Ocampo Pérez, Carlos Marín, Paula Posada Quintero, Nathali López, Rafael Solano	33
Capítulo 7: Manejo del cultivo de la Gulupa John Ocampo Pérez, Carlos Marín, Carlos López Campo, Andrés Casas	38
Capítulo 8: Principales insectos plagas del cultivo de la Gulupa y su control Hilary Ramírez, Oscar Bonilla, John Ocampo Pérez, Kris Wyckhuys	44
Capítulo 9: Principales enfermedades en el cultivo de la Gulupa y su manejo Bernardo Villegas Estrada, John Ocampo Pérez, Carlos Fernando Castillo Londoño	54
Capítulo 10: Costos de producción y comercialización de la Gulupa John Ocampo Pérez, Marisol Parra Morera, Andrés Casas	66

Introducción



El neotrópico es particularmente rico en frutales con alrededor de 1.100 especies, destacándose la papaya, la piña, el aguacate y la guayaba. A diferencia de las frutas tropicales de mayor importancia, las pasifloras pertenecen a un género (*Passiflora* L.) con gran diversidad de especies, incluyendo más de 80 inventariadas que producen fruto comestible. A pesar del éxito de algunas especies, las pasifloras son todavía poco conocidas y solo algunas de ellas, comestibles como el maracuyá y la gulupa, han sido difundidas fuera de las Américas.

En Colombia la producción frutícola se ha tecnificado notablemente en los últimos años debido a la creciente demanda nacional e internacional de frutas tropicales. A pesar de esto, el cultivo de la gulupa carece de conocimiento técnico y los paquetes tecnológicos han sido adoptados de otras pasifloras cultivadas como la granadilla y el maracuyá.

Este documento va dirigido a investigadores, técnicos y productores como una guía técnica de consulta para el establecimiento y manejo del cultivo. En esta se describen las generalidades de la gulupa y las experiencias de campo recopiladas durante los últimos tres años en visitas realizadas a las principales zonas productoras del país. Además, por la generación de empleos y la alta rentabilidad, este cultivo se debe ver como una gran alternativa de diversificación agrícola y de estabilidad social que evite el éxodo de nuestros campesinos a las grandes ciudades.

John Ocampo



Aspectos generales de la Gulupa

(*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims)

John Ocampo Pérez;¹
Gustavo Morales Liscano²

Origen y distribución

La gulupa es originaria del sur de Brasil, Paraguay y el norte de Argentina, y en la actualidad esta fruta es cultivada en cuatro continentes: África (Costa de Marfil, Kenia, isla de la Reunión, Suráfrica y Zimbabwe), América (Argentina, Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, Paraguay, sur de Estados Unidos y Hawaii), Asia (India, Indonesia, Israel, Malasia y Vietnam) y Oceanía (Australia y Nueva Zelanda). Desde mediados del siglo XVIII la gulupa es muy común encontrarla adornando parques, restaurantes y jardines botánicos en los países europeos (Vanderplank, 2000). Esta especie se ha adaptado muy bien en las montañas de los Andes tropicales (Figura 1), donde puede crecer por encima de los 1.500 msnm en forma de renaturalizada (“silvestre”) y adoptada en huertos caseros, especialmente por los campesinos de la zona cafetera colombiana (Ocampo *et al.*, 2010). Por otro lado, no existen reportes oficiales

1. Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Ph.D., investigador visitante, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT (Área DAPA); Centro de Bio-Sistemas (Universidad Jorge Tadeo Lozano); UNAL Palmira.
2. Biólogo, coordinador colecciones del Jardín Botánico José Celestino Mutis, Bogotá.

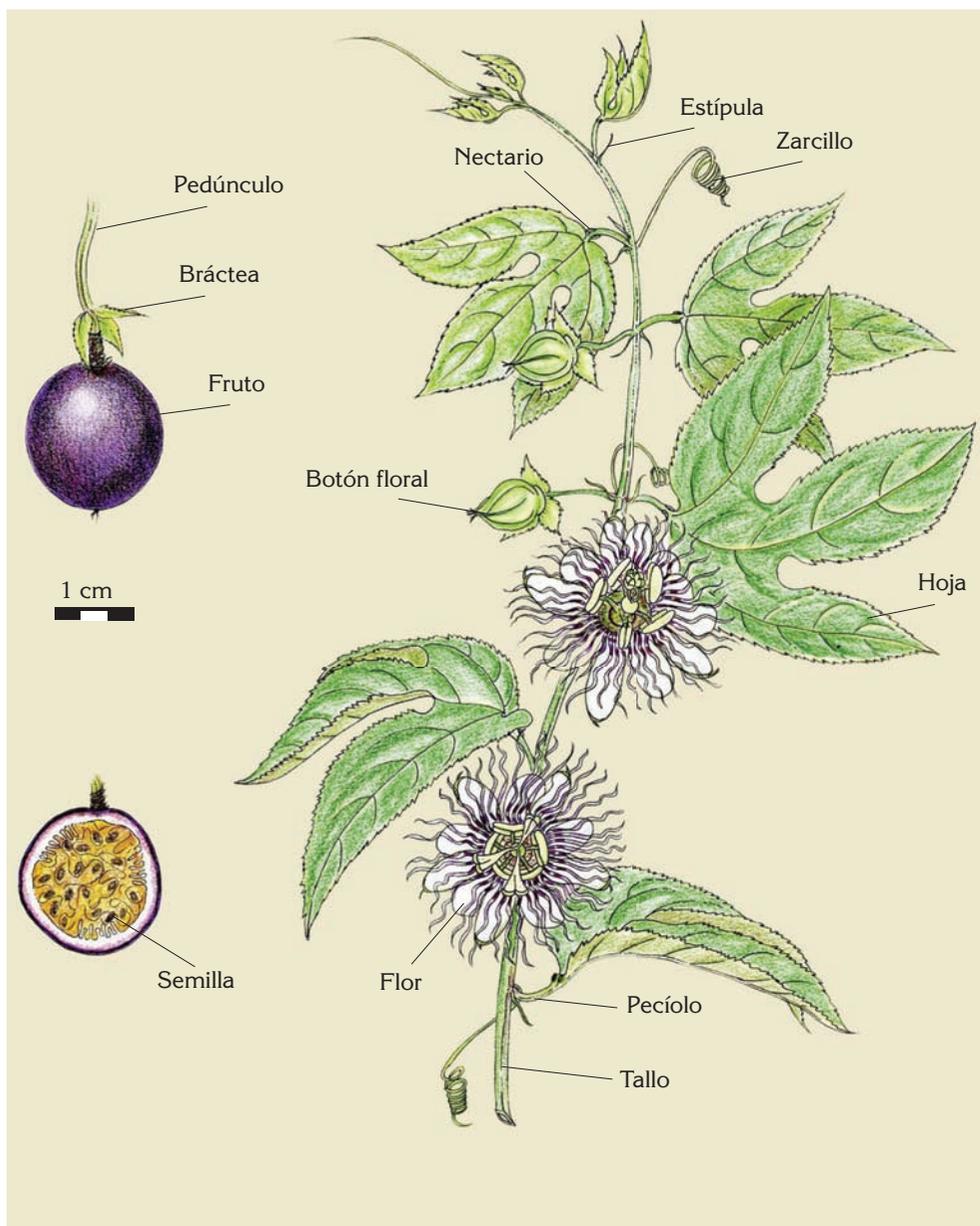


Figura 1. Esquema de una rama de gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims, 1818) exhibiendo los diferentes órganos. Diagrama: Jesús Salcedo y John Ocampo.

que indiquen que la especie haya sido introducida a Colombia con semilla comercial, por el contrario, existen reportes de herbarios de más de 70 años que muestran que la planta crece de forma natural en las montañas del país (Ocampo *et al.*, 2007).

