

Universidad de Cundinamarca

Repositorio CTel

Ciencias Agropecuarias

Libros

Summer 4-15-2024

Perspectivas para el manejo sostenible de las frutas de la pasión

Stephany Hurtado Clopatosky

Pilar Rojas-Gracia

Fabián Giovanni Márquez Niño

Juan Camilo Álvarez Mahecha

Edgar Eduardo Roa Guerrero

See next page for additional authors

Follow this and additional works at: <https://repositorioctei.ucundinamarca.edu.co/agropecuarias>



Part of the [Agricultural Economics Commons](#), [Agricultural Education Commons](#), and the [Biosecurity Commons](#)

Authors

Stephany Hurtado Clopatosky, Pilar Rojas-Gracia, Fabián Giovanni Márquez Niño, Juan Camilo Álvarez Mahecha, Edgar Eduardo Roa Guerrero, Yuly Paola Sandoval-Cáceres, and Ginna Natalia Cruz-Castiblanco



PERSPECTIVAS
PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LAS
Frutas de la pasión

Ciencias Aropecuarias

PERSPECTIVAS

PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LAS

Frutas de la pasión

Stephany Hurtado Clopatosky
Pilar Rojas-Gracia
Fabián Giovanni Márquez Niño
Juan Camilo Álvarez Mahecha
Édgar Eduardo Roa
Yuly Paola Sandoval-Cáceres
Ginna Natalia Cruz-Castiblanco

2024

Autores: Clopatosky Hurtado, Stephany; Rojas-Gracia, Pilar; Márquez Niño, Fabián Giovanni; Álvarez Mahecha, Juan Camilo; Roa, Édgar Eduardo, Sandoval-Cáceres Yuly Paola, y Cruz Castiblanco, Ginna Natalia

Perspectivas para el manejo sostenible de los frutos de la pasión
Fusagasugá: Sello Editorial Universidad de Cundinamarca 2023
102 páginas; figuras y tablas
Incluye referencias bibliográficas

ISBN: 978-628-7702-07-3

eISBN: 978-628-7702-08-0



Derechos reservados

1. edición, 15 de abril de 2024

© Stephany Hurtado Clopatosky
Pilar Rojas-Gracia
Fabián Giovanni Márquez Niño
Juan Camilo Álvarez Mahecha
Édgar Eduardo Roa
Yuly Paola Sandoval-Cáceres
Ginna Natalia Cruz-Castiblanco

© Universidad de Cundinamarca

Olga Marina García Norato
DIRECTORA EDITORIAL

Daniel Alonso Mattern Hernández
COORDINACIÓN EDITORIAL

César Augusto Buitrago Quiñones
EDITOR DE PUBLICACIONES
César Augusto Buitrago Quiñones
CORRECCIÓN DE ESTILO

Geraldine Tatiana Ramírez Rincón
Diseño y diagramación

Impresión:
Multi-Impresos S.A.S

Universidad de Cundinamarca
Fusagasugá, Colombia
Diagonal 18 No. 20-29
Teléfono: (+571) 828 1483
editorial@ucundinamarca.edu.co
<https://www.ucundinamarca.edu.co>

Contenido

PRÓLOGO	9
INTRODUCCIÓN	11
Capítulo 1	
Panorama actual del manejo de fitopatógenos asociados al cultivo de a fruta de la pasión	13
Enfermedades comunes en el cultivo de <i>P. edulis f. edulis</i> y otras pasifloras	16
Enfermedades de origen fúngico	16
Bacteriosis	20
Nemátodos	21
Virus	22
Estrategias de manejo sostenibles	25
Inducción de resistencia	25
Determinantes de Inducción de resistencia ISR	25
Vías de señalización	26
Repuestas de defensa	26
Programas de mejoramiento genético	28
Injertación sobre materiales resistentes	30
Material vegetal	31
Biofertilizantes	32
Conclusiones	32
Capítulo 2	
Artropofauna de importancia agrícola asociada al cultivo de gulupa (<i>Passiflora edulis f. edulis</i>) (Sims, 1818)	33
Artrópodos plaga en el cultivo de gulupa	36
Gusano cosechero <i>Agraulis vanillae</i> (Linnaeus, 1758)	36
Taxonomía	36
Biología	37
Distribución geográfica	38
Hábito	38
Abeja negra <i>Partamona testacea</i> (Klug, 1807)	38
Taxonomía	38
Biología	39
Distribución geográfica	39
Hábito	39
Abeja (<i>Trigona trinidadensis</i>)	39
Taxonomía	39
Biología	40

Distribución geográfica	40
Hábito	40
Mosca del ovario o sonsa <i>Dasiops</i> spp	41
Taxonomía	41
Biología	41
Distribución geográfica	42
Hábito	42
Mosca negra de la flor <i>Drosophila</i> sp	44
Taxonomía	44
Biología	44
Distribución geográfica	45
Hábito	45
Mosca del pedúnculo <i>Neosilba</i> sp	45
Taxonomía	45
Biología	46
Distribución geográfica	46
Hábito	46
Áfidos o pulgones <i>Myzus</i> sp. y <i>Aphis</i> sp	47
Taxonomía	47
Biología	47
Distribución geográfica	47
Hábito	48
Trips <i>Frankliniella</i> sp	48
Taxonomía	48
Biología	48
Distribución geográfica	48
Hábito	49
Araña roja <i>Tetranychus urticae</i> (Koch, 1836)	49
Taxonomía	49
Biología	50
Distribución geográfica	50
Hábito	50
<i>Artoprofauna benéfica</i>	51
Abejas carpinteras <i>Xylocopa</i> sp	51

Taxonomía	51
Biología	51
Distribución geográfica	52
Hábito	52
Abejas melíferas <i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	53
Taxonomía	53
Biología	53
Distribución geográfica	54
Hábito	54
Crisopa <i>Chrysopa</i> sp.....	54
Taxonomía	54
Biología	54
Distribución geográfica	55
Hábito	55
Perspectivas	56
Capítulo 3	
Avances en estrategias biosostenibles para sistemas productivos de pasifloras.	57
Fomento biológico para la protección y vitalidad de los cultivos de pasifloras	61
Interacción planta-microorganismo	62
Promoción del crecimiento vegetal	63
Avances para el control biológico en pasifloras	65
Capítulo 4	
Postcosecha y mercados internacionales de las pasifloras: avances y desafíos	67
Consideraciones clave en el proceso de cosecha y postcosecha de pasifloras	68
Manejo postcosecha de Gulupa	70
Manejo postcosecha de granadilla	73
Manejo postcosecha de maracuyá	73
Avances tecnológicos en el manejo de la postcosecha de las pasifloras	74
Desafíos y perspectivas futuras en el comercio internacional de pasifloras	77
Tendencias económicas y oportunidades en el mercado global	77
Normativas y estándares en la exportación de pasifloras	78
Referencias	81

PRÓLOGO

Ante el auge del consumo de las frutas de la pasión, su producción también se ha venido incrementando en Colombia, principalmente con prácticas establecidas de manera empírica por los agricultores y aunque se han hecho esfuerzos importantes en investigación enfocados en diferentes áreas del cultivo. Muchas veces estos resultados son de difícil acceso para el personal dedicado al manejo agronómico de estas frutas.

Este libro está dirigido a los productores y a la comunidad científica pues establece una línea base en la investigación del cultivo y genera nuevas interrogantes para el desarrollo de futuros proyectos; sin embargo, presenta un contenido interdisciplinar que puede ser de interés para todo tipo de público interesado en el cultivo de las frutas de la pasión.

Esta publicación se deriva de un trabajo de investigación que recopila los aspectos más relevantes del cultivo de las frutas de la pasión, con miras a su tecnificación, pretende aportar conocimientos actualizados en la identificación de las patologías más comunes del cultivo y las perspectivas de manejo avanzadas, artopofauna asociada al cultivo como insectos benéficos y plagas, y finaliza con un enfoque hacia la postcosecha con orientación hacia los mercados internacionales.

INTRODUCCIÓN

Existen distintas pasifloras exóticas que han cautivado mercados internacionales y su producción se ha convertido en un pilar económico en la industria agrícola. Dentro de este grupo se encuentran principalmente la granadilla, el maracuyá, la curuba y la gulupa, también conocida como el maracuyá morado o la “fruta de la pasión púrpura” (Figura 1), que se destaca no solo por su color, sino que también exhibe una notable concentración de pigmentos, como el betacaroteno y el gamma-tocoferol, así como una rica composición de compuestos flavonoides, ácidos fenólicos, piceatannol y antioxidantes.

La presencia de estos elementos en su composición se ha vinculado con una serie de cualidades terapéuticas de gran relevancia, que abarca desde propiedades antiinflamatorias hasta efectos antihiperlipidémicos, antihipertensivos, antidiabéticos, antitumorales, hepatoprotectores y antienvjecimiento (Sukketsiri et ál., 2023; Yepes et ál., 2021; Zhang et ál., 2023).

El cultivo de gulupa *Passiflora edulis f. edulis* Sims es emergente y ha tomado notoria relevancia en los últimos años; la combinación de sus cualidades ha generado una fuerte demanda internacional de este fruto, que ha fortalecido el mercado y lo ha convertido actualmente en la variedad de pasifloras más exportada desde Colombia, según señala la revista *Forbes* (Bernal, 2022), seguida por la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss), y el maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) (Ramírez et ál., 2012). Dentro de las frutas exportada en fresco, esta variedad es la tercera, luego del aguacate y la uchuva.

Estas posiciones se han alcanzado debido a un notable crecimiento del comercio de pasifloras en las últimas dos décadas, dado por un aumento sostenido en las exportaciones de gulupa, pasando de 32,5 millones de dólares en 2018 a 42 millones de dólares en 2021. Durante el periodo de enero a marzo de 2022, las exportaciones de gulupa alcanzaron una suma impresionante de 16,4 millones de dólares, lo que representa un marcado incremento del 22% en comparación con el mismo lapso del año anterior, cuando la cifra alcanzó los 14 millones de dólares (Asociación Hortifrutícola de Colombia, Asofrucol, ProColombia, 2021). Finalmente condujo a alcanzar un nivel de ventas anuales de 75 millones de dólares (Estrada, 2022).

En este contexto de creciente demanda y prominencia en el mercado global, resulta esencial profundizar en el conocimiento de las enfermedades asociadas al cultivo, así como en la identificación de los aspectos actuales de manejo; todo ello desde una perspectiva sostenible. Esto se vuelve aún más urgente ante la necesidad de reducir el impacto ambiental de las producciones agrícolas, que surge principalmente a la creciente rigurosidad de los estándares de residuos que los países de destino están imponiendo, los cuales establecen restricciones cada vez más rigurosas.

El propósito del *capítulo 1* es proporcionar al lector una visión científica de las estrategias de manejo en el campo. Mediante un conocimiento profundo de las enfermedades que podrían afectar el cultivo y la comprensión de prácticas avanzadas de manejo, se puede asegurar la calidad, la seguridad y la sostenibilidad de la producción. Esto, a su vez, garantizará que las pasifloras, especialmente la gulupa, mantengan su posición como el fruto de exportación líder en la industria agrícola.

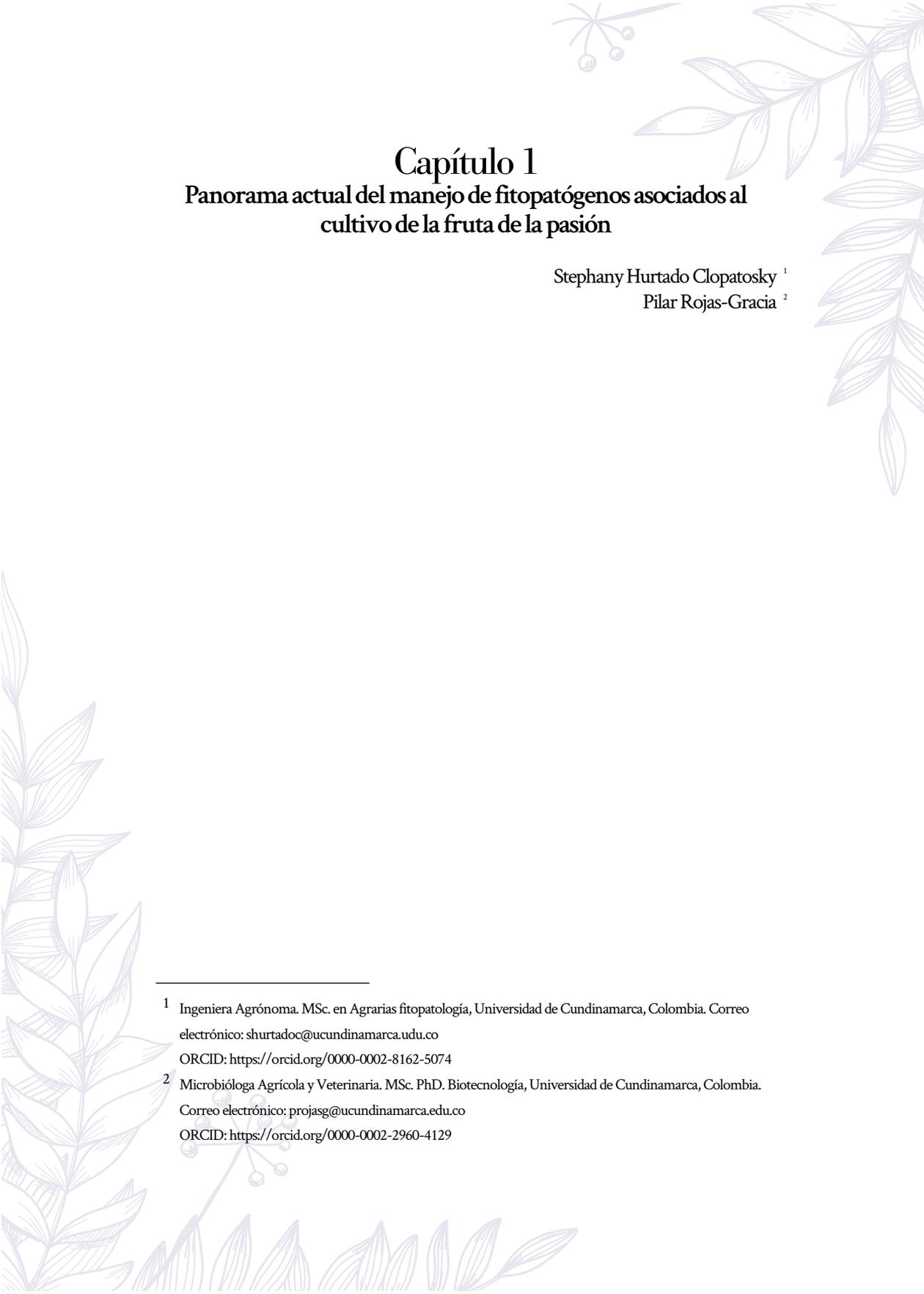
Con el *capítulo 2* se da a conocer la arthropofauna asociada al cultivo de *P. edulis f. edulis*; este conocimiento es de suma importancia pues permite tomar decisiones y generar estrategias basadas en un criterio técnico, disminuyendo los sobrecostos en la producción y las pérdidas que se puedan generar por el mal manejo. Comprender la biología, hábitos y comportamiento de los diversos artrópodos asociados a este sistema productivo es la base para crear planes de manejo integrado que no limiten el rendimiento del cultivo y respete las buenas prácticas agrícolas para disminuir el riesgo de afectar la comercialización final del fruto cosechado.

Finalmente, con el *capítulo 3* se pretende entender la postcosecha como una etapa crítica en la cadena de suministro alimentario que desempeña un papel fundamental en la conservación de la calidad, la extensión de la vida útil y la reducción de pérdidas. Y debido a que la calidad intrínseca de las frutas después de la cosecha depende en gran medida del adecuado manejo postcosecha, se exploran diversas tecnologías innovadoras que están revolucionando la forma en que se aborda esta etapa de las frutas.



Figura 1. Cultivo de gulupa (*Passiflora edulis f. edulis*)

Fuente: Fotografía tomada por Pilar Rojas-Gracia



Capítulo 1

Panorama actual del manejo de fitopatógenos asociados al cultivo de la fruta de la pasión

Stephany Hurtado Clopatosky ¹

Pilar Rojas-Gracia ²

¹ Ingeniera Agrónoma. MSc. en Agrarías fitopatología, Universidad de Cundinamarca, Colombia. Correo electrónico: shurtadoc@ucundinamarca.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8162-5074>

² Microbióloga Agrícola y Veterinaria. MSc. PhD. Biotecnología, Universidad de Cundinamarca, Colombia.

Correo electrónico: projasg@ucundinamarca.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2960-4129>

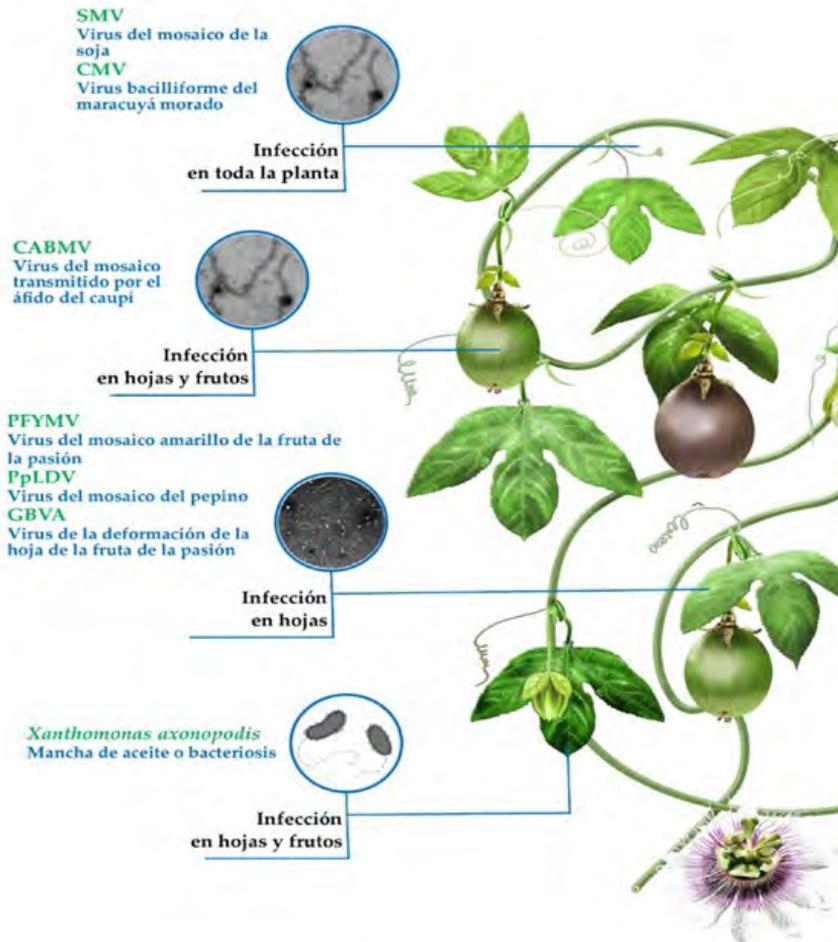


Figura 2. Esquema gráfico de los principales patógenos que afectan el cultivo de *P. edulis f. edulis*. Parte A.

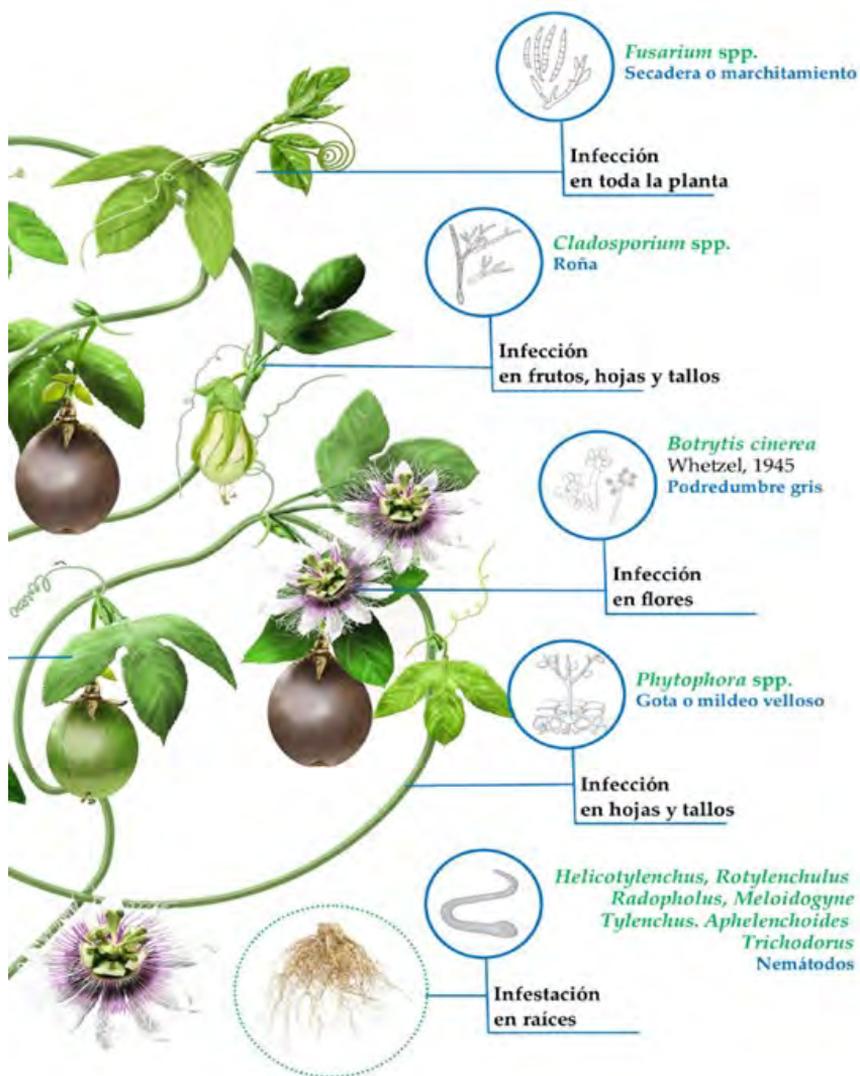


Figura 2. Esquema grafico de los principales patógenos que afectan el cultivo de *P. edulis f. edulis*. Parte B.

Enfermedades comunes en el cultivo de *P. edulis f. edulis* y otras pasifloras

El cultivo de *P. edulis* presenta varias enfermedades que limitan su producción (Figura 2) y cuyo manejo tradicionalmente se basaba en el empleo de productos químicos que alteran la inocuidad del producto y afectan tanto a trabajadores como al medio ambiente. Sin embargo, desde el ámbito investigativo, se vienen explorando nuevas alternativas de manejo que permitan el establecimiento de cultivos sostenibles (Santos-Jiménez et ál., 2022a; Y. Wang et ál., 2023); para esto se emplean herramientas biotecnológicas como el uso de microorganismos benéficos, bioinsumos, manejo de la resistencia, programas de mejoramiento genético, entre otros. El presente trabajo investiga la problemática del manejo de enfermedades en el cultivo con el fin de recopilar los avances que se tienen a nivel mundial.

Para establecer adecuados programas de manejo de enfermedades es necesario el reconocimiento por parte de técnicos y agricultores de las patologías asociadas al cultivo de *P. edulis f. edulis* (Uribe, 2017), para lo cual es fundamental la identificación de los agentes causales y principales síntomas. A continuación, se presentará un recuento de las principales enfermedades causadas por hongos, oomicetes, bacterias, nematodos y virus.

Enfermedades de origen fúngico

En la Tabla 1 se pueden observar las enfermedades de origen fúngico más limitantes a nivel de cultivo, allí se describen cinco enfermedades junto con el agente causal. En las figuras 3 y 4 se pueden observar algunos de los signos y síntomas característicos a nivel de campo de roña y de Moho gris.

