



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Caracterización del Daño y Distribución Geográfica de Cecidomyiidae (Diptera) y sus Parasitoides Asociados a Solanáceas y Limón Tahití en Colombia.

Luis Miguel Hernández Mahecha

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Posgrados
Palmira, Colombia

2014

Caracterización del Daño y Distribución Geográfica de Cecidomyiidae (Diptera) y sus Parasitoides Asociados a Solanáceas y Limón Tahití en Colombia.

Luis Miguel Hernández Mahecha

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ciencias Agrarias

Director (a):

Ph.D. María del Rosario Manzano Martínez

Línea de Investigación:

Protección de Cultivos

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Posgrados
Palmira, Colombia

2014

*A Miguel Alexander Hernández Cando y a
María Adenis Cando Ceballos por su
paciencia y compañía.*

*A mis padres Sixto A. Hernández C. y Clara
R. Mahecha B. y a mis hermanos que
siempre me han brindado su apoyo en cada
etapa de mi vida académica.*

Agradecimientos

A la profesora María del Rosario Manzano M. por sus enseñanzas, su orientación y apoyo.

A Yoan Camilo Guzmán S., Estudiante de Ingeniería Agronómica por sus importantes observaciones y colaboración en todas las fases de esta investigación.

A Yulieth Andrea Rojas Fernández.

A Adriana Martínez y al profesor John Josephraj Selvaraj de la Facultad de Ingeniería y Administración de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira por su participación en la construcción del modelo de distribución de *Prodiplosis longifila*.

A Raymond Gagné del Laboratorio de Entomología Sistemática, USDA, Washington, por su colaboración en la identificación de Cecidomyiidae y el préstamo de ejemplares de comparación.

A Jorge E. Peña, Tropical Research y Education Center, Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS), University of Florida, Homestead, Florida USA por el envío de individuos de *Prodiplosis longifila* y por proporcionar información al proyecto.

Al Grupo de Investigación “Estudios Ecogenéticos y Biología Molecular” de la Universidad del Valle por las discusiones científicas.

A Peter Neerup Buhl, Oltesd Dinamarca, por el envío de claves taxonómicas y acompañamiento en la identificación taxonómica de los parasitoides.

A Agrícolas Unidas S.A Támeisis, Frutales las Lajas S.A., Alexander Barrera (I.A. Basf Química Huila), Álvaro Caicedo (I.A. CORPOICA), Carlos Barona (I.A. Basf Química Santander), Cristian Martínez (I.A. Bayer), Edgar Ortegón (I.A. Syngenta, Cundinamarca), Edilberto Muñoz (I.A. Hugo Restrepo y cia. s.a.c.i), Gustavo Cataño (I.A.), a Sonia Flor (Gerente Asoespárragos), Wilinton Golondrino (Asociación de agroproductores “El Progreso”) por su apoyo logístico en la ubicación de cultivos para muestreo de insectos.

A COLCIENCIAS por la financiación del proyecto “Determinación de biotipos de *Prodiplosis* y predicción de su distribución geográfica en Colombia”. Código 1120-521-28402 que permitió la realización de la presente tesis.

A la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira y a la Decanatura de la Facultad de Ciencias Agropecuarias por su apoyo logístico y administrativo en la realización de este proyecto.

A la Vicerrectoría Académica de la Universidad Nacional de Colombia por otorgarme la beca “Estudiantes Sobresalientes de Posgrado” gracias a la cual pude adelantar mis estudios de posgrado.

A la escuela de Posgrados de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira por darme la oportunidad de profundizar mis conocimientos en ciencias agrarias.

A los agricultores de diferentes zonas de Colombia por permitirme muestrear en sus cultivos.

Resumen

Larvas de Cecidomyiidae (Insecta: Diptera) causan daño económico sobre diferentes estructuras de hortalizas y cítricos. Para determinar la distribución de *Prodiplosis longifila* Gagne, el daño característico que causa a sus cultivos hospederos y sus parasitoides asociados, se muestreo sobre cultivos de tomate, ají, pimentón, limón Tahití, papa y espárragos en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila, Quindío, Nariño, Risaralda, Santander y Valle del Cauca. Cada punto de muestreo se georreferencio y se determinó la presencia/ausencia de cecidómidos. En laboratorio se obtuvieron adultos de los cecidómidos y sus parasitoides que se identificaron con base en taxonomía morfológica hasta especie. Se construyó un mapa de distribución y de predicción de la distribución de *Prodiplosis longifila* mediante el programa MAXENT. Se encontró a *Prodiplosis longifila* causando daño sobre brotes foliares (tomate), botones florales (tomate, limón Tahití y pimentón) y frutos pequeños (tomate y pimentón). Otro cecidómido encontrado fue *Dasineura* sp. en ají y pimentón consumiendo frutos jóvenes, este reporte y el de *Prodiplosis longifila* en limón Tahití es nuevo para Colombia. Como parasitoides asociados a *Prodiplosis longifila* se encontraron las especies *Synopeas varipes* Harrington en pimentón (Santander), limón Tahití (Huila y Antioquia) y tomate (Valle del Cauca), *Synopeas* aff. *longiventre* Ashmead en pimentón (Santander) y tomate (Cauca) y *Synopeas reticulatifrons* Buhl en tomate (Valle del Cauca y Antioquia) y limón Tahití (Huila). Y *Synopeas* aff. *curvicauda* Förster en limón Tahití (Antioquia, Valle del Cauca y Huila). Adicionalmente se encontró una morfoespecie (Hymenoptera) en limón Tahití en Antioquia. Asociado a *Dasineura* sp. se encontró a *Synopeas* cf. *longiventre* en cultivos de ají (Valle del Cauca). El mapa de predicción de la distribución de *Prodiplosis longifila* muestra diferentes zonas potenciales en Colombia donde la especie puede desarrollar sus poblaciones. Como variables determinantes de su distribución se encontró que la altitud es el mayor factor influyente. Se discute sobre la importancia de diferentes variables climáticas en la distribución de *Prodiplosis longifila*. Los resultados obtenidos en el presente trabajo ayudan a aclarar la identidad, presencia y

caracterización del daño de cecidómidos, base fundamental para el desarrollo de programas de manejo integrado. Se revela la presencia de especies de *Synopeas* en algunas regiones de Colombia como parasitoides de *Prodiplosis longifila* y *Dasineura* sp. Se requieren estudios adicionales para incluir estos parasitoides en programas de Manejo Integrado de Plagas.

Palabras clave: *Dasineura*, Nicho Ecológico, *Prodiplosis longifila*, *Synopeas*.

Abstract

Larvae of Cecidomyiidae (Insecta: Diptera) cause economic damage on different structures of vegetables and citrus. To determine the distribution of *Prodiplosis longifila* Gagne, the characteristic damage caused to their host crops and their associated parasitoids, was sampled on tomato, pepper, paprika, Tahiti lime, potato and asparagus in the departments of Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila, Quindío, Nariño, Risaralda, Santander and Valle del Cauca. Each sampling point was georeferenced and presence/absence of cecidomids were recorded in each crop. In laboratory cecidomids adults and their parasitoids were obtained and identified based on morphological taxonomy to genus or species. A distribution map and predict the distribution of *Prodiplosis longifila* by MAXENT program was constructed. He found *Prodiplosis longifila* causing damage to leaf buds (tomato), flower buds (tomato, lemon and paprika Tahiti) and small fruits (tomato and pepper). Another specie was found *Dasineura* sp. consuming pepper and paprika in young fruits. This report and the *Prodiplosis longifila* in Tahiti lime is new to Colombia. As parasitoids associated with *Prodiplosis longifila* found the species *Synopeas varipes* Harrington in paprika (Santander), Tahiti lime (Huila and Antioquia) and tomato (Valle del Cauca), *Synopeas* aff. *longiventre* Ashmead in paprika (Santander) and tomato (Cauca) and *Synopeas reticulatifrons* Buhl in tomato (Valle del Cauca and Antioquia) and Tahiti lime (Huila). Finally found *Synopeas* aff. *curvicauda* Förster on Tahiti lime (Antioquia, Valle del Cauca y Huila). Associated with *Dasineura* sp. was found *Synopeas* aff. *longiventre* in pepper (Valle del Cauca). Additionally, a morphospecie (Hymenoptera) on Tahiti lime (Antioquia and Valle del Cauca) were found. The map prediction distribution of *Prodiplosis longifila* shows different potential areas in Colombia where the species can develop their populations. As the determinating variables of its distribution was found that altitude is the most influential factor. Discusses the importance of different climatic variables in the distribution of *Prodiplosis longifila*. The results obtained in this study will help clarify the

identity, presence and characterization of damage of cecidomyids, fundamental basis for the development of integrated pest management programs. It reveals the presence of *Synopeas* species in some regions of Colombia as parasitoids of *Prodiplosis longifila* and *Dasineura* sp. Further studies are required to include these parasitoids in integrated pest management programs.

Keywords: *Dasineura*, Ecological niche, *Prodiplosis longifila*, *Synopeas*.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Abstract	XI
Lista de figuras	15
Lista de tablas	17
Introducción	18
1. Objetivo General	23
1.1 Objetivos específicos.....	23
2. Marco Teórico y Estado del Arte	24
2.1 Importancia de cultivos de ají, espárragos, limón Tahití, papa, pimentón y tomate.....	24
2.2 Importancia de Cecidomyiidae en el mundo	26
2.3 Cecidomyiidae que ocasionan daño a cultivos ají, espárragos, limón Tahití, papa, pimentón y tomate.....	27
2.4 Biología de <i>Prodiplosis longifila</i>	29
2.5 Caracterización del daño ocasionado por <i>Prodiplosis longifila</i>	31
2.6 Manejo de <i>Prodiplosis longifila</i>	32
2.7 Control biológico de <i>Prodiplosis longifila</i>	34
2.8 Distribución espacial de las especies.....	35
3. Materiales y Métodos	38
3.1 Área de estudio.....	38
3.2 Recuperación e identificación de especies de Cecidomyiidae	39
3.3 Recuperación e identificación de parasitoides	40
3.4 Construcción de modelos de distribución de <i>Prodiplosis longifila</i>	40
4. Resultados	43
4.1 Especies de cecidómidos encontradas y caracterización del daño	45
4.1.1 Tomate.....	45
4.1.2 Ají.....	46
4.1.3 Pimentón.....	52
4.1.4 Limón Tahití	52
4.2 Manejo de <i>P. longifila</i> y <i>Dasineura</i> sp. por los agricultores visitados en Colombia.....	55

4.3	Parasitoides asociados a cecidómidos encontrados.....	57
4.4	Distribución de <i>Prodiplosis longifila</i> en Colombia.....	61
5.	Discusión.....	68
5.1	Identificación de Especies de Cecidómidos.....	68
5.2	Parasitoides Asociados a Cecidómidos.....	72
5.3	Distribución de <i>Prodiplosis longifila</i>	73
5.4	Recomendaciones y Conclusiones.....	77
	Información adicional	79
6.	Bibliografía.....	80

Lista de figuras

	Pág.
Figura 4-1 Número de cultivos muestreados por país.....	44
Figura 4-2 Número y porcentaje de cultivos muestreados por departamento en Colombia.	44
Figura 4-3 Porcentaje de lotes de cada especie de cultivo con presencia y ausencia de cecidómidos. Dentro de la barra se indica el número de lotes muestreados.....	45
Figura 4-4 Daños de <i>Prodidiplosis longifila</i> en tomate. a. y b.: Daño en flores. c. y d. Daño en frutos. e. y f.: Daño en hojas.....	48
Figura 4-5 Diferencias morfológicas entre larvas y adultos de <i>Prodidiplosis longifila</i> y <i>Dasineura</i> sp.	49
Figura 4-6 Daño de <i>Dasineura</i> sp. en frutos de ají. a. Presencia de banda fucsia, b. y c. Malformación del fruto, d. y e. Larvas de <i>Dasineura</i> bajo el cáliz y f. Pudrición en fruto.	51
Figura 4-7 Daños en pimentón: a. Daño de <i>Dasineura</i> sp. y b. Daño por <i>P. longifila</i>	53
Figura 4-8 Daños de <i>Prodidiplosis longifila</i> en el botón floral del limón Tahití. a. Daño inicial, b. Larvas (2° instar) alimentándose de la parte interna de los pétalos, c. y d. Daño avanzado sobre ovario y e. Progreso del daño.....	54
Figura 4-9 Manifestación del parasitismo de <i>Synopeas</i> sp. sobre <i>Prodidiplosis longifila</i> . .	58
Figura 4-10 Parasitoides encontrados sobre <i>Prodidiplosis longifila</i> y <i>Dasineura</i> sp.....	61
Figura 4-11 Mapa de distribución de <i>Prodidiplosis longifila</i> en Colombia.....	62
Figura 4-12 Prueba de significancia de t-student para las variables.	65
Figura 4-13 Mapa predictivo de distribución actual de <i>Prodidiplosis longifila</i>	66
Figura 4-14 Curva ROC y valor del área bajo su curva.....	67

Figura 4-15 Prueba Jackknife de importancia individual de las variables (barras azules) en el desarrollo del modelo de Maxent en relación con todas las variables ambientales (barra roja).67

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1 Especies de Cecidomyiidae reportados en cultivos de ají, espárragos, limón Tahití, papa, pimentón y tomate.	28
Tabla 2-2 Plantas hospederas de <i>Prodiplosis longifila</i> (Valarezo et al 2003).....	29
Tabla 2-3 Tácticas para el manejo de <i>Prodiplosis longifila</i>	33
Tabla 2-4 Variables bioclimáticas (http://www.worldclim.org).	37
Tabla 2-5 Algoritmos comúnmente utilizados para la elaboración de mapas de predicción de la distribución de insectos.....	37
Tabla 3-1 Matriz y ecuación para el cálculo del estadístico Kappa.....	42
Tabla 4-1 Insecticidas utilizados por agricultores para el manejo de <i>Prodiplosis longifila</i> *.	56
Tabla 4-2 Parasitoides (Hymenoptera: Platygasteridae) de <i>Prodiplosis longifila</i> y <i>Dasineura</i> sp. según hospedero y localidad.	58
Tabla 4-3 Correlaciones entre las variables utilizadas en la matriz de datos.....	64
Tabla 4-4 Valores de inflación de la variancia VIF para las variables.	64

Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), el ají (*Capsicum frutescens* L.) y el pimentón (*Capsicum annuum* L.) son hortalizas importantes en la economía de pequeños productores en Colombia. De estas hortalizas la más cultivada es el tomate seguida por el ají y el pimentón. La producción de tomate para el año 2012 fue de 224.502 toneladas (DANE, 2012). Por otro lado los espárragos (*Asparagus officinalis* L.) han cobrado importancia en el país para pequeñas asociaciones de agricultores. Entre los departamentos en los que se cultiva espárragos se destacan Antioquia, Cauca, Caldas, Cundinamarca y Risaralda. La mayor parte de su producción es exportada a Estados Unidos ya que su consumo interno es bajo y es limitado únicamente a estratos altos y a la culinaria fina.

El tubérculo cultivado más importante es la papa (*Solanum tuberosum* L.) la cual es producida por pequeños agricultores principalmente en los departamentos de Boyacá y Nariño. Para el 2012 su producción alcanzó las 1.847.145 toneladas en un área estimada en 176.476 ha (DANE, 2013).

Dentro de los frutales más importantes producidos en Colombia están los cítricos (DANE, 2013), a nivel mundial Colombia ocupa el puesto número 20 con una producción anual de 87.474 t/año (FAO, 2010). El limón Tahití (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) es uno de los cítricos producidos en diferentes zonas geográficas en Colombia tanto para consumo interno como para la exportación.