Taxonomía

La familia Passifloraceae comprende 15 géneros y cerca de 700 especies distribuidas a través del trópico en cuatro continentes desde el nivel del mar hasta los 3.800 m en las zonas de páramo (Ulmer & MacDougal, 2004). El género *Passiflora* L. es el de mayor importancia económica de la familia con cerca de 573 especies en su mayoría de origen americano (Ulmer & MacDougal, 2004). Colombia con 170 especies es el país con mayor diversidad de pasifloras, tanto en formas silvestres como cultivadas (Ocampo *et al.*, 2007; 2010). Dentro de estas últimas se ubica la gulupa, que también es conocida en Colombia bajo los nombres de curuba redonda, chulupa, maracuyá púrpura y cocorilla (Figura 1). En otros países la reconocen como maracuja roxo (Brasil), parcha (Venezuela), granadilla o pasionaria (Argentina), purple passion fruit, lilikoi (EE.UU., Australia), grenadille, couzou (Francia-Guyana), mangradera shone (Zimbabwe), markisa (Indonesia) y limmangkon (Tailandia). La descripción taxonómica de la gulupa fue hecha en Inglaterra en una planta ornamental por el botánico John Sims a principios del siglo XVIII (Sims, 1818) con el nombre de *Passiflora edulis* Sims. Sin embargo, 100 años más tarde en la isla de Hawai (EE.UU.) el investigador Olsen Degener clasificó

el maracuyá dentro de *P. edulis* (Degener, 1932), dejando esta especie con dos formas botánicas: gulupa (*P. edulis* f. *edulis* Sims) y maracuyá (*P. edulis* f. *flavicarpa* Degener). Sin embargo, existen diferencias morfológicas y moleculares que indican que estas dos formas puedan considerarse como dos especies diferentes (Ocampo, 2010).

Clasificación

La clasificación botánica del género *Passiflora*, a la cual pertenece la gulupa ha sufrido varios cambios en los últimos años, sin embargo se mantiene la clasificación según Killip (1938) de acuerdo a la Tabla 1.

Descripción botánica

La raíz

El sistema radicular de la gulupa es fasciculado, fibroso y ramificado, conformado por un grupo de raíces secundarias poco profundas (40-60 cm) las cuales se originan de una raíz primaria de escaso crecimiento (Figura 2).

El tallo

La planta es un bejuco o liana trepadora semiperenne, con un tallo



Figura 2. Plántula de gulupa exhibiendo el sistema radicular.
Foto: John Ocampo.

glabro (sin pubescencia), de color verde o eventualmente púrpura, estriado, herbáceo y leñoso hacia la base, hasta de 10 cm de diámetro.

La rama

Las ramas pueden alcanzar hasta 50 m de longitud, con nudos y entrenudos de los cuales se origina

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la gulupa.

Orden:	Violales
Familia:	Passifloraceae
Tribu:	Passiflorae
Género:	<i>Passiflora</i>
Subgénero:	<i>Passiflora</i>
Serie:	Incarnatae
Especie:	<i>P. edulis</i>
Forma:	<i>P. edulis</i> f. <i>edulis</i>
Nombre científico:	<i>Passiflora edulis</i> f. <i>edulis</i> Sims, 1818

una yema floral, dos estípulas lineares, una hoja y un zarcillo que le sirven a la planta para adherirse a su soporte (Figura 1).

La hoja

Las hojas son glabras, alternas, de color verde, semicoriáceas, con nervaduras pronunciadas y de tres lóbulos (un solo lóbulo o enteras cuando están jóvenes). La margen de la hoja es abruptamente aserrada y la longitud y el ancho del lóbulo central oscilan entre 9-15 y 4-6 cm respectivamente. Las hojas se insertan en el tallo mediante el pecíolo de 2 a 4 cm de longitud provisto de dos nectarios o glándulas en el ápice (Figura 1).

La flor

En la base se localiza el pedúnculo que inserta la flor con el tallo y puede medir de 2,0 a 2,5 cm de longitud. En su ápice se localizan tres brácteas verdes (con nectarios en sus márgenes) que se asemejan a las hojas con 1,7-2,2 cm de longitud y 1,0-1,5 cm de ancho, que le sirven de protección a la flor en sus primeros estados de desarrollo. La flor es generalmente solitaria,

semierecta, pentámera, hermafrodita, vistosa y de aroma agradable, con una longitud de 4,5 a 6,5 cm y un ancho de 4 a 5 cm (Figura 3). Están provistas de cinco pétalos y cinco sépalos, reflexos, oblongos, de color blanco y verduzcos con márgenes blancos en el envés. La corona está distribuida en dos series exteriores de color blanco y púrpura hacia la base. El androginóforo es de color verde con puntos púrpura y sostiene el órgano masculino (androceo), formado por

cinco estambres con anteras que contienen los granos de polen de color amarillo y pegajoso. El órgano femenino (gineceo) está formado por un ovario súpero, glabro, de color verde pálido, y del cual salen los tres estilos que soportan los estigmas.