Tabla 1.

Enfermedades limitantes de origen fúngico en el cultivo de *P. edulis f. edulis* y otras passifloras.

Enfermedad	Agente causal	Descripción	Cita
Secadera, marchitamiento, fusariosis	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>passiflorae</i> <i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>passiflorae</i>	Hongo de suelo que coloniza las raíces y el cuello de la raíz obstruye los vasos xilemáticos e impide el paso de agua y nutrientes generando marchitez y muerte de la planta.	(Pereira et ál., 2019a; A. dos S. Silva et ál., 2013; Uribe, 2017)
Podredumbre o Moho grises	<i>Botrytis cinerea</i>	Afecta las flores que se tornan de un color marrón y luego mueren. Se presentan masas de esporas grises en los tejidos infectados. En condiciones de altas precipitaciones puede afectar frutos recién cuajados propiciando el aborto.	(Kwon et ál., 2016; Uribe, 2017)
Roña	<i>Cladosporium</i> sp. <i>C. pseudocladosporioides</i> <i>C. Subuliforme</i> , <i>C. passiflorae</i> sp. <i>noviembre</i> , <i>C. Pasifloricola</i> sp. <i>Alternaria passiflorae</i> , <i>Alternaria alternata</i>	Se pueden observar síntomas en frutas, hojas y tallos con lesiones circulares deprimidas de color café que coalescen; algunos frutos forman corchos que limitan el desarrollo de la enfermedad.	(Rosado et ál., 2019)(Uribe, 2017=
Gota o mildeo vellosos	<i>Phytophthora</i> spp. <i>P. nicotianae</i> var. <i>parasitica</i>	Se producen manchas húmedas de color marrón, con formas irregulares en las hojas, que aumentan su tamaño hasta cubrir toda la lámina foliar; finalmente, se observa necrosis del tejido afectado. En frutos también se presentan pudriciones húmedas, de color marrón, con o sin anillos concéntricos. Los síntomas se presentan principalmente en el tercio inferior de la planta.	(Uribe, 2017)
Antracnosis y manchas foliares	<i>Colletotrichum boninense</i> , <i>Colletotrichum gloesporioides</i> , <i>Glomerella cingulata</i>	Afecta frutos maduros cercanos a la cosecha donde se ven cambios de coloración, lesiones deprimidas y manchas. Otros órganos aéreos también son afectados con lesiones necróticas, rodeadas de un halo verde intenso. En hojas también se presentan manchas cloróticas y defoliación	(Uribe, 2017)



Figura 3. Signos y síntomas característicos de roña en plantas de *P. edulis f. edulis*. A) lesiones en hojas, b) lesiones iniciales en fruto y c) lesiones avanzadas en fruto.

Fuente: Fotografías tomadas por Pilar Rojas-Gracia



Figura 4. Signos y síntomas característicos de Moho gris en los vestigios florales de plantas de *P. edulis f. edulis*
Fuente: Fotografía tomada por Pilar Rojas-Gracia

Bacteriosis

Otra patología de importancia agronómica que se presenta en el cultivo de *P. edulis f. edulis* es la mancha de aceite; esta reduce la calidad y el volumen de fruta para exportación. Su agente causal es la bacteria *Xanthomonas axonopodis* y *Xanthomonas campestris* pv. *Passiflorae*; se caracteriza por generar halos aceitosos en frutos y hojas (Figura 5), donde se observan manchas cloróticas; una vez la bacteria coloniza los tejidos es capaz de moverse por la planta a través de los haces vasculares afectando otros órganos como tallos y zarcillos (Castilho Boro et ál., 2011; Hoyos-Carvajal et ál., 2011).



Figura 5. Sintomatología de la enfermedad causada con bacterias del género *Xanthomonas* en gulupa. A) Hojas de *P. edulis f. edulis*, b) frutos de *P. edulis f. edulis* con mancha de aceite

Fuente: Fotografías tomadas por Pilar Rojas-Gracia

Nemátodos

Varias familias de nematodos fitoparásitos también pueden afectar los cultivos de gulupa generando daños en raíces mediante su alimentación, ovoposición, algunos ocasionan agallas, pudriciones y crean heridas que favorecen el ingreso de otros patógenos de suelo como es el caso de los hongos del género *Fusarium* (Figura 6).

En *P. edulis f. flavicarpa* se han reportado siete géneros de nematodos patógenos *Helicotylenchus*, *Rotylenchulus*, *Radopholus*, *Meloidogyne*, *Tylenchus*, *Aphelenchoides* y *Trichodorus*, y las especies más frecuentes fueron *Helicotylenchus dihystra*, *Rotylenchulus reniformis* y *Radopholus similis* (Ortiz-Paz et ál., 2012).



Figura 6. Síntoma de nemátodos del género *Meloidogyne* en raíces de plantas de gulupa.

Las flechas señalan los nódulos en raíces

Fuente: Fotografía tomada por Pilar Rojas-Gracia.

Virus

Por otra parte, las plantas de gulupa son susceptibles a alrededor de veinte virus que limitan su productividad (Bailey et ál., 2021; Cardona, Higuira, et ál., 2022; Jaramillo et ál., 2019; Michelle, 2022), en particular en Colombia se presentan seis virus, algunos de ellos asintomáticos (Tabla 2) que se destacan por su incidencia los virus PFYMV y GBVA, cuya presencia se ha confirmado en estudio realizados en el departamento de Antioquia y Cundinamarca con enfoque molecular; estos también han permitido encontrar variantes de PFYMV, SMV y GBVA y el nuevo Badnavirus passiflorae (Sepúlveda et ál., 2022).

La presencia de virus fue entre 20 y 100 %, respecto a las muestras obtenidas en semillas, plántulas, plantas adultas asintomáticas y sintomáticas (Michelle, 2022); por su parte, (Cardona, Higuira, et ál., 2022) encontró incidencias mayores al 90 % de PFYMV y GBVA en las muestras analizadas, lo que demuestra el avance y la importancia de las enfermedades virales en el cultivo de *P. edulis f. edulis*; estos estudios también resaltan la necesidad de seguir monitoreando el avance de las enfermedades virales en otras regiones de Colombia, con la finalidad de realizar una detección temprana pues muchas veces en campo no se detecta la enfermedad hasta que se llega al periodo reproductivo, momento en que los virus se expresan en el fruto (Figura 7).



Figura 7. Síntoma viral en fruto de *P. edulis f. edulis*
Fuente: Fotografía tomada por Pilar Rojas-Gracia

Tabla 3.

Enfermedades causadas por virus en el cultivo de *P. edulis* fs. *edulis* y otras Passifloras

Virus	Sigla	Género	Descripción	Cita
Virus del mosaico de la soja	(SMV)	Potyvirus (ARN cadena sencilla polaridad positiva)	En hojas se observan mosaicos rugosos, moteados, deformación de los folíolos, islas verdes, defoliación y en la planta el crecimiento se ralentiza mostrando un fentipo enanque produce la muerte prematura de la planta.	(Cardona, Higueta, et ál., 2022; Jaramillo et ál., 2019)
Virus del mosaico transmitido por el áfido del caupí	(CABMV)	Potyvirus (ARN cadena sencilla polaridad positiva)	Las plantas infectadas con este virus muestran mosaicos en las hojas, defoliación, deformaciones en hojas y frutos, también puede producir endurecimiento del fruto con consistencia leñosa.	(Biley et ál., 2021; Jaramillo et ál., 2019)
Virus del mosaico amarillo de la fruta de la pasión	(PFYMV)	Tymovirus (ARN cadena sencilla polaridad positiva)	Se presenta clorosis en forma de mosaico que puede generar infecciones asintomáticas	(Jaramillo et ál., 2019)
Virus de la deformación de la hoja de gulupa	(PpLDV)	Tymovirus (ARN cadena sencilla polaridad positiva)	Las hojas permanecen verdes con fuertes deformaciones principalmente hacia los márgnes de la hoja. Se puede encontrar en plantas y semillas	(Cardona, Restrepo, et ál., 2022)
Virus del mosaico del pepino	(CMV)	Cucumovirus (ARN cadena sencilla polaridad positiva)	Se caracteriza por desarrollar moteados brillantes de color amarillo en las hojas, principalmente la parte central y disminuye en intensidad hacia la punta. La planta al crecer presenta porciones asintomáticas.	(Gloria et ál., 2002; Jaramillo et ál., 2019)
Virus del gulupoa baciliforme A	(GBVA)	Begomovirus (ADN cadena doble)	Fue aislado a partir de tejido asintomático.	(Cardona, Higueta, et ál., 2022; Michelle, 2022)

Los virus requieren de hospederos y vectores para la dispersión y la persistencia de la enfermedad en campo de cultivo. Algunas plantas arvenses actúan como hospederos alternos de estos virus; al respecto, se han identificado varias plantas arvenses que crecen junto al cultivo de Passifloras (Figura 8), así como seis insectos que actúan como posibles vectores en la transmisión de estos virus; gorgojos de nariz ancha *Lachnopus* sp. (Coleoptera: Curculionidae), pulgón negro *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae), pulgón del ciruelo *Brachycaudus helichrysi* (Hemiptera: Aphididae), cochinilla harinosa *Pseudococcus* sp. (Hemiptera: Pseudococcidae), araña roja *Tetranychus* sp. (Trombidiformes: *Tetranychidae*) y trips *Neohydatothrips burungae* (Thysanoptera: Thripidae) (Michelle, 2022).



Figura 8. Arvenses hospedaras de virus en el cultivo de *P. edulis f. edulis*, a) Corazón herido (*Persicaria nepalensis*), b) Guasca (*Galinsoga quadriradiata*), c) Siempre viva (*Commelina difusa*), d) Campanilla morada (*Ipomoea purpurea*), e) Cadillo (*Bidens pilosa*), f) Vernáculo (*Erigeron sumatrensis*), g) Hierba de chivo (*Ageratum conyzoides*), h) Cerraja (*Sonchus oleraceus*)

Inducción de resistencia

Las plantas poseen la capacidad de reaccionar ante la presencia de organismos, ya sean patógenos o benéficos. Algunas de estas respuestas se restringen al daño causado por la infección o la herida; sin embargo, otras respuestas se propagan de manera sistémica más allá del tejido afectado, alcanzando a toda la planta. Estas respuestas más amplias engloban la Resistencia Sistémica Adquirida (*SAR*) y la Resistencia Sistémica Inducida (*ISR*). La *SAR* es inducida por patógenos e insectos plaga, mientras que la *ISR* es mediada por microorganismos benéficos que habitan la rizosfera de las plantas, como hongos y bacterias (Romera et ál., 2019; Vlot et ál., 2021).

El reconocimiento de moléculas específicas de microorganismos benéficos y patógenos por parte del hospedero puede generar la activación de respuestas de defensa a nivel local; esta respuesta es débil y transitoria, su importancia radica en la producción de una molécula que viaja a nivel sistémico y se expresa en tejidos distales, generando modulaciones en la expresión de genes relacionados con patogenicidad *PR*. Cuando la planta es cebada por microorganismo beneficioso u otras sustancias para mejorar la defensa contra una variedad de patógenos que puedan afectarla posteriormente se conoce como Inducción de Resistencia Sistémica (*ISR*) (Ahmad et ál., 2014; Chowdhury et ál., 2015; Sheoran et ál., 2016).

La *ISR* puede generarse por diversos microorganismos como, por ejemplo, micorrizas, rizobacterias, agentes de control biológico, hongos y bacterias promotoras de crecimiento, también puede obtenerse por compuestos químicos como el ácido salicílico (*SA*), el glutamato, el benzotriazol y el ácido jasmónico (*JA*) (Enebe & Babalola, 2019; Khoa et ál., 2017); como resultado se amplía la inmunidad natural de la planta y es efectiva contra un amplio espectro de patógenos como hongos, bacterias, nematodos, virus e insectos masticadores y chupadores (An et ál., 2016; Soler et ál., 2013).

Determinantes de Inducción de resistencia *ISR*

Diversas moléculas se han descrito como determinantes de *ISR*, entre ellas podemos encontrar sideróforos, como la pseudobactina sideróforo fluorescente, lipopolisacáridos (*LPS*), lipopeptidos (fengicina, surfactina, bacilomicina) y compuestos volátiles (Chowdhury et ál., 2015; Meziane et ál., 2005; Zamioudis et ál., 2014); la concentración y el balance de algunos de estos determinantes puede ser clave para permitir o no la activación de *ISR* (Enebe & Babalola, 2019). También se ha descrito los patrones moleculares asociados a microbios

(PAM) como la flagelina y la proteína EPL1 que pueden ser determinantes de ISR (Enebe & Babalola, 2019; Salas-Marina et ál., 2015); estos pueden ser redundantes en un microorganismo (Meziane et ál., 2005).

Vías de señalización

El reconocimiento de determinantes de ISR o SAR generan respuestas de defensa en la planta reguladas por la inducción de una red de fitohormonas como el ácido salicílico (SA), el ácido jasmónico (JA), el etileno (ET), el ácido abscísico (ABA) y los brasinoesteroides; en el caso de la ISR, se relaciona principalmente con las vías del JA y el ET (Ahmad et ál., 2014; Alizadeh et ál., 2013; Sheoran et ál., 2016).

Los microorganismos benéficos tienen la capacidad de generar ISR mediante la estimulación de diferentes vías de señalización; esta característica puede aprovecharse para generar repuestas de defensa más robustas y rápidas. Alizadeh y colaboradores (2013) encontraron que es posible lograr un efecto aditivo en la protección inducida al emplear dos microorganismos de los géneros *Trichoderma* y *Pseudomonas*, que posiblemente activan distintas vías de señalización.

Sin embargo, el uso simultáneo de varios microorganismos no siempre genera efectos aditivos en la inducción de ISR. Esto es evidente en el caso de la combinación de dos endófitos, *Fusarium oxysporum* cepa Fo162 y *Rhizobium etli* cepa G12, los cuales, al ser inoculados conjuntamente, no mostraron resultados superiores en comparación con cada microorganismo individual para el control de *Aphis gossypii* en calabaza. Esto puede deberse a que las vías de señalización que activan no se evaluaron o podrían compartirse (Martinuz et ál., 2012).

También es importante considerar la posibilidad de que un solo microorganismo active simultáneamente varias vías de señalización. Jiang y colaboradores (2015) observaron que una rizobacteria, *Bacillus cereus* AR156 induce ISR activando tanto las vías de señalización del ácido salicílico (SA) como las del ácido jasmónico/etileno (JA/ET).

Repuestas de defensa

Una vez se activa la ISR o SAR y ha llegado el agente patógeno, la planta inicia una reprogramación transcripcional que es conducida por factores de transcripción regulados directamente por las vías de las fitohormonas; el regula la expresión

génica de *NPR1*, *WRKY11*; el *JA* de *MYC2*, el *ET* de *EIN3*, *ERF*, y *JA/ET* de *ERF1*, *ORA59*, *TGA* y *WRKY70* y permiten la producción de proteínas relacionadas con la defensa (Tabla2), enzimas, especies reactivas de oxígeno, producción de barreras físicas y cierre estomático y facilitan la producción de proteínas relacionadas con la defensa (Tabla2), enzimas, especies reactivas de oxígeno, producción de barreras físicas y cierre estomático (Bisson & Groth, 2011; Jiang et ál., 2016; Zamioudis et ál., 2014).

Un factor clave para evitar el estrés biótico es el cierre estomático pues es esencial en la inmunidad, ya que restringe el ingreso del patógeno. En la especie modelo experimental *Arabidopsis* se encontró un mecanismo que genera el cierre estomático producto de un aumento en la concentración de ácido abscísico ABA, estimulado por la inducción de factor de transcripción MYB44, en respuesta a la ISR activada por *Penicillium simplicissimum* contra *Pseudomonas syringae* pv. Tomato (Hieno et ál., 2016). Esto apoya la noción de que los microorganismos benéficos pueden contribuir a la protección del cultivo frente al ataque de patógenos desde la interacción que ocurre en la rizósfera.

Tabla 2.

Genes relacionados con la defensa y sus vías de señalización

Gen	Víade señalización	Función	Primers
PR1	SA	Proteína 1 relacionada con patogenicidad	5 'GAGAAGGCCGATTATGATTA -3 '
PR5	SA	Quitinasábica	F-AATTGCAATTTAATGGTGC 49.1
PR3	JA	Quitinasábica	F-CAACTTGCCATCACATTCTG 55.3
JERF3	JA/ET	Factorde repuesta	5 'GCCAATTTGCCITCTCTGCTTC -3 '
PDF1.2	JA/ET	Defensina	5 'ATTATTGCATTGAACCCCTTG -3 '
LIPO (LOX)	JA	Lipooxigenasa	5 'AAGAGCAGAAGCCACCATA -3 '
ERF	ET	ET expresión dependiente de PFD1.2	5 'CCGTTTGATTGTTCCGATTT -3 '
PAL	SA	Enzimaclave para la activación de la ruta de los fenilpropanoide	5 'GTTATGCTCTTAGAACGTCGCC -3 '

Existen a su vez moléculas de síntesis química que pueden activar respuestas de defensa en la planta para evitar la acción de patógenos sobre el tejido vegetal, tal es el caso de la molécula acibenzolar-S-metil (ASM), que ha sido útil en la inducción de resistencia junto a glicoproteínas de *Xanthomonas* spp, usadas en plantas como en semillas inoculadas con el patógeno *X. axonopodis* pv. *Passiflorae*, agente causal de la mancha de aceite en *P. edulis*.f.*flavicarpa*; estos tratamientos se aplicaron mediante aspersión 72 horas antes de la inoculación y logran proporcionar una protección contra el patógeno entre 70 y 72 % (Castilho Boro et ál., 2011).

En estudios similares se ha abordado el tema de la resistencia sistémica adquirida (SAR) en plántulas de maracuyá. Santos-Jiménez et ál. (2022) encontraron una alta tasa de transcripción de los genes que codifican para PR-3 (17,8 veces) y PAL (4,5 veces) en las planta tratadas con una combinación de péptidogalactomanano (PGM) ácido húmico de lombricomposta a 4 mmol + complejo bacteriano (*Herbaspirillum seropedicae* spp., *Serratia* spp., *Bulkholderia* spp., a una concentración final de 10⁹ células mL⁻¹ de cada uno); estos genes están asociados a la vía de señalización del SA para desencadenar la resistencia sistémica adquirida SAR, inducida en plantas de maracuyá amarillo susceptibles a *Cladosporium*. *Herbarum*.

Programas de mejoramiento genético

Se ha encontrado que el maracuyá agrio (*P. setacea*) tiene características de interés para programas de mejoramiento genético, como el rendimiento y la resistencia a enfermedades; en particular, se ha investigado su resistencia frente al Cowpea aphid-borne mosaic virus (CABMV), con resultados prometedores en cuanto a resistencia y capacidad para hibridación con *Passiflora edulis*, donde se destacaron los genotipos H5-1, H9-11, H9-57 and H2-20 (Moreira Ribeiro et ál., 2019).

En este mismo sentido, se evaluó una población de maracuyá amarillo producto de un retrocruzamiento de tercera generación con *P. edulis* que involucra un híbrido interespecífico (*P. edulis* x *P. cincinnata*); de este cruzamiento se obtuvieron 34 progenies consideradas como resistentes frente (CABMV), además de su resistencia se caracterizó por su alta productividad de alrededor de setenta frutas por planta (dos Santos et ál., 2021). Por lo tanto, estos materiales son de interés como parentales en programas de mejoramiento genético frente a (CABMV).

Esta alternativa también se ha investigado para otras enfermedades como la marchitez generada por hongos del género *Fusarium* (Figura 9); para el caso de *Fusarium oxysporum* f.sp. *passiflorae* (FOP), se exploran diversas acciones comerciales, silvestre e híbridos para

determinar qué materiales presentan características de resistencia a tolerancia; en esta búsqueda se han identificado como resistentes principalmente materiales silvestres como *P. cincinnata*, aunque también se ha observado resistencia en maracuyá amarillo y maracuyá dulce, con menor frecuencia; por su parte, las accesiones de gulupa (BGP208 y BGP029), se consideraron moderadamente resistentes (Pereira et ál., 2019b). En Brasil han identificado a *Passiflora mucronata* Lam como una especie también que presenta resistencia frente a FOP (Alexandre et ál., 2016).

De la misma forma, para *F. solani* f.sp. *passiflorae* (FSP) se han encontrado materiales que presentan características de resistencia a partir de diversas especies de Passifloras originarias de Colombia, en las que se destacan genotipos de *P. edulis* f. *flavicarpa* (PE10, PE11, PE13, PE15 y PE17) que se encuentran en custodia del centro de investigación Agrosavia CI. Palmira y *P. maliformis* (PM02 y PM04) silvestre colectada en el departamento del Huila (Patiño-Pacheco & Pérez-Cardona, 2021).

Este enfoque puede ser aplicado a muchas patologías incluyendo el manejo de nematodos fitoparásitos. (Ortiz-Paz et ál., 2012). Asimismo, identificaron cinco accesiones de maracuyá amarillo que han sido caracterizadas porque presentan una aparente tolerancia al ataque de nematodos fitoparásitos *Helicotylenchus* spp., *Rotylenchulus* spp. y *Meloidogyne* spp, y se destacan las accesiones AntFla03 y CauFla01.

Por lo general, el mejoramiento tradicional ofrece resultados a largo plazo lo que crea limitaciones para su aplicación; por ello es necesario explorar los avances obtenidos en el campo del cultivo de tejidos como estrategias aplicables a la mejora de los cultivares actuales que facilite la obtención de material de siembra de alta calidad (Mohammadi et ál., 2023). La fusión de protoplasma se usa para generar hibridación somática; esta técnica ha sido empleada para producir materiales híbridos de *P. edulis* f. *flavicarpa* +*P. cincinnata* con el objetivo de transferir características productivas y genes de resistencia a enfermedades (Barbosa et ál., 2007). Otras técnicas de cultivo de tejidos serán abordadas en el capítulo 4.





Figura 9. A) *Fusarium oxysporum*, b) *Fusarium solani*
Fuente: Fotografías tomada por Pilar Rojas-Gracia

Injertación sobre materiales resistentes

En el caso de los patógenos de suelo se plantea como alternativa de manejo el uso de porta injerto de diferentes especies de la familia *Passiflora*, entre ellas se han estudiado las *Passifloras silvestres* *P. gibertii*, *P. nitida* y *P. setacea* por su resistencia a la fusariosis, aunque no se encontró resultados positivos en el injerto con *P. edulis*, ya que no tuvo efectos sobre la incidencia de la marchitez por *Fusarium* sp. (Pereira et ál., 2019c).

Estos portainjertos además pueden influenciar positivamente aspectos morfoagronómicos, en este sentido la *Passiflora silvestre* *P. mucronata* Lam mejora atributos como la altura de la planta, número de flores, número y tasa de aparición de entrenudos, además de conferir su tolerancia a *F. solani* y *F. oxysporum* (Alexandre et ál., 2016; Salazar et ál., 2016).

Es importante resaltar que el uso de materiales resistentes tanto para los programas de mejoramiento como para el uso como porta injerto es una estrategia eficiente para evitar el desarrollo de las enfermedades (Figura 10), ya que en casos como los patógenos de suelo no se cuenta con alternativas de tratamiento y las plantas infectadas finalmente mueren (Patiño -Pacheco & Pérez-Cardona, 2021). El panorama del mejoramiento genético es alentador por la amplia diversidad de especies de la familia *Passiflora*, 170 especies registradas, y considerando que Colombia es considerada centro de origen y diversidad de algunas de estas especies (Miranda-Casierra, Diego Fischer et ál., 2009).