Entre las plagas más importantes en tomate se encuentran *Prodiplosis longifila* Gagné (Diptera: Cecidomyiidae), el pasador del fruto *Neoleucinodes elegantalis* Gueneé (Lepidoptera: Crambidae), el complejo mosca blanca conformado por *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) y *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) y sus biotipos, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) entre otros. En ají y en pimentón las plagas más comunes son *B. tabaci*, los trozadores de plántulas (*Agrotis* sp.,

Prodenis sp. y *Spodoptera* sp.), los perforadores del fruto *Heliotis* sp. (Lepidoptera: Noctuidae) y *N. elegantalis*. También se reporta como plaga de estos dos cultivos a *Prodidiplosis longifila* comiendo brotes tiernos y botones florales (Vallejo y Estrada, 2004). Para los espárragos las plagas más importantes son: *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae), *Tetranychus* spp. (Acari: Tetranychidae), *Aphis* sp. (Hemiptera: Aphididae) y en Perú la principal plaga es *P. longifila* (Díaz, 2009). Para la papa las plagas de mayor importancia económica son el gusano blanco *Premnotrypes vorax* Hustache (Coleoptera: Curculionidae) y las polillas *Tecia solanivora* (Povolny) y *Phthorimaea operculella* (Zeller), (Lepidoptera: Gelechiidae). En Perú se reporta también a *P. longifila* afectando brotes tiernos (Gagné, 1986).

En limón Tahití se destacan por su daño económico los ácaros (*Polyphagotarsonemus latus* B. (Acari: Tarsonemidae), *Phyllocoptruta oleyvora* Ashmead (Acari: Eriophyidae) y *Tetranychus urticae* Koch; Rodríguez, 2012), los áfidos (*Aphis gossypii* G.) y más recientemente *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae; Ebbert-Ravelo et al., 2011), entre otros. También se ha reportado a *P. longifila* como una especie de importancia económica en cultivos de limón Tahití en el estado de La Florida, Estados Unidos (Peña, 1987).

Un insecto plaga común en estas seis especies vegetales (ají, espárragos, limón Tahití, papa, pimentón y tomate), es *Prodidiplosis longifila* (Vallejo y Estrada, 2002; Valarezo, 2003; Peña et al., 1987; Mena, 2012; Kroschel, 2012) el cual se ha reportado en cerca de 22 especies vegetales (Valarezo et al., 2003). En Colombia se ha reportado en tomate, ají y pimentón donde ha causado pérdidas hasta del 100% en cultivos de tomate en el Valle del Cauca (información proveniente de agricultores, no publicada). En Ecuador ha generado pérdidas en tomate hasta del 60% (Valarezo et al., 2003). En espárragos causa pérdidas considerables principalmente en los primeros estados del cultivo (Cedano y Cubas, 2011). Mientras que en Estados Unidos se reportó en limón Tahití afectando hasta el 25% de las flores (Peña et al., 1987). Actualmente *P. longifila* no es plaga en cítricos en Estados Unidos (Comunicación personal de Jorge Peña, Universidad de Florida). En Colombia *P. longifila* no ha sido reportado en cítricos, papa ni espárragos.

Para el manejo integrado de plagas (MIP) es necesario el diseño de programas que integren diferentes estrategias (control genético, cultural, biológico, legal y químico) para

cada cultivo. La importancia de integrar diferentes estrategias para el manejo de plagas se centra en la necesidad de mantener la sostenibilidad del cultivo y la duración del programa de manejo (Chaudhary, 2008). Desafortunadamente para *P. longifila* no se han diseñado ni empleado planes de manejo que integren diferentes estrategias. Al manejar integralmente los insectos plaga se evitan problemas como la aparición de nuevos problemas entomológicos, la aparición de resistencia a insecticidas y lo más importante es que permiten mantener el insecto en un umbral bajo, en el cual las pérdidas económicas son bajas. Para implementar las diferentes estrategias de manejo es necesario cimentar bases biológicas, ecológicas, taxonómicas, entre otras (Pedigo, 1999).

El primer paso para diseñar e implementar planes de manejo integrado de plagas (MIP) es definir correctamente la taxonomía del insecto plaga. Una identificación incorrecta de la especie en estudio puede llevar a su manejo inadecuado. Una vez identificada la plaga correctamente se reúne la información disponible acerca de su distribución, biología, rango de hospederos, estatus de la plaga y sus enemigos naturales (van Driesche *et al.*, 2007). Un ejemplo de lo que puede ocurrir con una incorrecta identificación de la especie plaga lo describe Neuenschwander (2003) con el control biológico clásico del piojo harinoso de la yuca *Phaenococcus manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudocidae). Al buscar sus enemigos naturales en América se encontraron varios parasitoides los cuales fueron introducidos en África (Congo y Zaire) pero desafortunadamente no se lograron establecer. Treinta años después de iniciarse la búsqueda de los enemigos naturales se encontró que la especie de piojo harinoso presente en América correspondía a la especie *Phaenococcus herreni* Cox & Williams. El error en la identificación previa como *P. manihoti* explica la falta de éxito en la introducción de los enemigos naturales. Este ejemplo pone en relieve la importancia de una correcta identificación taxonómica del insecto plaga.

Igualmente es importante determinar el rango de hospederos de la plaga en estudio, esto con el fin de implementar prácticas agronómicas como la rotación de cultivos que permiten interrumpir los ciclos de las plagas (Pedigo, 2009). En Colombia *Prodioplosis longifila* está presente en cultivos de tomate afectando flores, frutos y brotes tiernos (Mena, 2012), mientras que en Estados Unidos el mismo insecto se encuentra afectando exclusivamente botones florales de limón Tahití (Peña, 1987). Este comportamiento de

diferencia de alimentación y tipo de daño sugiere que Colombia podría tener una especie diferente a la reportada en Estados Unidos o ser una especie críptica. Es decir, especies que morfológicamente son indistinguibles o poco diferenciables y separadas únicamente mediante datos moleculares (Bickford *et al.*, 2007). En este trabajo se dará claridad a la identidad taxonómica de los individuos colectados en cultivos de ají, espárragos, limón Tahití, papa, pimentón y tomate mediante la caracterización morfológica de *P. longifila*. También se caracterizará el daño producido por las especies que se encuentren en cada uno de estos cultivos.

Una de las estrategias más importantes utilizadas en planes MIP es el control biológico, el cual consiste en el uso de organismos vivos como parasitoides, depredadores, hongos, bacterias y virus entomopatógenos (Chaudhary, 2008) con el objetivo de reducir poblaciones de plagas a densidades menores ya sea de forma permanente o temporal (van Driesche *et al.*, 2007). Se han reportado parasitoides para el control de cecidómidos: Zhao y Wang (2011) reportan a *Platygaster demades* Walker (Hymenoptera: Platygasteridae) como agente eficaz para controlar *Dasineura mali* Keiffer en cultivos de manzana disminuyendo su población hasta el 82%.; Sampson *et al.* (2006) reportan especies de parasitoides de *Synopeas* y *Platygaster* causando hasta un 40% de parasitismo sobre *Dasineura oxycoccana* y *Prodiplosis vaccinii* (Diptera: Cecidomyiidae) en cultivos de arándano.

El parasitoide *Synopeas* sp. (Hymenoptera: Platygasteridae) ha sido reportado en cultivos de tomate en el Valle del Cauca (Mena, 2012), en Ecuador (Valarezo, 2003), en cultivos de espárragos en Perú (Díaz, 2009), donde alcanza un parasitismo del 80% (Ternero *et al.*, 2004), y en cultivos de limón Tahití en Estados Unidos (Peña *et al.*, 1989) ejerció un control hasta del 90% (Peña *et al.*, 1989). Determinar que especies de parasitoides están asociadas a los cecidómidos que se encuentren en cultivos de ají, espárragos, limón Tahití, papa, pimentón y tomate en Colombia es fundamental para su incorporación en planes MIP y eventualmente disminuir la aplicación de insecticidas como el principal método de control utilizado.

La búsqueda de enemigos naturales se realiza en los sitios de distribución de la plaga determinada por revisión de literatura, la comunicación científica, revisión de especímenes en colecciones de museos, el estudio de variación genética en poblaciones

de la plaga de diferentes localidades y por ultimo inspecciones directas en localidades potenciales (van Driesche *et al.*, 2007). Determinar la distribución potencial del insecto plaga contribuye a establecer el área de búsqueda de enemigos naturales y el área a incluir en programas de manejo integrado.

La distribución de los insectos se puede ver influenciada por condiciones bióticas y abióticas (Lobo, 2000). Características bioecológicas como la altura sobre el nivel del mar, la temperatura, la humedad relativa e incluso la planta hospedera y otros factores pueden definir su distribución actual y potencial (Guisan y Thuiller, 2005). Además de los factores abióticos pueden influir muchos factores antropogénicos, como las vías de dispersión, la cantidad y el tipo de comercio, la cantidad de cultivo protegido, la eficacia de los procedimientos de cuarentena y los recursos disponibles para encontrar y reportar plagas (Worner y Gevrey 2006). Con la ayuda de herramientas de sistemas de información geográfica en el presente trabajo se dará a conocer la distribución actual y potencial de *P. longifila*.

En resumen con la ejecución de este trabajo se aportan bases para manejo integrado de los cecidómidos que se encuentren en cultivos de ají, espárragos, limón Tahití, papa, pimentón y tomate aportando conocimientos en: 1) la determinación específica con base en marcadores morfológicos, 2) el daño que producen los cecidómidos que se encuentren en estos cultivos, 3) la presencia de parasitoides asociados y 4) la distribución actual y potencial de *Prodiplosis longifila*.

1. Objetivo General

Caracterizar el daño y determinar la distribución geográfica de cecidomidos y sus parasitoides en cultivos de ají, espárragos, limón Tahití, papa, pimentón y tomate en Colombia.

1.1 Objetivos específicos

Determinar con base en marcadores morfológicos las especies de Cecidomyiidae que se encuentren en ají, espárragos, limón Tahití, papa, pimentón y tomate.

Caracterizar el daño que producen las especies de Cecidomyiidae que se encuentren en cultivos ají, espárragos, limón Tahití, papa, pimentón y tomate.

Determinar la presencia de especies de parasitoides asociados a *P. longifila* en cultivos ají, espárragos, limón Tahití, papa, pimentón y tomate e identificarlos taxonómicamente.

Determinar la distribución geográfica actual y potencial de *P. longifila* en Colombia.

2. Marco Teórico y Estado del Arte

2.1 Importancia de cultivos de ají, espárragos, limón Tahití, papa, pimentón y tomate

El tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) es la hortaliza más importante en el mundo, su fruto hace parte de la dieta de muchos países. Del tomate se obtienen importantes alimentos como jugos, tomates secos o deshidratados, concentrados de tomate, salsa de tomate, licopeno (anticancerígeno) entre otros productos. La producción a nivel mundial para 2010 fue superior a 120 millones de toneladas donde los tres países con mayor producción fueron China, Estados Unidos y la India. Colombia ocupó el puesto 36 con una producción cercana a las 550.000 t/año (FAO, 2010) siendo la principal hortaliza cultivada. En 2011 en el país se sembraron cerca de 8,383 ha (de estas el 8% es sembrado en el Valle del Cauca) que producen alrededor de 259.104 t/año para un rendimiento promedio de 38,2 t/ha en cada semestre. (DANE, 2011). Mientras que para el 2012 fue de 224.502 toneladas (DANE, 2012). En países en vía de desarrollo se consume cerca de 27 g de tomate por persona al día (Vallejo y Estrada, 2004).

El pimentón (*Capsicum annum* L.) y el ají (*Capsicum frutescens* L.) son hortalizas para consumo fresco y para productos de agroindustria. Del pimentón se obtienen saborizantes en polvo, colorantes y oleorresinas. Los frutos de *Capsicum* spp. Son ricos en vitaminas (Vallejo y Estrada, 2004) y capsaicina la cual le da el sabor picante al ají. Presentan diferentes colorantes importantes para la agroindustria como son la capsantina, capsorubina, criptoxantina y b-caroteno, zeaxantina y luteína (Vallejo y Estrada, 2004). Los principales productores a nivel mundial de ají y pimentón fresco son La India (1.223.400 t/año) seguido por China (265.000 t/año) y Pakistán (171.700 t/año, FAO, 2010). En Colombia se cultivan cerca de 2.000 ha las cuales producen alrededor de

14.000 t/año bajo un rendimiento de 7 t/ha. Las zonas con mayor producción son Valle del Cauca y la Costa Atlántica (Vallejo y Estrada, 2004).

El tubérculo más importante en Colombia es la papa (*Solanum tuberosum* L.), se estima que alrededor de 90.000 familias están vinculadas a su cultivo y se generan 20 millones de jornales al año. La papa es el cultivo con mayor demanda de fungicidas e insecticidas y el segundo en demanda de fertilizantes después del café (Espinal *et al.*, 2005). Para el 2012 su producción alcanzó las 1.847.145 toneladas de producción (DANE, 2013). Adicionalmente la papa constituye un producto importante en la canasta familiar el cual contribuye a la seguridad alimentaria. Las papas son bajas en grasa, poseen una cuarta parte de las calorías del pan. Hervida, tienen más proteínas que el maíz y casi el doble de calcio. Una media porción de papas proporciona alrededor del 10 por ciento de la ingesta diaria recomendada de fibra (Centro Internacional de la Papa, CIP).

Los espárragos (*Asparagus officinalis* L.) han cobrado importancia en Colombia para pequeñas asociaciones de productores que cultivan la especie para su exportación. Estados Unidos es el mayor importador y consumidor de espárrago fresco en el mundo los cuales son importados en su mayoría de México, Perú y Chile y una pequeña parte de Colombia. La producción se concentra en los departamentos de Antioquia, Cauca, Caldas, Cundinamarca y Risaralda. Al contar Colombia con las condiciones climáticas adecuadas para este cultivo su producción potencial es alta a tal punto de catalogar los espárragos como un cultivo promisorio con posibilidades de aumentar su área de producción y su exportación hacia Estados Unidos y Europa.

El limón Tahití (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) es importante económicamente para la fruticultura mundial. La producción en el mundo es liderada por la India con 2.629.200 t/año seguido por México y Argentina con 1.891.400 y 1.113.380 t/año respectivamente, Colombia ocupa el puesto número 20 con una producción anual de 87.474 t/año (FAO, 2010). La producción nacional es destinada tanto para consumo interno como para exportación. Dentro de las importaciones de limón Tahití por EEUU, Colombia cubre el 4%, mientras que para la Unión Europea, Colombia cubre el 1,6% (Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural, 2006). El producto se comercializa en forma de fruta para el consumo doméstico para bebidas y como aditivo alimenticio por ejemplo en ensaladas. En agroindustria es poco lo que se ha avanzado ya que el jugo de limón se

oxida rápidamente hasta perder su sabor original. En la agroindustria se elabora zumo pasteurizado, pulpas y congelamiento (Espinal *et al.*, 2005).

2.2 Importancia de Cecidomyiidae en el mundo

La familia Cecidomyiidae o mosquitos de agallas pertenecen al orden Diptera (Gagné, 1994) y recibe el nombre de “gall midges” en inglés porque causa agallas en la mayoría de sus plantas hospederas. Para varios Cecidomyiidae la morfología de la agalla depende de la especie y de la planta hospedera (Carneiro *et al.*, 2009). Sin embargo no todas las especies forman agallas por ejemplo *Prodiplosis longifila*. En el mundo se describen más de 5000 especies de Cecidomyiidae y en el trópico solo se conocen 453 (Gagné, 1994), distribuidas en 170 géneros (Gagné, 2004).