La gulupa presenta tres tipos de flores (heteromorfas) de acuerdo a la curvatura del estilo en el momento de la apertura floral o antes (Figura 4). Esto influye en el

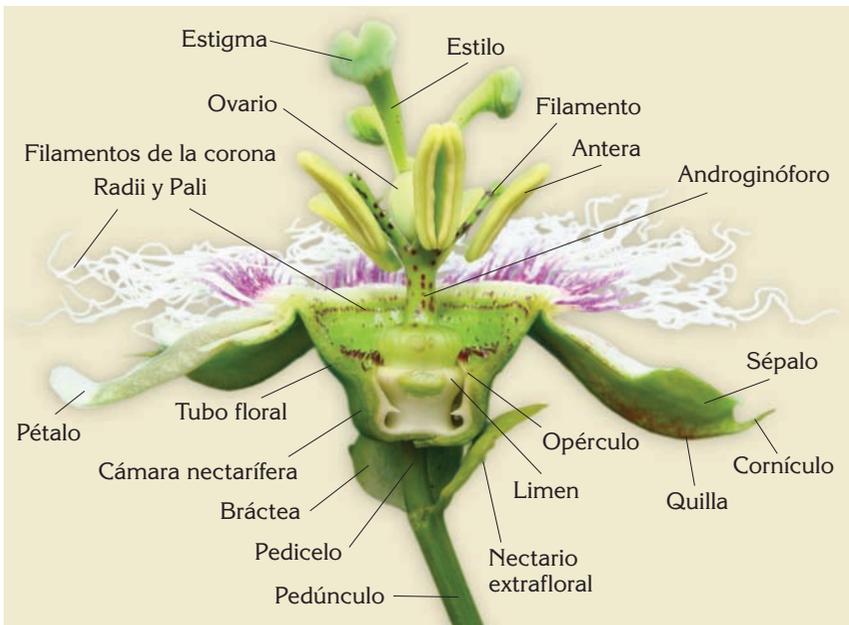


Figura 3. Morfología floral de la gulupa. Foto: John Ocampo.



Figura 4. Diferentes tipos de flor en la gulupa de acuerdo a la posición de los estigmas (S.C., P.C. y T.C.). Fotos: John Ocampo.

momento de la polinización y se puede presentar en una misma planta con diferentes frecuencias (Rendón *et al.*, 2011):

S.C. Flor con estigmas sin curvatura (erectos), por encima de las anteras, formando un ángulo de 70 a 90° y con una ocurrencia de entre el 2 y el 8%. Este tipo favorece la esterilidad de la flor.

P.C. Flor con estigmas parcialmente curvos, por encima de las anteras, formando un ángulo de 0 a 45° y con una ocurrencia de entre el 31 y el 33%. Este tipo favorece la polinización cruzada.

T.C. Flor con estigmas totalmente curvos, por debajo de las anteras y con una ocurrencia de entre el 66 y el 68%. Este tipo favorece la autopolinización.

El fruto

Es una baya de forma esférica u ovoide de 5,2 a 8,0 cm de longitud por 4,7 a 7,2 de diámetro, con una cáscara (pericarpio) de consistencia dura, lisa y cerosa, de unos 3,0 a 4,5 mm de espesor y con un mesocarpio esponjoso y de color blanco (Figura 1). El fruto en estado inmaduro es de color verde pálido y toma una coloración púrpura oscuro cuando está maduro. El peso del fruto varía entre 40 y 76 g, y presenta en su interior un promedio de 135 a 243 semillas recubiertas por un mucílago o arilo de color amarillo casi anaranjado con agradable aroma, donde se encuentran los azúcares, vitaminas y minerales. El porcentaje promedio de la pulpa (mucílago) más la semilla varía entre 34 y 61% del peso total del fruto, de los cuales el 32 al 57% corresponden a la pulpa y el resto a las semillas. El sabor del

jugo es similar al del maracuyá aunque ligeramente ácido, que lo hace más apetecido para el consumo como fruta fresca.

La semilla

La forma es ovalada o acorazonada de color negro o violeta oscuro, de 4,8 a 6,0 mm de longitud por 3,1 a 4,0 mm de ancho, y con una testa que presenta entre 45 a 50 foveas o hendiduras que van desapareciendo hacia el borde (Figura 5). Las semillas representan entre el 4 y el 8% del peso total del fruto y el índice de semilla (peso de 100 semillas) varía entre 1,5 y 2,3 g. Las semillas están constituidas por aceites entre un 18-20%, un 10% de proteína y un 55% de fibra (Nyanzi *et al.*, 2005).

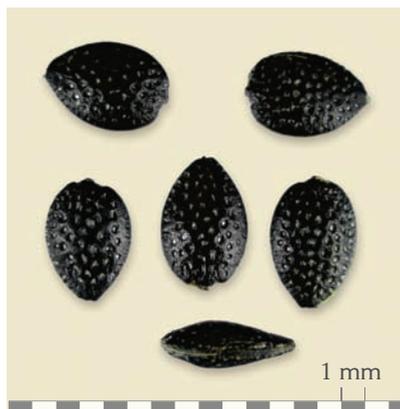


Figura 5. Forma y tamaño de las semillas de la gulupa. Foto: John Ocampo.

Propiedades y usos

Valor nutritivo

El fruto de la gulupa es fuente de carbohidratos, calorías, proteínas, minerales y vitaminas (A, B3, B12 y C). Además, la caracterización nutracéutica de la pulpa y el néctar de esta fruta la destacan con altos contenidos de fenoles totales (228,73 – 123,69 mg de ácido gálico/100 g de extracto-néctar) y

alta capacidad antioxidante (146,72 - 177,16 mg de ácido ascórbico/100 g de extracto-néctar), sugiriendo que el consumo de esta fruta puede contribuir al beneficio de la salud humana (Rodríguez & García, 2010; Jiménez *et al.*, 2011). La Tabla 2 presenta los rangos de la composición química de la gulupa contenida en 100 g de la porción comestible y comparada con el maracuyá y la naranja (Shiomi *et al.*, 1996; Peasley *et al.*, 2006; Nutritiondata, 2011).

Usos

Los usos de la gulupa son diversos, desde su principal presentación en los mercados internacionales y regionales de los países productores como fruta fresca, hasta en variadas formas en la industria de bebidas como jugo simple o concentrado (Coppens d'Eeckenbrugge, 2003). El penetrante aroma y su riqueza en vitamina C y minerales, le permite ser utilizado como complemento de productos multivitamínicos y en la generación de nuevos sabores en la industria de jugos y bebidas especialmente en los países desarrollados. En la industria de alimentos se hace extracción de aceite de sus semillas para la alta cocina. Tiene otros usos en la perfumería, la cosmetología y la belleza de su flor, le permite un lugar privilegiado como planta ornamental (Yockteng *et al.*, 2011). Las hojas contienen un compuesto con principios farmacéuticos de amplio uso como sedante y antiespasmódico llamado Pasiflorina (Yockteng *et al.*, 2011). En Colombia, ya se han hecho esfuerzos importantes en la agroindustria de la gulupa y especialmente en la preparación de pulpa concentrada para jugos, néctares (Figura 6),

Tabla 2. Rangos de la composición nutricional de la gulupa, respecto al maracuyá y la naranja. Datos publicados por diferentes autores.