Figura 10. Plántula de gulupa injertada en un patrón de cholupa tolerante a la fusariosis
Fuente: Fotografía tomada por Pilar Rojas-Gracia

El uso de material de siembra adecuado constituye un factor fundamental para la sanidad del cultivo y la certificación es un procedimiento que permite garantizar la calidad fitosanitaria. El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) es el encargado de velar por la aplicación de la normatividad que rige a los viveros productores de plántulas, bajo la Resolución ICA 780006 de 2020, se realizó el registro que facilitó el acceso de los viveristas al acompañamiento técnico de la entidad (ICA, 2021).

Al investigar la presencia de patologías en los cultivos de pasifloras se encontró que material siembra contaminado es el responsable de la amplia distribución de enfermedades, entre las que encontramos varias patologías virales (Michelle, 2022) y la mancha de aceite; estas se transmiten por semillas contaminadas con el patógeno y, por ende, se propagan a los campos de cultivo con el material de siembra, lo cual indica que una de las táctica más eficientes es su control es el uso de material certificado y el establecimiento de medidas de monitoreo del material vegetal antes de su establecimiento. En este sentido, Duarte et ál. (2022) generaron un protocolo de laboratorio de fácil aplicación para la detección de *X. campestris* pv. *Passiflorae*; las muestras se preparan partiendo las semillas con ayuda de un martillo y posteriormente desinfectándolas con hipoclorito de sodio al 3 %, por un periodo de 2 min, y se cultivan en medio de 523 y_{NAS} suplementado con cicloheximida (50 mg mL₁).

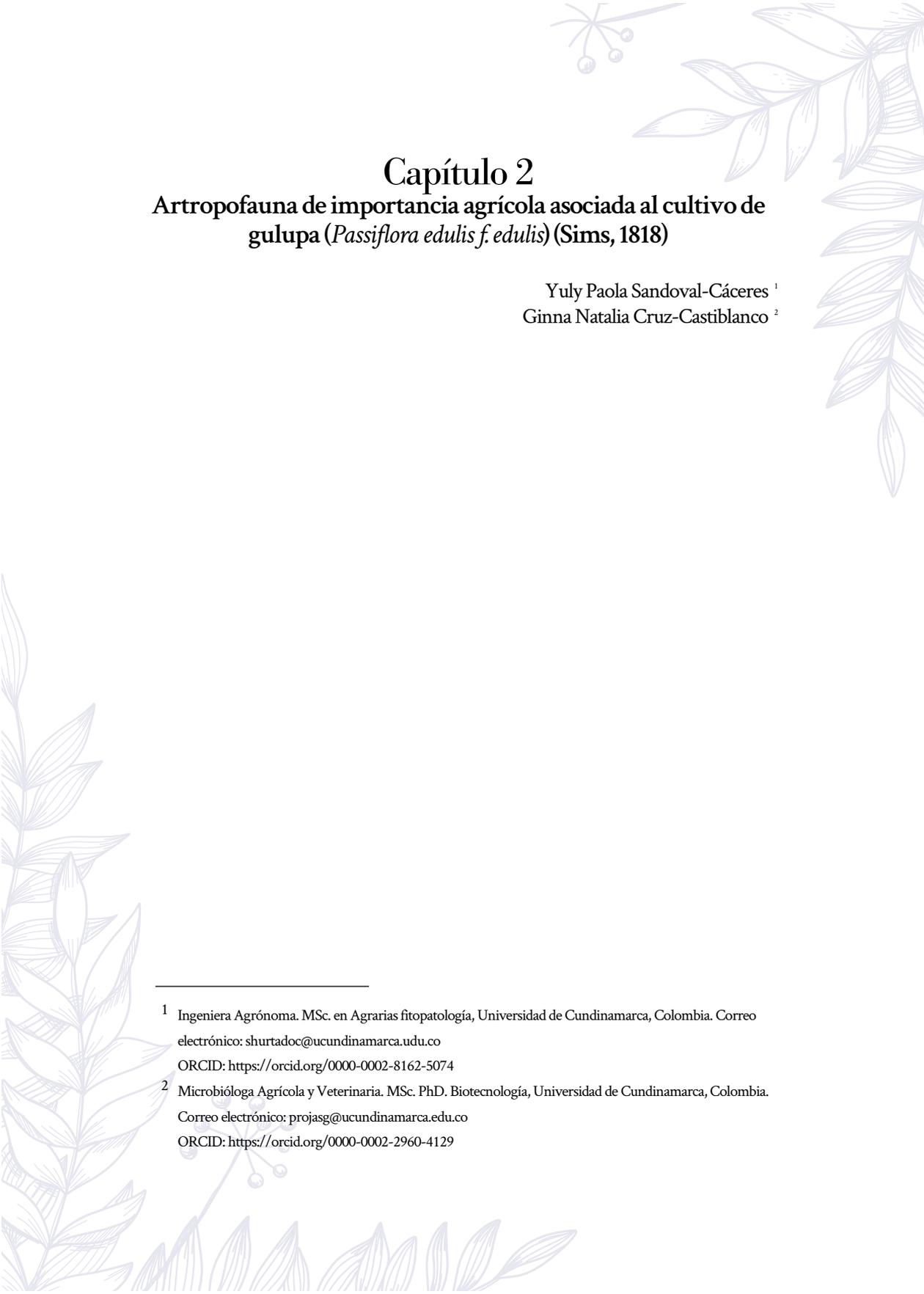
En este contexto, la aplicación de técnicas de cultivo *in vitro* permite la obtención de material vegetal en condiciones controladas, aislando las plántulas de las condiciones propias de un entorno externo, y restringe la presencia de plagas, hongos, virus y bacterias. Otro factor que contribuye a la sanidad vegetal es el ambiente estéril donde se aplica la técnica y el desarrollo de protocolos de desinfección para el tratamiento de cada tipo de tejido empleado (Asande et ál., 2020a; Barbosa et ál., 2007; Correa et ál., 2015; Mohammadi et ál., 2023).

Biofertilizantes

Asimismo es necesario aplicar medidas de manejo que integran todos los aspectos del cultivo, uno de ellos es la fertilización. El estudio realizado Ferreira & Tebaldi (2019) presenta el efecto de la aplicación de biofertilizantes en el crecimiento del *X. campestris* pv. *Pasiflora*; los biofertilizantes evaluados fueron FitoForce Plus producido a partir del extracto de corteza y hojas de café y Soil-Set orgánico-mineral (con una composición de Cu 2 %, S 3,75 %, Fe 1,6 %, Mn 0,8 %, Zn 3,2 %), con los cuales encontraron inhibición significativa en el crecimiento *in vitro* de *X. campestris* pv. *passiflora* en concentraciones de 10^1 y 10^3 , lo cual sugiere que existe un potencial prometedor para su aplicación en condiciones de campo que requiere de mayor investigación al respecto, pero indica que el manejo de la fertilización podría ser una estrategia efectiva y sostenible para mitigar los efectos negativos de esta bacteria en entornos agrícolas.

Conclusiones

El primer paso para el establecimiento de planes de manejo sostenibles es la identificación de los agentes patógenos y las enfermedades que generan. También se ha observado que las estrategias de prevención como el uso de materiales resistentes provenientes de programas de mejora genética o el uso de patrones tolerantes son las más importantes en la lucha contra diversos patógenos. Además, el continuo avance en el campo de la biología molecular nos ha permitido vislumbrar los mecanismos de defensa de las plantas y como se modulan sus repuestas, reconociendo la importancia de las interacciones planta microorganismo.



Capítulo 2

Artropofauna de importancia agrícola asociada al cultivo de gulupa (*Passiflora edulis f. edulis*) (Sims, 1818)

Yuly Paola Sandoval-Cáceres ¹
Ginna Natalia Cruz-Castiblanco ²

¹ Ingeniera Agrónoma. MSc. en Agrarías fitopatología, Universidad de Cundinamarca, Colombia. Correo electrónico: shurtadoc@ucundinamarca.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8162-5074>

² Microbióloga Agrícola y Veterinaria. MSc. PhD. Biotecnología, Universidad de Cundinamarca, Colombia. Correo electrónico: projasg@ucundinamarca.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2960-4129>

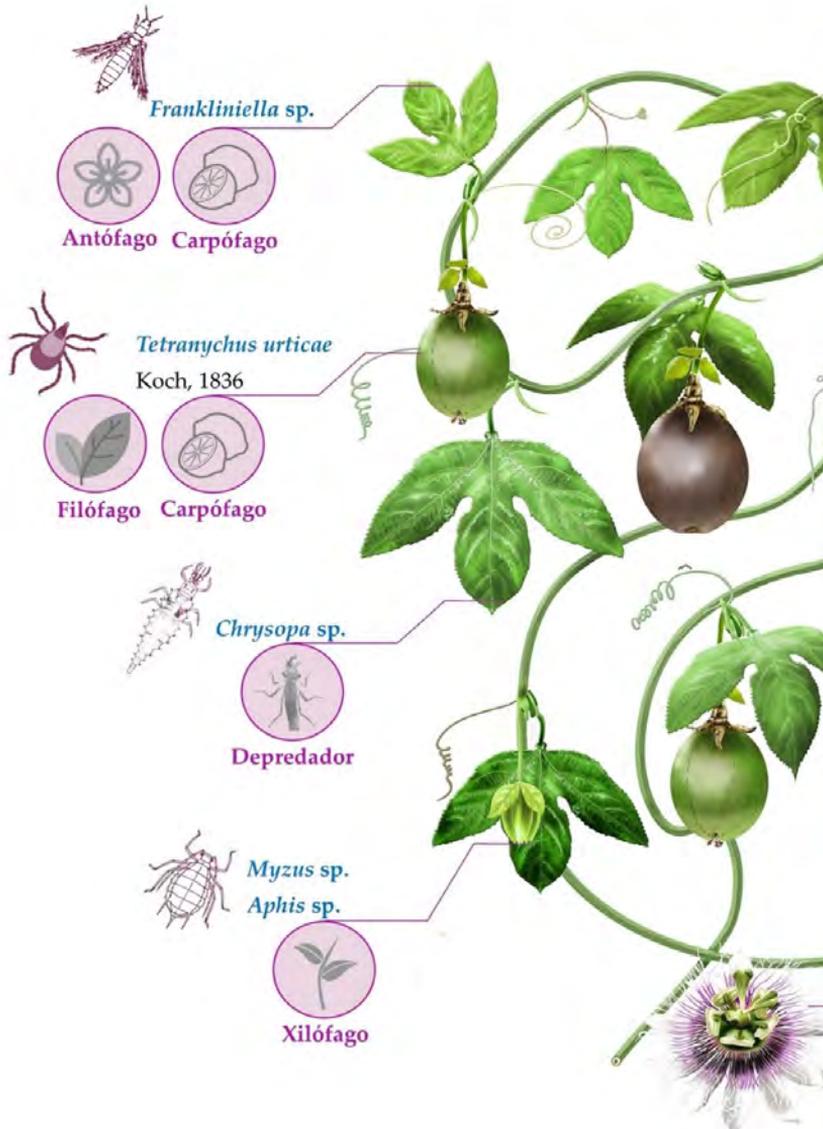


Figura 2. Esquema gráfico de los principales patógenos que afectan el cultivo de *P. edulis f. edulis*. Parte A.

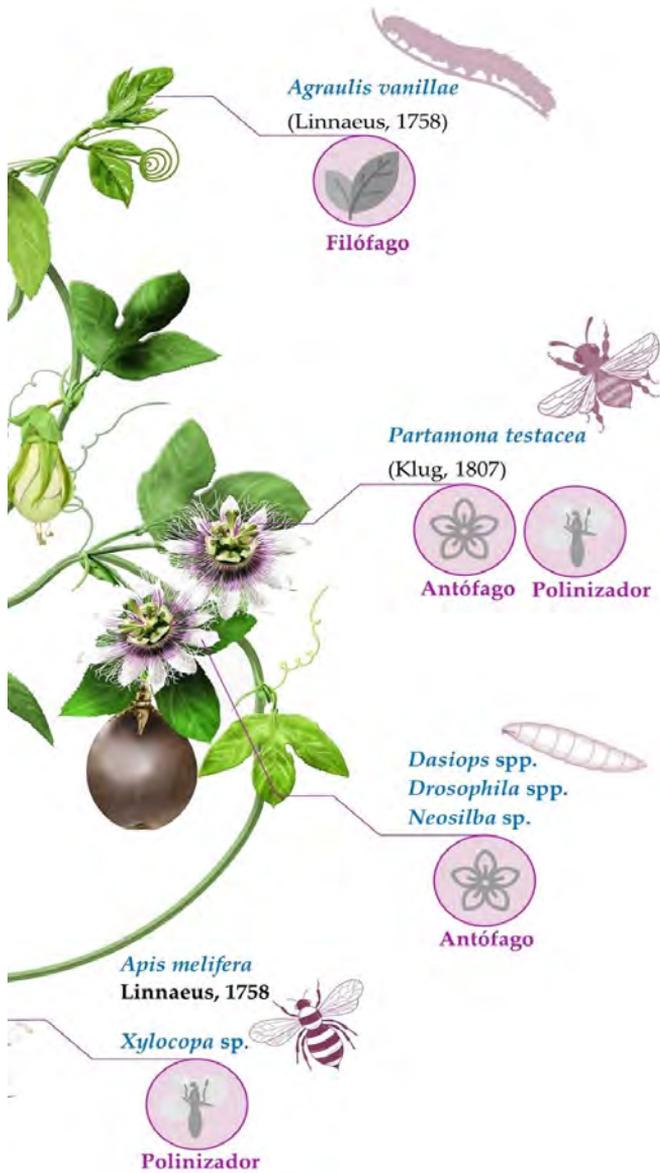


Figura 2. Esquema gráfico de los principales patógenos que afectan el cultivo de *P. edulis fedulis*. Parte B.

El cultivo de gulupa, al igual que muchas especies cultivadas en Colombia pertenecientes a la familia Passifloraceae, está estrechamente relacionado con una diversidad de artrópodos presentes a lo largo de las distintas etapas fenológicas del cultivo, quienes exhiben una variedad de hábitos alimenticios. Entre los artrópodos que se asocian con este cultivo sobresalen varias especies de notable relevancia: el gusano cosechero *Agraulis vanillae* (Linnaeus, 1758), la abeja negra *Partamona testacea* (Klug, 1807), el abejorro *Xylocopa* sp., las abejas melíferas *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758), la mosca del ovario *Dasiops* spp., la mosca negra de la flor *Drosophila* sp., la mosca del pedúnculo *Neosilba* sp., los áfidos o pulgones *Myzus* sp. y *Aphis* sp., los trips *Frankliniella* sp., la crisopa *Chrysopa* sp. y la araña roja *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (ver Figura 11). La mayoría de estos organismos se consideran plagas que tienen el potencial de causar daños significativos a los cultivos que desencadenan pérdidas económicas sustanciales.

No obstante, es importante destacar la presencia de artrópodos benéficos que desempeñan un papel crucial en la polinización, así como en la regulación natural de plagas, presentando una oportunidad valiosa para implementar estrategias de control biológico y reducir la necesidad de utilizar insecticidas, además de abrir la posibilidad de acceder a mercados con un valor agregado, como lo es la exportación. A continuación, procederemos a realizar un exhaustivo análisis de los artrópodos asociados al cultivo de gulupa y se abordarán aspectos fundamentales tales como su taxonomía, biología, distribución geográfica y hábitos característicos.

Artrópodos plaga en el cultivo de gulupa

Gusano cosechero *Agraulis vanillae* (Linnaeus, 1758)

Taxonomía

Clase: Insecta

Orden: Lepidoptera

Familia: Nymphalidae

Subfamilia: Heliconiinae

Género: *Agraulis*.

Especie: *Agraulis vanillae* (Linnaeus, 1758)

Biología

El gusano cosechero tiene metamorfosis compleja, pasa por los estados de huevo, larva, pupa y adulto; durante el desarrollo larval presenta cinco instares larvales. Las hembras ovipositan huevos solitarios de color amarillo claro de aproximadamente 1 mm de longitud en el haz de las hojas o sobre los tallos (Daniels, 2009). Tres días después de la oviposición ocurre la emergencia de las larvas, las cuales en los primeros instares larvales tienen una coloración blanco crema. Las larvas, en los instares finales del desarrollo larval, presentan rayas dorsales de color naranja, azul y blanco y líneas longitudinales negras con proyecciones dorsolaterales semejantes a espinas (Ríos y Martínez, 2014). La pupa se puede encontrar suspendida en las ramas y tallos de la planta, es de color blanco cremoso y tiene una longitud aproximada de 25 mm (Daniels, 2009). El adulto es una mariposa de hábito diurno, con alas de color anaranjado y marcas negras (Figura 13), con una envergadura alar que puede alcanzar los 75 mm (Carter, 1992).



Figura 13. Adulto de *A. vanillae*

Fuente: Fotografía Tomada Por Yuly Paola Sandoval Cáceres

Distribución geográfica

Es una especie neotropical, distribuida desde la zona templada de América del Norte hasta la zona templada de América del Sur (Runquist et ál., 2012).

Hábito

El estado larval tiene hábito filófago. Las larvas, en los primeros instares larvales, se alimentan de la epidermis de hojas jóvenes dejando pequeños orificios mientras que los últimos instares pueden causar defoliación (Ramírez et ál., 2012).

Abeja negra *Partamona testacea* (Klug, 1807)

Taxonomía

Clase: Insecta

Orden: Hymenoptera

Familia: Apidae

Género: *Partamona*

Especie: *Partamona testacea* (Klug, 1807)



Figura 14. Adulto de *Partamona testacea*

Fuente: Fotografía tomada por Yuly Paola Sandoval Cáceres

Biología

Esta especie pertenece al grupo de abejas sin aguijón. Los adultos son de color amarillo crema a marrón (Figuras 12 y 14), con una longitud aproximada entre 5 a 10 mm (Ramírez et ál., 2012). Sus poblaciones se caracterizan por ocupar los nidos subterráneos abandonados por hormigas cortadoras del género *Atta* (Rasmussen & Delgado, 2019).

Distribución geográfica

Son abejas nativas de América Central y América del Sur, y ha sido reportada en Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana Francesa, Perú y Surinam (Camargo et ál., 2023).

Hábito

Los adultos de esta especie son atraídos por el néctar y polen de las flores; al alimentarse generan perforaciones en los botones florales y afectan estructuras como los estigmas y el ovario floral y en los frutos se puede producir caída por daño directo o por hongos fitopatógenos que colonizan las heridas producidas (Ramírez et ál., 2012).

Abeja (*Trigona trinidadensis*)

Taxonomía

Clase: Insecta

Orden: Hymenoptera

Familia: Apidae

Subfamilia: Meliponini

Género: *Trigona*

Especie: *Trigona trinidadensis* (Provancher, 1888)

Biología

Es una mosca negra de cuerpo liso con escasa setas (Figura 15), no presenta aguijón, sus alas muestran poca venación, tienen mandíbulas con cuatro a cinco dientes y presentan uñas en sus patas (Ribeiro, 2021; Vergara, 2005).



Figura 15. Adulto *Trigona trinidadensis*
Fotografía tomada por Stephany Hurtado

Distribución geográfica

Las abejas negras de la familia Meliponini se han reportado la zona que va desde México hasta Argentina (Ribeiro, 2021), *Trigona trinidadensis* es originaria de África (Vergara, 2005).

Hábito

Vuelan en grupos por áreas de hasta quinientos metros para alimentarse del polen y néctar, cortan el tejido de las flores recolectando pequeños trozos de material vegetal y esta actividad afecta los botones florales y flores, que se destruyen o sufren daños importantes (Figura 16), ya que las lesiones facilitan la penetración de otros patógenos que afectan el tejido (Vergara, 2005).



Figura 16. Daño causado por Abeja *Trigona trinidadensis* en botones florales de Gulupa
Fotografía tomada por Pilar Rojas-Gracia

Mosca del ovario o sonsa *Dasiops* spp.

Taxonomía

Clase: Insecta

Orden: Diptera

Familia: Lonchaeidae

Subfamilia: Dasiopinae

Género: *Dasiops*

Especie: *Dasiops* spp.

Biología

Los huevos son ovipositados por la hembra individualmente o en grupos dentro del botón floral; estos son alargados y de color blanco, y tienen una duración entre dos a tres días. Al emerger las larvas se localizan dentro de las anteras, observándose en los instares iniciales una coloración clara, que se va tornando amarilla clara al irse completando el desarrollo, alcanzando una longitud de hasta 7 mm. Las pupas tienen una coloración castaño oscuro y

normalmente empupan en el suelo, en residuos vegetales y, ocasionalmente, en las brácteas florales. Los adultos son de color negro brillante a azul metálico (Figura 17) con alas hialinas (Jiménez et ál., 2009; Mora y Benavidez, 2009).



Figura 17. Mosca del ovario *Dasiops* spp.
Fuente: Fotografía tomada por Yuly Paola Sandoval Cáceres

Distribución geográfica

Castro et ál. (2012) reportan la distribución geográfica de especies de este género en Brasil, Colombia, Jamaica, Perú, San Vicente Isla y Venezuela.

Hábito

Existen distintas especies del género *Dasiops* asociadas a cultivos de Pasifloras, y con ello se pueden diferenciar sus hábitos. Un estudio realizado por Castro et ál. (2013) puso de manifiesto que los botones florales de *gulupa* presentaban infestaciones de *D. inedulis* que inicialmente se alimenta de las anteras inmaduras y al ir completando su desarrollo causan ruptura del botón floral; a causa de esto se pueden observar corrugamientos progresivos y colonización de hongos fitopatógenos que generan una caída prematura de los frutos (Mora y Benavidez, 2009). Al mismo tiempo, se ha reportado infestación de *D. gracilis* en frutos de *gulupa*, cuyo síntoma predominante es un arrugamiento o colapso del fruto (Figura 18).



Figura 18. Frutos de gulupa afectados por mosca del ovario *Dasiops* spp.
A. Signo de Ovoposición de la mosca B. Fruto arrugado síntoma de eclosión de huevos y desarrollo larval
Fotografía de Hernández Ortiz, 2020 C. Vista interna del fruto con larvas de *Dasiops* spp.
Fotografía tomada por Stephany Hurtado

Mosca negra de la flor *Drosophila* sp.

Taxonomía

Clase: Insecta

Orden: Diptera

Familia: Drosophilidae

Subfamilia: Drosophilinae

Género: *Drosophila*

Especie: *Drosophila* sp.

Biología

Las hembras de esta especie ovipositan dentro del botón floral o en la base de la flor (Figura 19), la emergencia de las larvas ocurre un día después de la oviposición y las larvas recién emergidas son muy pequeñas y de color blanquecino, se alojan en las estructuras florales para posteriormente empupar en el suelo; la emergencia del adulto sucede después de cuatro a cinco días. Los adultos son de color negro y su longitud varía entre los 2,5 y 3,5 mm (Ramírez et ál., 2012).



Figura 19. Mosca Negra *Drosophila* sp. en flor de gulupa
Fuente: Fotografía tomada por Pilar Rojas-Gracia

Distribución geográfica

Es considerada una especie nativa del sudeste asiático; este género tiene una distribución mundial: de los 29 grupos de especies, 18 se encuentran distribuidos en el neotrópico (Markow & O'Grady, 2005). Se ha extendido por las regiones templadas de América del Norte, Europa, Centroamérica y Suramérica, y se cuentan con reportes en países como Alemania, Argentina, Austria, Bélgica, Brasil, Chile, Costa Rica, Croacia, Ecuador, España, Francia, Gales, Inglaterra, Italia, Perú, Portugal, Suiza y Uruguay (Andreazza et ál., 2017; Bennardo et ál., 2021).

Hábito

Las hembras ovipositan en las estructuras florales y allí las larvas recién emergidas forman galerías; como daño secundario se puede observar colonización de hongos fitopatógenos e insectos secundarios (Jaramillo y Zuluaga, 2015).