Aunque Halle *et al.* (2012) manifiestan que los Cecidomyiidae son especies monófagas u oligófagas, en realidad a estos rangos alimenticios pertenecen las especies de Cecidomyiidae formadoras de agallas (Carneiro *et al.*, 2009) tanto que la forma de la agalla puede indicar que especie de cecidómido la formó. La familia Cecidomyiidae se clasifica en cuatro subfamilias: Catotrichinae, Cecidomyiinae, Lestremiinae y Porricondylinae (Gagné, 1994). La subfamilia Cecidomyiinae incluye el mayor número de especies y es la más importante desde el punto de vista agrícola. Posee cerca de 3,850 especies descritas en el mundo (Price, 2005). Las especies de esta subfamilia se alimentan de brotes y deforman las hojas de sus hospederos (Gagné, 1986). Son multivoltinas, algunas especies están asociadas a un amplio rango de hospederos (Gagné, 1986) y están bien adaptadas y sincronizadas con sus plantas hospederas. La subfamilia puede colonizar una gran cantidad de plantas en las cuales algunas veces forman agallas en brotes, hojas, tallos, flores, frutos y semillas (Price, 2005).

Los cecidómidos son una familia importante para la agricultura ya que varias de sus especies viven a expensas de cultivos importantes a nivel mundial. Por ejemplo *Contarinia nasturtii* Keiffer quien causa daño económico en plantas de la familia Brassicaceae en Estados Unidos y Canadá (Kikkert *et al.*, 2006), *Mayetiola destructor* Say quien afecta plantaciones de trigo en Estados Unidos, de esta especie han sido reportados más de cinco biotipos (Ratcliffe *et al.*, 2000). Hall *et al.* (2011) reportan a *Contarinia sorghicola* Coq. Como plaga clave en cultivos de trigo. En mango la especie

monófaga e invasiva *Procontarinia mangiferae* Felt. Causa pérdidas en países donde ha sido introducida recientemente ([Amouroux et al., 2013](#)).

2.3 Cecidomyiidae que ocasionan daño a cultivos ají, espárragos, limón Tahití, papa, pimentón y tomate

Varias especies de Cecidomyiidae han sido reportadas causando daño en ají, espárragos, limón Tahití, papa, pimentón y tomate (Tabla 2-1), aunque algunas de ellas no son consideradas plaga. Varias especies de los mismos géneros presentados en la tabla 2-1 sí son consideradas plaga en otros cultivos. Por ejemplo *Dasineura mali* K. esa plaga en viveros de manzana en el Reino Unido ([Hall et al., 2012](#)). *Contarinia nasturtii* K. esa plaga de cultivos de Brassicaceae como el brócoli, canola y nabos con un alto potencial de impacto económico, siendo una nueva especie invasora en Canadá y Estados Unidos ([Hallett et al., 2009](#)).

En Sur América se ha reportado a *Prodiplosis longifila* en ají, espárragos, limón Tahití, papa, pimentón y tomate. En el ají y el pimentón no representan pérdidas económicas importantes. En tomate (Colombia y Ecuador) y espárragos (Perú) representa uno de los principales problemas entomológicos ([Mena, 2012](#); [Vilca, 2000](#)). En Estados Unidos se reportó como plaga de cítricos donde afectó hasta el 25% de las flores ([Peña et al., 1987](#)), actualmente no es considerado como problema entomológico gracias al parasitismo de *Synopeas* sp. (Jorge Peña, comunicación personal).

La mosca *P. longifila* es una especie polífaga y se alimenta de especies de varias familias de plantas. Estas plantas son reportadas por [Valarezo et al., \(2003\)](#) y mostradas en la Tabla 2-2.

Tabla 2-1 Especies de Cecidomyiidae reportados en cultivos de ají, espárragos, limón Tahití, papa, pimentón y tomate.

Cultivo	Cecidómido	País	Referencia
<i>Asparagus officinalis</i>	<i>Perrisia turionum</i> Kieffer y Trottes	Francia, Italia y Yugoslavia	Gagné, (2010)
	<i>Contarinia florum</i> Rubsaaamen	Alemania, Polonia y Hungria.	Gagné, (2010)
	<i>P. longifila</i>	Perú	Vilca, (2000)
<i>Capsicum frutescens</i>	<i>Clinodiplosis capsici</i> Gagné	Costa Rica, Guyana francesa	Gagné, (2010)
	<i>Prodiplosis longifila</i> Gagné	India Colombia	Sharma, (2009) Vallejo y Estrada (2002)
	<i>Asphondylia gennadii</i> Marchal	Italia, Grecia, Turquía, India	Gagné, (2010); Sharma, (2009)
<i>Capsicum annuum</i>	<i>P. longifila</i>	Ecuador	Valarezo, (2003)
	<i>C. capsici.</i>	Italia, Grecia, Turquía	Gagné, (2010)
	<i>Dasineura</i> sp.	Brasil	Echer <i>et al.</i> , (2003)
<i>Citrus x latifolia</i>	<i>P. longifila</i>	USA	Peña <i>et al.</i> , (1987)
<i>Solanum tuberosum</i>	<i>P. longifila</i>	Perú	Gagné, (2010); Kroschel, (2012)
	<i>Asphondylia trabuti</i> Marchal	Italia	Gagné, (2010)
	<i>P. longifila</i>	Colombia, Ecuador, Perú.	Mena, (2012); Valarezo, (2003)
<i>Solanum lycopersicum</i>	<i>Contarinia lycopersici</i> Felt	Belice, India	Gagné, (2010)

Tabla 2-2 Plantas hospederas de *Prodiplosis longifila* (Valarezo et al 2003).

Familia	Especies
Solanaceae	<i>Solanum</i> sect. <i>lycopersicum</i> (Mill.) Wettst, <i>Solanum tuberosum</i> L., <i>Capsicum annuum</i> L., <i>Physalis angulata</i> L., <i>Solanum</i> sp., <i>Capsicum frutescens</i> L., <i>Datura stramonium</i> L., <i>Solanum nigrum</i> L.
Fabaceae	<i>Glycine max</i> (L.) Merr., <i>Phaseolus vulgaris</i> L., <i>Phaseolus</i> sp., <i>Desmodium</i> sp., <i>Pisum sativum</i> L., <i>Medicago sativa</i> L., <i>Phaseolus lunatus</i> Benth., <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.
Cucurbitaceae	<i>Cucumis melo</i> L., <i>Cucumis sativus</i> L.
Malvaceae	<i>Gossypium hirsutum</i> L.
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L., <i>Acalypha virginica</i> L.
Convolvulaceae	<i>Merremia</i> sp.
Rutaceae	<i>Citrus aurantiifolia</i> (Christm.) Swingle, <i>Swinglea glutinosa</i> (Blanco) Merr.
Liliaceae	<i>Asparagus officinalis</i> L.
Asteraceae	<i>Tagetes patula</i> L.
Quenopodiaceae	<i>Spinacia oleracea</i> L., <i>Chenopodium ambrosioides</i> L.
Umbeliferae	<i>Coriandrum sativum</i> L.
Cruciferae	<i>Brassica oleracea</i> L.
Rosaceae	<i>Malus pumila</i> Mill
Amarantaceae	<i>Amaranthus</i> spp.
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.

2.4 Biología de *Prodiplosis longifila*

Los adultos de *P. longifila* son de cabeza negra, ojos grandes, cuerpo delgado y delicado, alas con venación reducida cubierta de diminutas setas oscuras. Presenta dimorfismo sexual. La antena de los machos cuenta con circumfilas (setas quimiorreceptoras) de forma irregular en cada flagelómero el cual se divide en dos nodos. La longitud del ala, tanto en hembras como en machos es de 1,5 a 1,7 mm (Gagné, 1986). En cuanto a la genitalia, la hembra tiene el ovipositor largo y retráctil, de 5 a 6 veces la longitud del tergito 7.

Los huevos de *P. longifila* son de forma alargada, de aproximadamente 0,26 mm y de color casi transparente (Valarezo *et al.*, 2003). La larva pasa por tres instares, seguido por el estado de pupa. En Cecidomyiidae se presenta retención de la envoltura del segundo instar que sirve para formar el cocón de la pupa (Gagné, 1994). Las larvas I, II y III miden en promedio 0,51, 1,14 y 1,77 mm de longitud respectivamente. El primer estadio es casi transparente, las otras dos son blancas y cuando está próxima a pupar se torna amarilla (Peña *et al.*, 1989). La larva presenta 12 segmentos y la cabeza puede estar expuesta o sumida en el primer segmento torácico, en la parte ventral del protórax presenta una placa longitudinal esclerosada llamada espátula o externon y en el último segmento presenta dos proyecciones que corresponden a los espiráculos (Gagné, 1994). La pupa llega a medir 0,9 mm envuelta en el suelo en un aparente terrón o adherida en las ramas o tallos de las plantas en las que se hospeda (Valarezo *et al.*, 2003).

El adulto es de hábito crepuscular y activo durante las primeras horas del día entre 5:00 am y 7:00 am (Paredes, 1997). En el día se desplaza hacia la parte inferior de las plantas, ubicándose en hojas cercanas al suelo donde se protege del sol (Rodríguez, 1999; Ayqui y Sanchez, 1994; Mujica y Cisneros, 1997). Son lucífugos y atraídos por colores oscuros (Rivella y Zumba, 1996). La actividad sexual es nocturna, realizando la cópula en lugares cercanos al cultivo como en plantas acompañantes que ofrezcan sombra y humedad (Valarezo *et al.*, 2003). El proceso de cópula dura alrededor de cinco minutos, 24 horas después inicia la oviposición (Valarezo *et al.*, 2003) en medio de los tricomas de los brotes, sobre la flor y bajo el cáliz en tomate de donde se alimentan las larvas (Ayqui y Sanchez, 1994). Aunque Delgado (1998) afirma erróneamente que *P. longifila* larviposita, Mena (2012) observó la presencia de huevos. La oviposición es realizada en masas de 3 a 33 huevos por brote (Ayqui y Sánchez, 1994), o hasta de 40 (Mujica y Cisneros, 1997).

Las larvas son gregarias (Gagné, 1994) encontrándose hasta 30 larvas/brote de tomate (observación personal). La larva I se mueve lentamente envuelta en una sustancia mucilaginosa que las mantiene hidratadas y adheridas dentro de las hojas. La larva II se mueve más rápido siendo la etapa de mayor alimentación, por lo tanto la que causa el daño. Presenta mayor actividad en horas de la noche. La larva III (prepupa) inicia cuando la larva deja de alimentarse y salta al suelo para formar la pupa con partículas de suelo tomando la apariencia de un terrón (Valarezo *et al.*, 2003). En el suelo puede llegar a

enterrarse a una profundidad de 1,5 cm (Peña *et al.*, 1989). Cuando no cae al suelo y queda en las hojas la larva próxima a pupar teje un cocón blanco que queda adherido a las ramas, tallos u hojas de la planta donde forma la pupa. Finalmente el adulto emerge al terminar el día (Valarezo *et al.*, 2003) entre las 5:00 y 11:00 pm. La longevidad del adulto aumenta de 1,06 a 8,03 días cuando se le ofrece miel (Peña *et al.*, 1989). Gagné (1989) encontró que la relación de sexos en cultivos de cítricos es de 70% hembras y 30% machos (n = 87). En tomate híbrido Santa Clara la el porcentaje de hembras fue de 53,85% (Mena, 2012).

El tiempo de desarrollo de *P. longifila* está influenciado por condiciones ambientales y por la variedad de tomate (Mena, 2012). Valarezo *et al.* (2003) bajo condiciones de campo e invernadero (temperatura media anual de 24°C y HR 83%) encontraron que el tiempo promedio de desarrollo huevo-adulto es de 15,9 d. y la longevidad promedio del adulto 1,35 d. El tiempo de desarrollo de las larvas I, II y III fue de 2,55, 2,70 y 2,80 días respectivamente. Díaz (1981; 1991) describe a *P. longifila* como una especie multivoltina que cumple su ciclo de 20 a 25 días.

La biología de *Prodiplosis longifila* en cultivos de limón Tahití es muy diferente a la de solanáceas. En limón Tahití *P. longifila* oviposita en los estambres o estilos de las flores que por lo general tienen un diámetro de 0,46 a 0,65 cm o en flores con una pequeña apertura que le permite al estilo sobresalir, la hembra coloca de 1 a 59 huevos en condiciones de laboratorio (27 °C y 84±2% HR). Los huevos eclosionan después de 1-2 días dependiendo de la temperatura (Peña *et al.* 1989). El desarrollo de la larva tarda de 8 a 12 días (27 °C y 84±2% HR), donde causa daño únicamente en flores, destruyendo por completo los ovarios, pistilos y estambres, causando abscisión prematura de flores (Peña *et al.*, 1989). Después de la alimentación de las larvas, ocurre una infección fúngica por especies de *Collectotrichum*, *Cladosporium* y *Penicillium* ocasionando la muerte de la flor (Peña y Duncan, 1992).

2.5 Caracterización del daño ocasionado por *Prodiplosis longifila*

La presencia de un insecto plaga se caracteriza generalmente porque causa un tipo de lesión particular que se manifiesta como un daño en la planta. Los daños son derivados

directamente de la alimentación del insecto, presencia de contaminantes (ej. excrementos) que reducen la calidad del producto o indirectamente causados tanto por la presencia de bacterias y hongos asociados a los excrementos y secreciones, como a virus y otros patógenos transmitidos por el insecto (Dent, 2000). Igualmente las plantas responden al daño por insectos de diversas maneras.

El daño producido por *Prodiplosis longifila* en el cultivo de tomate es causado por el hábito alimenticio de la larva. La parte preferida para su alimentación es la base de los foliolos afectando severamente los brotes tiernos, también se alimenta de inflorescencias y frutos pequeños, deformando sus estructuras, como resultado se ennegrecen (Valarezo, 2003). Este color se debe a las toxinas secretadas por la larva de *P. longifila* al alimentarse (Arias, 2001).

2.6 Manejo de *Prodiplosis longifila*

Existen diferentes estrategias de manejo de *P. longifila*, las cuales han sido evaluadas en cultivos comerciales de tomate en Colombia y Ecuador, en espárragos en Perú y limón Tahití en Estados Unidos. En cultivos de ají y pimentón no se tienen registros de estudios realizados para el manejo de *P. longifila*. En la tabla 2-3 se reúnen diferentes estrategias estudiadas enfocadas dentro de un contexto MIP para el manejo de ésta plaga.

Tabla 2-3 Tácticas para el manejo de *Prodiplosis longifila*.

Tácticas de Manejo	Estudio de Caso	Cultivo	Referencia
Control Biológico	<u>Hongos entomopatógenos</u>		
	<i>Beauveria bassiana</i>	Espárragos*	Cedano y Cuabas, (2012)
	<i>Metarrhizium anisopliae</i>		
	<i>Lecanicillium lecanii</i>		
	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	Espárragos*	Díaz, (2009)
	<u>Parasitoides</u>		
	<i>Synopeas</i> sp.	Espárragos	Valarezo <i>et al.</i> , (2003)
<u>Nematodos</u>			
	<i>Heterorhabditis</i> sp.		Díaz, (2009)*
Control Etológico	Trampas de luz	Espárragos	Núñez, (2008)
Control Químico	Insecticidas organofosforados) (52%	Tomate	Valarezo <i>et al.</i> , (2003)
	Tiametoxam, Imidacloprid, Abacmentina.		Cardona <i>et al.</i> , (2007)
	Spirotetramat		Bayer
Control Cultural	Poda y Riego	Tomate	Cuzme y Sabando, (2011)
Otros	Biomel, Bionim	Tomate*	Delgado, (1998)

* En fase experimental.