Componentes	Gulupa	Maracuyá	Naranja
Agua (g)	74,4 - 88,9	84,2	86,7
Proteínas (g)	0,39 - 3,0	0,7	0,9
Calorías (cal.)	49 - 90	60	47
Carbohidratos (g)	13,6 - 21,2	14,5	11,7
Grasas (g)	0,05 - 0,70	0,2	0,1
Fibras (g)	0,01 - 0,04	0,2	2,4
Cenizas (g)	0,30 - 1,36	0,5	0,4
Calcio (g)	3,6 - 13	4,0	40
Fósforo (mg)	12,5 - 21,0	25	14
Hierro (mg)	0,24 - 1,70	0,4	0,1
Sodio (mg)	19 - 28	6,0	0,0
Potasio (mg)	200 - 374	278	181
Vitamina A (IU)	712 - 718	943	225
Riboflavina - B12 (mg)	0,10 - 0,15	0,1	0,0
Niacina - B3 (mg)	1,46 - 2,5	2,2	0,3
Vitamina C (mg)	18,0 - 30,0	18,2	53,2
Sólidos solubles (°Brix)	12,0 - 18,4	12,0 - 19,0	9,4 - 15
Acidez (%)	2,8 - 3,3	3,0 - 5,0	0,5 - 3,5
pH	2,56 - 3,59	2,5 - 9,0	3,3 - 3,8



Figura 6. Diferentes jugos concentrados de maracuyá, gulupa y curuba, procesados por Frutipaz (Fusagasugá, Cundinamarca). Foto: John Ocampo.

mermeladas, base de yogures, helados, postres, tés y licores (Nutritiondata, 2011; Ojasild, 2009; Frutipaz y Sena). Además, el jugo concentrado de la gulupa ha sido mezclado con el maracuyá para incrementar los sólidos solubles totales (°Brix) para los mercados internacionales.

Bibliografía

- Coppens d'Eeckenbrugge, G. 2003. Promesas de las pasifloras. Memorias del X Seminario Nacional y IV Internacional sobre Especies Promisorias, Medellín, Octubre 29-31 de 2003. CD.
- Dharwan, K., Dharwan, S. y Sharma, A. 2004. *Passiflora*: a review update. *Journal Ethno-Pharmacology* 94:1-23.
- Degener, O. 1932. *Flora Hawaiiensis*. Honolulu, family 250.
- Jiménez, A.M., Sierra, C.A., Rodríguez-Pulido, F.J., González-Miret, M.L., Heredia, F.J. y Osorio, C. 2011. Physicochemical characterisation of gulupa (*Passiflora edulis* Sims. fo *edulis*) fruit from Colombia during the ripening. *Food Research International* 44:1912-1918.
- Killip, E.P. 1938. The American Species of Passifloraceae. Field Museum of Natural History Publication. Botanical Series 19:613 p.
- Nutritiondata, 2011. Nutrition Facts. Purple Passion-fruit juice. <http://nutritiondata.self.com>
- Nyanzia, S.A., Carstensenb, B. y Schwackb, W. 2005. A comparative study of fatty acid profiles of *Passiflora* seed oils from Uganda. *JAOCS* 82 (1):41-44.

- Ocampo, J.A., Coppens d'Eeckenbrugge, G., Restrepo, M., Salazar, M., y Jarvis, A. 2007. Diversity of Colombian Passifloraceae: biogeography and an updated list for conservation. *Biota Colombiana* 8 (1):1-45.
- Ocampo, J., Coppens d'Eeckenbrugge, G. y Jarvis, A. 2010. Distribution of the genus *Passiflora* L. diversity in Colombia and its potential as an indicator for biodiversity management in the Coffee Growing Zone. *Diversity* 2:1158-1180.
- Ocampo, J. 2010. El maracuyá purpura (*edulis* Sims, 1818) y amarillo (*flavicarpa* Degener, 1932) son realmente dos formas botánicas de *Passiflora edulis* Sims? *Memorias X Congreso Latinoamericano de Botánica*. La Serena, Chile, 4 al 10 de octubre. 474 p.
- Ojasild, E.L. 2009. Elaboración de néctares de gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis*) y curuba (*Passiflora mollissima*). *Monografía Especialidad en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, Facultad de Ciencias. 34 p.
- Peasley, D., Anderson, J., Daniells, J., Pegg, K., Dirou, J., Constable, I., Hornery, J., Maltby, S., Paxton, K., Rigden, P. y Newett, S. 2006. Passionfruit Information Kit. Agrilink, your growing guide to better farming guide. Manual. Agrilink Series Q106036, Queensland Horticulture Institute. Brisbane, Queensland.
- Rendón, S., Ocampo, J. y Urrea, R. 2011. Estudio de la polinización en la gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims) para la obtención de semilla elite. *Memorias IV Congreso Colombiano de Horticultura*. Universidad Nacional sede Palmira (Valle del Cauca). 55 p.
- Rodríguez, M. & García, C. 2010. Poscosecha, procesamiento y análisis nutracéutico de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) y curuba (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*). *Memorias Primer Congreso Latinoamericano de Passiflora*. Cepass/Asohofrucol. Neiva (Huila), 3 al 5 de octubre. 107 p.
- Shiomi, S., Wanocho, L.S. y Agong, S.G. 1996. Ripening characteristics of purple passion fruit on and off the vine. *Postharvest Biology and Technology* 7:161-170.
- Sims, J. 1818. *Passiflora edulis*. *Botanical Magazin*. Fellow of the Royal and Linnean Societies. Vol 45. London.
- Ulmer, T. & MacDougal, J.M. 2004. *Passiflora: passionflowers of the word*. Timber Press Portland, Oregon. 430 p.
- Vanderplank, J.M. 2000. *Passion flowers*. 3rd ed. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts. 224 p.
- Yockteng, R., Coppens d'Eeckenbrugge, G. y Souza-Chies, T. 2011. *Passiflora*. In: Chittaranjan Kole (ed.). *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources*. Tropical and Subtropical Fruits. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. 129-171 p.

Aspectos fisiológicos de la Gulupa

(*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims)

John Ocampo Pérez;¹

Daniel Melo Ortiz;² Juan S. Rendón Gutierrez;³

Juan C. Arias Suárez;³ Viviana M. Marín Giraldo³

La floración

Las flores de la gulupa abren (antes) en las primeras horas de la mañana entre la 5 y 10 a.m. y puede permanecer abierta durante las 40 horas siguientes a su apertura, dependiendo de las condiciones climáticas (Ángel, 2009; Rendón, *et al.*, 2011). La fenología de la flor se divide en cuatro fases: Fase 1, el inicio de la apertura floral hasta la primera media hora (30 min.); Fase 2, la flor alcanza su máxima apertura hasta las 3 horas (180 min.); Fase 3, los estilos que sostienen el estigma está bien curvados, quedando al mismo nivel de las anteras que contienen el polen, con una duración hasta las 17 horas (1.020 min.); Fase 4, el inicio de la senescencia con el cierre de la flor y el marchitamiento de los pétalos hasta las 19,5 horas (1.170 min.). El estigma puede estar receptivo durante todo el tiempo que la flor permanece abierta, sin

embargo, las flores producen un mayor número de frutos en las fases 2 y 3 (Ángel, 2009). La liberación del polen en su mayoría se presenta en la Fase 2, donde es altamente viable (96%).