Mosca del pedúnculo *Neosilba* sp.

Taxonomía

Clase: Insecta

Orden: Diptera

Familia: Lonchaeidae

Subfamilia: Lonchaeinae

Género: *Neosilba*

Especie: *Neosilba* sp.



Figura 20. Adulto de *Neosilba* sp.
Fuente: Fotografía tomada por Yuly Paola Sandoval Cáceres

Biología

Las hembras de la mosca ovipositan en el cáliz de los frutos en grupos entre dos y siete huevos. Las larvas son de color blanco cremoso y se van tornando de color negro a medida que van llegando al final de los tres instares larvales. La duración promedio de los estados de este insecto varía entre cuatro días para el estado de huevo, de veintiún a veinticinco días para la larva, veintiséis para la pupa y de diez a trece para los adultos (Figura 20) (Delgado et ál., 2010; Shannon & Carballo, 1988).

Distribución geográfica

Según reportes realizados por Saunders et ál. (1998), se distribuye en América Central, El Caribe y América del Sur.

Hábito

La hembra es capaz de ubicar los huevos en el interior de los botones florales, gracias a su largo ovipositor. Las larvas recién emergidas se alimentan de las anteras y demás órganos internos de la flor, causando la pudrición desde el interior hacia el exterior, e incide negativamente en el desarrollo del órgano floral. En el fruto se puede observar necrosis y pudrición que inicia en el sitio de oviposición debido a la penetración de las larvas que se alimentan de las semillas o de la pared interna del fruto. Los frutos afectados por este insecto son colonizados por hongos oportunistas, principalmente de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* (Delgado et ál., 2010; Shannon & Carballo, 1988).

Áfidos o pulgones *Myzus* sp. y *Aphis* sp.

Taxonomía

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Suborden: Sternorrhyncha

Familia: Aphididae

Género: *Myzus*

Especie: *Myzus* sp.

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Suborden: Sternorrhyncha

Familia: Aphididae

Género: *Aphis*

Especie: *Aphis* sp.

Biología

Los áfidos son insectos pequeños con un tamaño que varía entre dos a tres milímetros, de aspecto globoso y cuerpo blando de color amarillo a verde pálido. Los adultos pueden ser áptero o alados y es claramente visible la presencia de un sifón que es un órgano prolongado, ubicado al final del abdomen; las hembras son ovovíparas (Bustillo & Sánchez, 1977).

Distribución geográfica

En la actualidad, tiene una distribución mundial en todos los continentes, con excepción de la Antártida donde no se presentan las condiciones climáticas favorables para el crecimiento de plantas hospedantes de este insecto (Delfino, 2005).

Hábito

Son insectos succívoros que desarrollan sus colonias en partes tiernas de la planta, provocando amarillamiento, entorchamiento y caída de hojas; también se puede observar en el envés de las hojas la secreción de una sustancia azucarada que permite el desarrollo de hongos saprofitos conocidos comúnmente como fumagina, que reducen la capacidad fotosintética de la planta. Estos insectos son importantes transmisores o vectores de enfermedades virales (Delfino, 2005; Jiménez et ál., 2009; Manicom et ál., 2003).

Trips *Frankliniella* sp.

Taxonomía

Clase: Insecta

Orden: Thysanoptera

Familia: Thripidae

Subfamilia: Thripinae

Género: *Frankliniella*

Especie: *Frankliniella* sp.

Biología

Los huevos tienen superficie lisa y coloración blanca, su longitud varía entre 0,12 y 0,15 mm, las ninfas son alargadas, de color blanco hialino; ápteras entre 0,5 y 1,2 mm de largo. Las pupas generalmente empupan en el suelo y son de color blanco amarillento. Los adultos recién emergidos tienen tonalidades claras y a medida que van madurando se observa una coloración café oscura (Figura 21); alcanzan una longitud de hasta 2 mm (Mora y Benavidez, 2009).

Distribución geográfica

Este género se distribuye en los trópicos, y se dispersa en África, Asia, Australia, El Caribe, El Pacífico, América del Sur y fue introducido en Gran Bretaña, Italia y Países Bajos. (Jiménez et ál., 2006).

Hábito

Son insectos polívoros que se alimentan principalmente de las estructuras florales y los frutos. Succionan la savia de los brotes jóvenes, y para ello se ubican en el envés de las hojas; al alimentarse causan marchitamiento y cicatrices en las hojas nuevas, pero el daño principal se observa en las flores y los frutos que sufren necrosis de los pétalos y las estructuras reproductivas. Las larvas al alimentarse generan un daño estético en los frutos, por las raspaduras y cicatrices (Guarín et ál., 2003; Y. Jiménez et ál., 2009; Mora y Benavidez, 2009).



Figura 21. Montaje en placa de adulto de *Frankliniella* sp.
Fuente: Fotografía tomada por Yuly Paola Sandoval Cáceres

Arañita roja *Tetranychus urticae* (Koch, 1836)

Taxonomía

Clase: Arachnida

Orden: Trombidiformes

Familia: Tetranychidae

Género: *Tetranychus*

Especie: *Tetranychus urticae* (Koch, 1836)

Biología

Los huevos son lisos, esféricos, de color blanco, recién ovipositados por la hembra, y pasado un tiempo se tornan de color amarillo o rojo. Las larvas tienen una longitud entre 0,15 a 0,20 mm y pasan por tres estados ninfales. Los adultos son de color amarillo verdoso recién emergen, y a medida que van madurando toman coloración rojiza (Figura 22). El huevo tiene una duración de 2,2 a 5 días; la larva, de 1,6 a 3 días, y el adulto puede sobrevivir hasta 17 días (Childers et ál., 2003; Leon et ál., 2006; Rodrigues et ál., 2003).



Figura 22. Adulto de *Tetranychus urticae*
Fuente: Fotografía tomada por Yuly Paola Sandoval Cáceres

Distribución geográfica

Es una especie cosmopolita que se dispersa fácilmente con el viento y se ha registrado en la mayoría de los países de Europa, Asia, África, Australia, las Islas del Pacífico y del Caribe, América del Norte, Central y del Sur (CABI, 2018).

Hábito

Las larvas y los adultos se alimentan de las hojas y los frutos que provocan amarillamiento en las hojas (Figura 23). En infestaciones más severas se puede observar que las hojas toman una coloración bronceada o plateada volviéndolas quebradizas causando la caída prematura de estas (CABI, 2018).



Figura 23. Planta de gulupa afectada por ácaros (*T. urticae*)

A. Hoja

B. Fruto

Fuente: Fotografías tomadas por Pilar Rojas-Gracia

Artoprofauna benéfica

Abejas carpinteras *Xylocopa* sp.

Taxonomía

Clase: Insecta

Orden: Hymenoptera

Familia: Apidae

Subfamilia: Apinae

Género: *Xylocopa*

Especie: *Xylocopa* sp.

Biología

Las abejas de este género se caracterizan por ser grandes y robustas (Figura 24), su longitud varía entre 2,5 a 3 cm y su envergadura alcanza entre 4 a 5 cm, la cabeza, tórax y patas son de color negro y recubiertos de pilosidad (Ospina, 2000). Construyen sus nidos en madera muerta, por lo que son conocidas como “abejas carpinteras” (Gonzalez et ál., 2009).



Figura 24. Adulto de *Xylocopa* sp.
Fuente: Fotografía tomada por Yuly Paola Sandoval Cáceres

Distribución geográfica

Su distribución geográfica se extiende desde la región Neártica entre México y Estados Unidos, hasta la región Neotropical en países como Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, Dominica, Ecuador, El Salvador, Guyana Francesa, Guadalupe, Guatemala, Guyana, Honduras, Jamaica, Martinica, México, Montserrat, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Puerto Rico, Surinam, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela (Camargo et ál., 2023).

Hábito

Este género es un importante agente polinizador, es reportado por (Medina et ál. 2011) como el principal organismo involucrado en la fecundidad del cultivo de gulupa, su gran tamaño y comportamiento le permite tener contacto con las anteras y transferir el polen a los estigmas de forma eficiente (Medina-Gutiérrez et ál., 2012).

Abejas melíferas *Apis mellifera* Linnaeus, 1758

Taxonomía

Clase: Insecta

Orden: Hymenoptera

Familia: Apidae

Subfamilia: Apinae

Género: *Apis*

Especie: *Apis mellifera* Linnaeus, 1758

Biología

El adulto es de color pardo oscuro con franjas negras y anillos de color amarillo anaranjado en el abdomen (Figura 25), con un tamaño promedio de 1.5 cm, aunque este puede variar dependiendo de las castas de esta especie. Presentan una modificación en el tercer par de patas llamada corbículas o “cestillos” del polen, las cuales les permiten almacenar polen y propóleos. El abdomen está visiblemente segmentado, y las hembras poseen en el último segmento abdominal un aguijón con púas y el saco de veneno (Ramos & Carvalho, 2007).



Figura 25. Adulto de *Apis mellifera*
Fotografía tomada por Yuly Paola Sandoval Cáceres

Distribución geográfica

Esta especie presenta una distribución natural cosmopolita, su presencia se documenta en Europa, Asia, Australia, África, América del Norte y América del Sur (Hammond & Blankenship, 2009).

Hábito

Las abejas de esta especie son atraídas por el polen de las flores y ayudan en la polinización de diversidad de especies vegetales, aunque su eficiencia es baja. Las obreras buscan polen y néctar, construyen, limpian y protegen la colmena, y adicionalmente hacen circular aire en la colmena al batir sus alas (Ramos & Carvalho, 2007).

Crisopa *Chrysopa* sp.

Taxonomía

Clase: Insecta

Orden: Neuroptera

Familia: Chrysopidae

Subfamilia: Chrysopinae

Género: *Chrysopa*

Especie: *Chrysopa* sp.

Biología

Los huevos son de superficie lisa, ovalados con longitud entre 4 a 6 mm. Las larvas son de color crema oscuro, con marcas simétricas marrones o negras y tienen tres instares. La pupa es de color verde con textura apergaminada. El adulto es de color verde claro con una franja dorsal longitudinal central amarilla (Núñez, 1988).

Distribución geográfica

Romero Alva et ál (2019) reportan la distribución geográfica de este género en la parte norte del hemisferio.

Hábito

Las larvas del insecto realizan la depredación de otros artrópodos de cuerpo blando (Figura 26) como ácaros, áfidos, moscas blancas y trips, siendo las larvas de tercer instar las que realizan mayor consumo. Los adultos se alimentan de polen, néctar y mielecilla producida por otros insectos (Bastidas et ál., 2010).



Figura 26. Acción de las crisopas sobre plagas

A. Inmaduro de *Chrysophidae* depredando a un áfido
Fuente: Fotografía tomada por Yuly Paola Sandoval Cáceres

B. Larva de crisopa establecida en cultivo junto a un adulto de trips
Fuente: Fotografía tomada por Pilar Rojas-Gracia

Perspectivas

Conocer la artropofauna asociada al cultivo de gulupa permite conocer la diversidad vinculada a este sistema productivo y el rol biológico de los organismos dentro de este ecosistema agrícola. Asimismo, la comprensión profunda de la biología, etología y distribución de estos artrópodos brindan bases para la creación e implementación de planes de manejo integrado eficientes que mejoren la productividad del cultivo y disminuya el impacto en la agrobiodiversidad.

En el campo de la entomología aplicada a la producción de pasifloras, se presenta una oportunidad valiosa para promover tanto la conservación de la biodiversidad como la optimización de los rendimientos agrícolas. La identificación precisa de los polinizadores que participan en el ciclo vital de estas plantas emerge como una prioridad fundamental. Esta información actúa como cimiento para la formulación de estrategias exitosas en el terreno, orientadas a aumentar la producción a través de la gestión adecuada de los hábitats y las condiciones de cultivo.

Simultáneamente, el uso de enemigos naturales como las crisopas, en el control de plagas, se erige como una estrategia prometedora para minimizar la dependencia de insecticidas químicos y conservar la salud del ecosistema. La introducción y promoción de poblaciones de crisopas en los cultivos de pasifloras puede ejercer un impacto sustancial en la disminución de las poblaciones de plagas, instaurando un equilibrio en el entorno agrícola.

En conjunto, la aplicación de estos enfoques basados en el conocimiento de la biodiversidad y la ecología de los polinizadores, así como el uso de enemigos naturales, podría establecer una base sólida para una producción sostenible de pasifloras con beneficios tanto económicos como ambientales.

Capítulo 3

Avances en estrategias biosostenibles para sistemas productivos de pasifloras

Pilar Rojas-Gracia ¹
Juan Camilo Álvarez-Mahecha ²
Stephany Hurtado Clopatosky ³
Édgar Eduardo Roa-Guerrero ⁴

¹ Microbióloga agrícola y veterinaria. MSc. PhD. en Biotecnología; investigadora de la Universidad de Cundinamarca, Colombia. Correo electrónico: projasg@ucundinamarca.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2960-4129>

² Biólogo. MSc. PhD. en Biotecnología. Investigador de la Universidad de Cundinamarca, Colombia. Correo electrónico: jcamiloalvarez@ucundinamarca.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7692-7134>

³ Ingeniera Agrónoma. MSc. en Agrarias fitopatología, Universidad de Cundinamarca, Colombia. Correo electrónico: shurtadoc@ucundinamarca.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8162-507>

⁴ Biólogo. MSc. PhD. en Biotecnología. Investigador de la Universidad de Cundinamarca, Colombia. Correo electrónico: jcamiloalvarez@ucundinamarca.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7692-7134>

En un mundo cada vez más consciente acerca de la procedencia y la calidad de los productos, los consumidores han elevado sus expectativas en el manejo de los mismos, la seguridad alimentaria y la reducción de los impactos ambientales. Estas demandas no solo reflejan las preferencias individuales sino en los desafíos presentes en el acceso de las exportaciones agrícolas colombianas al mercado europeo. Esto se evidencia tanto en los gustos personales de las personas como en los desafíos actuales para el acceso de las exportaciones agrícolas colombianas a los mercados internacionales. El principal importador de pasifloras colombianas es Europa, que, gracias a la transformación de la política hacia la sostenibilidad, que se describe en detalle en el “Pacto Verde” y en la estrategia “De la granja a la mesa”, propone una drástica reducción en el uso de pesticidas químicos y fertilizantes, además de fomentar la producción orgánica que conlleva cambios significativos en los estándares de sanidad para los productos exportados desde Colombia hacia la Unión Europea (Orozco, 2022).

La garantía de dichas exigencias se ha vuelto posible gracias a la implementación de normativas que demandan el control y la certificación de los productos mediante sellos de calidad. En esta búsqueda constante de añadir valor a los productos, la adopción de sellos de calidad emerge como un aspecto crucial que garantiza el uso limitado de pesticidas bajo el estricto cumplimiento de prácticas de manejo que eviten la presencia de residuos en el producto fresco (FAO, 2021). Sin embargo, existe una cantidad limitada de productos sanitarios y bioinsumos permitidos para los cultivos de pasifloras. Por lo que los productores enfrentan la carencia de herramientas para abordar los problemas fitosanitarios en campo, en un mundo donde cada vez el calentamiento global y otras circunstancias favorecen la propagación de plagas y enfermedades hacia nuevos territorios.

En conjunto, se hace necesario continuar en la búsqueda exhaustiva de estrategias que involucren productos biotecnológicos y acelerar su introducción en el mercado, pues, en muchas ocasiones, las investigaciones no logran transferirse efectivamente a la comunidad. El propósito de esta revisión es darle al gremio de pasifloras una información relevante que faciliten vislumbrar nuevas estrategias y avances investigativos relacionados con el manejo de pasifloras y fortalecer las bases que permitan acelerar la transición de producciones convencionales a producciones biosostenibles.

Panorama biotecnológico en especies de la familia Passifloraceae

Las especies de la familia Pasiflorácea han generado un creciente interés en distintos sectores de la economía derivada de organismos vegetales como lo son la industria ornamental, farmacológica y alimentaria. Sin embargo, el desarrollo de programas de mejora biotecnológica en esta familia ha sido relativamente recientes y los resultados obtenidos aún son discretos. La generación de protocolos en técnicas de cultivo *in vitro* y la creciente publicación de resultados en el mejoramiento genético de distintas especies de interés agronómico mediante técnicas más precisas y dirigidas como la transgénesis y la edición génica plantean un desafío en la obtención de nuevas líneas con rasgos más robustos para las condiciones ambientales cada vez más cambiantes.

Cultivo de tejido vegetales *in vitro* en *Passiflora*

Diferentes investigaciones han permitido la obtención de protocolos que han ampliado el paquete biotecnológico del cultivo *in vitro* en la familia Passifloraceae para asegurar un cultivo controlado de los estudios en biología básica, producción de metabolitos para la industria farmacológica y finalmente la mejora genética vegetal. En general, la mayoría de los reportes en bases de datos se engloban en los siguientes abordajes:

- 1) Estrategias de crioconservación tanto a mediano (ralentización del crecimiento) como a largo plazo (técnicas basadas en vitrificación), así como la posterior recuperación del material criopreservado que faciliten en un futuro la formulación de proyectos de bancos de germoplasma para preservar la riqueza genética dentro de la familia en la posterior obtención de genes y/o alelos útiles en la mejora genética. En este sentido, se han puesto a punto protocolos tanto en la especie de tipo ornamental *Passiflora suberosa* (Garcia RO, 2011) así como en la de interés agronómico *Passiflora edulis* (Nadarajan & Pritchard, 2014) y la nativa de Brasil *Passiflora pohlii* (Merhy, 2014; Simão, 2018).

- 2) La inducción de callogénesis y su propagación masiva para la producción de metabolitos de interés como lo son los glucosil-flavonoides con potenciales propiedades sedativas y neurofarmacológicas (orientina, isoorientina, vitexina e isovitexina) inducidos mediante tratamientos con irradiación UV-B y la aplicación de metil jasmonato (Antognoni et ál., 2007), además de la evaluación de la actividad antioxidante en especies nativas como *Passiflora tenuifila* Killip y *Passiflora setacea* DC (Sozo et ál., 2016).

3) Propagación clonal y la organogénesis (caulo-rizogénesis) directa como alternativa a la compleja reproducción por semilla de las pasifloras a partir de órganos como, por ejemplo, zarcillos jóvenes, en el caso de lo reportado para *Passiflora* Hybrid “Guglielmo Betto” M. Vecchia (*Passiflora incarnata* L. x *Passiflora tucumanensis* L.) (Pipino et ál., 2010), *Passiflora foetida* L. (Shekhawat, Kannan, et ál., 2015) y *P. edulis* Sims. f. *flavicarpa* (Shekhawat, Manokari, et ál., 2015; Tuhaise et ál., 2019).

4) La embriogénesis somática se plantea como una alternativa a la propagación convencional por semilla, pero con el diferencial de poder lograr plántulas con una arquitectura adecuada que en muchas ocasiones no es posible por los métodos convencionales de organogénesis directa a partir de estructuras caulinares como lo son los segmentos nodales. En *P. edulis* Sims se han reportado avances en esta técnica para posibles fines de microinjertación y generación de plántulas certificadas de calidad para los sistemas productivos tropicales (Rocha et ál., 2016).

Mejora biotecnológica

Los enfoques iniciales a nivel de mejora genética buscaban la generación de híbridos interespecíficos entre especies tanto comerciales como silvestres de *Passiflora* que se utilizaban convencionalmente como patrones para la tolerancia a *Fusarium oxysporum* y a estrés por frío. Sin embargo, la obtención de híbridos con problemas de fertilidad ocasionó que los esfuerzos se direccionaran hacia la consecución de híbridos somáticos que sortearan estas dificultades mediante el aislamiento (Anthony et ál., 1999; Davey et ál., 2006) y la fusión de protoplastos (células vegetales sin pared) que facilitaran el flujo genético entre especies, como en el caso del híbrido *Passiflora edulis*, *P. gibertii* (Wardrop et ál., 1997). De estos estudios se establecieron protocolos que integran el uso de líquidos perfluorocarbonados (PFC) que regularan el intercambio gaseoso a través de interfaces PFC en medios de cultivo de tipo acuoso estimulando así la división celular y el crecimiento sostenido para la formación de heterocariontes (células con múltiples núcleos genéticamente diferentes) con capacidad organogénica de hasta tres veces más con respecto a los controles (Lowe et ál., 1999).

En adelante, algunos grupos de investigación del trópico americano han explorado metodologías que permitan el acople de abordajes de tipo morfoagronómico cualitativos (Santos et ál., 2014; Melo, Souza, et ál., 2015) junto con la caracterización genotípica mediante el desarrollo de la idea de

estos esfuerzos radica en poder analizar, en primera instancia, la diversidad intraespecífica en el género *Passiflora* para la obtención de información útil en la selección de parentales apropiados al iniciar los procesos de mejora genética y el montaje de bancos de germoplasma con material caracterizado que permitan almacenar los recursos fitogenéticos acorde con los ODS de la FAO.

Aunque se han diseñado herramientas que facilitan el rastreo de los procesos de hibridación cruzada entre materiales (Melo, Silva et ál., 2015; G. S. Silva et ál., 2018; Sader et ál., 2019), el conocimiento cada vez más amplio de la genética de *P. edulis*, derivada de los eventos de tecnología de secuenciación masiva (NGS), han permitido la generación de bases de datos para continuar con la investigación en genes y su diversidad alélica (Araya et ál., 2017).

Esta apreciación es de gran valor si se tiene en cuenta que las técnicas modernas de mejora se enfocarán en la modificación dirigida y precisa de genes de rasgos multigénicos de gran valor económico, así como de la transferencia de genes entre especies que confieran tolerancias a estrés de tipo ambiental o a plagas y enfermedades. En este sentido, se han puesto a punto protocolos de transformación genética estable de discos foliares de *P. edulis* de hasta el 30 % de eficiencia en condiciones de cultivo in vitro mediante el uso de *Agrobacterium tumefaciens* (Asande et ál., 2020b; Rizwan et ál., 2021).

Sin embargo, la adopción y apropiación de estas tecnologías aún está en debate y desarrollo en varios países latinoamericanos y se requiere una legislación que dé vía libre a la generación de nuevas líneas mejoradas. Mientras tanto, todavía se apuesta a estrategias que permitan explotar el potencial que posee la biodiversidad en la familia Passifloraceae tanto natural (ecotipos) (Castillo et ál., 2020) como inducida, en condiciones de laboratorio (variación somaclonal); ejemplo de esto es el caso de materiales vegetales tolerantes al déficit hídrico (Loaiza, 2020).

Fomento biológico para la protección y vitalidad de los cultivos de pasifloras

Dentro del marco de una agricultura sustentable cobra vital importancia la interacción de las plantas con su entorno. En esta perspectiva, adquiere especial relevancia el entendimiento de cómo las plantas desempeñan un papel sinérgico

en los ecosistemas naturales, optimizando procesos fundamentales como la absorción de nutrientes, el desarrollo y crecimiento, así como la resistencia a estreses bióticos y abióticos. Estas consideraciones toman una dimensión transformadora en el contexto de la agricultura convencional, que modifica la dinámica de interacción entre la planta y su entorno circundante. En este sentido, resulta esencial la exploración de los diversos actores capaces de colaborar en la mitigación del impacto adverso impuesto por las prácticas agrícolas convencionales. Adicionalmente, es fundamental discernir la forma en que ocurre la interacción de las plantas con los microorganismos, con la meta clara de potenciar los beneficios en los sistemas productivos de pasifloras.