2.7 Control biológico de *Prodiplosis longifila*

Existen varios enemigos naturales depredadores reportados para *P. longifila* por ejemplo *Chrysoperla externa* H. (Neuroptera: Chrysopidae); los chinches *Rhinacloa* spp. (Hemiptera: Miridae), *Orius insidiosus* S. (Hemiptera: Anthocoridae), *Metacanthus* sp. (Hemiptera: Berytidae), *Nabis punctipennis* B., *Geocoris punctipes* S. (Hemiptera: Nabidae), y los coleópteros de la familia Coccinellidae *Hippodamia convergens* G., *Cycloneda sanguinea* L., *Eriopis connexa connexa* G., *Ceratomegilla maculata* D.E. y *Scymnus* sp. (Díaz, 2009). Desafortunadamente no existe información sobre su impacto en las poblaciones de *P. longifila*. Ayquipa *et al.*, (2010) recomiendan proteger y conservar a los depredadores *Chrysoperla asoralis* Banks (Neuroptera: Chrysopidae), *Nabis capsiformis* Germar (Hemiptera: Nabidae), *Methacantus tenellus* (Hemiptera: Lygaeidae) y coccinélidos.

Dentro de los enemigos naturales parasitoides de *P. longifila* se encuentra *Synopeas* sp. (Hymenoptera: Platygasteridae), quien ejerció un control hasta del 90% en cultivos de limón Tahití en La Florida, Estados Unidos (Peña *et al.*, 1990). Este es el único parasitoide reportado hasta el momento en limón Tahití (Peña, 1990), espárragos (Díaz, 2009) y tomate (Mena, 2012). En Perú es criado y liberado en cultivos de espárragos (Díaz, 2009), en Colombia hasta el momento se ha reportado únicamente en el Valle del Cauca y no ha sido considerado para el control biológico de *P. longifila*.

Existen 123 especies en el género *Synopeas* (Foerster, 1856) relacionadas como parasitoides de Cecidomyiidae (Macgown y Evans, 2003). El género se distingue morfológicamente de otros Platygasteridae por la siguiente combinación de caracteres: ausencia de venas en las alas, tergitos metasomales I y II fusionados en ambos sexos, escutelo termina en una espina corta a larga y el pronoto con una depresión ventral. Según Macgown y Evans (2003) el género se divide en tres subgéneros de acuerdo a la forma y longitud del metasoma: *Dolichotrypes* (largo, estrecho y muy prolongado), *Sactogaster* (colgante o en forma de coma, tergito II inchado y tergito III y VI estrechos) y *Synopeas* (normal, en forma cónica que disminuye hacia el ápice). Se conoce muy poco de las especies de parasitoides asociados a *Prodiplosis longifila* y su distribución en Colombia. Aportar conocimientos en este aspecto es relevante por ser agentes de

control biológico con potencialidad de ser incluidos en un programa de manejo integrado de *P. longifila*.

2.8 Distribución espacial de las especies

Los mapas de distribución de especies tienen diferentes aplicaciones. Guisan y Thuiller reúnen estas aplicaciones: (1) cuantificación del nicho ecológico de las especies, (2) prueba de hipótesis biogeográficas, ecológicas y evolutivas, (3) Evaluación de las especies invasoras y su proliferación, (4) evaluación del impacto del cambio climático, uso de la tierra y otros cambios ambientales sobre la distribución de las especies, (5) sugerencia de sitios no investigados de alto potencial de ocurrencia de especies raras. (6) apoyo a los planes de gestión adecuados para la recuperación de especies y la cartografía de lugares adecuados para la reintroducción de especies y, (7) apoyo a la planificación de la conservación y selección de áreas de conservación.

Los modelos de distribución de plagas son una herramienta útil en MIP ya que permiten delimitar la zona de muestreo e incorporar zonas de distribución en el manejo de la plaga objeto de estudio (Ellsbery, 1999). Basándose en el resultado de la distribución del insecto plaga también se puede determinar los lugares de distribución de sus enemigos naturales. Por ejemplo, dada la especificidad de los parasitoides por sus hospederos, existe una coincidencia en la distribución geográfica de ambos niveles tróficos.

Los sistemas de información geográfica (SIG) han evolucionado como herramientas informáticas integradas para el mapeo y análisis espacial de la información georeferenciada (Ellsbery *et al.*, 1999). Un mapa de distribución de especies es un modelo computarizado que permite predecir donde puede ocurrir una determinada especie. Una forma de construir mapas de distribución de una especie es determinar la relación que tiene la especie con los diferentes factores ambientales donde esta habita (Guisan y Thuiller, 2005). A los modelos creados a partir de estas interacciones se les conoce como modelos de nicho ecológico el cual es definido como todos los factores ambientales que actúan sobre un organismo (Peterson, 2003). Diferentes trabajos han determinado la distribución de insectos mediante la implementación del modelo de nicho ecológico. Por ejemplo De Meyer *et al.* (2009) construyeron el modelo de distribución y predicción de distribución a nivel mundial de *Bactrocera invadens* Drew, Tsuruta y White

(Diptera: Tephritidae). Para *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) se modeló el potencial de invasión en África, América e India mediante el uso del nicho ecológico de la especie (Mata *et al.*, 2010). La creación de un modelo de distribución comprende seis pasos: conceptualización, preparación de datos, ajuste del modelo, evaluación del modelo, predicciones espaciales y aplicación del modelo (Guisan y Zimmermann, 2000).

Para la construcción de los modelos de nicho ecológico por lo general se utilizan 19 biovariables almacenadas en BIOCLIM de WorldClim (<http://www.worldclim.org>; Hijmans *et al.*, 2005). Este último ofrece un conjunto de capas del clima global (redes climáticas) con una resolución espacial de aproximadamente 1 kilómetro cuadrado. Estos datos corresponden a promedios mensuales de variables climáticas registradas desde el año 1950 a 2000. La base de datos cuenta con 19 biovariables las cuales son presentadas en la tabla 2-4. Estas variables se derivan de la temperatura mensual y valores de la precipitación (Nix y Busby, 1986) y describen los promedios, las tendencias y las variaciones estacionales de la temperatura y la precipitación las cuales influyen en los límites fisiológicos de las especies (Graham y Hijmans, 2006). Diversos estudios han utilizado estas variables para construir modelos de nicho ecológico para diferentes especies de insectos (Liu *et al.*, 2011), ácaros (Hill *et al.*, 2012), plantas (Kumar y Stohlgren, 2009), nematodos (Wang *et al.*, 2007) entre otros.

Son diferentes los programas desarrollados para la construcción de modelos de predicción de la distribución de las especies (Tabla 2.5). Cada uno de estos programas funciona con un algoritmo específico que relaciona los datos ambientales con los datos de la especie en estudio para construir el modelo de predicción de la distribución de las especies. Por ejemplo Wyckhuys *et al.* (2011) determinaron la distribución de *Dasiops inedulis* Steyskal asociado a cultivos de pasifloras en Colombia mediante la utilización del algoritmo de Maxima Entropía (Maxent). El método llamado máxima entropía se ha reportado como el mejor método de modelado de la distribución de especies por diferentes autores, logrando trabajar con pocos datos de presencia/ausencia (Elith *et al.*, 2011). Maxent calcula la distribución de probabilidad de ocurrencia de una especie sobre la base de las limitaciones ambientales (Phillips *et al.*, 2006), utilizando datos de presencia de especies y capas de datos ambientales.

Tabla 2-4 Variables bioclimáticas (<http://www.worldclim.org>).

Código	Variables
BIO_1	Temperatura media anual.
BIO_2	Rango de temperatura diurno medio (Temp. Máxima – Temp. Mínima).
BIO_3	Isotermicidad (BIO2/BIO7) (x 100).
BIO_4	Estacionalidad de la temperatura (Desviación estándar x 100).
BIO_5	Temperatura máxima del mes más caliente.
BIO_6	Temperatura mínima del mes más frío.
BIO_7	Rango de temperatura anual (BIO5 – BIO6).
BIO_8	Temperatura media del trimestre más húmedo.
BIO_9	Temperatura media del trimestre más seco.
BIO_10	Temperatura media del trimestre más caliente.
BIO_11	Temperatura media del trimestre más frío.
BIO_12	Precipitación total anual.
BIO_13	Precipitación del mes más húmedo.
BIO_14	Precipitación del mes más seco.
BIO_15	Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación).
BIO_16	Precipitación del trimestre más húmedo.
BIO_17	Precipitación del trimestre más seco.
BIO_18	Precipitación del trimestre más caliente.
BIO_19	Precipitación del trimestre más frío.

Tabla 2-5. Algoritmos comúnmente utilizados para la elaboración de mapas de predicción de la distribución de insectos.

Programa	Método	Ejemplo
MAXENT	Máxima Entropía	Wyckhuys et al., 2011
DIVA GIS	Bioclim y Domain	Yu et al., 2009
CLIMEX		Parsa, 2012
GARP	Algoritmos Genéticos	Stockman, 2006
SPECIES	Redes Neuronales Artificiales	Pearson et al., 2002
DOMAIN	Capas Ambientales	Carpenter et al., 1993
BIOMAPPER	Análisis Factorial de Nicho Ecológico	Hirzel et al., (2002)
BIOCLIM	Capas Ambientales	Busby, 1991

3. Materiales y Métodos

3.1 Área de estudio

Para determinar la distribución de Cecidomyiidae y sus parasitoides se muestrearon cultivos de ají, espárragos, limón Tahití, papa, pimentón y tomate en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila, Nariño, Quindío, Risaralda, Santander y Valle del Cauca. Los muestreos se iniciaron en marzo de 2012 y culminaron en septiembre de 2013. En Ecuador se muestreo en las provincias de Imbabura y El Carchi. Adicionalmente se recibieron individuos de *P. longifila* de limón Tahití de La Florida, Estados Unidos enviadas por el Doctor Jorge E. Peña. Esto con el fin de compararlas morfológicamente con los individuos colectados en Colombia. Para muestrear se recorrió cada lote de cultivo buscando las estructuras vegetales afectadas por *Prodidiplosis longifila*. En tomate se buscaron larvas sobre brotes tiernos, flores y frutos de primeros estados de desarrollo que presentaban síntomas de daño. Para ají y pimentón se buscaron larvas en hojas, flores y frutos con síntomas de daño. En espárragos se buscaron larvas en brotes tiernos en un único lote ubicado en el departamento del Cauca municipio de Cajibío mientras que en papa se buscaron en hojas, flores y frutos. Por último, para limón Tahití se buscaron únicamente en botones florales (Peña, 1987). Para caracterizar el daño se describió la estructura afectada y se hizo un registro fotográfico del mismo. En cada uno de los sitio de muestreo se determinó la presencia/ausencia del insecto, y se georeferenció con la ayuda de un GPS (GPSmap 60CSx, Garmin). Además con un Envirometro (Tomas Enviro Meter) se registraron la temperatura y humedad relativa al momento del muestreo. No se determinó los niveles de infestación de los cecidómidos y tampoco el área de los cultivos muestreados.

Las estructuras de las plantas que presentaron daño y/o larvas fueron retiradas y debidamente empacadas en recipientes plásticos (20 X 10 cm) con servilletas húmedas para evitar su desecación. Las estructuras afectadas se transportaron al Laboratorio de

Entomología y Acarología de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Para recuperar los adultos se utilizó la metodología descrita por [Gagné \(1996\)](#): las larvas obtenidas en campo fueron transferidas a cámaras de recuperación las cuales consistieron en recipientes plásticos cubiertos por cartulina negra y un vial de vidrio transparente incrustado en su parte media con el fin de que después de completar su desarrollo los adultos emergidos fueran atraídos hacia la luz y quedaran atrapados en el vial. Las cámaras de recuperación fueron introducidas en una cámara ambientada (Panasonic MLR-351) con condiciones controladas (23°C y 75% HR). Una vez emergieron los adultos se recolectaron y dispusieron en alcohol al 95%.

3.2 Recuperación y determinación de especies de Cecidomyiidae

Para determinar las especies de Cecidomyiidae recolectados se realizaron preparaciones para microscopio de todos los ejemplares recolectados en todos los cultivos muestreados siguiendo la metodología descrita por [Gagné \(1996\)](#) con algunas modificaciones. De cada ejemplar se removió el abdomen, antenas y alas; el resto del cuerpo se destinó a análisis molecular, realizado por el grupo de ecogenética y biología molecular de la Universidad del Valle. Las partes removidas se sometieron a un proceso de aclaramiento de la siguiente manera: se introdujeron en una dilución de hidróxido de sodio (2 perlas de NaOH al 99% en 10 ml de agua destilada) durante un minuto. Transcurrido este tiempo se pasaron por agua destilada y luego se introdujeron en solución de ácido acético (20%) durante un minuto. Luego se transfirieron a soluciones de alcohol etílico al 75 y 95% durante cinco minutos en cada una y finalmente fueron purificados en aceite de clavo. Una vez aclarados y purificados se colocaron individualmente sobre portaobjetos con bálsamo de Canadá y se cubrieron con un cubre objetos, para acelerar el secado las láminas se colocaron en una incubadora durante 2 días a 45 °C. Los machos montados en estas láminas se identificaron con base en características morfológicas corriendo la clave taxonómica de [Gagné \(1996\)](#).

3.3 Recuperación y determinación de parasitoides

Para obtener los parasitoides, las pupas de los cecidómidos se colocaron en las cámaras de recuperación hasta que presentaran síntomas de parasitismo. Cuando hay signos de parasitismo, la pupa toma una apariencia traslúcida donde el parasitoide en desarrollo es visible a través de la cubierta de la pupa con la ayuda de un estereoscopio (20X). Los parasitoides recuperados fueron dejados en alcohol durante una hora y después de retirado el alcohol fueron mantenidos en refrigeración (-10 °C) durante tres días y luego montados en micro alfileres entomológicos. Las morfoespecies encontradas se determinaron con claves dicotómicas para familia (Masner, 2006) y especie (Buhl, 2011).

3.4 Construcción de modelos de distribución de *Prodiplosis longifila*

Con las zonas cultivadas muestreadas y correctamente georeferenciadas con la ayuda de un GPS (Garmin 60CSX) se procedió a construir el mapa de distribución de *P. longifila* en Colombia. Las variables para construir este modelo correspondieron a cuatro obtenidas en campo (presencia/ausencia de *P. longifila*, temperatura, humedad relativa y altura sobre el nivel del mar) y las 19 biovariables obtenidas de BIOCLIM de WorldClim (<http://www.worldclim.org>; Hijmans *et al.*, 2005).

Una vez obtenidas las variables se escogieron a través de un examen de colinealidad las que tienen mayor incidencia sobre *P. longifila*. La colinealidad determina si existe correlación entre las variables independientes, lo que puede tener efectos perjudiciales sobre las regresiones estimadas haciendo que su error estándar se infle, por lo tanto los intervalos de confianza se inflan hasta el punto que resulta imposible determinar la significancia de cada variable sobre la variable dependiente (Quinn y Keough, 2002). Para realizar el examen de colinealidad primero se construyó una matriz de coeficientes de correlación con las 22 variables colectadas, cualquier par de variables con $R \geq 0.80$ se considera como correlacionada (Lozier y Mills, 2009). En segundo lugar se comprobó el valor de tolerancia ($1-r^2$) para cada variable y se expresó como factor de inflación de la varianza ($VIF = (1-r^2)^{-1}$). Una tolerancia baja indica que la variable se correlaciona con uno o más variables por tanto los valores de VIF superiores a diez sugieren una fuerte colinealidad (Quinn y Keough, 2002). Una vez eliminadas las variables que presentaron colinealidad se evaluó la asociación entre las variables restantes y la variable

dependiente (presencia/ausencia de *Prodiplosis longifila*). Para esto se realizó la correlación de Pearson y se estimó su significancia mediante la prueba t de student.