La polinización

La gulupa es una planta alógama, ya que solamente el 28% de sus flores se pueden autopolinizar de

forma natural (Ángel, 2009; Rendón *et al.*, 2011). Para alcanzar hasta el 80% de polinización efectiva se requiere de polinizadores (Figura 1), debido a que el grano de polen es pesado y pegajoso, y las anteras están ubicadas por debajo del estigma, favoreciendo de esta manera la polinización cruzada (alogamia). La polinización depende principalmente de los insectos, de la receptividad estigmática y de las



Figura 1. Polinización de la flor de gulupa por el abejorro (*Xylocopa* sp.). Foto: John Ocampo.

1. Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Ph.D., investigador visitante, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT (Área DAPA); Centro Bio-Sistemas (Universidad Jorge Tadeo Lozano); UNAL Palmira.
2. Ingeniero Agrónomo, Laboratorio de Investigaciones en Abejas, LABUN, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.
3. Estudiante Ingeniería Agronómica, Universidad de Caldas.

condiciones ambientales de cada zona. Son muchos los visitantes que llegan a las flores atraídos por el color púrpura, por el aroma y el dulce del néctar. En la gulupa se han reportado cerca de 18 especies de visitantes destacándose las abejas, avispas, moscas, mariposas, y colibríes, pero los más importantes como agentes polinizadores son los abejorros negros de los géneros (Figura 1) *Xylocopa* sp., *Epicharis* sp., *Eulaema* sp. y *Bombus* sp. (Medina *et al.*, 2009; Ospina-Torres *et al.*, 2010). La abeja (*Apis mellifera* L.) es atraída por el polen y también contribuye a la polinización, pero su eficiencia individual es baja debido a su poco tamaño con respecto a las dimensiones de la flor (Figura 2); aunque la polinización puede aumentar cuando varios individuos visitan la misma flor (Medina *et al.*, 2009).

La polinización artificial o manual se realiza cuando no existe una buena polinización natural por los insectos y se recomienda hacerlo cuando el porcentaje de cuajamiento (formación de frutos) es inferior al 30%. Esta práctica se realiza extrayendo el polen de las anteras con la ayuda de un pincel y luego se lleva a los estigmas de la misma flor o de la misma planta por medio de movimientos circulares (Figura 3). Con esta actividad se aumenta el porcentaje de polinización (82-85%), y el número de óvulos fecundados y por consiguiente se producen más semillas con mayor cantidad de jugo y mayor tamaño de los frutos.

Para una buena polinización es importante mantener vegetación nativa cerca a los cultivos para que los polinizadores puedan acceder fácil a su alimento y a la vez construir sus nidos a poca distancia

de estos. Se recomienda hacer uso racional de los insecticidas y principalmente los de alta toxicidad, además las aplicaciones debe ser al finalizar la tarde (4 a 6 p.m.) donde la actividad de los polinizadores es menor.

La fecundación

La fecundación se realiza de 4 a 5 horas después de la polinización y el fruto alcanza su máximo desarrollo entre los 50 y 60 días, y su maduración comercial entre 110 a 130 días, dependiendo de la altura donde el cultivo este establecido. En la gulupa la fecundidad efectiva o porcentaje de cuajamiento oscila entre el 30-40% (Rendón *et al.*, 2011), y depende de la actividad de los polinizadores, la cantidad y calidad del polen, la humedad relativa, la temperatura, la lluvia, y del estado nutricional de la planta.



Figura 2. Polinización realizada por abejas (*Apis mellifera* L.) con baja efectividad. Foto: John Ocampo.



Figura 3. Polinización manual o asistida en la flor de la gulupa.
Foto: John Ocampo.

La maduración

Durante la maduración del fruto se llevan a cabo un conjunto de cambios físicos y químicos, como el color, el sabor, el aroma y la textura hasta cuando completa su crecimiento. El fruto de la gulupa presenta 7 estados de madurez (Pinzón *et al.*, 2007), desde totalmente verde (0) hasta sobremaduro con una coloración púrpura muy oscuro (6) y a veces con arrugas (Figura 4). El momento

óptimo de cosecha del fruto es el estado 3, el cual corresponde a un fruto entre 40-50% verde medio y 40-50% púrpura algo traslúcido. En este estado (3) el fruto alcanza el mayor contenido de sólidos solubles totales - SST (°Brix), además comienza a aumentar el pH y a disminuir la acidez total titulable. El fruto de la gulupa es clasificado como climatérico, es decir, que continúa su maduración luego de ser cosechado (Shiomi *et al.*, 1996; Pinzón *et al.*, 2007).



Figura 4. Diferentes estados de madurez del fruto de la gulupa.
Foto: cortesía de Pinzón *et al.*, (2007).

Bibliografía

- Ángel, C. 2009. Biología floral y reproductiva de la gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis*). Tesis Biología. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, Departamento de Biología. 33 p.
- Medina, J., Nates-Parra, G., Ospina-Torres, R., Ángel, C. y Melo, D. 2009. Estudio de agentes polinizadores de gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims) en dos cultivos a diferente altitud en Buenavista-Boyacá, Colombia. Memorias IV Congreso Mesoamericano sobre Abejas Nativas. Antigua, Guatemala, 27 al 30 de octubre. 293 p.
- Ospina-Torres, R., Medina, J., Ramírez, R., Nates-Parra, G., Amaya, M, Melo, D. y Ángel, C. 2010. Eficiencia de las abejas polinizadoras de los cultivos de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) y granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) en Buenavista-Boyacá, Colombia. Memorias Primer Congreso Latinoamericano de *Passiflora*. Cepass/Asohofrucol. Neiva, Huila, 3 al 5 de octubre. 107 p.
- Pinzón, I.M., Fischer, G. y Corredor, G. 2007. Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims). *Agronomía Colombiana* 25 (1):83-95.
- Rendón, S., Ocampo, J. y Urrea, R. 2011. Estudio de la polinización en la gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims) para la obtención de semilla elite. Memorias IV Congreso Colombiano de Horticultura. Universidad Nacional sede Palmira (Valle del Cauca). 55 p.
- Shiomi, S., Wanocho, L.S. y Agong, S.G. 1996. Ripening characteristics of purple passion fruit on and off the vine. *Postharvest Biology and Technology* 7:161-170.