Interacción planta-microorganismo

Se ha encontrado que las plantas de *Passiflora edulis f. edulis* tienen la capacidad de reclutar microorganismos específicos generando alteración de la microbiota del suelo, que es mayor con ciclos continuos de siembra de cinco años que mejora la resistencia a enfermedades de las plantas de maracuyá amarillo y gulupa, gracias a la relación que se establece con la comunidad de microorganismos benéficos reclutada, los cuales aumentaron su riqueza por la disminución de la diversidad de otros microorganismos en el suelo, como es el caso del patógeno *Fusarium*, particularmente para el caso de maracuyá amarillo en donde previamente se había observado características de resistencia ante este, debido al enriquecimiento diferencial que ocurre con la microbiota del suelo entre las dos especies, y que destaca la acumulación masiva de hongos del género *Trichoderma*, reconocidos por su papel en el biocontrol (Wang et ál., 2023). La capacidad de reclutamiento de microorganismos específicos por una especie de planta ha sido atribuido al panel de metabolitos, únicos que conforman los exudados de la raíz (Glick & Gamalero, 2021).

La comunidad microbiana no solo es alterada por los ciclos de cultivo, sino que es altamente dinámica y adapta su estructura en respuesta a los estadios de desarrollo fenológico del cultivo. Goulart et ál. (2019) observaron que la comunidad de bacterias endófitas de *Passiflora incarnata* presentaba una composición diferente entre los dos estados de desarrollo evaluados; durante la etapa vegetativa fueron más abundantes las familias Pseudoalteromonadaceae, Alicyclobacillaceae, Bacillaceae, mientras que en la etapa reproductiva fueron Enterobacteriaceae, Bacillaceae, Sphingomonadaceae. No solo varió la composición sino la diversidad; en la etapa vegetativa se presentó una mayor diversidad según el índice de Simpson 0,96 en comparación con 0,92 obtenido para el estado reproductivo; estos

resultados demuestran que las plantas ejercen una fuerte influencia sobre la comunidad microbiana debido a los diferentes recursos que están disponibles con los cambios fisiológicos y metabólicos que afectan la señalización hormonal y la disponibilidad de nutrientes (Glick & Gamalero, 2021; O'Brien et ál., 2021).

Promoción del crecimiento vegetal

El papel de los microorganismos benéficos no se restringe a una función específica sino pueden contribuir en muchos aspectos a la mejora del desarrollo del cultivo. La germinación es uno de ellos. Cubillos-Hinojosa et ál. (2008) investigaron la capacidad de seis cepas de *Trichoderma harzianum* nativas y comerciales para promover el crecimiento vegetal las cuales se inocularon en semillas de maracuyá amarillo; en este caso, las cepas fueron capaces de generar un incremento en la germinación entre 37,7% y 40%, también afectaron otras variables relacionadas con la velocidad de germinación y el tiempo medio de germinación, aumentando la velocidad y reduciendo los tiempos requeridos. Se destaca en este ensayo que la cepa nativa TCN-0014 obtuvo mejores resultados que la cepa comercial debido a que los microorganismos locales están mejor adaptados a las condiciones medioambientales del ecosistema del que son propios.

En el mismo estudio se analizó el papel de *T. harzianum* sobre el desarrollo de plántulas a nivel in vitro el cual fue promovido fuertemente con resultados de hasta un 200 % de incremento en la biomasa, también se promovió el alargamiento de la raíz que está relacionado con una mayor capacidad para la toma de agua y nutrientes (Cubillos-Hinojosa et ál., 2008). Resultados similares se lograron en otro ensayo en plántulas de maracuyá amarillo en etapa de vivero, donde la inoculación con *T. harzianum* conllevó a incrementos en el tamaño y biomasa seca (Padilla et ál., 2020). Esta capacidad de promoción de crecimiento de *T. harzianum* (2014).

Los endófitos pueden tener interacciones multidimensionales con sus plantas hospederas (Figura 27) y con los organismos de su entorno a través de mecanismos directos como son la producción de metabolitos secundarios, enzimas, antibióticos y antifúngicos producidos por el microorganismo endófito. Asimismo, pueden tener efectos indirectos sobre su planta hospedera modulando la expresión de mecanismos de defensa químicos o fisiológicos. Además, tienen efectos ecológicos en el agroecosistema al generar ocupación de los nichos disponibles y regular las poblaciones mediante el hiperparasitismo y depredación (Khare et ál., 2018).

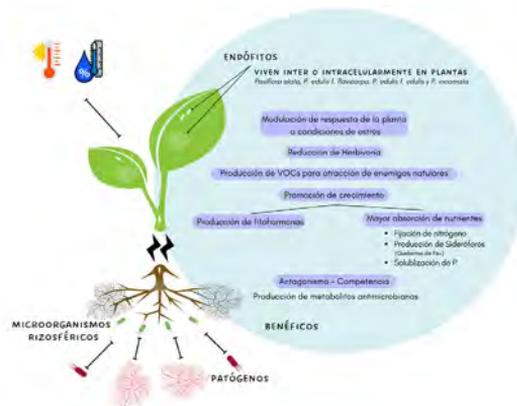


Figura 27. Mecanismos de acción de microorganismos beneficiosos en la interacción con la planta

Fuente: Adaptado de M. H. R. da Silva et ál., 2020; Khare et ál., 2018; Köhl et ál., 2019; Sanches Santos et ál., 2017

Los estudios disponibles sobre promoción del crecimiento vegetal indican que las bacterias son el tipo de microorganismos más común. Estas son un recurso importante ya que pueden aumentar la disponibilidad de varios nutrientes minerales por mecanismos como la fijación de nitrógeno, la solubilización de fósforo y también tienen la capacidad de producir fitohormonas; estas cualidades son conocidas como rasgos de promoción de crecimiento vegetal (PGP) (Asaf et ál., 2017; Cueva-Yesquén et ál., 2021; Khare et ál., 2018).

La *P. incarnata*, durante su etapa vegetativa, posee bacterias endófitas en su mayoría pertenecientes a los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Pantoea*, que presentan al menos un rasgo (PGP) en pruebas bioquímicas, y en pruebas in vivo lograron el aumento de la germinación y la estimulación del crecimiento (Cueva-Yesquén et ál., 2021).

Otro estudio también en *P. incarnata* analizó el microbioma endofítico por dos aproximaciones que evidenció la existencia de limitación en la estimación de la diversidad de endófitos presentes en una muestra cuando se emplean métodos convencionales de cultivo, donde se recupera <1 % de la diversidad total; sin embargo, gracias a las herramientas de biología molecular, hoy es posible hacer estimaciones más exactas a través de metodologías como la secuenciación de nueva generación (Goulart et ál., 2019).

Avances para el control biológico en pasifloras

En una revisión bibliográfica realizada por Köhl et ál. (2019) recopilan los distintos modos de acción de los microorganismos para el control de enfermedades (Figura 27), entre los que están la inducción de resistencia, la competencia, el hiperparasitismo, la producción de metabolitos antimicrobianos in situ, la complementación de actividad enzimática en consorcios, la modulación de la microbiota nativa, entre otros.

Es fundamental comprender que la piedra angular del control biológico a través de la aplicación de microorganismos reside en la prevención, en lugar de la curación. Este principio se basa en la noción de anticiparse a la aparición de problemas fitopatológicos en lugar de abordarlos una vez que ya han surgido. Al enfocarse en la prevención, se busca establecer condiciones que minimicen la presencia y proliferación de patógenos para evitar su establecimiento y posibles daños. Esto implica la implementación de estrategias proactivas, como la selección y aplicación temprana de agentes de control biológico adecuados, la mejora de las condiciones de cultivo y la optimización del manejo agrícola.

La eficacia del control biológico en el campo está intrínsecamente determinada por las interacciones de microorganismos con las plantas y su entorno. Estas interacciones son altamente influenciadas por las especies involucradas. Sin embargo, uno de los aspectos que ha sido subestimado en muchos programas de control biológico es el papel crucial de la evolución en estas dinámicas. Los microorganismos y las plantas interactúan de manera altamente específica, dependiendo de la especie vegetal y las condiciones del entorno en el que se desarrollan (Sethi & Mukherjee, 2018). Esta particularidad posiblemente explique por qué los microorganismos autóctonos presentan una adaptación más sólida a las condiciones ambientales (Kumar & Gopal, 2015). De aquí surge la necesidad de implementar estrategias de inoculación con microorganismos propios de cada zona y especie vegetal, para que su eficacia en la prevención resulte suficientemente atractiva desde una perspectiva económica.

En el caso de las pasifloras, se han realizado varios estudios relacionados con el control biológico de enfermedades, principalmente causadas por especies patogénicas del género *Fusarium*, utilizando cepas de los géneros *Bacillus* y *Trichoderma*, principalmente, que son microorganismos cosmopolitas con un amplio reconocimiento como BCA a nivel.

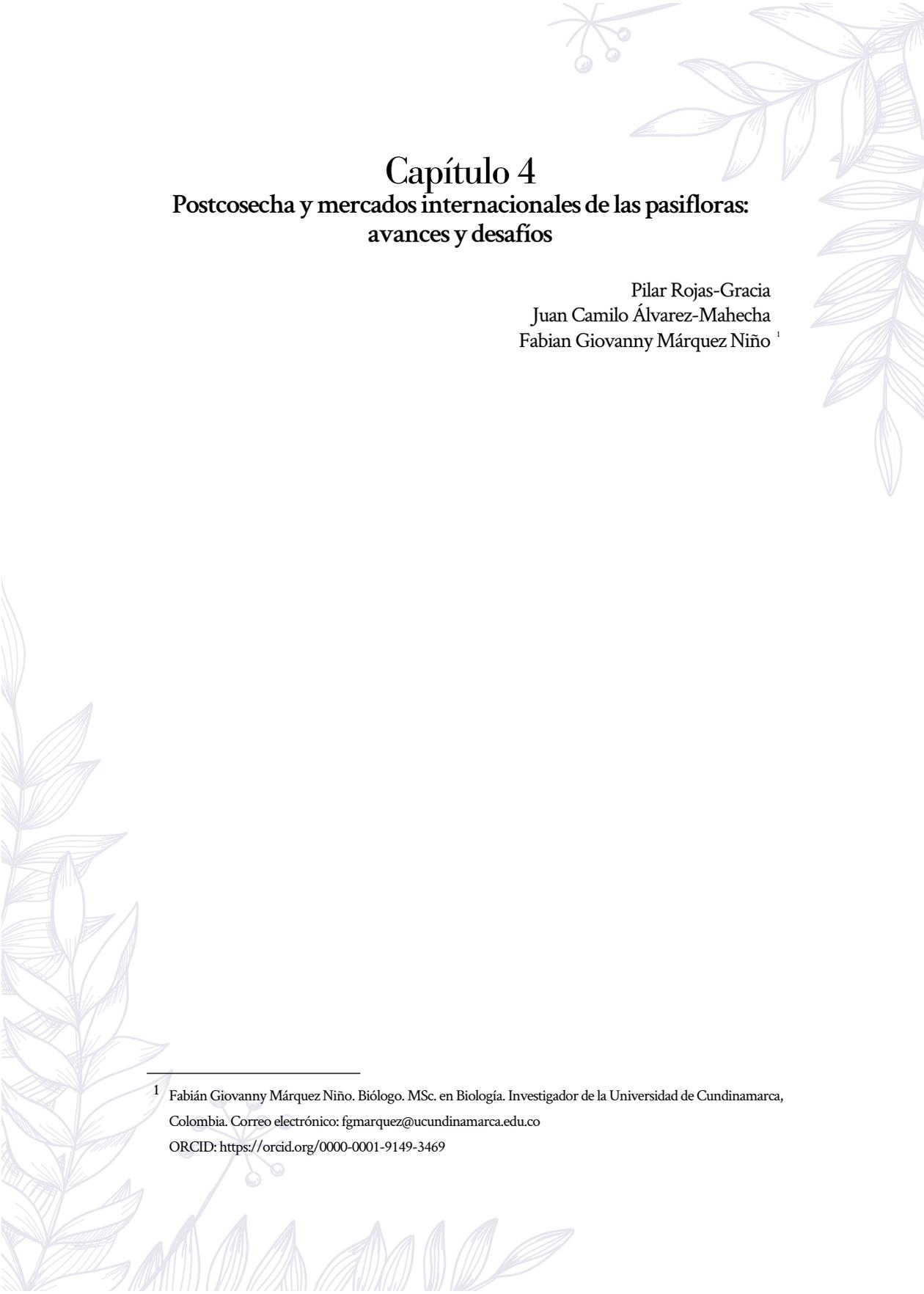
Tal es el caso de dos cepas bacterianas de *Bacillus subtilis*, YBC y 151B1, que mostraron actividad antagonista contra el patógeno *F. Solani* a nivel in vitro y redujeron la severidad de la enfermedad al ser aplicadas de forma foliar en plántulas de *Passiflora edulis*.

En este estudio detectaron que los mecanismos de control incluyeron cambios en la morfología de las esporas del patógeno, pérdida de integridad de la membrana celular, alteración del potencial de la membrana mitocondrial y acumulación de especies reactivas de oxígeno, lo que llevó a la muerte celular similar a la apoptosis (Y. H. Chen et ál., 2021). Por otra parte, Ye et ál. (2021) identificaron que la bacteria *Bacillus velezensis* produce un compuesto antifúngico (fengicina). Este péptido mostró una fuerte actividad antifúngica contra *Fusarium Solani*, incluso a temperaturas elevadas y diferentes niveles de pH, alterando la membrana celular del hongo, causando hinchazón anormal de las hifas y acumulación anormal de ácidos nucleicos y quitina en los sitios de hinchazón. En otra investigación, se aislaron 42 cepas del género *Bacillus* a partir de hojas de pasifloras en China. Donde once de estas cepas demostraron acción inhibitoria sobre un patógeno foliar propio de la zona *Nigrospora sphaerica* (J. Wang et ál., 2023).

En la Universidad Nacional de Colombia se llevó a cabo una investigación para evaluar el potencial de diversas cepas de *Trichoderma* spp. en el control de una cepa patogénica de *Fusarium* sp., responsable de provocar la marchitez en los cultivos de maracuyá. Los resultados revelaron una reducción significativa en el crecimiento micelial del patógeno en condiciones *in vitro*, así como una disminución en la incidencia de la enfermedad en las plántulas tratadas con *Trichoderma* sp. previo a la inoculación del patógeno (Quiroga-Rojas et ál., 2012).

Por su parte, en la Universidad de Cundinamarca se desarrolló un estudio de búsqueda y aislamiento de hongos entomopatógenos con el propósito de controlar *Dasiops* spp. (Hernández Ortiz, 2020). Durante este estudio se logró aislar un hongo perteneciente al género *Purpureocillium* sp., que mostró indicios de actividad entomopatógena sobre las pupas de la mosca del ovario.

En resumen, estos estudios resaltan la eficacia del control biológico en la reducción de enfermedades en las pasifloras y subrayan la importancia de explorar e identificar microorganismos específicos a nivel local para optimizar las estrategias en entornos agrícolas, lo cual no solo contribuye a mejorar la sanidad de los cultivos, sino que también hace que los agricultores encuentren estas alternativas atractivas y beneficiosas. Por último, se resalta que el enfoque en microorganismos autóctonos puede adaptarse mejor a las condiciones locales y ofrecer soluciones más sostenibles y amigables con el medio ambiente para el manejo de enfermedades en los cultivos de pasiflora.



Capítulo 4

Postcosecha y mercados internacionales de las pasifloras: avances y desafíos

Pilar Rojas-Gracia
Juan Camilo Álvarez-Mahecha
Fabian Giovanni Márquez Niño ¹

¹ Fabián Giovanni Márquez Niño. Biólogo. MSc. en Biología. Investigador de la Universidad de Cundinamarca, Colombia. Correo electrónico: fgmarquez@ucundinamarca.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9149-3469>

Consideraciones clave en el proceso de cosecha y postcosecha de pasifloras

El manejo de la postcosecha en la agricultura es una etapa crítica que inicia en el momento en el que la fruta es cosechada en campo y engloba una serie de actividades importantes para la preservación de la calidad. En esta etapa es importante el uso de técnicas adecuadas, así como el continuo desarrollo de nuevas tecnologías que permitan la comercialización de un producto altamente deseable por los consumidores. Además, el uso mejores tecnologías postcosecha contribuye a aumentar el rendimiento mientras que contribuyen a minimizar el daño ambiental generado por la producción agrícola (El-Ramady et ál., 2015).

Esta etapa del proceso de producción agrícola influye en si el producto se venderá como fresco o si se utilizará como ingrediente en la elaboración de alimentos procesados. Es importante tener en cuenta que, a diferencia de otros productos, la calidad de las frutas no puede mejorarse después de su cosecha. Por tanto, la clave reside en cosechar en el momento óptimo, cuando el tamaño y la calidad alcanzan su máximo potencial (Shakeel et ál., 2022).

Una vez cosechados, los productos agrícolas mantienen su actividad metabólica hacia la senescencia involucrando diversas reacciones bioquímicas que modifican continuamente su composición hasta que llega un punto en el que su comercialización se vuelve inviable. El conocimiento de los procesos fisiológicos que ocurren durante la postcosecha es indispensable para la implementación de técnicas y tecnologías adecuadas que pueden variar entre especies (Yahia & Carrillo-López, 2019). En general, algunas de las prácticas relacionadas con el manejo postcosecha de frutos para su comercialización en fresco abarcan actividades como limpieza, lavado, selección, clasificación, desinfección, secado, embalaje y almacenamiento (El-Ramady et ál., 2015).

En cuanto las tecnologías empleadas en postcosecha de frutos, estas se podrían clasificar según su objetivo en tres grupos. Por un lado, se distinguen tecnologías encaminadas en retrasar la maduración y sus efectos negativos (atmosferas modificadas, refrigeración, inhibidores del etileno), las usadas como prevención de desórdenes fisiológicos (tratamientos hidrotérmicos, aplicaciones de calcio) y aquellas relacionadas con el aseguramiento de la inocuidad y el manejo de enfermedades (coberturas comestibles, control biológico, ozono, agua electrolizada) (Palumbo et ál., 2022).

El género *Passiflora* ha demostrado ser un protagonista destacado en la industria agrícola colombiana, aportando una diversidad de frutas que ocupan un lugar significativo en los mercados nacionales e internacionales. Con un enfoque en la producción sostenible y la calidad del producto, es crucial comprender las características y requisitos de la postcosecha de las pasifloras, en particular la gulupa (*Passiflora edulis*), la granadilla (*Passiflora ligularis*), el maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) y la curuba (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*). Estas frutas, demandadas tanto a nivel local como en los mercados de la Comunidad Europea, requieren una atención cuidadosa en sus procesos de cosecha y postcosecha para garantizar su frescura y calidad en los mercados internacionales.

El manejo de la cosecha y la postcosecha es un aspecto intrínseco que requiere una consideración específica y precisa, variando en función de la especie de pasiflora que esté siendo preparada para la comercialización. Los frutos emanados de pasifloras se presentan en la forma de bayas, presentando una gama heterogénea de formas y dimensiones, desde configuraciones globosas hasta elípticas. Además, exhiben un rango de pesos que se extiende desde una cantidad inferior a los 100 g, hasta superar los 1.000 g (Fischer et ál., 2009). Este panorama incide significativamente en el proceso de cosecha y debe considerarse con detenimiento según la especie vegetal, pues el intervalo temporal que se extiende desde la polinización de las flores hasta el instante en que el fruto puede ser recolectado, y se encuentra sujeto a la influencia de múltiples variables. Entre estas variables, las condiciones climáticas, las particularidades del suelo, las prácticas de manejo del cultivo y las propiedades inherentes a la especie específica en consideración desempeñan un papel determinante en la ecuación (2009). Adicionalmente, resulta importante tener presente las demandas del mercado y las expectativas de las comercializadoras de acuerdo con el producto que se desea ofrecer.

Los requerimientos específicos para cada variedad de fruta se centran en asegurar que se cumplan los estándares de calidad propios de cada tipo de fruta y los volúmenes requeridos por cada cliente en el momento adecuado. En líneas generales, el mercado europeo se caracteriza por su elevado nivel de exigencia en relación con la apariencia visual y las cualidades organolépticas de las frutas. Sin embargo, se aplican ciertas tolerancias que varían según el tipo de cliente, los países destinatarios, la estación del año y la dinámica de oferta y demanda. Como consecuencia, varias comercializadoras ven necesario desarrollar guías de referencia para los defectos presentes en cada tipo de fruta, y tanto los productores como los exportadores adaptan el nivel de clasificación en función de la temporada y el perfil de sus clientes.

De manera general —en el mercado de las pasifloras—, se buscan frutas prácticamente impecables, exentas de cualquier tipo de defecto, como rayones, marcas, daños mecánicos, manchas, problemas fitosanitarios evidentes, niveles inadecuados de maduración, bajo peso, tamaño pequeño, llenado insuficiente, deshidratación y un contenido bajo de sólidos solubles o grados Brix, entre otros aspectos. En situaciones en que la oferta de fruta es limitada, algunos clientes podrían aceptar o tolerar ciertos defectos, en cierta medida, siempre que no comprometan fundamentalmente la calidad. No obstante, en momentos de alta oferta y baja demanda, no se permite ningún tipo de imperfección en las frutas.

A continuación, se mostrará en detalle los aspectos fundamentales para tener en cuenta en el manejo de postcosecha de las pasifloras con mayor demanda en el mercado internacional.

Manejo postcosecha de Gulupa

El fruto de la gulupa alcanza su madurez fisiológica entre los 90 y 115 días después de la antesis (Flórez et ál., 2012), y la variación en días depende de varios factores, entre las que se encuentran las condiciones climáticas, como la temperatura. A mayor temperatura o acumulación de grados día, el proceso de maduración es más rápido. El punto de cosecha del fruto se puede determinar mediante la observación del color que torna de un color verde a un color púrpura claro. El crecimiento del fruto presenta un comportamiento sigmoidal y a partir de la polinización y fecundación del fruto se evidencia un rápido crecimiento hasta alcanzar su tamaño promedio a los 35 días, el cual es de 5,4 cm de diámetro ecuatorial y 5,7 cm de diámetro polar. Posterior a ello, inicia la fase de llenado del fruto con la formación de las semillas que en promedio son de 165 por fruto. Finalmente, se alcanza un peso del fruto que oscila entre 38 y 65 g (Pérez Martínez et ál., 2012).

El mercado de exportación exige frutos de color uniforme en todo el fruto, una cualidad que a menudo resulta difícil de lograr debido a situaciones como la presencia de densa vegetación en la planta o una baja radiación solar. Estos factores pueden causar que los frutos cambien de color solo en un lado, dejando el otro lado en un tono verde, que no es una característica deseable para este tipo de mercados y pueden ser rechazados. Al mismo tiempo, es relevante destacar que se pueden rechazar los extremos de maduración en el proceso de exportación, tanto los frutos con la epidermis verde como los excesivamente maduros (Rojas-Gracia, 2017).

El fruto de la gulupa exhibe un comportamiento climatérico que se correlaciona con la liberación de etileno al interior del fruto durante el proceso de maduración posterior a la cosecha (Shiomi et ál., 1996). Este fenómeno permite que, una vez cosechados con madurez fisiológica, los frutos continúen su proceso de maduración, incluso después de ser desprendidos de la planta. Un estudio

demuestra que los frutos de gulupa deben recolectarse con un porcentaje del 50 % de coloración púrpura porque la tasa de emisión de etileno aumenta 8,15 veces su valor inicial cuando el fruto es recolectado en esta etapa de madurez, contribuyendo así a que haya mejores atributos de calidad como lo es una mayor concentración de sólidos solubles totales (°Brix), que se traduce en una mayor concentración de azúcares, cambios de color deseables durante la maduración, un mejor rendimiento de la pulpa, entre otros (Pongener et ál., 2014). Por lo anterior, lo más idóneo es recolectar el fruto en campo, en el punto de madurez óptimo (Figura 28). Algo primordial para la cosecha de fruta es capacitar al personal, no solo en la identificación del punto de madurez, sino también en los procesos de higiene y cuidado, ya que su desempeño resulta esencial para preservar las cualidades de calidad en el campo. La cosecha debe efectuarse con las manos limpias y uñas cortas, evitando el uso de joyas que puedan ocasionar daño mecánico a los frutos; una vez cosechados, los frutos se debe cortar el pedúnculo lo más cercano posible al fruto evitando causar afecciones en la epidermis. Estos deben ser depositados en recipientes plásticos (Figura 29) que sirven para transportar la fruta al centro de acopio temporal del predio. Es importante mantener en constante desinfección todas las herramientas y envases utilizados en la cosecha, impregnándolos con una solución desinfectante que, por lo general, se opta por productos biodegradables a base de ácido hipocloroso.