Con las variables seleccionadas se construyeron modelos de distribución de *P. longifila* con la ayuda del programa Maxent 3.3.3k (Elith *et al.*, 2011). Maxent 3.3.3k utiliza datos de muestreo de presencia/ausencia y las capas de datos ambientales para generar una distribución de probabilidad de ocurrencia de la especie sobre un área determinada utilizando el principio de máxima entropía (Phillips, 2006). La prueba de Jackknife Maxent fue utilizada para determinar la importancia de cada variable y su relación con *P. longifila*. Para evaluar el rendimiento del modelo se utilizó el valor AUC (area under curve) o área bajo la curva ROC (receiver operating characteristics, representación gráfica de la sensibilidad del modelo). El estadístico AUC es una medida independiente de umbral de rendimiento del modelo; teóricamente, una puntuación de AUC de 1,0 indica un rendimiento óptimo, mientras que el AUC = 0,5 indica un modelo débil (Araujo *et al.*, 2005).

La validación del modelo consiste en probar si los ajustes hechos coinciden con la realidad (Fielding y Bell, 1997). Para esto, una vez construido el modelo, se seleccionaron cuarenta sitios visitados (No incluidos para la construcción del modelo) y se comprobó la concordancia entre el modelo y la presencia/ausencia del insecto con la ayuda del estadístico Kappa de Cohen. Kappa es una medida de concordancia propuesta por Cohen (1960), que se basa en comparar la concordancia observada en un conjunto de datos, respecto a la que ocurre por azar. Para calcularlo se utilizó la matriz y la ecuación presentadas en la tabla 3-1. Kappa puede tomar valores entre 0 y 1, valores inferiores a 0.4 significan que el modelo no se asemeja a la realidad, valores entre 0.4 y 0.75 significan que el modelo es bueno y valores superiores a 0.75 reflejan un modelo excelente (Fielding y Bell, 1997).

Tabla 3-1. Matriz y ecuación para el cálculo del estadístico Kappa.

		Observación	
		Presencia	Ausencia
Predicción	Presencia	a	b
	Ausencia	c	d

$$\text{Kappa} = \frac{[(a + d) * (((a + c)(a + b) + (b * d)(c + d))/N)]}{[N * (((a + c)(a + b) + (b + d)(c + d))/N)]}$$

4. Resultados

Se muestrearon en total 167 lotes de cultivo de ají, espárragos, limón Tahití, papa, pimentón y tomate en Colombia, 28 lotes de limón Tahití, papa, pimentón y tomate en Ecuador y uno de limón Tahití en Estados Unidos (Figura 4-1). De los 167 lotes muestreados en Colombia el 28% ocurrieron en el Valle del Cauca, seguido por, Boyacá (16%), Antioquia (15%), Huila (13%), Santander (9%), Caldas (5%), Cundinamarca (4%), Cauca (3%), Nariño (3%), Quindío (2%) y finalmente Risaralda con el 2% (Figura 4-2). En tomate se muestrearon tanto cultivos bajo invernadero como a campo abierto. En cuanto a presencia/ausencia de cecidómidos se encontró en Colombia que el 53% de los cultivos visitados presentaron por lo menos una especie. En el cultivo de tomate se encontró que el 65% de los sitios visitados presentaron cecidómidos mientras que en ají, pimentón y limón Tahití se encontraron cecidómidos en el 40%, 31,25% y 75% de los cultivos visitados respectivamente. No se encontró ningún cecidómido en cultivos de papa y espárragos (Figura 4-3).

En los diferentes sitios de muestreo en Colombia la altura osciló entre 739 y 2973 m.s.n.m. ($\mu = 1714$ m.s.n.m.), con 32,7 a 82,8 % de humedad relativa ($\mu = 53\%$) y 17,5 a 38,7 °C ($\mu = 29$ °C). En Ecuador el 61% de los cultivos muestreados ocurrieron en la provincia de Imbabura y 39% en la provincia del Carchi. De los 28 lotes de cultivo visitados el 71% correspondieron a tomate, 17,8% a papa, 7,14% a pimentón y 3,57% a limón Tahití. En Estados Unidos el único cultivo del cual se obtuvieron muestras de cecidómidos corresponde a limón Tahití en el estado de La Florida.

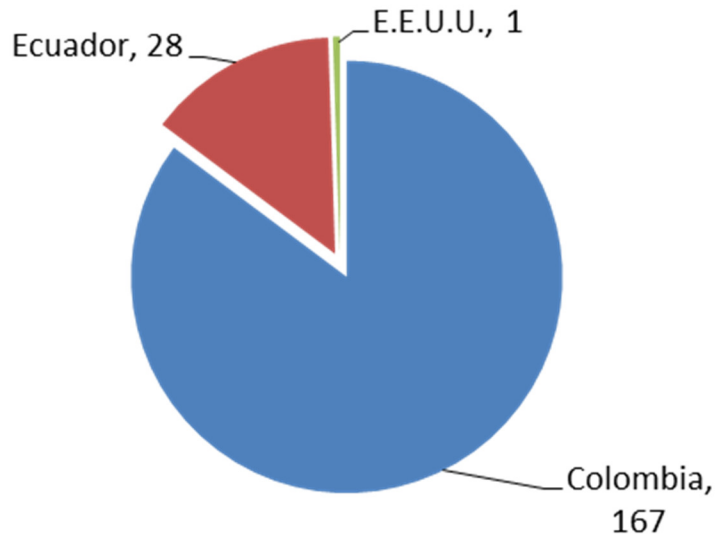


Figura 4-1 Número de cultivos muestreados por país.

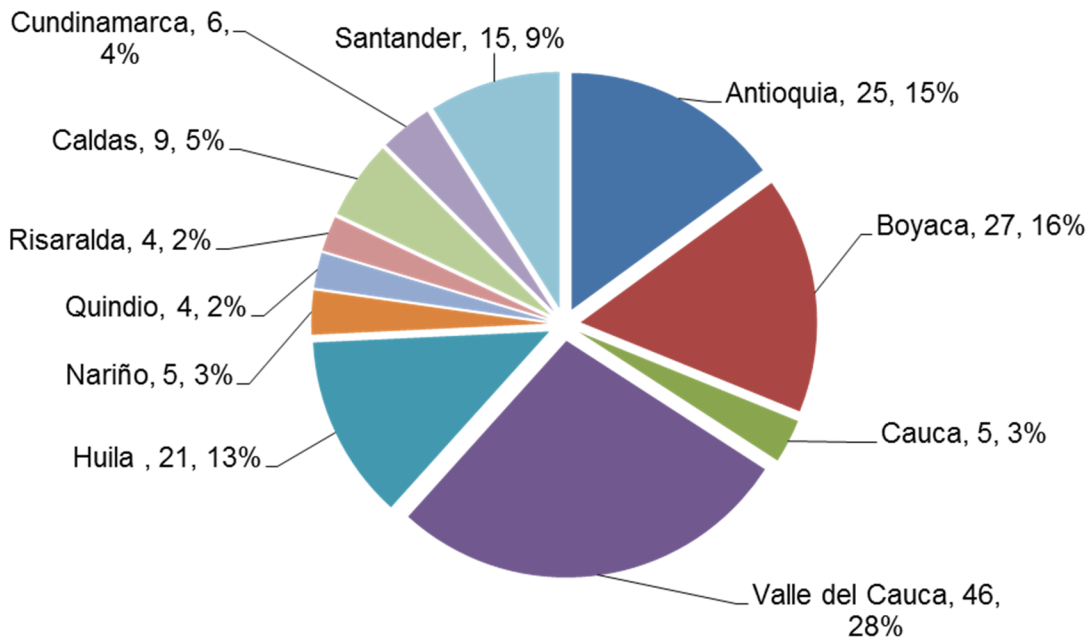


Figura 4-2 Número y porcentaje de cultivos muestreados por departamento en Colombia.

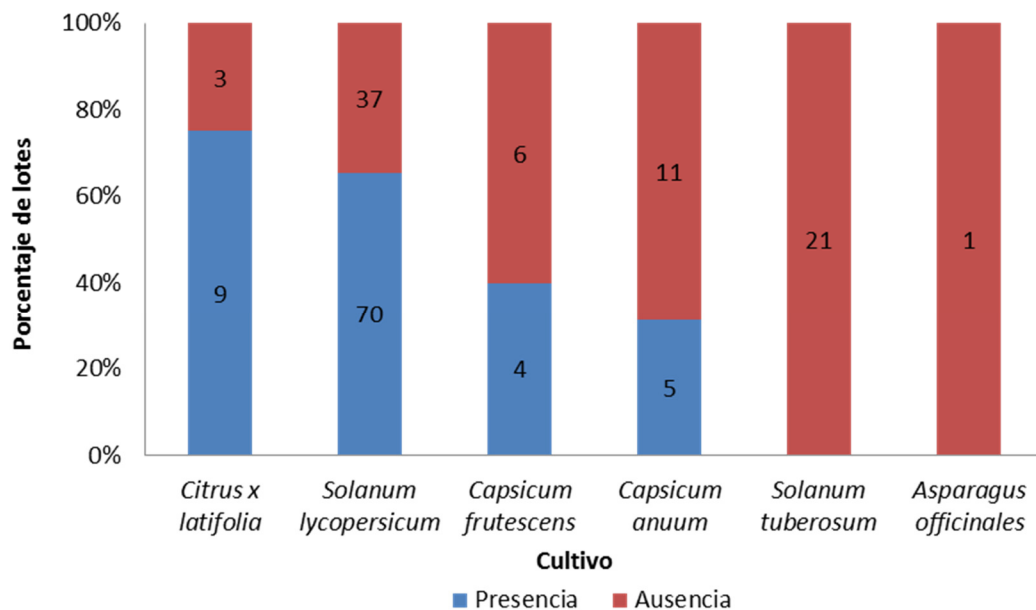


Figura 4-3 Porcentaje de lotes de cada especie de cultivo con presencia y ausencia de cecidómidos. Dentro de la barra se indica el número de lotes muestreados.

4.1 Especies de cecidómidos encontradas y caracterización del daño

En total se realizaron 540 preparaciones para microscopio de ejemplares de cecidómidos que son conservadas como colección de referencia en el Museo de Entomología de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. De estas, 485 correspondieron a *Prodiplosis longifila* y 55 a *Dasineura* sp. A continuación se describen estas especies y el daño que causan a sus plantas hospederas.

4.1.1 Tomate

La identificación morfológica de los adultos obtenidos en cultivos de tomate correspondió a *Prodiplosis longifila* (Figura 4-5). Las hembras adultas miden en promedio 1,4 mm ($n = 10$) y los machos 1,3 mm ($n = 10$). La longitud fue determinada midiendo desde el último segmento abdominal hasta la base de las antenas del insecto. En las alas se puede observar la vena R_5 levemente inclinada y unida a la vena Costa en la parte más distal

del ala. Cada segmento antenal del macho es binodal y los gonopodos presentan articulación dorsoventral (Figura 4-5).

La hembra oviposita en brotes foliares, flores y bajo el cáliz. La larva recién salida del huevo se alimenta raspando el tejido epidérmico en brotes foliares con ayuda de su espátula (Figura 4-5). Debido a esto los tejidos se necrosan y la hoja se deforma (Figura 4-4e y f). En los botones florales la larva se alimenta de los ovarios y los estambres. El daño se reconoce por que los estambres cambian su coloración normal y se tornan color marrón (Figura 4-4a). La larva inicia su alimentación raspando el tejido epidérmico del ovario por lo que el tejido se necrosa y posteriormente la flor se cae. En infestaciones altas se logra observar las larvas sobre las flores. Para detectar tempranamente la presencia de la plaga en las flores, se retiran suavemente los pétalos y con la ayuda de una lupa se buscan las larvas y/o el daño ocasionado por ellas (Figura 4-4b). El síntoma producido por *P. longifila* en flores es muy parecido al ocasionado por enfermedades como botrytis (*Botrytis cinerea* Pers. ex Fr.). En frutos pequeños los huevos son puestos bajo el cáliz, allí eclosionan y las larvas se alimentan del tejido epidérmico del fruto. Cuando el fruto inicia su crecimiento se manifiesta una necrosis y posteriormente la deformación del fruto (Figura 4-4c y d), a este daño los agricultores lo llaman “caregato” o “caracha”. La calidad del tomate se deteriora, no siendo apto para su comercialización.

De manera cualitativa, los ataques más severos se observaron en Colombia, Palmira (Valle del Cauca) y Chinchiná (Caldas) donde los agricultores manifestaron que el insecto ocasiona pérdidas económicas importantes y su control químico es ineficiente.

4.1.2 Ají

El daño fue encontrado en este cultivo únicamente en los frutos. La larva se alimenta de los tejidos epidérmicos del fruto bajo el cáliz lo que se manifiesta en tres síntomas consecutivos: (1) primero los tejidos donde la larva realiza el raspado se necrosan, (2) luego aparece una banda color fucsia en la base del fruto y (3) a medida que el fruto crece se curva hacia el lado donde fue producido el daño por la larva (Figura 4-5).

Al realizar la identificación morfológica del adulto se encontró que la especie pertenece al género *Dasineura* (Figura 4-5). El adulto es de cuerpo blando y delgado, las alas llegan

hasta la parte más distal del abdomen y presentan numerosas setas. En las alas la vena R_5 es más corta que el ala, ligeramente curvada hacia arriba y unida a la vena costa en el segundo tercio del ala (Figura 4-5), mientras que en *P. longifila* la vena R_5 está ligeramente curvada hacia abajo y se une a la vena costa en la parte más distal (Figura 4-5). Las antenas presentan 15 flagelomeros los cuales están constituidos por un nodo (Figura 4-5), contrario a *P. longifila* en la cual cada flagelomero está constituido por dos nodos (en los machos). En el aparato reproductivo del macho los gonopodos presentan articulación hacia el edeago (Figura 4-5). El ovipositor de la hembra no es extensible hacia el exterior (Gagné, 1994). La larva (Figura 4-5 y Figura 4-6) de coloración naranja presenta una espátula en forma de diente la cual es utilizada para raspar el tejido epidérmico (Gagné, 1994).

Aún se desconoce a qué especie pertenece este insecto del género *Dasineura*. Cabe destacar que este es el primer reporte para Colombia de *Dasineura* sp. afectando cultivos de ají. Debido a su semejanza, los productores de ají erróneamente han considerado que el daño del fruto lo causa *P. longifila*. Aunque *Dasineura* sp. se encuentra alimentándose de los frutos de ají sus poblaciones generalmente no ocasionan pérdidas económicas (Edilberto Muñoz, Comunicación personal). La especie *Dasineura* sp. se encontró en cultivos de ají en los municipios de Roldanillo, Toro y Yotoco (Valle del Cauca).