Recursos genéticos y mejoramiento de la Gulupa

(*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims)

John Ocampo Pérez;¹
Ramiro Urrea Gómez²

Historia y domesticación

El primer reporte escrito sobre el cultivo de la gulupa fue realizado en Inglaterra, a partir de su descripción botánica en 1818 en plantas ornamentales, con semillas traídas desde Portugal (Sims, 1818). En Australia, esta planta fue encontrada extrañamente renaturalizada en las áreas costeras de Queensland a mediados de 1800 y adoptada popularmente para adornar jardines de casa (Morton, 1967). En la isla de Hawai (EE.UU.), la gulupa fue introducida en 1880 con semillas provenientes de Australia para su uso como planta ornamental, y años después invadió los bosques de las islas aledañas (Morton, 1987). No obstante, las primeras iniciativas para el desarrollo de un cultivo comercial de gulupa se iniciaron en los años treinta del siglo veinte en Australia, Nueva Zelanda, Hawai y Kenia para abastecer los mercados locales (Greig, 1943). Estos países

popularizaron el consumo de la fruta por su agradable sabor y aroma, extendiéndose a otras partes del mundo entre los años 1940 y 1950 en las islas de Oceanía (Western Samoa, Norfolk Islands, Cook Islands, Solomon Islands y Guam), Taiwan, Indonesia (Java y Sumatra), Malasia, Vietnam, India, Israel, Suráfrica, Costa de Marfil, Zimbabwe y Uganda (Akamine *et al.*, 1974; Morton, 1987). En la mayoría de estos países los cultivos comerciales fueron devastados por una enfermedad causada por *Fusarium* sp., debido a una variabilidad muy limitada por el escaso número de semillas que fueron introducidas en cada región (Morton, 1987). A pesar que el

cultivo de la gulupa tiene una distribución mundial, la fruta no es comercializada en sus países de origen (sur de Brasil, norte de Argentina y Paraguay), y solo se conoce adornando jardines domésticos y restaurantes.

La gulupa se puede encontrar de forma natural en las zonas montañosas de América tropical en altitudes superiores a 1.300 msnm (Killip, 1938; Ocampo *et al.*, 2007). Sin embargo, esta especie es poco conocida y ocasionalmente es cultivada por los campesinos en los patios de las casas por el color púrpura de los frutos, la rusticidad y la constante producción durante todo el año (Figura 1).

1. Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Ph.D., investigador visitante Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT (Área DAPA); Centro de Bio-Sistemas (Universidad Jorge Tadeo Lozano); UNAL Palmira.
2. Ingeniero Agrónomo, M.Sc., docente. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Producción Agropecuaria, Universidad de Caldas, Manizales.

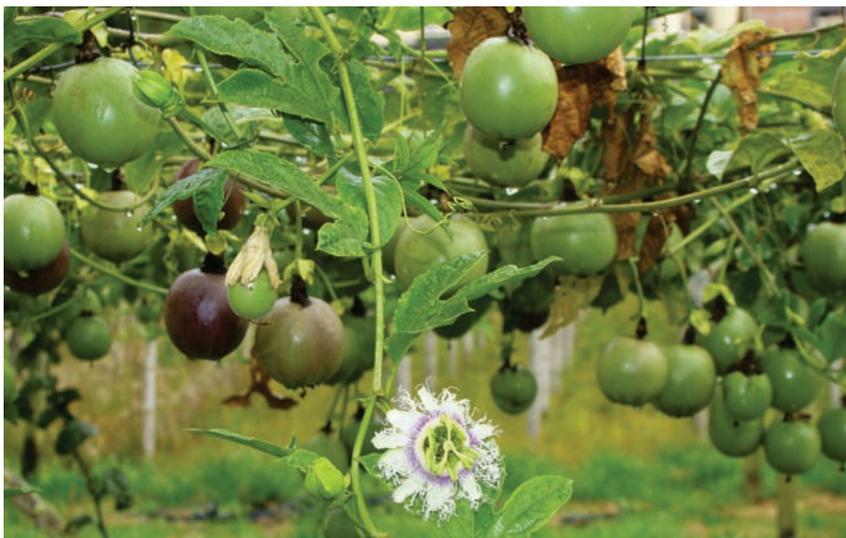


Figura 1. Planta de gulupa cultivada en los patios de casa por los campesinos de la zona cafetera colombiana. Foto: John Ocampo.

En Colombia, los primeros cultivos de gulupa se iniciaron en el municipio de Jardín (Antioquia) a inicios de 1990 por el zootecnista Carlos Marín, a partir de semillas de plantas encontradas en los bosques aledaños (Figura 2). Los productores de este municipio han desarrollado la mayor tecnología para el cultivo de la gulupa, con rendimientos que superan las 100 toneladas/ha para un ciclo de tres años, y contribuyendo de esta manera en los procesos de domesticación de la especie. Sin embargo, las mayores áreas cultivadas de la gulupa fueron establecidas a inicios de este siglo en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá para

abastecer los mercados de exportación hacia Europa.

En términos generales, la gulupa es una planta en proceso de domesticación en los países de América tropical, en comparación con la tecnología desarrollada en Australia y Nueva Zelanda por más de 100 años, donde se han realizado estudios completos sobre la ecofisiología y diagnósticos sobre las plagas y enfermedades que la afectan (Peasley *et al.*, 2006; Rheinländer *et al.*, 2009). Durante estos años los procesos de domesticación en la especie se han realizado mediante la selección de los mejores fenotipos y donde las plantas adquirieron nuevas

características facilitando su manejo agronómico y un aumento de la producción.

Variabilidad genética

La gulupa puede crecer de forma renaturalizada en la montañas andinas de Colombia entre los 1.500 a 2.800 msnm, donde la planta puede encontrar sus polinizadores naturales y un sistema de propagación basado en la reproducción sexual, mantenido la variabilidad en la especie (Figura 3). Esta plasticidad genética y fisiológica de la gulupa, le ha permitido adaptarse a diferentes ecosistemas y enfrentar la dinámica de los cambios climáticos actuales, y sortear problemas fitosanitarios adversos (plagas y enfermedades).

Los primeros estudios en Colombia sobre variabilidad genética en la gulupa se basaron en la caracterización morfológica de plantas provenientes de cultivos de doce departamentos, los cuales mostraron una relativa variabilidad asociada con los caracteres de la flor y el fruto (Ocampo *et al.*, 2009; Ocampo, 2011). A nivel molecular, una primera investigación realizada por Ortiz *et al.* (2011) con marcadores microsátelites y AFLP's reportan una escasa variabilidad genética en los cultivos colombianos. Estos resultados pueden explicarse por el origen de las semillas en los cultivos analizados, ya que provienen de unos pocos viveros en el departamento de Cundinamarca, y a su vez esta problemática ha sido reflejada con la alta incidencia de Bacteriosis o Mancha de aceite (*Xanthomonas axonopodis*) en esta región del país. Recientemente, otro estudio con marcadores similares



Figura 2. Cultivo comercial de gulupa bajo cobertura, a partir de semillas de plantas encontradas en los bosques aledaños al municipio de Jardín (Antioquia, Colombia). Foto: John Ocampo.