Figura 28. Fruto de Gulupa en punto óptimo de cosecha
Fuente: Tomado de Rojas-Gracia (2017)

Los recipientes plásticos con fruta deben recibirse en el centro de acopio temporal del predio; allí es necesaria la verificación de los frutos que se empaquen en las canastillas para no tengan presencia de enfermedades que puedan proliferar en el periodo de postcosecha, tales como roña, bacteriosis, entre otras. Para el empaque se utilizan canastillas plásticas, forradas con papel periódico blanco que eviten el maltrato de los frutos con el roce de las paredes de la canastilla durante el transporte. La reutilización de papel periódico impreso no es una práctica adecuada para empaque la fruta, ya que este puede llegar a contaminar las mismas por los componentes químicos de la tinta que quedarían adheridos a la fruta.

Para proteger la fruta del maltrato durante el transporte se han hecho distintos ensayos como el uso de espumas, alveolos o empaques de polietileno expandido (Mallalón), No obstante, no se dispone de información concreta que respalde si estas estrategias resultan adecuadas y rentables. Como consecuencia, la utilización de papel periódico, en sus variadas formas, sigue siendo una práctica ampliamente empleada para transportar la fruta desde el lugar de producción hasta el punto de comercialización (Figura 30).



Figura 29. Cosecha de frutos de gulupa

- A. Operaria cosechando y disponiendo fruta en recipiente plástico
 B. Frutos de gulupa cosechados y dispuestos en centro de acopio temporal
 Fuente: Fotografía tomada por Pilar Rojas-Gracia



Figura 30. Tipos de embalaje empleados para la cosecha de frutos de gulupa en centro de acopio temporal

- A. Frutos dispuestos en filas B. frutos con empaque individual
 Fuente: Fotografía tomada por Pilar Rojas-Gracia

Manejo postcosecha de granadilla

La granadilla experimenta un crecimiento sigmoidal, al igual que la gulupa, alcanzando su madurez fisiológica alrededor de los 75 días después de la polinización. Transcurrido este tiempo, se inicia la transición de coloración desde un verde intenso a un verde claro hasta lograr el característico tono amarillo de la madurez. Los frutos de granadilla presentan un tamaño promedio de 6,7 cm de diámetro transversal (diámetro ecuatorial) y 8 cm promedio en su diámetro longitudinal (diámetro polar), con un peso promedio de 113 g (Melgarejo, 2015).

Para la exportación de granadilla se requieren frutos de un color amarillo claro uniforme en todo el contorno del fruto. La mayoría de los envíos de esta fruta se realizan por vía aérea. Por esta razón, se recolecta cuando alcanza un color amarillo que oscila entre el 75 % y el 90 % de madurez (Rojas-Gracia, 2017). Sin embargo, también existe la posibilidad de enviar la fruta por vía marítima y a pesar de que es un sistema más económico, el más utilizado es el transporte aéreo. Esto puede deberse a múltiples factores como menores volúmenes para exportación, así como las características del fruto, pues, a diferencia de la gulupa, la piel y capa exterior de los frutos de granadilla son extremadamente delicadas, lo que los hace altamente susceptibles a sufrir raspaduras, incluso cuando están en la planta, donde el simple contacto entre los frutos, o entre estos y las hojas y ramas agitadas por el viento, puede ocasionar daños. Dada la delicadeza del fruto es importante que desde la cosecha se tomen precauciones. En primer lugar, se debe recolectar la fruta durante las horas del día en que la temperatura sea más baja, para evitar el calentamiento de los frutos, porque puede generar la proliferación de microorganismos y deterioro de la fruta durante el transporte. Es recomendable recolectar la fruta en recipientes de baja profundidad con el fin de prevenir daños debido al exceso de peso. Al mismo tiempo, una práctica comúnmente empleada es el uso de mallas de polietileno expandido para evitar el roce entre las frutas dentro de la canastilla (García, 2008).

Inmediatamente después de la cosecha, los frutos de granadilla se disponen en cajas de cartón o canastillas plásticas y en ambos casos es recomendable el cubrimiento con papel periódico, el cual debe permanecer hasta el proceso de selección en las empresas destinadas a la clasificación y selección de los frutos exportables.

Manejo postcosecha de maracuyá

Luego de la fecundación de la flor de maracuyá inicia el crecimiento y desarrollo del fruto a través de la división y la posterior expansión celular. Desde el momento de la antesis hasta el punto de madurez fisiológica del fruto pueden

transcurrir en promedio sesenta días (Procomer, 2019; Vega et ál., 1999). Para este momento los frutos pueden ser cosechados y, al igual que con otras pasifloras, debe tenerse especial cuidado para evitar daños que puedan desfavorecer la apariencia y calidad del fruto.

Los frutos de maracuyá tienen un mercado tanto nacional como internacional, y a nivel de postcosecha se han relacionado tres categorías: Categoría extra: son de calidad superior; Categoría I: deben cumplir con todos los requisitos mínimos de calidad (Figura 31), aunque se aceptan ligeros defectos en el color, manchas y cicatrices que no afecten la apariencia general ni su presentación, y Categoría II: comprende los frutos de maracuyá que no pueden clasificarse en las categorías superiores pero que sí cumplen con los requisitos mínimos de calidad (Procomer, 2019).



Figura 31. Frutos de maracuyá de Categoría extra
Fuente: Fotografía tomada por Pilar Rojas-Gracia

Avances tecnológicos en el manejo de la postcosecha de las pasifloras

Como ocurre con otros frutos tropicales, la velocidad de los procesos bioquímicos asociados al proceso de maduración y senescencia en los frutos de las pasifloras conlleva a que el periodo de vida útil en postcosecha sea corto. Adicionalmente, las condiciones ambientales, principalmente la temperatura de almacenamiento a la que comúnmente son sometidos los frutos tropicales (por encima de 25°C) aceleran los procesos de senescencia y la vida postcosecha de estos frutos tiende a ser corta (Morales-Payan, 2022).

La mayoría de las pasifloras tienen un comportamiento climatérico, lo que ha sido evidenciado por la liberación de etileno en frutos como la gulupa y el maracuyá. El uso de la refrigeración es una técnica ampliamente utilizada en la preservación de estos tipos de frutas, aunque se debe ser cautelosos con la posibilidad de daños por frío. En muchos casos, se ha establecido que el almacenamiento es viable a temperaturas inferiores a 10°C, lo que las clasifica como frutas tropicales que son moderadamente sensibles a las bajas temperaturas.

Los frutos de las pasifloras tienen ciertas particularidades que los distinguen de otros frutos y han sido abordadas con el desarrollo de distintas tecnologías. Adicional al típico comportamiento climatérico exhibido por las pasifloras, los frutos son conocidos por su alta producción de etileno y es especialmente relevante la pérdida de agua que experimentan durante su almacenamiento (principalmente el maracuyá y la gulupa). El principal problema relacionado con las pérdidas en postcosecha de las frutas de la pasión se debe a la rápida disminución de la firmeza (Minh et ál., 2019). En relación con su metabolismo respiratorio, las pasifloras como la gulupa han mostrado susceptibilidad a la fermentación en condiciones atmosféricas de baja concentración de O₂ (Chen et ál., 2018). Por otro lado, el decaimiento de la fruta es una enfermedad asociada a patógenos fúngicos que restringen la producción de maracuyá y gulupa. Rizwan y colaboradores (2021) identificaron mediante la caracterización morfológica y secuenciación de regiones ITS-1 y ITS-2 las especies que se asocian con mayor agresividad al decaimiento de gulupa y maracuyá (*Fusarium kyushuense*, *Fusarium concentricum*, *Colletotrichum truncatum* y *Alternaria alternata*). El desarrollo de tecnologías asociadas a la postcosecha de pasifloras se ha centrado en el ensayo de estrategias metodológicas ya probadas en otras frutas, teniendo en cuenta las particularidades mencionadas y evaluando su efecto en la preservación y calidad, estas cuantificadas mediante la determinación de parámetros fisicoquímicos como la firmeza, la pérdida de peso, el contenido de sólidos solubles totales (SST), el color, la acidez, la proporción de arrugas y la apariencia.

Una de las tecnologías más estudiadas en pasifloras es el uso de coberturas a base de compuestos protectores y algunos de ellos comestibles. El quitosano es un biopolímero compuesto por monómeros de β -(1 \rightarrow 4) D-glucosamina y N-acetil-D-glucosamina obtenido a partir de la quitina de los insectos, que ha sido objeto de estudio en diversos campos de investigación (Romero-Serrano & Pereira, 2020). En postcosecha, suele ser empleado para la elaboración de recubrimientos que suelen favorecer la preservación de los frutos. Guo y colaboradores (2021) encontraron que tratamientos con quitosano en frutos de *Passiflora caerulea* aumentan la actividad de enzimas de defensa y la acumulación de sustancias relacionadas con resistencia a enfermedades del pericarpio, lo que podría mejorar la resistencia y reducir el desarrollo de enfermedades en postcosecha. En estudios más recientes se han enriquecido las coberturas basadas en quitosano. Se ha establecido que el enriquecimiento de una cobertura con matriz de quitosano con extractos de plantas medicinales como los obtenidos de *Bidens pilosa* es efectivo para aliviar la incidencia de arrugas y mantener una mejor la calidad de frutos de gulupa durante el almacenamiento (Nxumalo & Fawole, 2022).

Chen y colaboradores (2022) evaluaron en el maracuyá una cobertura con mezcla de quitosano y gelatina de escama de pescado; los tratamientos condujeron a una reducción la respiración y la tasa de producción de etileno, retardaron el incremento de la permeabilidad de la membrana celular de la fruta y el contenido de malondialdehído. También se ha reportado el uso de coberturas con matriz diferente al quitosano. Morales-Payan (2022) encontró que frutos de maracuyá recubiertos con cera de carnaúba, enriquecida con citoquininas, perdieron menos peso y estéticamente fueron más comercializables como fruta fresca que aquellos sin recubrimiento de cera, aunque las citoquininas no parecen tener un efecto adicional. El uso de una cobertura comestible en base en carragenina al 2,5 % podría mantener la calidad del fruto de maracuyá durante 28 días en un almacenamiento a 8°C (Minh et ál., 2019).

Es conocido el papel que tiene el calcio en las características postcosecha de los frutos. El calcio está presente en la estructura de la pared celular formando enlaces con los grupos hidroxilo de la pectina contribuyendo a la estabilidad e integridad de la pared. Sus deficiencias suelen asociarse a la aparición de desórdenes fisiológicos tanto en frutos tropicales como subtropicales. La aplicación de sales de calcio durante el almacenamiento de frutos suele tener buenos resultados en la reducción de desórdenes fisiológicos y preservación general. Tratamientos postcosecha con CaCl_2 mantuvieron la apariencia y el color en frutos de maracuyá, previnieron el oscurecimiento de la cáscara y mejoraron la calidad general de la fruta con un retraso de la senescencia y mantenimiento de la integridad estructural de la cáscara (Xu et ál., 2023).

Adicional al uso de recubrimientos comestibles y no comestibles en frutos, es ampliamente difundido uso de empaques y atmósferas modificadas para la conservación en postcosecha. Comúnmente, las atmósferas modificadas están pensadas para reducir el nivel de O_2 disminuyendo procesos metabólicos como la respiración y la producción de etileno. Dadas las condiciones de susceptibilidad a la fermentación que experimentan los frutos de gulupa en condiciones de baja concentración de O_2 . Chen y colaboradores (2018) estudiaron el uso de empaques con atmósferas modificadas enriquecidas en O_2 , encontrando que estos podrían inhibir la respiración postcosecha, la contracción de la cáscara y favorecer buenas propiedades físicas y nutricionales como la firmeza, el contenido de vitamina C, los SST y el contenido de fenoles y flavonoides totales. En cuanto el uso de empaques, se han encontrado buenos resultados en frutos de *P. alata* envasados en bandejas de poliestireno recubiertas con una película flexible de PVC para la preservación en refrigeración por periodos de diez a catorce días (Rinaldi et ál., 2019).

Desafíos y perspectivas futuras en el comercio internacional de pasifloras

Tendencias económicas y oportunidades en el mercado global

En Colombia, se observa una rica diversidad de frutas pertenecientes al género *Passiflora*, las cuales ocupan diferentes niveles de importancia en los mercados nacionales e internacionales, según las preferencias y la demanda de los consumidores. En términos de exportación, la gulupa (*Passiflora edulis*) es indiscutiblemente la especie de *Passiflora* más destacada para el país. Recientemente, mediante un análisis basado en el informe de exportaciones del DANE, el ministerio de Comercio, Industria y Turismo ha anunciado que en 2022 ha dejado una marca histórica en el campo de las exportaciones de bienes no mineros energéticos, destacando en este panorama la exportación de gulupa con un notorio crecimiento del 15,7 % (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023). En el contexto internacional, la Unión Europea (UE) se presenta como el principal destino para las exquisitas frutas exóticas de Colombia, con una sólida representación del 58,4 % (AnalDEX, 2022). La alta demanda en países como Holanda, Inglaterra, Alemania y Francia prevalece durante la mayor parte del año, excepto en los meses de verano (julio-agosto), cuando la demanda de esta fruta y otras *Passifloras* disminuye sustancialmente.

La granadilla (*Passiflora ligularis*) se encuentra en el segundo producto de exportación más importante (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023). Aunque esta fruta ha ganado popularidad en el mercado internacional, enfrenta desafíos debido a su naturaleza estacional, lo que provoca fluctuaciones en la oferta a lo largo del año. Esto conlleva a situaciones en las que la producción no puede satisfacer las necesidades de los clientes, tanto en el país como en el extranjero. A diferencia de la gulupa, que está más enfocada en el comercio internacional, la granadilla experimenta una demanda significativa a nivel nacional.

El maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) ocupa el tercer lugar en términos de exportación (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023). Es también una fruta estacional, lo que resulta en una oferta volátil durante diferentes momentos del año, tanto para el mercado nacional como internacional. Su demanda en el comercio nacional contribuye a la variabilidad en los precios, impulsada por la relación entre oferta y demanda.

La curuba (*Passiflora tripartita* var. *mollisima*) tiene una presencia menor en el mercado de consumo. Esta fruta se exporta en menores volúmenes, principalmente en mercados especializados del exterior (Rojas-Gracia, 2017). Esto quizás esté relacionado con la delicadeza de su fruto, así como a la reducida investigación y posterior tecnificación en los cultivos comerciales de curuba, entre otros factores.

Existen otras especies de pasifloras cultivadas en Colombia, pero no se destinan a la exportación y tienen un consumo limitado, ya que su reconocimiento a nivel nacional es reducido. Ejemplos de ello son las pasifloras producidas en áreas cálidas del Huila y otras partes del país como la cholupa (*Passiflora maliformis*), la badea (*Passiflora quadrangularis*) y granadilla caucana (*Passiflora popenovii*), que se consumen localmente en sus respectivas regiones de producción.

Normativas y estándares en la exportación de pasifloras

El comercio internacional de pasifloras exportables, que incluye variedades como la gulupa, granadilla y maracuyá, ha experimentado un notable crecimiento en las últimas dos décadas. Estas frutas han logrado una consolidación gradual como productos de alta demanda y preferencia entre los consumidores, destacando especialmente los países pertenecientes a la Comunidad Europea. En Colombia ya existe un número importante de empresas comercializadoras que se dedican a la exportación de pasifloras y otras frutas exóticas, con diferentes niveles de participación en términos de volumen de fruta enviada al exterior. Aunque algunas empresas podrían focalizarse en determinadas frutas, las pasifloras exportables tienden a ocupar un lugar preponderante en sus operaciones de exportación. Estas compañías también mantienen una presencia diversificada en distintas zonas productoras de pasifloras en Colombia, principalmente en los departamentos del Huila, Tolima, Antioquia, Boyacá, Santander, Cundinamarca, Nariño y Meta, entre otros. Además, las principales empresas exportadoras, tales como Caribbean Exotics, Colombian Paradise, Frutireyes, Jardín Exotics, Nativa Produce, Novacampo, OCATI, San Basilio, Prosagro Export y Montana Fruits, han establecido una asociación denominada “Avance Pasifloras”.

En esta agremiación, las empresas están uniendo esfuerzos para fortalecer la presencia de las pasifloras colombianas en el mercado internacional, donde cada vez aumentan las demandas de frutas, así como también los requisitos y exigencias para acceder a dichos mercados.

Las demandas del mercado presentan una variabilidad, abarcando tanto aquellas comunes a todas las pasifloras exportadas como aquellas específicas para cada tipo de fruta. Las demandas comunes incluyen el cumplimiento de normativas nacionales e internacionales. Para poder exportar frutas es necesario que los predios destinados a la producción de vegetales frescos para la exportación, así como los exportadores y las plantas empacadoras, se registren y cumplan con una serie de requisitos establecidos por el ICA, la entidad fitosanitaria encargada en el país. Estos requisitos han sido recientemente ajustados para garantizar un mayor nivel de rigurosidad, en conformidad con las exigencias de los mercados internacionales y se reflejan en la Resolución No. 00000824, del 28 de enero de 2022, que establece las directrices para la obtención del registro por parte de esta institución. Los lineamientos descritos deben ser implementados tanto por los predios donde se encuentran los sistemas productivos como los exportadores y las empacadoras involucrados en la exportación de vegetales frescos.

Dentro de los nuevos parámetros para la obtención de registro se enfatiza la importancia de no superar los Límites Máximos de Residuos (LMR), que definen el nivel máximo legal de residuos de plaguicidas permitidos en alimentos o piensos, siempre que estos se apliquen adecuadamente según las buenas prácticas agrícolas (FAO, 2021). Estos LMR representan las cantidades máximas de pesticidas y otros productos químicos permitidos en la fruta después de su aplicación en el cultivo. Dichos límites son establecidos por las autoridades sanitarias y de seguridad alimentaria de cada país y su cumplimiento es obligatorio para la exportación de frutas y productos agrícolas.

Desde 2019, la Unión Europea adoptó el “Pacto Verde” como respuesta a los desafíos del calentamiento global y el cambio climático. En este contexto, se implementó la estrategia “De la granja a la mesa”, que establece parámetros para asegurar sistemas alimentarios sostenibles y cumplir así con los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Orozco, 2022). Esto ha llevado a un aumento en la rigurosidad del mercado europeo, ya que los consumidores son más conscientes de la seguridad alimentaria y la calidad de los productos que consumen. Para los países europeos es crucial cumplir con los LMR fijados por la Comisión Europea que establecen los niveles máximos permitidos de residuos de plaguicidas en los alimentos. En Colombia, los LMR se evalúan mediante muestreos y análisis de laboratorios certificados bajo la norma ISO 17025. El incumplimiento de estos límites conlleva sanciones económicas y legales, dado que la venta de fruta contaminada por agroquímicos se considera un delito en Europa.

La incorporación y certificación en la norma Global G.A.P. también se presenta como una exigencia general para la exportación de pasifloras. Esta regulación abarca desde las buenas prácticas agrícolas aplicadas antes de la producción hasta la entrega del producto al consumidor final. Su enfoque es fomentar una producción sostenible y respetuosa con el entorno, así como el bienestar tanto de los trabajadores como de los consumidores. Con el tiempo, esta normativa ha experimentado modificaciones y actualizaciones, por lo que resulta fundamental estar al tanto de sus versiones actuales, las cuales se encuentran disponibles en su sitio oficial (<https://www.globalgap.org/>).

Es importante señalar que esta norma ha ganado un mayor reconocimiento a nivel global. En años anteriores solía considerarse como una pauta de adhesión voluntaria; sin embargo, en la actualidad, la mayoría de los clientes en Europa la ven como un requisito obligatorio para acceder a sus mercados. De modo similar, otras normativas también están experimentando esta tendencia de pasar de ser opciones a requisitos esenciales para acceder a precios con un margen de utilidad mayor, como los son: Comercio Justo o Fair Trade - FLO (www.fairtrade.net) y la Responsabilidad Social, Fair For Life y For Life (www.fairforlife.org), Rainforest Alliance (www.rainforest-alliance.org) y Smeta (<https://lp.sedex.com/smeta>). Este cambio es resultado de la creciente presión ejercida por los consumidores, quienes cada día están más conscientes de que la alimentación constituye un pilar fundamental para la salud. Asimismo, se está adquiriendo una mayor conciencia acerca del impacto positivo que pueden generar las producciones agrícolas sostenibles o amigables con el medio ambiente, tanto en la comunidad como en el entorno, sin considerar los posibles costos adicionales que esto pudiera implicar.

Esta transformación no solo se limita a la calidad de los productos, sino que también abarca una dimensión de responsabilidad social, pues los agricultores desempeñan un papel esencial en esta dinámica, contribuyendo no solo a la calidad de vida propia, sino también a la de sus comunidades. La garantía de este enfoque se logra al adquirir productos que ostenten un sello internacional, el cual no solo promueve el bienestar individual, sino que también tiene en cuenta el beneficio colectivo.

En conclusión, las demandas comunes para la exportación de pasifloras incluyen cumplir con la normativa fitosanitaria, implementar prácticas de buenas prácticas agrícolas y garantizar la seguridad alimentaria. Los LMR y las certificaciones como Global G.A.P., entre otras ya mencionadas, son aspectos esenciales en este proceso. Estas exigencias no solo aseguran el acceso a los mercados internacionales, sino que también fomentan una producción más sostenible, alineada con los valores y expectativas de los consumidores y autoridades.

Referencias

- Ahmad, A., Shafique, S., & Shafique, S. (2014). Intracellular interactions involved in induced systemic resistance in tomato. *Scientia Horticulturae*, 176, 127-133. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.07.004>
- Alexandre, R. S., Costa, P. R., Chagas, K., Mayrinck, L. G., Giles, J. A. D., & Schmildt, E. R. (2016). Different propagules and auxin concentration on rooting of passionflower sandbank. *Revista Ceres*, 63(5), 691-697. <https://doi.org/10.1590/0034-737x201663050014>
- Alizadeh, H., Behboudi, K., Ahmadzadeh, M., Javan-Nikkhah, M., Zamioudis, C., Pieterse, C. M. J., & Bakker, P. A. H. M. (2013). Induced systemic resistance in cucumber and *Arabidopsis thaliana* by the combination of *Trichoderma harzianum* Tr6 and *Pseudomonas* sp. Ps14. *Biological Control*, 65(1), 14-23. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.01.009>
- An, R., Orellana, D., Phelan, L. P., Cañas, L., & Grewal, P. S. (2016). Entomopathogenic nematodes induce systemic resistance in tomato against *Spodoptera exigua*, *Bemisia tabaci* and *Pseudomonas syringae*. *Biological Control*, 93, 24-29. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.11.001>
- Analdex. (2022). *Informe de las exportaciones colombianas de frutas 2022*. Dirección de Asuntos Económicos. <https://www.analdex.org/2023/04/20/informe-de-las-exportaciones-colombianas-de-frutas-2022/>
- Andreazza, F., Bernardi, D., dos Santos, R. S. S., Garcia, F. R. M., Oliveira, E. E., Botton, M., & Nava, D. E. (2017). *Drosophila suzukii* in Southern Neotropical Region: Current Status and Future Perspectives. En *Neotropical Entomology* 46(6). <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0554-7>
- Anthony, P., Otoni, W., Power, J. B., Lowe, K. C., & Davey, M. R. (1999). Protoplast Isolation, Culture, and Plant Regeneration from *Passiflora*. En R. D. Hall (Ed.), *Plant Cell Culture Protocols* (pp. 169-181). Humana Press. <https://doi.org/10.1385/1-59259-583-9:169>
- Antognoni, F., Zheng, S., Pagnucco, C., Baraldi, R., Poli, F., & Biondi, S. (2007). Induction of flavonoid production by UV-B radiation in *Passiflora quadrangularis* callus cultures. *Fitoterapia*, 78(5), 345-352. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fitote.2007.02.001>
- Araya, S., Martins, A. M., Junqueira, N. T. V., Costa, A. M., Faleiro, F. G., & Ferreira, M. E. (2017). Microsatellite marker development by partial sequencing of the sour passion fruit genome (*Passiflora edulis* Sims). *BMC Genomics*, 18(1), 549.