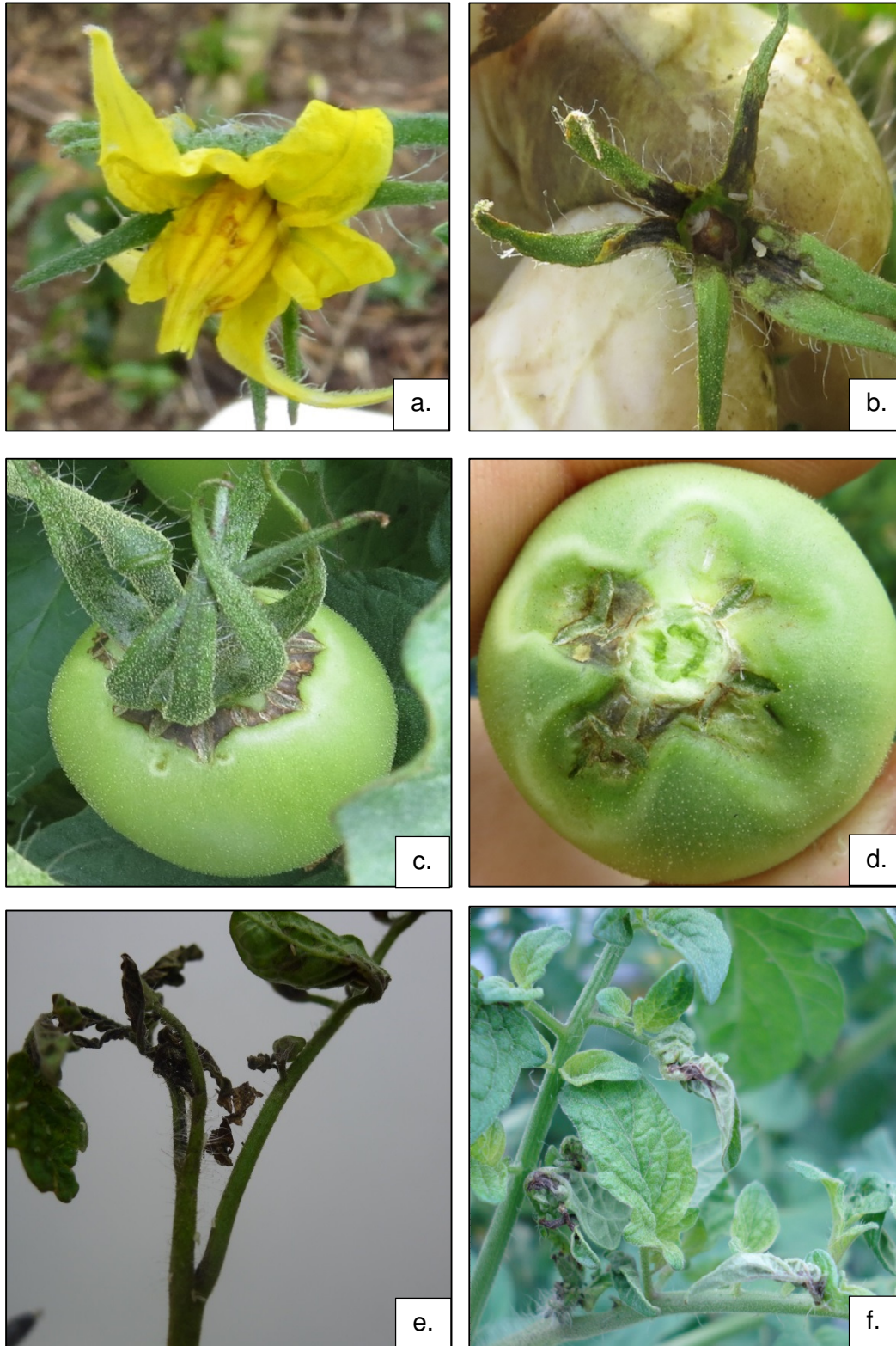


Figura 4-4 Daños de *Prodioplosis longifila* en tomate. a. y b.: Daño en flores. c. y d. Daño en frutos. e. y f.: Daño en hojas.

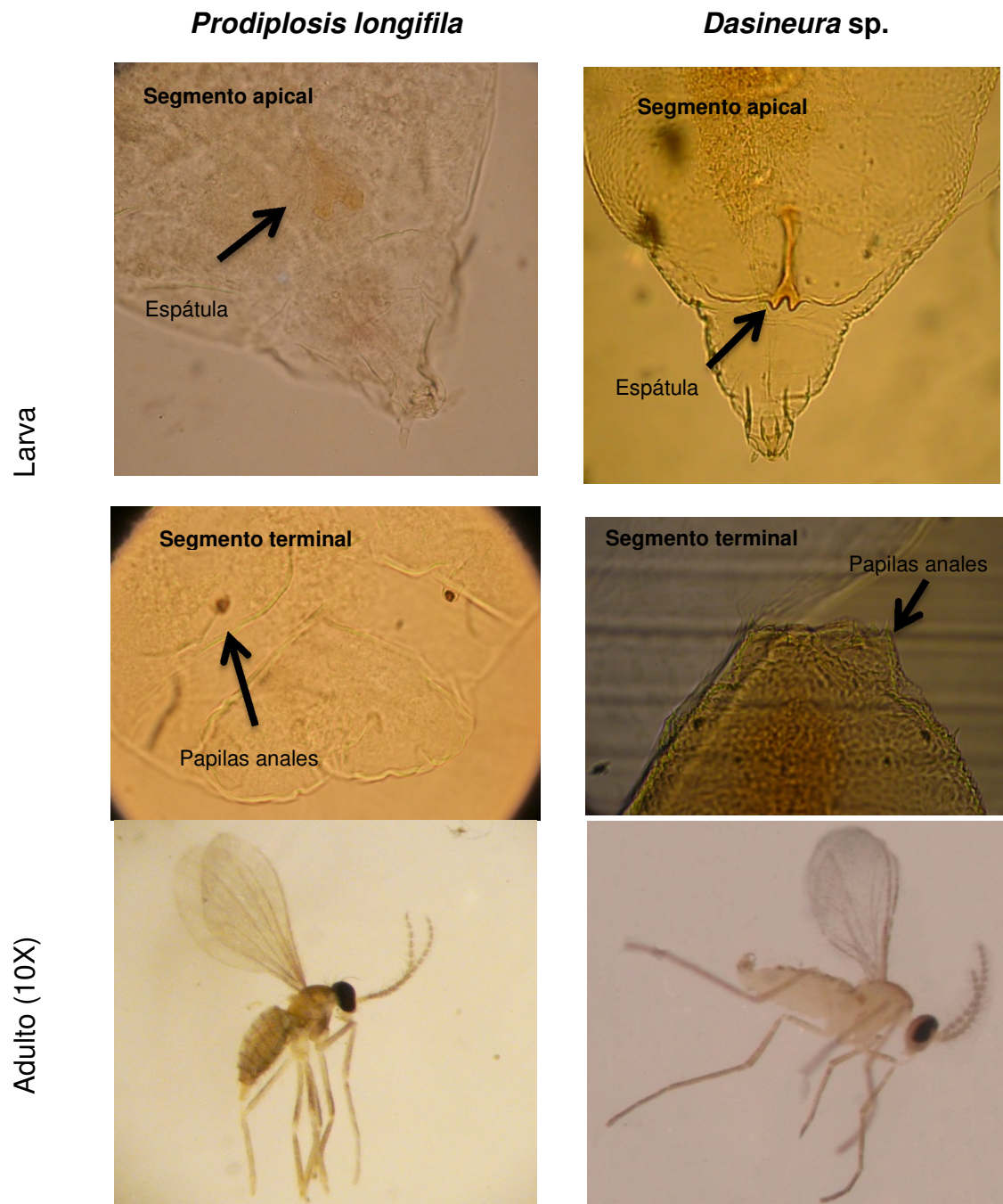


Figura 4-5. Diferencias morfológicas entre larvas y adultos de *Prodiplosis longifila* y *Dasineura sp.*

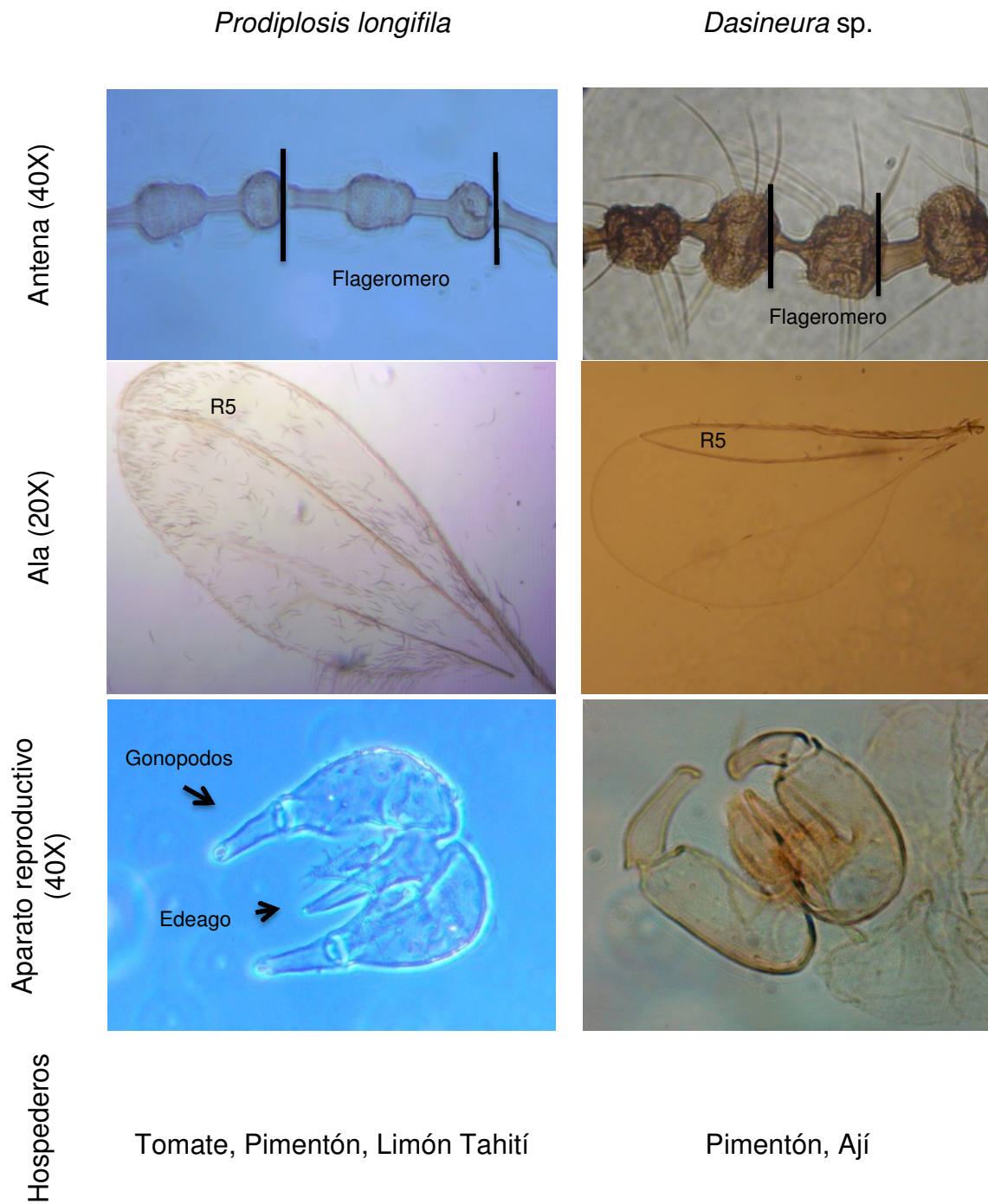


Figura 4 - 5. Diferencias morfológicas entre larvas y adultos de *Prodiplosis longifila* y *Dasineura* sp. (Continuación)

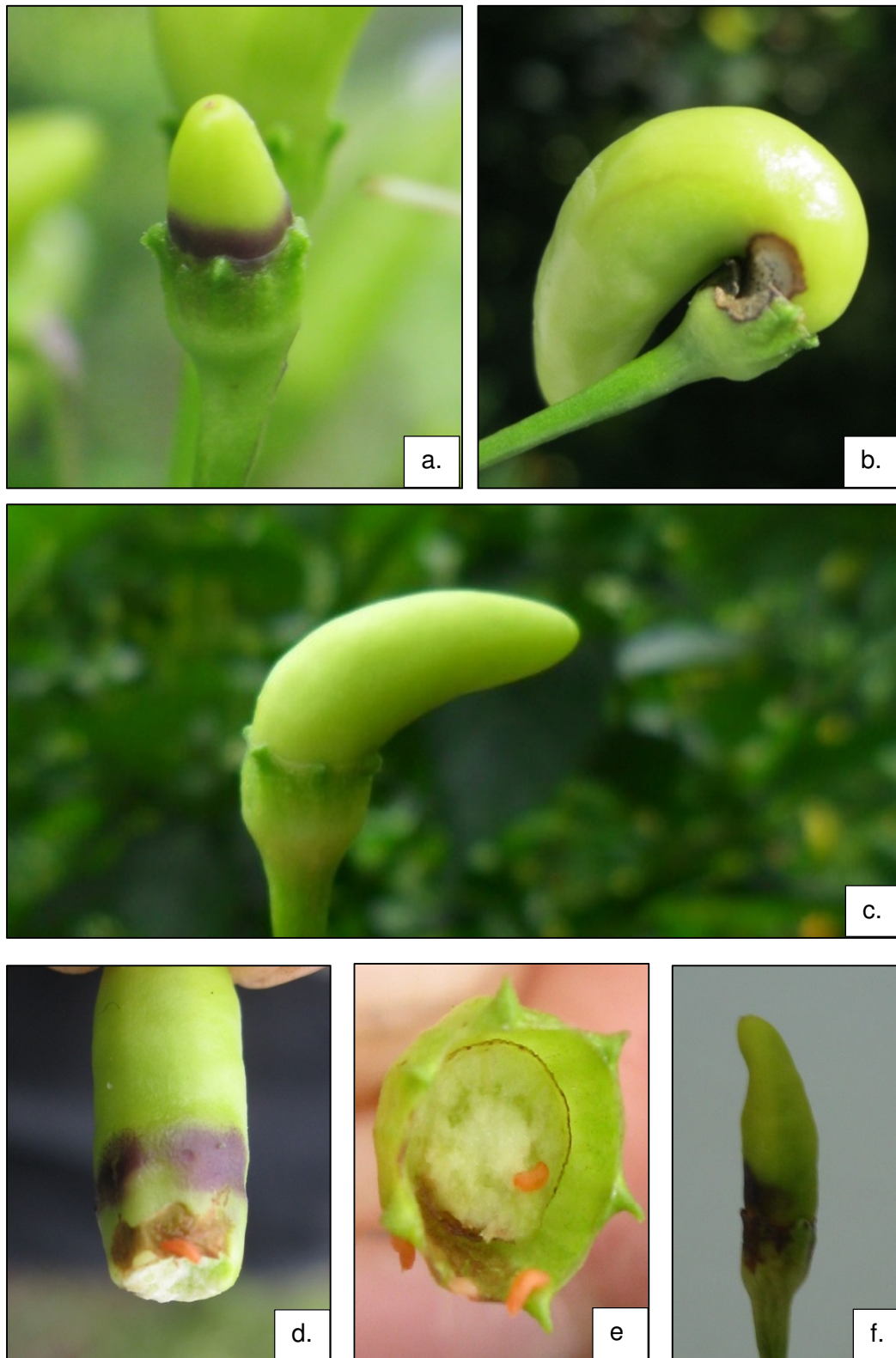


Figura 4-6 Daño de *Dasineura* sp. en frutos de ají. a. Presencia de banda fucsia, b. y c. Malformación del fruto, d. y e. Larvas de *Dasineura* bajo el cáliz y f. Pudrición en fruto.

4.1.3 Pimentón

La descripción morfológica de los adultos encontradas en el cultivo del pimentón permitió identificar tanto a la especie *P. longifila* como a *Dasineura* sp. (Figura 4-5) en diferentes sitios de muestreo. En Palmira, y Restrepo (Valle del Cauca), se encontró únicamente a *P. longifila*. En La Unión (Valle del Cauca), Lebrija (Santander) y El Pital (Huila) se encontró a *Prodiplosis longifila* y *Dasineura* sp. En Boyacá se encontró a *Dasineura* sp.