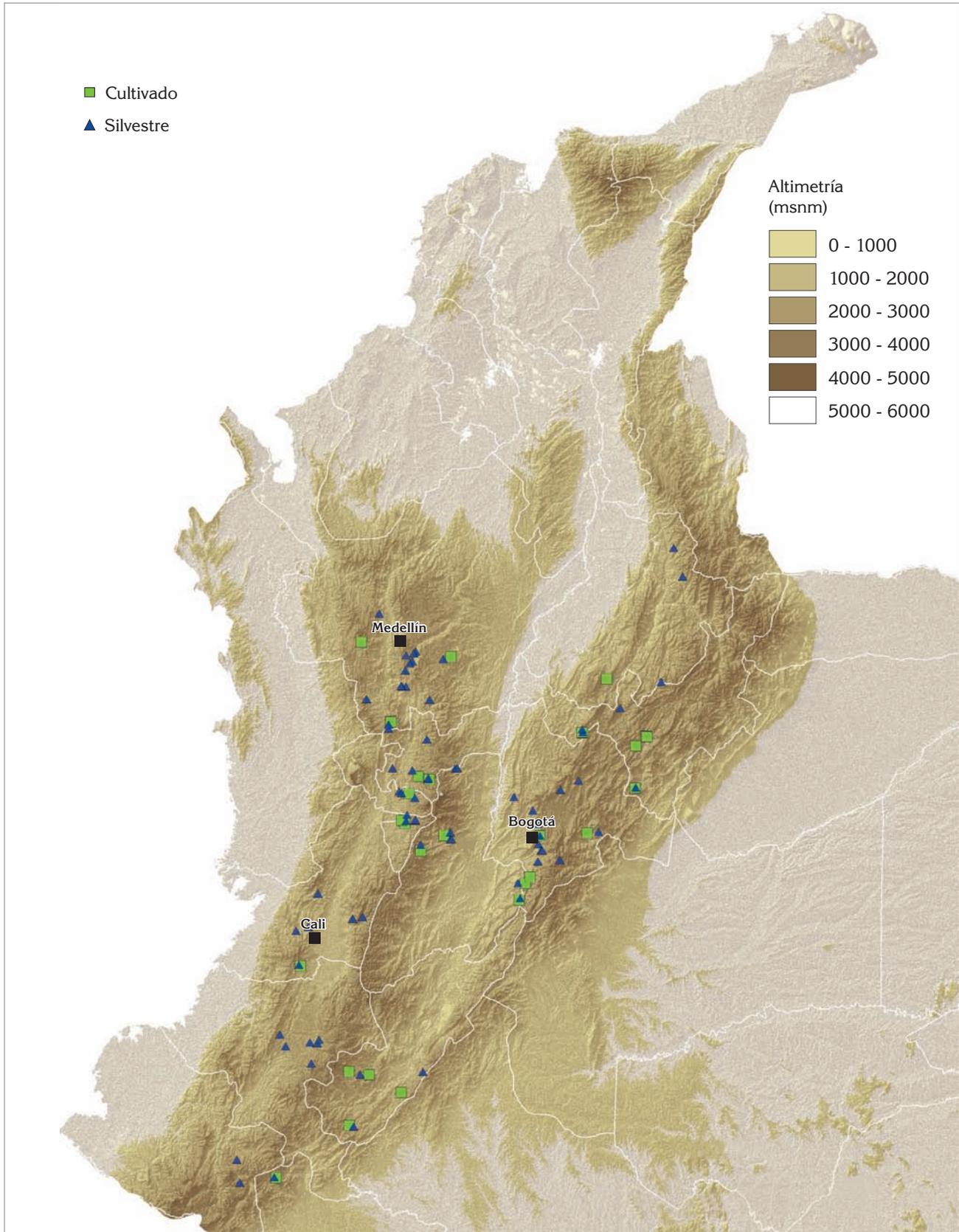


Figura 3. Mapa de distribución de la gulupa en Colombia, en forma cultivada y natural (silvestre).
Elaborado por: John Ocampo y Paula Posada.

incluyó un mayor número de cultivos y muestras renaturalizadas de la planta, estableció que la gulupa cultivada en Colombia es fuente de variabilidad (Quintero *et al.*, 2011), la cual puede ser aprovechada para iniciar programas de fitomejoramiento para la obtención de cultivares más productivos y tolerantes a factores adversos.

Bancos de germoplasma

La información sobre bancos de germoplasma de *Passiflora* en el mundo hace referencia a la especie *Passiflora edulis*, sin diferenciar entre el maracuyá y la gulupa (Ferreira, 2005). Una investigación exhaustiva permitió identificar 157 accesiones de gulupa (*P. edulis* f. *edulis*) conservadas en bancos de semillas en siete países y once instituciones (Tabla 1). En Colombia, existen 18 accesiones de gulupa en el banco de germoplasma de Corpoica (Valencia *et al.*, 2010) y 30 accesiones en la colección de campo en la Universidad de Caldas. Este reservorio genético de la gulupa tiene un valor estratégico importante para un mejor desarrollo de la especie. Sin

embargo, es necesario aunar más esfuerzos en la colecta y caracterización en Colombia, debido a su amplia distribución en las tres cordilleras y su importancia estratégica en la fruticultura del país.

Mejoramiento genético

Los trabajos de fitomejoramiento en gulupa se iniciaron en Australia, Nueva Zelanda y Hawai (EE.UU.), por medio de una selección masal de las mejores plantas de interés agronómico o por cruzamientos selectivos dentro de la misma especie, pero sin conocer la importancia de la variabilidad de su acervo genético primario (Coppens d'Eeckenbrugge, 2003). En estas regiones la gulupa (f. *edulis*) y el maracuyá (f. *flavicarpa*) se pueden hibridar de forma natural y los programas de mejoramiento se concentraron en la selección y propagación clonal de híbridos altamente productivos para abastecer los mercados locales (Stephens, 1958; Anonymous, 1963; Morton, 1967). Años más tarde, las investigaciones fueron enfocadas en la búsqueda de la calidad del fruto y la resistencia a enfermedades causadas por

hongos del suelo (*Fusarium* sp. y *Phytophthora* sp.), nematodos (*Meloidogyne* sp.) y virosis (*Passionfruit woodiness virus* - PWV), con híbridos artificiales entre gulupa X maracuyá (Knight, 1972; Beal, 1975; Winks *et al.*, 1988; Peasley *et al.*, 2006). Otra estrategia de mejoramiento, ha sido la hibridación interespecífica entre la gulupa y algunas de sus especies emparentadas (*P. incarnata* L., *P. caerulea* L. y *P. cincinnata* Mast.), pero con poco éxito, debido a que su polen (♂padre) presenta incompatibilidad (Knight, 1991; Bugallo *et al.*, 2011). Por el contrario, cuando la gulupa actúa como madre (♀) puede recibir polen de otras especies y formar híbridos infértiles, empleados como ornamentales por los colores vistosos de sus flores (Vanderplank, 2000; Fischer, 2004; Abreu *et al.*, 2009).