- <https://doi.org/10.1186/s12864-017-3881-5>
- Asaf, S., Khan, M. A., Khan, A. L., Waqas, M., Shahzad, R., Kim, A. Y., Kang, S. M., & Lee, I. J. (2017). Bacterial endophytes from arid land plants regulate endogenous hormone content and promote growth in crop plants: An example of *Sphingomonas* sp. and *Serratia marcescens*. *Journal of Plant Interactions*, 12(1), 31-38. <https://doi.org/10.1080/17429145.2016.1274060>
- Asande, L. K., Omwoyo, R. O., Oduor, R. O., & Nyaboga, E. N. (2020a). A simple and fast *Agrobacterium*-mediated transformation system for passion fruit KPF4 (*Passiflora edulis* f. *edulis* × *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). *Plant Methods*, 16(1), 141. <https://doi.org/10.1186/s13007-020-00684-4>
- Asande, L. K., Omwoyo, R. O., Oduor, R. O., & Nyaboga, E. N. (2020b). A simple and fast *Agrobacterium*-mediated transformation system for passion fruit KPF4 (*Passiflora edulis* f. *edulis* × *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). *Plant Methods*, 16(1), 141. <https://doi.org/10.1186/s13007-020-00684-4>
- Bailey, M., Sarkhosh, A., Rezazadeh, A., Anderson, J., Chambers, A., Crane, J., & Clavijo-Herrera, J. (2021). El maracuyá en Florida. *EDIS*, 2021(5). <https://doi.org/10.32473/edis-hs1421-2021>
- Barbosa, L. V., Mondin, M., Oliveira, C. A., Souza, A. P., & Vieira, M. L. C. (2007). Cytological behaviour of the somatic hybrids *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* + *P. cincinnata*. *Plant Breeding*, 126(3), 323-328. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2007.01362.x>
- Bastidas, J. S., Devia, E. H. V., & Amaya, Ó. S. (2010). Cría y evaluación de la capacidad de depredación de *Chrysoperla externa* sobre *Neohydatothrips signifer*, trips plaga del cultivo de maracuyá. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 11(1). https://doi.org/10.21930/rcta.vol11_num1_art:192
- Bennardo, L. E., Kreiman, L. E., Gandini, L. M., Rondón, J. J., Turdera, L., Hurtado, J., & Hasson, E. (2021). First record of spotted-wing drosophila *drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Martín García island wildlife refuge, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 80(3). <https://doi.org/10.25085/rsea.800309>
- Bernal Durán, C. (2022, mayo 13). La gulupa ya es la tercera fruta que más exporta Colombia. *Revista Forbes*.
- Bisson, M. M., & Groth, G. (2011). New paradigm in ethylene signaling: EIN2, the central regulator of the signaling pathway, interacts directly with the upstream receptors. *Plant signaling & behavior*, 6(1), 164-166.

- Bustillo, A., & Sánchez, G. (1977). *Los áfidos en Colombia: plagas que afectan los cultivos agrícolas de importancia económica* (Produmedios, Ed.; 1a ed.). ICA; Colciencias. CAB Internacional.
- (2018). *Tetranychus urticae* (two-spotted spider mite). <http://www.cabi.org/isc/datasheet/53366>. Fecha de consulta 02/06/2023
- Camargo, J., Pedro, S., & Melo, G. (2023). *Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version*. Moure, J. S., Urban, D. & Melo, G. A. R. (Orgs). <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>
- Cardona, D., Higueta, M., Posada, J., Gallo, Y., Marín, M., & Gutiérrez, P. (2022). Viruses infecting purple passion fruit (*Passiflora edulis* f. *edulis*) in southwestern Antioquia, Colombia. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 55(12), 1394-1409. <https://doi.org/10.1080/03235408.2022.2098588>
- Cardona, D., Restrepo, A., Higueta, M., Gallo, Y., Marín, M., & Gutiérrez, P. (2022). Natural infection of purple passion fruit (*Passiflora edulis* f. *edulis*) by a novel member of the family Tymoviridae in Colombia. *Acta virologica*, 66(03), 254-262. https://doi.org/10.4149/av_2022_310
- Carter, D. (1992). *Butterflies and moths* (1a ed.). Dorling Kindersley.
- Castilho Boro, M., Beriam, L., & Guzzo, S. (2011). Induced resistance against *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae* in passion fruit plants. *Tropical plant pathology*, 36(2), 74-80.
- Castillo, N. R., Ambachew, D., Melgarejo, L. M., & Blair, M. W. (2020). Morphological and Agronomic Variability among Cultivars, Landraces, and Genebank Accessions of Purple Passion Fruit, *Passiflora edulis* f. *edulis*. *HortScience*, 55(6), 768-777. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14553-19>
- Castro, Á., Korytkowski, C., Ebratt, E., Santamaría, M., & Brochero, H. (2012). *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín* New Records of *Dasiops* spp (Diptera: Lonchaeidae) Associated with *Passiflora* Grown in Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 65(2), 6687-6696. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179925831016>

- Cerqueira-Silva C, S. E. J. O. V. J. M. G. C. R. S. A. (2014). Molecular genetic variability of commercial and wild accessions of passion fruit (*Passiflora* spp.) targeting ex situ conservation and breeding. *Int J Mol Sci*, 12(Dec 10;15(12): 22933-22959.
- Chavarría-Perez, L. M., Giordani, W., Dias, K. O. G., Costa, Z. P., Ribeiro, C. A. M., Benedetti, A. R., Cauz-Santos, L. A., Pereira, G. S., Rosa, J. R. B. F., Garcia, A. A. F., & Vieira, M. L. C. (2020). Improving yield and fruit quality traits in sweet passion fruit: Evidence for genotype by environment interaction and selection of promising genotypes. *PLOS ONE*, 15(5), e0232818. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232818>
- Chen, F. P., Xu, X. Y., Luo, Z., Chen, Y., Xu, Y., & Xiao, G. (2018). Effect of high O₂ atmosphere packaging on postharvest quality of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(9), e13749. <https://doi.org/10.1111/JFPP.13749>
- Chen, H., Li, S., Jiang, X., Zheng, J., Chen, H., Guo, F., & Zheng, Z. (2022). Effects of fish skin gelatin-chitosan composite coating film on the preservation of passion (*Passiflora caerulea* L.) fruit. *Food and Fermentation Industries*, 48(18), 134-141. <https://doi.org/10.13995/J.CNKI.11-1802/TS.03209>
- Chen, Y. H., Lee, P. C., & Huang, T. P. (2021). Biological control of collar rot on passion fruits via induction of apoptosis in the collar rot pathogen by *Bacillus subtilis*. *Phytopathology*, 111(4). <https://doi.org/10.1094/PHYTO-02-20-0044-R>
- Childers, C. C., French, J. V., & Rodrigues, J. C. V. (2003). *Brevipalpus californicus*, *B. obovatus*, *B. phoenicis*, and *B. lewisi* (Acari: Tenuipalpidae): A review of their biology, feeding injury and economic importance. En *Experimental and Applied Acarology* (Vol. 30, Números 1–3). <https://doi.org/10.1023/B:APPA.0000006543.34042.b4>
- Chowdhury, S. P., Uhl, J., Grosch, R., Alquéres, S., Pittroff, S., Dietel, K., Schmitt-Kopplin, P., Borriss, R., & Hartmann, A. (2015). Cyclic Lipopeptides of *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* Colonizing the Lettuce Rhizosphere Enhance Plant Defense Responses Toward the Bottom Rot Pathogen *Rhizoctonia Solani*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*®, 28(9), 984-995. <https://doi.org/10.1094/MPMI-03-15-0066-R>

- Correa, M. F., Pinto, A. P. C., Rezende, J. A. M., Harakava, R., & Mendes, B. M. J. (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(4), 813-821. <https://doi.org/10.1007/s10658-015-0733-5>
- Cubillos-Hinojosa, J., Valero, N., & Mejía, L. (2008). Trichoderma harzianum como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis var. flavicarpa Degener*). *Agronomía Colombiana*, 27(1), 81-86. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652009000100011&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Cueva-Yesquén, L. G., Goulart, M. C., Attili de Angelis, D., Nopper Alves, M., & Fantinatti-Garboggini, F. (2021). Multiple Plant Growth-Promotion Traits in Endophytic Bacteria Retrieved in the Vegetative Stage From Passionflower. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.621740>
- da Costa, Z. P., Munhoz, C. de F., & Vieira, M. L. C. (2017). Report on the development of putative functional SSR and SNP markers in passion fruits. *BMC Research Notes*, 10(1), 445. <https://doi.org/10.1186/s13104-017-2771-x>
- da Silva, M. H. R., Cueva-Yesquén, L. G., Júnior, S. B., Garcia, V. L., Sartoratto, A., de Angelis, D. de F., & de Angelis, D. A. (2020). Endophytic fungi from *Passiflora incarnata*: an antioxidant compound source. *Archives of Microbiology*, 202(10), 2779-2789. <https://doi.org/10.1007/s00203-020-02001-y>
- Daniels, J. C. (2009). Gulf Fritillary Butterfly, *Agraulis vanillae* (Linnaeus) (Insecta: Lepidoptera: Nymphalidae). *EDIS*, 2009(2). <https://doi.org/10.32473/edis-in804-2009>
- Davey, M. R., Anthony, P., Power, J. B., & Lowe, K. C. (2006). Isolation, Culture, and Plant Regeneration From Leaf Protoplasts of *Passiflora*. En V. M. Loyola-Vargas & F. Vázquez-Flota (Eds.), *Plant Cell Culture Protocols* (pp. 201–210). Humana Press. <https://doi.org/10.1385/1-59259-959-1:201>
- Delfino, M. A. (2005). Inventario de las asociaciones áfido-planta en el Perú. *Ecología Aplicada*, 411(14).

- Delgado, A., Imbachi, K., & Takumasa, K. (2010). Reporte de una mosca del género *Neosilba* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae) asociada a la pudrición basal del fruto de la pitaya amarilla, *Selenicereus megalanthus* (k. schum. ex vaupel) moran en Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 11(1), 31-33.
- dos Santos, I. S., Lima, L. K. S., Sampaio, S. R., Soares, T. L., & de Jesus, O. N. (2021). Phenological precocity and resistance to CABMV in passion fruit progenies of the third generation backcross [(*P. edulis* × *P. cincinnata*) × *P. edulis*]. *Euphytica*, 217(6), 112. <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02842-8>
- Duarte, L. C., Mota, L. C. B. M., & Tebaldi, N. D. (2022). Detecção de *Xanthomonas campestris* pv. *passiflorae* em sementes de maracujá. *Summa Phytopathologica*, 48(2), 78–80. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/243122>
- El-Ramady, H. R., Domokos-Szabolcsy, É., Abdalla, N. A., Taha, H. S., & Fári, M. (2015). Postharvest Management of Fruits and Vegetables Storage. En E. Lichtfouse (Ed.), *Sustainable Agriculture Reviews* (Vol. 15, pp. 65-152). Springer, Cham.
- Enebe, M. C., & Babalola, O. O. (2019). The impact of microbes in the orchestration of plants' resistance to biotic stress: a disease management approach. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(1), 9–25. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9433-3>
- Estrada Rudas, C. (2022). *Colombia, líder en producción de frutas exóticas con la gulupa como la más exportada*. Agronegocios.
- FAO. (2021). *Límites máximos de residuos (LMR)*. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/maximum-residue-limits/es/>
- Ferreira, P. S. F., & Tebaldi, N. D. (2019). Métodos de inoculação de *Xanthomonas campestris* pv. *passiflorae* em maracujazeiro e biofertilizantes na inibição do crescimento bacteriano in vitro. *Summa Phytopathologica*, 45(2), 207-209. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/185793>

- Fischer, G., Casierra-Posada, F., & Piedrahíta, W. (2009). Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. *Cultivo, poscosecha y comercialización de las Pasifloráceas en Colombia: Maracuyá, Granadilla, Gulupa y Curuba*, 26, 45-67.
- Flórez, L. M., Pérez, L. V., & Melgarejo, L. M. (2012). Manual calendario fenológico y fisiología del crecimiento y desarrollo del fruto de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) de tres localidades del departamento de cundinamarca. En *Ecofisiología del cultivo de la gulupa (Passiflora edulis Sims)*. Universidad Nacional de Colombia.
- García Muñoz, M. C. (2008). *Manual de manejo cosecha y poscosecha de granadilla*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica – Subdirección de Investigación y Transferencia de Tecnología.
- García RO, P. G. V. M. M. E. (2011). *In vitro* conservation of *Passiflora suberosa* L.: slow growth and cryopreservation. *Cryo Letters*, 5, 377-388.
- Gioria, R., Espinha, L. M., Rezende, J. A. M., Gaspar, J. O., & Kitajima, E. W. (2002). Limited movement of Cucumber mosaic virus (CMV) in yellow passion flower in Brazil. *Plant Pathology*, 51(2), 127-133.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2002.00678.x>
- Glick, B. R., & Gamalero, E. (2021). Recent Developments in the Study of Plant Microbiomes. *Microorganisms*, 9(7), 1533.
<https://doi.org/10.3390/microorganisms9071533>
- Gonzalez, V. H., Gonzalez, M. M., & Cuellar, Y. (2009). Notas biológicas y taxonómicas sobre los abejorros del maracuyá del género *Xylocopa* (hymenoptera: Apidae, Xylocopini) en Colombia. *Acta Biologica Colombiana*, 14(2).
- Goulart, M. C., Cueva-Yesquén, L. G., Hidalgo Martinez, K. J., Attili-Angelis, D., & Fantinatti-Garboggini, F. (2019). Comparison of specific endophytic bacterial communities in different developmental stages of *Passiflora incarnata* using culture-dependent and culture-independent analysis. *Microbiology Open*, 8(10).
<https://doi.org/10.1002/mbo3.896>

- Guarín, H., Peláez, G., & Galeano, A. (2003). Hospederos, enemigos naturales e insectos asociados a cultivos susceptibles a Trips palmi. Guía para agricultores. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Regional Cuatro, Centro de investigación La Selva, 24.
- Guo, X., Lin, Y., Lin, H., Li, Q., Duan, R., & Zhu, W. (2021). Effect of Chitosan Treatment on Disease Index, Disease Resistant-Related Enzyme Activities and Disease Resistance-Related Substance Contents in *Passiflora caerulea* L. Fruit during Storage. *Shipin Kexue/Food Science*, 42(15), 206-212.
- Hammond, G., & Blankenship, M. (2009). *Apis mellifera* (On-line), Animal Diversity Web. https://animaldiversity.org/accounts/Apis_mellifera/
- Hernández Ortiz, J. A. (2020). *aislamiento y caracterización de hongos entomopatógenos para el control de Dasiops sp., en el cultivo de gulupa (Passiflora edulis f. edulis sims) en Arbeláez, Cundinamarca [Trabajo de grado como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad de Cundinamarca.*
- Hieno, A., Naznin, H. A., Hyakumachi, M., Higuchi-Takeuchi, M., Matsui, M., & Yamamoto, Y. Y. (2016). Possible Involvement of MYB44-Mediated Stomatal Regulation in Systemic Resistance Induced by *Penicillium simplicissimum* GP17-2 in *Arabidopsis*. *Microbes and environments*, 31(2), 154–159. <https://doi.org/10.1264/jsme2.ME16025>
- Hoyos-Carvajal, L., Benítez, S., Castillo, S. Y., Farfán-Cáceres, L. M., & De Leon, W. (2011). Proceso infectivo de la mancha de aceite causada por *Xanthomonas axonopodis* en gulupa (*Passiflora edulis* Sims)*. *Fitopatología Colombiana*, 35(2), 57–62.
- ICA. (2021, enero 21). *EICA actualizó normatividad para el registro de viveros en el país.* ICA noticias.
- Jaramillo, J., & Zuluaga, J. (2015). Cartilla para el manejo integrado de plagas en cultivos de uchuva y gulupa. En *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Antioquia; Corporación para Investigaciones Biológicas*. Cartilla para el manejo integrado de plagas en cultivos de uchuva y gulupa.

- Jaramillo Mesa, H., Marín Montoya, M. A., & Gutiérrez Sánchez, P. (2019). Complete genome sequence of a Passion fruit yellow mosaic virus (PFYMV) isolate infecting purple passionfruit (*Passiflora edulis* f. *edulis*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 72(1), 8643-8654. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n1.69438>
- Jiang, C.-H., Fan, Z.-H., Xie, P., & Guo, J.-H. (2016). Bacillus cereus AR156 Extracellular Polysaccharides Served as a Novel Micro-associated Molecular Pattern to Induced Systemic Immunity to Pst DC3000 in Arabidopsis. *Frontiers in Microbiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00664>
- Jiménez, S. F., Pérez, L., Toro, M., Granda, C., Mateo, A., Sariol, H., Rodríguez, E., Pérez, R., Jimenez, R., Perez-Alejo, A., & Vazquez, R. (2006). Dispersion, distribución actual y nuevos reservorios de *Frankliniella schultzei* trybom (Thysanoptera: Thripidae) en Cuba. *Fitosanidad*, 10(4).
- Jiménez, Y., Carranza, C., & Rodríguez, M. (2009). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (D. Miranda, G. Fischer, C. Carranza, S. Magnitskiy, F. Casierra, W. Piedrahíta, & L. Flórez, Eds.; 1a ed.). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas.
- Junior, E. M., Rosado, L. D. S., Costa, A. C., Caixeta, E. T., & dos Santos, C. E. M. (2023). Full-sib progenies show greater genetic diversity than half-sib progenies in sour passion fruit: an approach by ssr markers. *Molecular Biology Reports*, 50(5), 4133-4144. <https://doi.org/10.1007/s11033-023-08340-5>
- Khare, E., Mishra, J., & Arora, N. K. (2018). Multifaceted interactions between endophytes and plant: Developments and Prospects. *Frontiers in Microbiology*, 9(NOV), 1-12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02732>
- Khoa, N. Đ., Xạ, T. V., & Hào, L. T. (2017). Disease-reducing effects of aqueous leaf extract of *Kalanchoe pinnata* on rice bacterial leaf blight caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* involve induced resistance. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 100, 57-66. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2017.06.005>

- Köhl, J., Kolnaar, R., & Ravensberg, W. J. (2019). Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: Relevance beyond efficacy. En *Frontiers in Plant Science* (Vol. 10). <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00845>
- Kumar, B. L., & Gopal, D. V. R. S. (2015). Effective role of indigenous microorganisms for sustainable environment. En *3 Biotech* 5(6). <https://doi.org/10.1007/s13205-015-0293-6>
- Kwon, J.-H., Kang, D.-W., Kim, S.-R., & Kim, J. (2016). First Report of Gray Mold Caused by *Botrytis cinerea* on *Passiflora edulis* in Korea. *Plant Disease*, 100(7), 1504-1504. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-15-1420-PDN>
- Leon, G. A., Realpe, C. E., Garzon, P. A., Rodriguez, J. A., Moreno P., M. G., Childers, C. C., Achor, D., Freitas-Astua, J., Antonioli-Luizon, R., Salaroli, R. B., Mesa C., N. C., & Kitajima, E. W. (2006). Occurrence of Citrus leprosis virus in Llanos Orientales, Colombia. *Plant Disease*, 90(5). <https://doi.org/10.1094/pd-90-0682c>
- Loaiza I, M. N. V. A. (2020). Selection of somaclonal variants of maracuyá (*passiflora Edulis* var *Flavicarpa*. Deneger) tolerants to water deficit. *Rev. colomb. biotecnol* , 2(22), 44–52.
- Lowe, K. C., Anthony, P., Davey, M. R., & Power, J. B. (1999). Culture of Cells at Perfluorocarbon-Aqueous Interfaces. *Artificial Cells, Blood Substitutes, and Biotechnology*, 27(3), 255-261. <https://doi.org/10.3109/10731199909117698>
- Manicom, B., Ruggiero, C., Ploetz, R. C., & Goes, A. @de. (2003). Diseases of passion fruit. En *Diseases of tropical fruit crops*. <https://doi.org/10.1079/9780851993904.0413>
- Markow, T. A., & O'Grady, P. M. (2005). *Drosophila*: A Guide to Species Identification and Use. En *Drosophila: A Guide to Species Identification and Use*.
- Martinuz, A., Schouten, A., Menjivar, R. D., & Sikora, R. A. (2012). Effectiveness of systemic resistance toward *Aphis gossypii* (Hom., Aphididae) as induced by combined applications of the endophytes *Fusarium oxysporum* Fo162 and *Rhizobium etli* G12. *Biological Control*, 62(3), 206-212. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.05.006>
- Medina-Gutiérrez, J., Ospina-Torres, R., & Nates-Parra, G. (2012). Efectos de la variación

- Miranda-Casierra, Diego Fischer, G., Carranza, Carlos Magnitskiy, S., Casierra, F., altitudinal sobre la polinización en cultivos de gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis*). En *Acta Biologica Colombiana* (Vol. 17, Número 2).
- Melgarejo, L. M. (2015). Granadilla (*Passiflora ligularis* Juss): Caracterización Ecofisiologica del Cultivo. En *Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants*.
- Melo, C. A. F., Silva, G. S., & Souza, M. M. (2015). Establishment of the genomic in situ hybridization (GISH) technique for analysis in interspecific hybrids of *Passiflora*. *Genetics and Molecular Research*, 14(1), 2176-2188. <https://doi.org/10.4238/2015.March.27.4>
- Melo, C. A. F., Souza, M. M., Sousa, A. G. R., Viana, A. P., & Santos, E. A. (2015). Multivariate analysis of backcross progeny of *Passiflora* L. (Passifloraceae) for pre-breeding genotype selection. *Genetics and Molecular Research*, 14(4), 15376-15389. <https://doi.org/10.4238/2015.November.30.15>
- Merhy T, V. M. G. R. P. G. M. E. (2014). Cryopreservation of *Passiflora pohlii* nodal segments and assessment of genetic stability of regenerated plants. *Cryo Letters*, 3(May-Jun;35), 204-215.
- Meziane, H., Van Der Sluis, I., Van Loon, L. C., Höfte, M., & Bakker, P. A. (2005). Determinants of *Pseudomonas putida* WCS358 involved in inducing systemic resistance in plants. *Pathology vegetal Molecular*, 6(2), 177-185. <https://doi.org/doi:10.1111/j.1364-3703.2005.00276.x>.
- Michelle, D. (2022). *Caracterización molecular de virus en cultivos de uchuva (Physalis peruviana) y gulupa (Passiflora edulis f. edulis) en el Suroeste de Antioquia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Minh, N. P., Yen Nhi, T. T., Nguyen, N. T., Luan, T. M., & Mai, P. X. (2019). Effectiveness of edible coating to preservation of passion fruit. *Journal of Global Pharma Technology*, 11(1), 1-8.
- Ministerio de Comercio Industria y Turismo. (2023, febrero 1). *El 2022 fue un año histórico para las exportaciones de bienes no minero energéticos*. Noticia de Comercio. <https://www.mincit.gov.co/prensa/noticias/comercio/2022-ano-historico-para-exportaciones-nme>