No se establecieron diferencias en cuanto a las características del daño producido por estas especies. En general los frutos pequeños afectados por cualquiera de las dos especies se tornan color fucsia y detienen su crecimiento (Figura 4-7). En campo para diferenciar entre estas dos especies se debe retirar el fruto afectado y buscar las larvas, si al observarlas con una lupa estas lucen color blanco la especie es *P. longifila* (Figura 4-7), pero si el color es anaranjado la especie es *Dasineura* sp. (Figura 4-7). La presencia de *Dasineura* sp. es también un nuevo reporte en pimentón para Colombia.

4.1.4 Limón Tahití

En este cultivo se encontró solamente a *P. longifila*. La estructura afectada en este caso corresponde a los botones florales y las flores. El daño es producido cuando la larva se alimenta de las flores dañando el tejido epidérmico de los ovarios, pistilos y estambres. Este daño hace que los tejidos empiecen a lucir manchas color marrón (Figura 4-8). En el ovario se presenta necrosis y deterioro de frutos pequeños (Figura 4-8). Por último se presenta la caída prematura de las flores y frutos pequeños.

Este trabajo reporta por primera vez la presencia de *P. longifila* alimentándose de flores de limón Tahití en Colombia. Este insecto solo se había reportado en Estados Unidos en el estado de La Florida sobre limón Tahití (Peña, 1989). La descripción morfológica de los adultos obtenidos de flores de cítricos coincide con la descripción realizada para los adultos obtenidos de cultivos de tomate en Colombia (Figura 4-5) y con los adultos colectados en Estados Unidos.



Figura 4-7 Daños en pimentón: a. Daño de *Dasineura* sp. y b. Daño por *P. longifila*.

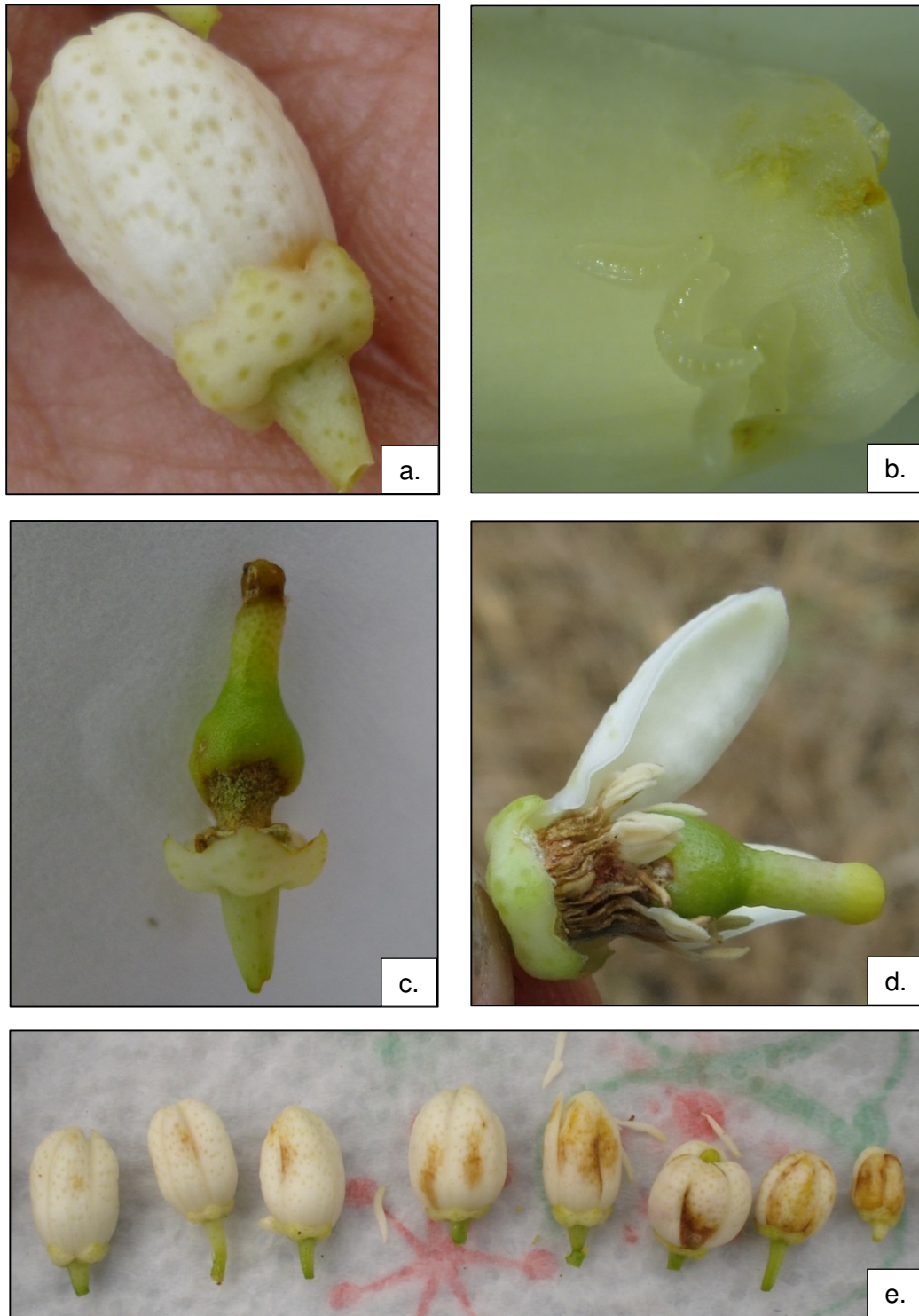


Figura 4-8 Daños de *Prodiplosis longifila* en el botón floral del limón Tahití. a. Daño inicial, b. Larvas (2° instar) alimentándose de la parte interna de los pétalos, c. y d. Daño avanzado sobre ovario y e. Progreso del daño.

4.2 Manejo de *P. longifila* y *Dasineura* sp. por los agricultores visitados en Colombia

En el único cultivo que se reportan pérdidas económicas por *P. longifila* es en el tomate, en los demás cultivos aunque se presentan especies de Cecidomyiidae se encontró que estas no son plagas económicamente importantes o no son conocidas por los agricultores. El control de *P. longifila* en tomate se basa únicamente en la aplicación de insecticidas químicos, ningún agricultor de los 168 visitados en Colombia reportó la utilización de otros métodos de control. Dada la similitud entre las larvas de *Prodiplosis longifila* y *Dasineura* sp. Los agricultores realizan aplicaciones independientemente de la especie presente.

Los agricultores visitados reportaron la aplicación de 20 insecticidas para el manejo de *Prodiplosis longifila* en tomate, donde los más utilizados es la mezcla de Movento® y Engeo®. En la [tabla 4-1](#) se reportan los productos utilizados para control de *P. longifila*, sus ingredientes activos, categoría toxicológica y su modo de acción. Sin embargo, se desconoce la efectividad de estos productos contra *P. longifila* pues el único insecticida registrado para su control es Movento®.

Tabla 4-1. Insecticidas utilizados por agricultores para el manejo de *Prodidiplosis longifila**.

Insecticidas	Grupo	Clase	Ingrediente activo	Categoría toxicológica	MA
Círomex brio	Disruptor de la muda en Diptera		CÍROMAZINA	III	a
Coragen	Moduladores del receptor de rianodina		CHLORANTRANILIPROLE	III	a
Decis	Modulador de canales de sodio	Piretroide	DELTAMETRINA	III	b, c
Eltra	Inhibidor de la acetilcolinesterasa	Carbamato	CARBOSULFAN	I	b, c
Engeo	Agonista de receptores de acetilcolina nicotínico + Moduladores de canales de sodio	Neonicotinoide + piretroide	THIAMETOXAN + LAMBDAHALOTRINA	II	b, c
Estocada	Inhibidor de la acetilcolinesterasa	Carbamato	METHOMYL	IB	a, b, c
Exalt	Activadores del receptor alostérico nicotínico de la acetilcolina		SPINETORAM	III	b, c
Furadan	Inhibidor de la acetilcolinesterasa	Carbamato	CARBOFURAN	I	a, c
Karate	Moduladores de canales de sodio	Piretroide	LAMBDAHALOTRINA	I	b, c
Lannate	Inhibidor de la acetilcolinesterasa	Carbamato	METHOMYL	II	a, b, c
Latigo	Inhibidor de la acetilcolinesterasa + modulador de canal de sodio	Organofosforado + Piretroide	CLORPIRIFOS + CIPERMETRINA	II	b, c, d
Monitor	Inhibidor de la acetilcolinesterasa	Organofosforado	METAMIDOFOS	I	a
Movento	Inhibidor de acetil CoA carboxilasa	Acidos tetronicos	SPIROTETRAMAT	III	a
Proteus	Agonista de receptores de acetilcolina nicotínico + Modulador de canales de sodio	Nitroguanidinas + Piretroides	THIACLOPRID + DELTAMETRINA	II	a, c
Raudo	Agonista de receptores de acetilcolinicotínico	Neonicotinoide	IMIDACLOPRID	II	a, c
Serok	Agonista de receptores de acetilcolina nicotínico + inhibidor de la acetilcolinesterasa	Neonicotinoide + Organofosforado	IMIDACLOPRID + ACEFATO	III	a, c
Sunfire	Desacoplador de la fosforilación oxidativa a través de la interrupción de gradiente de protones		CLORFENAPIR	II	d
Tamaron	Inhibidor de la acetilcolinesterasa	Organofosforado	METAMIDOFOS	I	a, b, c
Trebon	Moduladores de canales de sodio	Piretroide	ETOFENPROX	III	b, c
Tumbador	Disruptor de la muda en Diptera + Moduladores de canales de sodio	Piretroide	LAMBDAHALOTRINA + CÍROMAZINA	II	a, b, c

*clasificación IRAC

**Modo de acción (a) sistémico, (b) ingestión, (c) contacto y (d) traslaminar.

4.3 Parasitoides asociados a cecidómidos encontrados

Aunque ningún agricultor reportó otro método de control alternativo al uso de insecticidas para *P. longifila*, se encontraron parasitoides como agentes de control biológico. La primera manifestación de que las larvas se encontraban parasitadas fue la aparición en su parte media de un color verde pálido (Figura 4-9a.). En el estado de pupa esta pierde su color, se vuelve traslúcida y el parasitoide se alcanza a observar a través de la cubierta de la pupa (Figura 4-9b.). Una vez el parasitoide se ha desarrollado totalmente, éste abre un agujero en la parte apical del cocón pupal por el cual emerge (Figura 4-9c.).

Los parasitoides obtenidos a partir de cecidómidos se presentan en la tabla 4-2. Se encontraron tres especies del género *Synopeas* identificadas como: *Synopeas varipes* Harrington, *Synopeas reticulatifrons* Buhl y *Synopeas aff. longiventre* Ashmead y *Synopeas aff. curvicauda* Förster. Estas tres especies fueron recuperadas de larvas de *P. longifila*. Adicionalmente se obtuvo a *Synopeas longiventre* de larvas de *Dasineura* sp. Otra morfoespecies de la familia Platygasteridae, provenientes de larvas de *P. longifila* fue recuperada de limón Tahití.

Cabe destacar que los parasitoides fueron recuperados de larvas parasitadas obtenidas de cultivos en los que los agricultores comentaron que la aplicación de insecticidas para el control de *P. longifila* (que podía ser *Dasineura* sp. dada su confusión con *P. longifila*) era baja o nula.

En tomate se recuperaron parasitoides de dos cultivos, el primero correspondió a un lote experimental establecido en la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira en el que intencionalmente no se aplicaron insecticidas. El segundo cultivo de tomate correspondió a un lote ubicado en el departamento del Cauca el cual ya se encontraba abandonado. En ají y pimentón los parasitoides se recuperaron de cultivos donde las aplicaciones de insecticidas químicos contra *Prodidiplosis longifila* son bajas. Finalmente en los cultivos de limón Tahití donde se recuperaron los parasitoides la aplicación de insecticidas contra *Prodidiplosis longifila* es nula ya que los agricultores desconocen la presencia de este insecto en sus cultivos aunque probablemente se asperjaban insecticidas contra otras plagas.

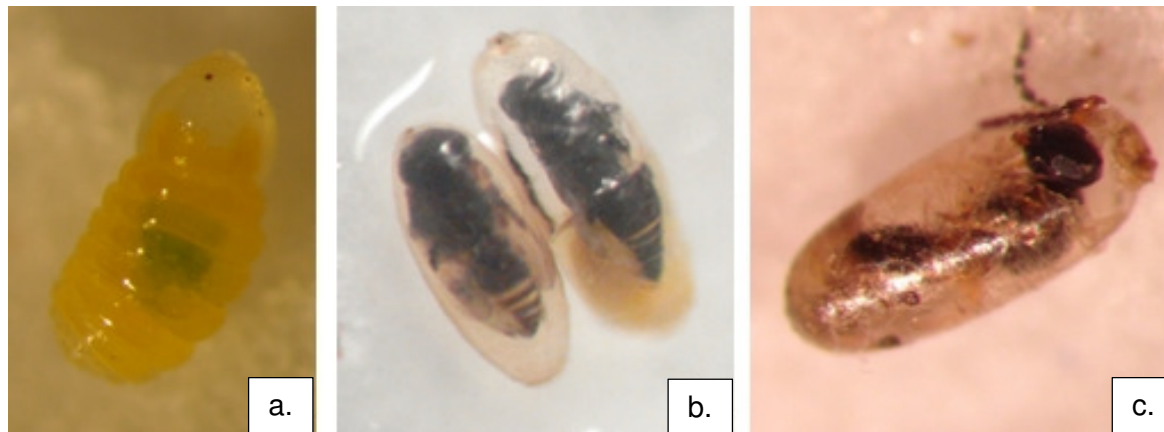


Figura 4-9 Manifestación del parasitismo de *Synopeas* sp. sobre *Prodidiplosis longifila* (Fotos Yulieth A. Rojas F.).

Tabla 4-2 Parasitoides (Hymenoptera: Platygasteridae) de *Prodidiplosis longifila* y *Dasineura* sp. según hospedero y localidad.

Sitio de muestreo	Planta hospedera	Cecidómido	Parasitoide
Santander	<i>Capsicum annum</i>	<i>Dasineura</i> sp. ó <i>P. longifila</i>	<i>S. varipes</i> Harrington
		<i>Dasineura</i> sp. ó <i>P. longifila</i>	<i>S. aff. longiventre</i> Ashmead
Huila	<i>Citrus x latifolia</i>	<i>P. longifila</i>	<i>S. varipes</i> Harrington
			<i>S. aff. curvicauda</i>
			<i>S. reticulatifrons</i>
Valle del Cauca	<i>Solanum lycopersicum</i>	<i>P. longifila</i>	<i>S. reticulatifrons</i> Buhl
			<i>S. varipes</i> Harrington
Valle del Cauca	<i>Capsicum frutescens</i>	<i>Dasineura</i> sp.	<i>S. aff. longiventre</i> Ashmead
Cauca	<i>Solanum lycopersicum</i>	<i>P. longifila</i>	<i>S. aff. longiventre</i> Ashmead
Antioquia	<i>Citrus x latifolia</i>	<i>P. longifila</i>	<i>S. aff. curvicauda</i> Föster
Valle del Cauca	<i>Citrus x latifolia</i>	<i>P. longifila</i>	<i>S. varipes</i> Harrington
			<i>S. aff. curvicauda</i> Föster

Las especies de parasitoides presentan las siguientes características morfológicas con base en las descripciones de [Keiffer \(1926\)](#), [Buhl \(2011\)](#) y [Ashmead \(1894\)](#):

Synopeas varipes Harrington 1990 ([Figura 4-10](#)): Color negro, microscópicamente perforado, Escapo pálido. Escutelo con una espina pequeña y afilada. Lados del segmento medio del abdomen pubescentes y color gris plata. Patas marrones, tibias y

tarsos amarillentos. El esternito 2 claramente convexo, el último finamente perforado. Los últimos esternitos forman un cisne geminado y son más cortos que el segundo, esto únicamente en los machos. Longitud del cuerpo como máximo 1,1 mm., cabeza uniforme y claramente reticulada (Keiffer, 1926; Buhl, 2011).