Cultivares

En Colombia, aún no hay reportes de cultivares mejorados y los agricultores obtienen las semillas de los mejores frutos de cada cosecha o de plántulas provenientes de viveros comerciales sin alguna garantía de calidad genética. Recientemente, se desarrolló un proyecto de fitomejoramiento en la gulupa, el maracuyá y la granadilla financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) de Colombia, el cual permitió seleccionar semilla elite directamente de los campos de productores con características de mayor calidad de fruto (°Brix > 14,5 y %pulpa > 50) y mayor rusticidad (Figura 4). Paralelamente, se realizaron cruzamientos de gulupa × maracuyá, y al igual que híbridos

Tabla 1. Número de accesiones de gulupa registradas en el mundo.

País	Institución	Número de accesiones
Australia	DPI-Nambour	4
Brasil	CNPMF-EMBRAPA, UNESP, IAPAR, CPAC,	31
Chile	ARI-Nicosia	10
Colombia	Corpoica, Universidad de Caldas	48
Ecuador	INIAP-Quito	5
Kenia	NGK-Kikuyu	2
EE.UU.	USDA/ARS-Hilo/Miami	57
Total		157

Fuente: Ferreira (2005); Valencia *et al.* (2010) e información primaria compilada por John Ocampo.

interespecíficos con *P. caerulea* y *P. alata* (Arias *et al.*, 2011).

En Colombia, no se han tenido en cuenta los estudios que se han realizado en otros países durante los últimos 40 años, como el desarrollo de cultivares comerciales con características de calidad del fruto (°Brix, porcentaje de jugo y contenidos nutraceuticos) y tolerancia a enfermedades. Estos cultivares han sido desarrollados por medio de selección de las mejores plantas de acuerdo a un ideotipo impuesto por los mercados locales e internacionales o por hibridaciones artificiales a partir de genotipos superiores de la gulupa o con el maracuyá (Beal, 1975; Knight, 1992; Peasley *et al.*, 2006). A nivel mundial se han reportado 39 cultivares comercializados en seis países (Figura 5):

Australia: 'Heuston', 'Nellie Kelly', 'Norfolk', 'Samba', 'McGuffies Red', 'Pandora', 'Australian Purple', 'Sweetheart', 'Jumbo Gem', 'Mistly Gem' y 'Tom's Special', '3-1', '3-26', '23-E', 'Lacey', 'Purple Gold'; Estados Unidos: 'Noel's Special', 'Frederick', 'Grafted Black', 'Sunshine Special', 'Black Knight', 'M-21471A', 'Edgehill', 'Kahuna', 'Paul Ecke', 'Purple Giant', 'Red Rover', 'Byron Beuty', 'Verrucifera', 'Yee Selection', 'Perfecta', 'Common Purple', 'Sevick Selection' y 'Pratt Hybrid'; India, 'Kavery'; Nueva Zelanda: 'Bali Hai'; Inglaterra: 'Crackerjack'; Israel: 'Passion Dream'; Suráfrica: 'Esther'.

La mayoría de estos cultivares ha desaparecido por la alta presión de enfermedades y han sido remplazados a través del tiempo con líneas derivadas de estos mismos.



Figura 4. Fruto proveniente de la semilla elite 'Rubí Dorado' con características de calidad y rusticidad. Foto: John Ocampo.

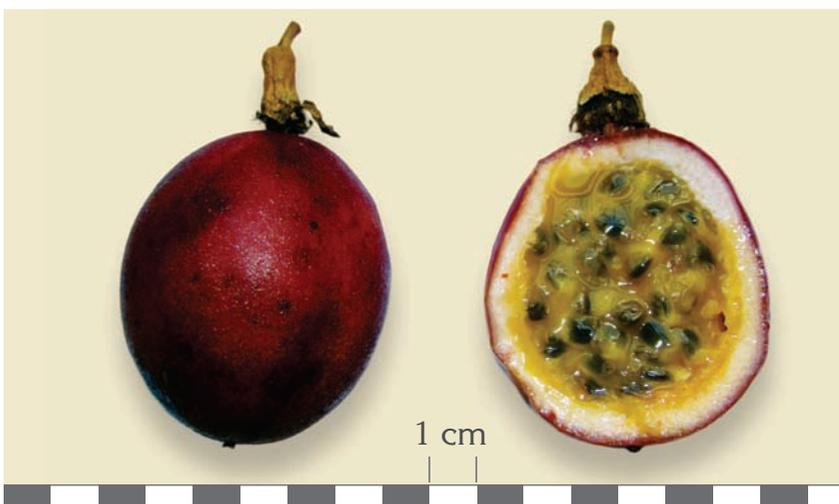


Figura 5. Fruto del cultivar 'Frederick' (gulupa × maracuyá). Foto: John Ocampo.

Especies relacionadas

A parte de la gulupa y el maracuyá, en Colombia se cultivan otras siete especies en aproximadamente 6.000 has (Figura 6) y sus frutos son comercializados en mercados locales o internacionales (Agronet, 2011; Cepass, 2011):

La granadilla o tripona (*P. ligularis* Juss.), la curuba de Castilla (*P. tripartita* var. *mollissima* (Kunth) Holm-Nielsen & Jørgensen) la curuba India (*P. tarminiana* Coppens & Barney), la badea (*P. quadrangularis* L.), la cholupa o granadilla de piedra (*P. maliformis* L.), la curubadea o maracua (*P.*

alata Curtis) y la granadilla de Quijos o caucana (*P. popenovii* Killip).

Estas especies comparte el mismo número de cromosomas con la gulupa ($2n=18$) y pueden ser consideradas como acervos genéticos secundarios de la especie para el desarrollo de nuevos cultivares, más productivos y rústicos en programas de fitomejoramiento que involucren la hibridación convencional (Knight, 1992; Bugallo *et al.*, 2011), el uso de portainjertos (Pires *et al.*, 2009) y las herramientas biotecnológicas (Barbosa & Viera, 1997).



Figura 6. Diferentes especies de *Passiflora* cultivadas en Colombia: (a) el maracuyá (*P. edulis* f. *flavicarpa*), (b) la cholupa o granadilla de Piedra (*P. maliformis*), (c) la gulupa (*P. edulis* f. *edulis*), (d) la curuba de Castilla (*P. tripartita* var. *mollissima*), (e) la granadilla (*P. ligularis*), (f) la granadilla de Quijos o caucana (*P. popenovii*) (g) la badea (*P. quadrangularis*), (h) la maracua o curubina (*P. alata*) y (i) la curuba India (*P. tarminiana*). Fotos: John Ocampo.