- O'Brien, A. M., Ginnan, N. A., Rebolleda-Gómez, M., & Wagner, M. R. (2021). Piedrahíta, W., & Flórez, L. E. (2009). Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. En *Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas*.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Mohammadi, M. A., Wai, M. H., Rizwan, H. M., Qarluq, A. Q., Xu, M., Wang, L., Cheng, Y., Aslam, M., Zheng, P., Wang, X., Zhang, W., & Qin, Y. (2023). Advances in micropropagation, somatic embryogenesis, somatic hybridizations, genetic transformation and cryopreservation for *Passiflora* improvement. *Plant Methods*, 19(1), 50.
<https://doi.org/10.1186/s13007-023-01030-0>
- Mora, H., & Benavidez, M. (2009). *Plagas de importancia económica asociadas a las pasifloras y su manejo en Colombia*. 245-256.
- Morales-Payan, J. P. (2022). Yellow passionfruit conservation for the fresh market as affected by postharvest wax and cytokinin treatments. *Acta Horticulturae*, 1344, 245-248. <https://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.2022.1344.36>
- Moreira Ribeiro, R., Pio Viana, A., Azevedo Santos, E., Lima Rodrigues, D., & da Costa Preisigke, S. (2019). Breeding Passion Fruit Populations - Review and Perspectives. *Functional Plant Breeding Journal*, 1(1), 16-29.
<https://doi.org/10.35418/2526-4117/v1n1a2>
- Nadarajan, J., & Pritchard, H. W. (2014). Biophysical Characteristics of Successful Oilseed Embryo Cryoprotection and Cryopreservation Using Vacuum Infiltration Vitrification: An Innovation in Plant Cell Preservation. *PLOS ONE*, 9(5), e96169-. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0096169>
- Núñez, E. (1988). Ciclo biológico y crianza de *Chrysoperla externa* y *Ceraeochrysa cincta*, (Neuroptera, Chrysopidae). *Revista Peruana de Entomología*, 31(1).
- Nxumalo, K. A., & Fawole, O. A. (2022). Effects of chitosan coatings fused with medicinal plant extracts on postharvest quality and storage stability of purple passion fruit (*Passiflora edulis* var. *Ester*). *Food Quality and Safety*, 6.
<https://doi.org/10.1093/FQSAFE/FYAC016>

- PGirardi, E. A. (2019a). Initial vegetative growth and survival analysis for the Microbial effects on plant phenology and fitness. *American Journal of Botany*, 108(10), 1824-1837. <https://doi.org/10.1002/ajb2.1743>
- Orozco, C. (2022). *Sistema Europeo de Límites Máximos de Residuos de Plaguicidas y su Impacto en la Oferta Exportable Colombiana*.
- Ortiz-Paz, R. A., Guzmán-Piedrahita, Ó. A., & Ocampo, J. A. (2012). Identificación de nematodos fitoparásitos en el Banco de Germoplasma de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) en Colombia. *Acta Agronómica*, 61(4), 295-304. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-2812201200400001&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Ospina, M. (2000). Abejas Carpinteras (Hymenoptera: Apidae: Xylocopinae: Xylocopini) de la Región Neotropical. *Biota Colombiana*, 3(1), 239-252.
- Padilla, G. D., Yzquierdo, G. A. R., Montana, L., Salas, T. C. M., Basso, C., & Montesuma, M. A. A. (2020). Efecto de la aplicación de bioestimulantes y Trichoderma sobre el crecimiento en plántulas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) en vivero. *Bioagro*, 32(3), 195-204.
- Palumbo, M., Attolico, G., Capozzi, V., Cozzolino, R., Corvino, A., de Chiara, M. L. V., Pace, B., Pelosi, S., Ricci, I., Romaniello, R., & Cefola, M. (2022). Emerging Postharvest Technologies to Enhance the Shelf-Life of Fruit and Vegetables: An Overview. *Foods* 2022, Vol. 11, Page 3925, 11(23), 3925. <https://doi.org/10.3390/FOODS11233925>
- Pamponét, V. C. C., Souza, M. M., Silva, G. S., Micheli, F., de Melo, C. A. F., de Oliveira, S. G., Costa, E. A., & Corrêa, R. X. (2019). Low coverage sequencing for repetitive DNA analysis in *Passiflora edulis* Sims: citogenomic characterization of transposable elements and satellite DNA. *BMC Genomics*, 20(1), 262. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-5576-6>
- Patiño-Pacheco, M. J., & Pérez-Cardona, O. Y. (2021). Evaluación de la resistencia de genotipos de Passifloras a *Fusarium solani* fsp. *passiflorae* en granadilla. *Entramado*, 17(2).

- Rinaldi, M. M., Dianese, A. de C., Costa, A. M., Assis, D. F. de O. da S., de Oliveira, assessment of Fusarium wilt resistance in *Passiflora* spp. *Crop Protection*, 121, 195-203. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.03.018>
- Pérez Martínez, L., Melgarejo, L., Flórez Gutiérrez, L., Cruz Aguilar, M., Hernández, M., Hoyos Carvajal, L., Guerrero, E., Potosí, C., Valeryevich Magnitskiy, S., Velásquez Villamil, J., Nates Parra, M., Ospina Torres, R., Amaya Márquez, M., Ángel Coca, C., & Medina, J. (2012). *Ecofisiología del cultivo de la gulupa (Passiflora edulis Sims)*. Universidad Nacional de Colombia.
- Pipino, L., Braglia, L., Giovannini, A., Fascella, G., & Mercuri, A. (2010). In Vitro Regeneration and Multiplication of *Passiflora* Hybrid “Guglielmo Betto”. En S. M. Jain & S. J. Ochatt (Eds.), *Protocols for In Vitro Propagation of Ornamental Plants* (pp. 153-162). Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-60327-114-1_15
- Pongener, A., Sagar, V., Pal, R. K., Asrey, R., Sharma, R. R., & Singh, S. K. (2014). Physiological and quality changes during postharvest ripening of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) . *Fruits*, 69(1). <https://doi.org/10.1051/fruits/2013097>
- Procomer. (2019). Cosecha de Maracuyá - Manual Técnico. *Bid*, 2.
- Ramaiya, S. D., Bujang, J. S., & Zakaria, M. H. (2014). Genetic Diversity in *Passiflora* Species Assessed by Morphological and ITS Sequence Analysis. *The Scientific World Journal*, 2014, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2014/598313>
- Ramírez, H., Bonilla, O., Ocampo, J., & Wyckhuys, K. (2012). *Tecnología para el cultivo de la Gulupa en Colombia (Passiflora edulis f. edulis Sims): purple passion fruit* (J. Ocampo & K. Wyckhuys, Eds.; 1a ed., Vol. 1). Centro de Bio-Sistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Ramos, J. M., & Carvalho, N. (2007). Estudo morfológico e biológico das fases de desenvolvimento de *Apis mellifera*. *Revista Científica Eletrônica De Engenharia Florestal*, 10(Vi).
- Rasmussen, C., & Delgado, C. (2019). *Abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) en Loreto, Perú* (D. Silva & M. Martín, Eds.; 1a ed.). Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.
- Ribeiro, C. (2021). *Estudo Taxonômico de Trigona JURINE, 1807 (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) na Amazônia Brasileira*. Instituto Nacional de pesquisas da Amazônia.

- Romero-Serrano, A., & Pereira, J. (2020). Estado del arte: Quitosano, un biomaterial T. A. R., & Assis, S. F. de O. (2019). Post-harvest conservation of *Passiflora alata* fruits under ambient and refrigerated condition. *Food Science and Technology*, 39(4), 889-896. <https://doi.org/10.1590/FST.14018>
- Ríos, A. F., & Martínez, Y. P. (2014). *Caracterización agromorfológica de 31 accesiones de Gulupa (Passiflora edulis f. edulis Sims) en la Granja Tesorito de la Universidad de Caldas*. Universidad de Caldas.
- Rizwan, H. M., Yang, Q., Yousef, A. F., Zhang, X., Sharif, Y., Kaijie, J., Shi, M., Li, H., Munir, N., Yang, X., Wei, X., Oelmüller, R., Cheng, C., & Chen, F. (2021). Establishment of a Novel and Efficient Agrobacterium-Mediated in Planta Transformation System for Passion Fruit (*Passiflora edulis*). *Plants*, 10(11), 2459. <https://doi.org/10.3390/plants10112459>
- Rizwan, H. M., Zhimin, L., Harsonowati, W., Waheed, A., Qiang, Y., Yousef, A. F., Munir, N., Wei, X., Scholz, S. S., Reichelt, M., Oelmüller, R., & Chen, F. (2021). Identification of fungal pathogens to control postharvest passion fruit (*Passiflora edulis*) decays and multi-omics comparative pathway analysis reveals purple is more resistant to pathogens than a yellow cultivar. *Journal of Fungi*, 7(10), 879. <https://doi.org/10.3390/JOF7100879/S1>.
- Rocha, D. I., Pinto, D. L. P., Vieira, L. M., Tanaka, F. A. O., Dornelas, M. C., & Otoni, W. C. (2016). Cellular and molecular changes associated with competence acquisition during passion fruit somatic embryogenesis: ultrastructural characterization and analysis of SERK gene expression. *Protoplasma*, 253(2), 595-609. <https://doi.org/10.1007/s00709-015-0837-y>
- Rodrigues, J. C. V., Kitajima, E. W., Childers, C. C., & Chagas, C. M. (2003). Citrus leprosis virus vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) on citrus in Brazil. En *Experimental and Applied Acarology* 30(1-3). <https://doi.org/10.1023/B:APPA.0000006547.76802.6e>
- Rojas-Gracia, P. (2017). Aspectos Técnicos en el Manejo de Cosecha y Poscosecha de Passifloras. Asohofrucol.
- Romera, F. J., García, M. J., Lucena, C., Martínez-Medina, A., Aparicio, M. A., Ramos, J., Alcántara, E., Angulo, M., & Pérez-Vicente, R. (2019). Induced Systemic Resistance (ISR) and Fe Deficiency Responses in Dicot Plants. *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00287>
- Romero Alva, D. A., Pérez Tesén, E., Calderón Arias, C., & Neira de Perales, M. E. (2019). Especies de Chrysopidae (Insecta: Neuroptera) asociados al cultivo de maíz amarillo duro en el departamento de Lambayeque. *Agroindustrial Science*, 9(2).

- Romero-Serrano, A., & Pereira, J. (2020). Estado del arte: Quitosano, un biomaterial versátil. Estado del Arte desde su obtención a sus múltiples aplicaciones. *Revista Ingeniería UC*, 27(2), 118-135.
- Rosado, A. W. C., Custódio, F. A., Pinho, D. B., Ferreira, A. P. S., & Pereira, O. L. (2019). Cladosporium species associated with disease symptoms on *Passiflora edulis* and other crops in Brazil, with descriptions of two new species. *Phytotaxa*, 409(5), 239-260. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.409.5.1>
- Runquist, E. B., Forister, M. L., & Shapiro, A. M. (2012). Phylogeography at large spatial scales: Incongruent patterns of population structure and demography of Pan-American butterflies associated with weedy habitats. *Journal of Biogeography*, 39(2). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02584.x>.
- Sader, M. A., Dias, Y., Costa, Z. P., Munhoz, C., Penha, H., Bergès, H., Vieira, M. L. C., & Pedrosa-Harand, A. (2019). Identification of passion fruit (*Passiflora edulis*) chromosomes using BAC-FISH. *Chromosome Research*, 27(4), 299-311. <https://doi.org/10.1007/s10577-019-09614-0>
- Salas-Marina, M. A., Isordia-Jasso, M. I., Islas-Osuna, M. A., Delgado-Sánchez, P., Jimenez-Bremont, J. F., Rodríguez-Kessler, M., Rosales-Saavedra, M. T., Herrera-Estrella, A., & Casas-Flores, S. (2015). The Epl1 and Sm1 proteins from *Trichoderma atroviride* and *Trichoderma virens* differentially modulate systemic disease resistance against different life style pathogens in *Solanum lycopersicum*. *Frontiers in Plant Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00077>
- Salazar, A. H., Silva, D. F. P., Picoli, E. T., & Bruckner, C. H. (2016). Desenvolvimento, florescimento e análise morfoanatômica do maracujazeiro-amarelo enxertado em espécies silvestres do gênero passiflora. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, 11(4), 323-329. <https://doi.org/10.5039/agraria.v11i4a5401>
- Sanches Santos, M., Casarotti Orlandelli, R., Polonio, J., dos Santos Ribeiro, M., Sarragiotto, M., Azevedo, J., & Alencar Pamphile, J. (2017). Endophytes isolated from passion fruit plants: molecular identification, chemical characterization and antibacterial activity of secondary metabolites. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 7(4), 38-43. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2017.70405>
- Santos, E. A., Viana, A. P., Freitas, J. C. O., Souza, M. M., Paiva, C. L., Rodrigues, D. L., & Tavares, R. F. (2014). Phenotyping of *Passiflora edulis*, *P. setacea*, and their hybrids by a multivariate approach. *Genetics and Molecular Research*, 13(4), 9828-9845. <https://doi.org/10.4238/2014.November.27.10>
- Santos-Jiménez, J. L., de Barros Montebianco, C., Olivares, F. L., Canellas, L. P., Barreto-Bergter, E., Rosa, R. C. C., & Vaslin, M. F. S. (2022a). Passion fruit plants treated with biostimulants induce defense-related and

- Silva, A. dos S., Oliveira, E. J. de, Haddad, F., Laranjeira, F. F., Jesus, O. N. de, Oliveira, phytohormone-associated genes. *Plant Gene*, 30, 100357.
<https://doi.org/10.1016/j.plgene.2022.100357>
- Saunders, L. J., Coto, D. T., & King, B. S. A. (1998). *Plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central* (2a ed.), pp. 161-62.
- Sepúlveda, M., Cardona, D., García, Y. G., Higueta, M., Gutiérrez, P. A., & Marín, M. (2022). Virome analysis for identification of viruses associated with asymptomatic infection of purple passion fruit (*Passiflora edulis f. edulis*) in Colombia. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 97(2), 187-200.
<https://doi.org/10.1080/14620316.2021.1973583>
- Sethi, S. K., & Mukherjee, A. K. (2018). Screening of biocontrol potential of indigenous *Bacillus* spp. isolated from rice rhizosphere against *R. solani*, *S. oryzae*, *S. rolfsii* and response towards growth of rice. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 12(2). <https://doi.org/10.22207/JPAM.12.1.06>
- Shakeel, Q., Shaheen, M. R., Ali, S., Ahmad, A., Raheel, M., & Bajwa, R. T. (2022). Postharvest management of fruits and vegetables. En *Applications of Biosurfactant in Agriculture*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822921-7.00001-5>
- Shannon, P., & Carballo, M. (1988). *Resultados preliminares sobre un estudio de umbrales de acción para el control químico de Neosilba sp (Diptera:Lonchaeidae) en chile dulce*.
- Shekhawat, M. S., Kannan, N., Manokari, M., & Ravindran, C. P. (2015). In vitro regeneration of shoots and ex vitro rooting of an important medicinal plant *Passiflora foetida* L. through nodal segment cultures. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 13(2), 209–214.
<https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2015.08.002>
- Shekhawat, M. S., Manokari, M., & Ravindran, C. P. (2015). An Improved Micropropagation Protocol by Ex Vitro Rooting of *Passiflora edulis* Sims. f. flavicarpa Deg. through Nodal Segment Culture. *Scientifica*, 2015, 1-8.
<https://doi.org/10.1155/2015/578676>
- Sheoran, N., Kumar, A., Munjal, V., Nadakkakath, A. V., & Eapen, S. J. (2016). *Pseudomonas putida* BP25 alters root phenotype and triggers salicylic acid signaling as a feedback loop in regulating endophytic colonization in *Arabidopsis thaliana*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 93, 99-111.
<https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2016.01.008>
- Shiomi, S., Kubo, Y., Wamocho, L. S., Koaze, H., Nakamura, R., & Inaba, A. (1996). Postharvest ripening and ethylene biosynthesis in purple passion fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 8(3).
[https://doi.org/10.1016/0925-5214\(95\)00073-9](https://doi.org/10.1016/0925-5214(95)00073-9)

- asociados al cultivo de gulupa (*Passiflora edulis f. edulis* Sims) en el departamento de Antioquia. S. A. S. de, Costa, M. A. P. de C., & Freitas, J. P. X. de. (2013). Identification of passion fruit genotypes resistant to *Fusarium oxysporum f. sp. passiflorae*. *Tropical Plant Pathology*, 38(3), 236–242. <https://doi.org/10.1590/S1982-56762013005000008>
- Silva, G. S., Souza, M. M., de Melo, C. A. F., Urdampilleta, J. D., & Forni-Martins, E. R. (2018). Identification and characterization of karyotype in *Passiflora* hybrids using FISH and GISH. *BMC Genetics*, 19(1), 26. <https://doi.org/10.1186/s12863-018-0612-0>
- Silva, M. A. A., Souza, M. M., Silva, G. S., Melo, C. A. F., Corrêa, R. X., Araújo, I. S., & Conceição, L. D. H. C. S. (2014). Analysis of transferability of microsatellite primers (SSR) in wild *Passiflora* species and intraspecific genetic diversity in *Passiflora alata*. *Genetics and Molecular Research*, 13(3), 5908–5918. <https://doi.org/10.4238/2014.August.7.6>
- Simão M, C. M. G. R. M. E. P. G. E. F. (2018). Histological characterization of *Passiflora pohlii* Mast. root tips cryopreserved using the V-Cryo-plate technique. *Protoplasma*, 3(May;255(3)), 741–750.
- Soler, A., Marie-Alphonsine, P.-A., Corbion, C., & Quénehervé, P. (2013). Differential response of two pineapple cultivars (*Ananas comosus* (L.) Merr.) to SAR and ISR inducers against the nematode *Rotylenchulus reniformis*. *Crop Protection*, 54, 48–54. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.07.012>
- Sousa A, S. M. M. C. S. G. (2015). ISSR markers in wild species of *Passiflora* L. (*Passifloraceae*) as a tool for taxon selection in ornamental breeding. *Genet Mol Res*, Dec 28;14(4):1853445.
- Sozo, J. S., Cruz, D. C., Pavei, A. F., Pereira, I. M. da C., Wolfart, M., Ramlov, F., Fiuza Montagner, D., Maraschin, M., & Viana, A. M. (2016). *In Vitro Culture and Phytochemical Analysis of Passiflora tenuifila* Killip and *Passiflora setacea* DC (*Passifloraceae*) (pp. 13–30). https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3332-7_2
- Sukketsiri, W., Daodee, S., Parhira, S., Malakul, W., Tunsophon, S., Sutthiwong, N., Tanasawet, S., & Chonpathompikunlert, P. (2023). Chemical characterization of *Passiflora edulis* extracts and their in vitro antioxidant, anti-inflammatory, anti-lipid activities, and ex-vivo vasodilation effect. *Journal of King Saud University - Science*, 35(1), 102431. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102431>
- Tuhaise, S., Nakavuma, J. L., Adriko, J., Ssekatawa, K., & Kiggundu, A. (2019). In vitro regeneration of Ugandan passion fruit cultivars from leaf discs. *BMC Research Notes*, 12(1), 425. <https://doi.org/10.1186/s13104-019-4469-8>
- Uribe Correa, C. (2017). *Identificación y caracterización de fitopatógenos*

- Bravo, K., & Osorio, E. (2021). Purple passion fruit seeds (*Passiflora edulis* f. *edulis*) Universidad Nacional e Colombia.
- Valdés Ríos, E. (2014). Caracteres principales, ventajas y beneficios agrícolas que aporta el uso de *Trichoderma* como control biológico. *Alternativas Biológicas en las Ciencias Agrarias* /, 2(1).
- Vega, G., Bautista, L., & Castillo, A. (1999). Manejo postcosecha y comercialización del maracuyá (*Passiflora edulis* For *Flavicarpa*). En *Concept and Communication: Vol. null* (Número 23).
- Vergara, R. (2005). Insectos. En J. Bernal & C. Diaz (Eds.), *Tecnología para el cultivo de la curuba* (1a ed., pp. 1–180). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA.
- Vlot, A. C., Sales, J. H., Lenk, M., Bauer, K., Brambilla, A., Sommer, A., Chen, Y., Wenig, M., & Nayem, S. (2021). Systemic propagation of immunity in plants. *New Phytologist*, 229(3), 1234–1250. <https://doi.org/10.1111/nph.16953>
- Wang, J., Qin, S., Fan, R., Peng, Q., Hu, X., Yang, L., Liu, Z., Baccelli, I., Migheli, Q., Berg, G., Chen, X., & Cernava, T. (2023). Plant Growth Promotion and Biocontrol of Leaf Blight Caused by *Nigrospora sphaerica* on Passion Fruit by Endophytic *Bacillus subtilis* Strain GUCC4. *Journal of Fungi*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/jof9020132>
- Wang, Y., Teng, Y., Zhang, J., Zhang, Z., Wang, C., Wu, X., & Long, X. (2023). Passion fruit plants alter the soil microbial community with continuous cropping and improve plant disease resistance by recruiting beneficial microorganisms. *PLOS ONE*, 18(2), e0281854. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281854>
- Wardrop, J., Davey, M. R., Power, J. B., & Lowe, K. C. (1997). Beneficial Effects of Oxygenated Fluorocarbon on the in vitro Culture of Protoplasts and Cell Electrofusion Products. *Artificial Cells, Blood Substitutes, and Biotechnology*, 25(5), 481–486. <https://doi.org/10.3109/10731199709118938>
- Xu, H., Qiao, P., Pan, J., Qin, Z., Li, X., Khoo, H. E., & Dong, X. (2023). CaCl₂ treatment effectively delays postharvest senescence of passion fruit. *Food Chemistry*, 417, 135786. <https://doi.org/10.1016/j.FOODCHEM.2023.135786>
- Yahia, E. M., & Carrillo-López, A. (2019). *Postharvest physiology and biochemistry of fruit and vegetables*. Elsevier Inc.
- Ye, X., Wang, C., Ng, T. B., & Zhang, W. (2021). Study on the biocontrol potential of antifungal peptides produced by *Bacillus velezensis* against *Fusarium solani* that infects the passion fruit *Passiflora edulis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(7). <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c06106>
- Yepes, A., Ochoa-Bautista, D., Murillo-Arango, W., Quintero-Saumeth, J.,

- Sims) as a promising source of skin anti-aging agents: Enzymatic, antioxidant and multi-level computational studies. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(1), 102905. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.11.011>
- Zamioudis, C., Hanson, J., & Pieterse, C. M. J. (2014). β -Glucosidase BGLU42 is a MYB72-dependent key regulator of rhizobacteria-induced systemic resistance and modulates iron deficiency responses in Arabidopsis roots. *New Phytologist*, 204(2), 368-379. <https://doi.org/10.1111/nph.12980>
- Zhang, J., Tao, S., Hou, G., Zhao, F., Meng, Q., & Tan, S. (2023). Phytochemistry, nutritional composition, health benefits and future prospects of Passiflora: A review. *Food Chemistry*, 428, 136825. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136825>

Perspectivas para el manejo sostenible de las
frutas de la pasión

Se terminó de editar el 18 de abril
de 2024.

En su composición se emplearon
las fuentes Bodoni Classico
Regular, Montez Pro Regular,
Crimson Text Roman, Crimson
Text Italic y Crimson Text
Semibold



Editorial
UCundinamarca



UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA

ISBN: 978-628-7702-07-3



9 786287 702073