Synopeas longiventre Ashmead 1893 (Figura 4-10): Sinónimo de *Leptacis longiventris* Ashmead (1894): Negro, Antenas de 10 articulaciones, en los machos están cubiertas de setas, articulaciones 2-5 óvalo alargadas, el último en forma de cono de un tercio más largo que la anterior y más delgado. El largo del abdomen es el doble del tórax y visto dorsalmente es parcialmente comprimido, la forma peculiar del abdomen y el escutelo aquillado posibilitan distinguir fácilmente la especie. Coxas negras.

Synopeas reticulatifrons Buhl 2002 (Figura 4-10): Longitud de 0,7 – 0,8 mm. Color negruzco. La base del escapo, segundo y sexto segmento antenal, trocánter, parte media de las tibias y los segmentos 1-4 de todos los tarsos son de color marrón amarillento. Las coxas y fémures ligeramente oscurecidos. Espina escutelar más larga que el propodeo; en la antena el noveno segmento es más ancho que largo. La cabeza más ancha que larga y más ancha que el tórax. Frente claramente reticulada. Ocelos separados de los ojos por casi la mitad de su diámetro. Alas anteriores ligeramente oscurecidas. La longitud del primer segmento antenal es tres cuartas partes de la altura de la cabeza. Escutelo esculpido y con numerosas setas (Buhl, 2002; 2011).

Synopeas curvicauda Förster 1856 (Figura 4-10): Longitud del cuerpo 1.6 mm. color negro, cabeza uniformemente reticulada. Metasoma 1.6 veces más largo que la cabeza y el mesosoma combinado, más estrecho que el tórax, y 1,4 veces más alto que ancho. Y en fomra de coma (Bulh, 1997).






Especie	Macho	Hembra
<i>S. varipes</i>	 A lateral view of a male Cecidomyiidae fly, <i>S. varipes</i> , showing its dark body, transparent wings, and yellowish-brown legs.	 A lateral view of a female Cecidomyiidae fly, <i>S. varipes</i> , showing its dark body, transparent wings, and yellowish-brown legs.
<i>S. longiventre</i>	 A lateral view of a male Cecidomyiidae fly, <i>S. longiventre</i> , showing its dark body, transparent wings, and yellowish-brown legs.	 A lateral view of a female Cecidomyiidae fly, <i>S. longiventre</i> , showing its dark body, transparent wings, and yellowish-brown legs.
<i>S. cf. reticulatifrons</i>	 A lateral view of a Cecidomyiidae fly, <i>S. cf. reticulatifrons</i> , showing its dark body, transparent wings, and yellowish-brown legs, set against a blue background.	



Figura 4-10. Parasitoides encontrados sobre *Prodiplosis longifila* y *Dasienura* sp.

4.4 Distribución de *Prodiplosis longifila* en Colombia

Al ser *P. longifila* el cecidómido más abundante y del cual más datos de presencia/ausencia se obtuvieron se construyó el mapa de distribución y predicción de la distribución en Colombia solo para esta especie. En la [figura 4-11](#) se muestra el mapa de distribución de *P. longifila*. La especie se encontró en todos los departamento en los que se realizó el muestreo excepto en Nariño donde se muestreo en cultivos de papa. Para la construcción del modelo de predicción de la distribución de *P. longifila* se tomaron únicamente los datos provenientes de cultivos de tomate que corresponden a 129 sitios de muestreo georeferenciados. De estos 129 sitios 71 registraron la presencia del insecto y 58 registraron ausencia. Para la construcción del modelo se utilizaron 90 sitios y para su validación 39. Se encontró a *Prodiplosis longifila* en un rango de altura que osciló entre 739 y 2168 m.s.n.m., la temperatura entre 22°C – 38,7°C y la humedad relativa entre 37 % - 80 %.

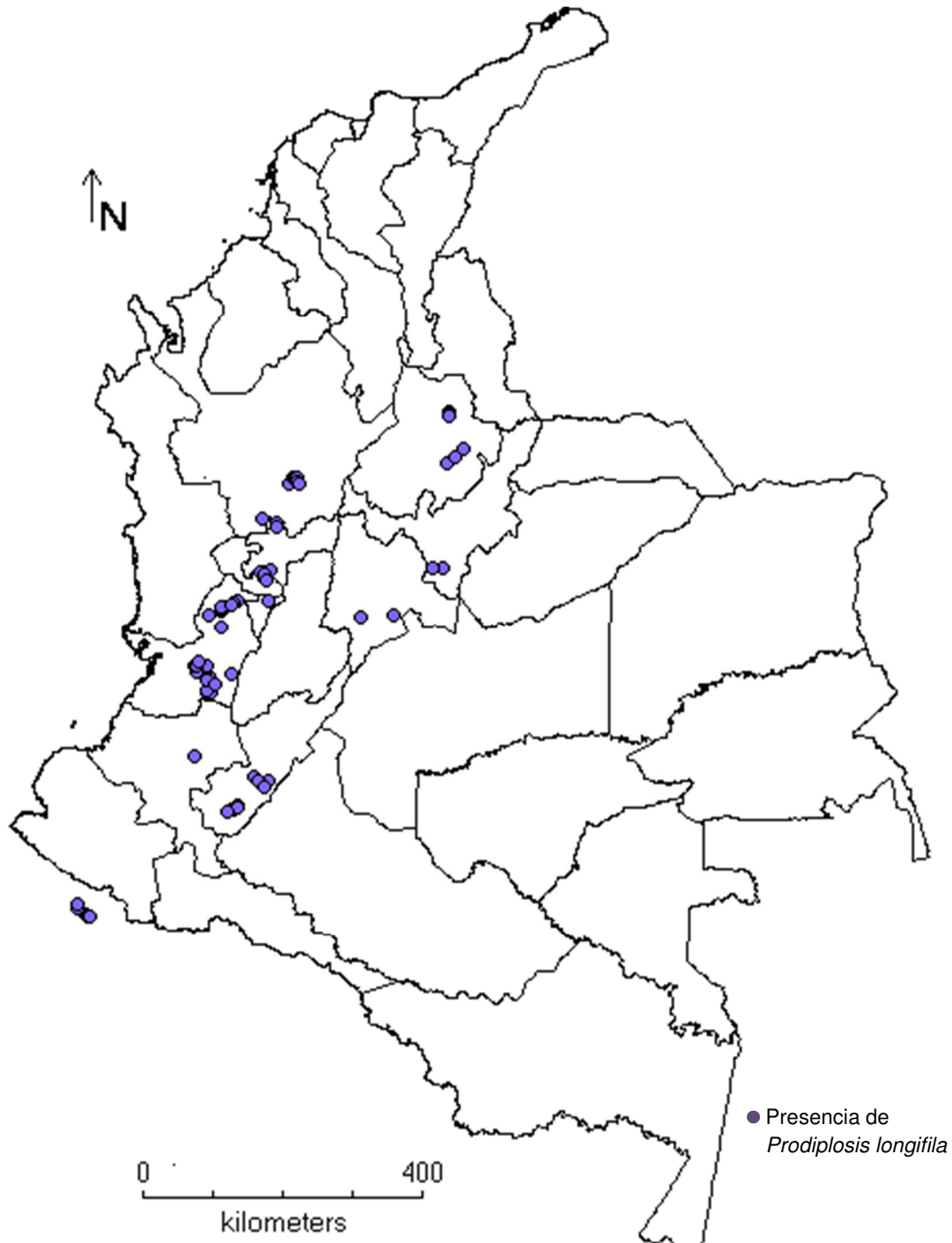


Figura 4-11. Mapa de distribución de *Prodiplosis longifila* en Colombia.

En la [tabla 4-3](#) se presenta la matriz de correlaciones, donde se observa que las variables temperatura media anual (BIO_1) presenta una relación lineal casi perfecta con la temperatura máxima del mes más cálido (BIO_5), la temperatura mínima del mes más frío (BIO_6), la temperatura media del trimestre más húmedo (BIO_8) y temperatura

media del trimestre más seco (BIO_9) con coeficientes de correlación cercanos a 1. Los valores de la inflación de la varianza se presentan en la [tabla 4-4](#). Adicionalmente la prueba t-student ([Figura 4-12](#)) permitió encontrar las variables con mayor significancia sobre la variable presencia/ausencia de *Prodidiplosis longifila*. Finalmente las variables con las que se construyó el mapa correspondieron en orden de mayor a menor importancia a: altitud, bio_4 (Estacionalidad de la temperatura), bio_10 (Temperatura media del trimestre más caliente.), bio_11 (Temperatura media del trimestre más frío), bio_19 (Precipitación del trimestre más frío), bio_16 (Precipitación del trimestre más húmedo) y bio_15 (Estacionalidad de la precipitación).

Conociendo las variables que más influyen sobre la presencia/ausencia de *Prodidiplosis longifila*, se construyó el mapa del modelo predictivo de su distribución potencial en Colombia, el cual se presenta en la [Figura 4-13](#). El valor de AUC (Área bajo la curva) para los datos de entrenamiento fue de 0,968 ([Figura 4-14](#)). Este valor indica un alto nivel de precisión de las predicciones de MAXENT, lo que sugiere un alto poder predictivo de la especie. En el procedimiento Jackknife, la altitud es la variable que tuvo mayor relevancia ([Figura 4-15](#)). Esto significa que la altitud es la variable que más influye en la distribución de *Prodidiplosis longifila*. Además otras variables como la bio4 (Estacionalidad de la temperatura), bio10 (Temperatura media del trimestre más caliente) influyen en la distribución de la especie, bio19 (Precipitación del trimestre más frío), bio16 (Precipitación del trimestre más húmedo), bio15 (Estacionalidad de la precipitación) y bi11 (Temperatura media del trimestre más frío).

Con base en el mapa de predicción de distribución generado ([Figura 4-13](#)), las zonas rojas son sitios donde potencialmente se podría encontrar a *P. longifila* con alta probabilidad (> 38,6%). En la zona amarilla la probabilidad de encontrar esta plaga es media (12,1 – 38,5%), mientras que la zona blanca la probabilidad de encontrarla es baja (< 0,12%). De acuerdo a esta predicción la especie puede establecer sus poblaciones a lo largo de la región Andina en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Cauca, Caldas, Caquetá, Cundinamarca, Huila, La Guajira, Meta, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca. Donde los departamentos con mayor área de alta probabilidad de ser encontrada *P. longifila* son Huila, Tolima y Valle del Cauca, departamentos en los cuales se cultivan los tres hospederos donde se encontró *P. longifila* (tomate, pimentón y limón

Tahití). Los departamentos con menor zona de alta probabilidad son Antioquia, Caquetá, Cauca, Caldas, Cundinamarca, Meta, Nariño, Risaralda y Santander. Por ultimo Maxent descarta la presencia de la especie en las zonas de los Llanos Orientales, Amazonia y la costa Atlántica. En cuanto a la validación del modelo el estadístico de kappa fue igual a 0.5, este valor significa una exactitud buena con respecto a la realidad (Fielding y Bell, 1997).

Tabla 4-3 Correlaciones entre las variables utilizadas en la matriz de datos.

	BIO_1	BIO_2	BIO_4	BIO_5	BIO_6	BIO_8	BIO_9	BIO_10	BIO_11	BIO_12	BIO_13	BIO_14	BIO_15	BIO_16	BIO_17	BIO_18	BIO_19
BIO_1	-																
BIO_2	0.0468	-															
BIO_4	0.4888	-0.4578	-														
BIO_5	0.9962	0.0925	0.5075	-													
BIO_6	0.9944	-0.0476	0.5091	0.9844	-												
BIO_8	0.9985	0.064	0.4807	0.9948	0.991	-											
BIO_9	0.9989	0.0213	0.5016	0.9953	0.9958	0.9959	-										
BIO_10	0.9985	0.0137	0.5336	0.9958	0.9948	0.9963	0.9986	-									
BIO_11	-0.1777	0.3545	-0.1192	-0.1452	-0.2265	-0.1613	-0.1899	-0.182	-								
BIO_12	0.2057	-0.5246	0.2845	0.1863	0.2693	0.1911	0.2262	0.2183	-0.4695	-							
BIO_13	0.4022	-0.6211	0.607	0.3928	0.4615	0.379	0.43	0.4298	-0.4526	0.8374	-						
BIO_14	-0.1614	-0.2932	-0.2079	-0.199	-0.1071	-0.173	-0.1546	-0.1685	-0.5386	0.5654	0.3369	-					
BIO_15	0.4929	-0.2591	0.5997	0.5113	0.5059	0.4771	0.5149	0.5171	-0.0609	0.3388	0.6297	-0.3847	-				
BIO_16	0.4105	-0.6404	0.6492	0.4035	0.4685	0.3886	0.4387	0.4401	-0.4163	0.8171	0.9906	0.2957	0.6231	-			
BIO_17	0.0474	-0.5141	0.0861	0.011	0.1147	0.0289	0.0651	0.0534	-0.5956	0.7691	0.6811	0.8961	-0.0648	0.6514	-		
BIO_18	-0.3328	-0.4507	-0.2166	-0.3795	-0.2705	-0.3348	-0.3243	-0.3345	-0.3718	0.4718	0.3019	0.7136	-0.1979	0.2617	0.6722	-	
BIO_19	0.4735	-0.5746	0.6159	0.468	0.5278	0.4483	0.5033	0.4994	-0.4148	0.7778	0.9666	0.2659	0.6655	0.9693	0.612	0.1826	-

Tabla 4-4 Valores de inflación de la variancia VIF para las variables.

Variables	VIF	Variable	VIF
Altitud	5,98	BIO_10	1,06
Temperatura	4,81	BIO_11	2,07
Humedad Relativa	5,19	BIO_12	7,98
BIO_1	13245,23	BIO_13	178,54
BIO_2	35,27	BIO_14	35,09
BIO_4	5,60	BIO_15	2,04
BIO_5	2045,72	BIO_16	1,52
BIO_6	1805,22	BIO_17	68,87
BIO_8	733,62	BIO_18	14,65
BIO_9	3304,18	BIO_19	3,23

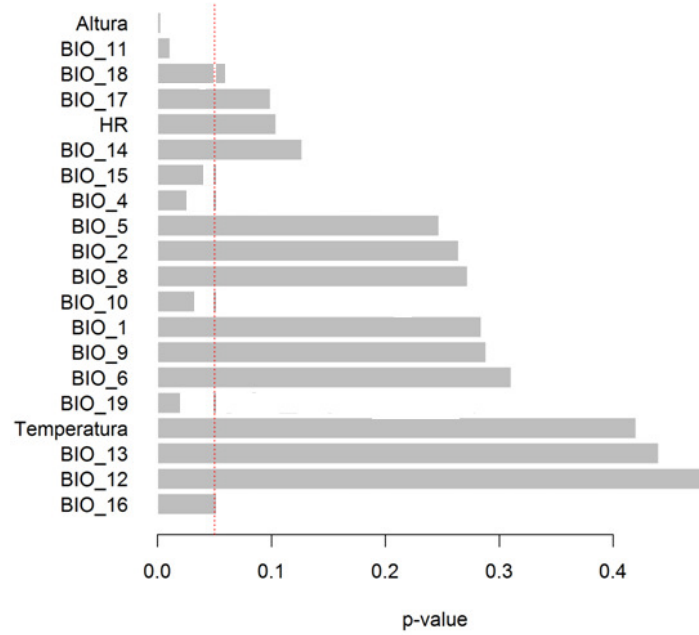


Figura 4-12 Prueba de significancia de *t-student* para las variables.

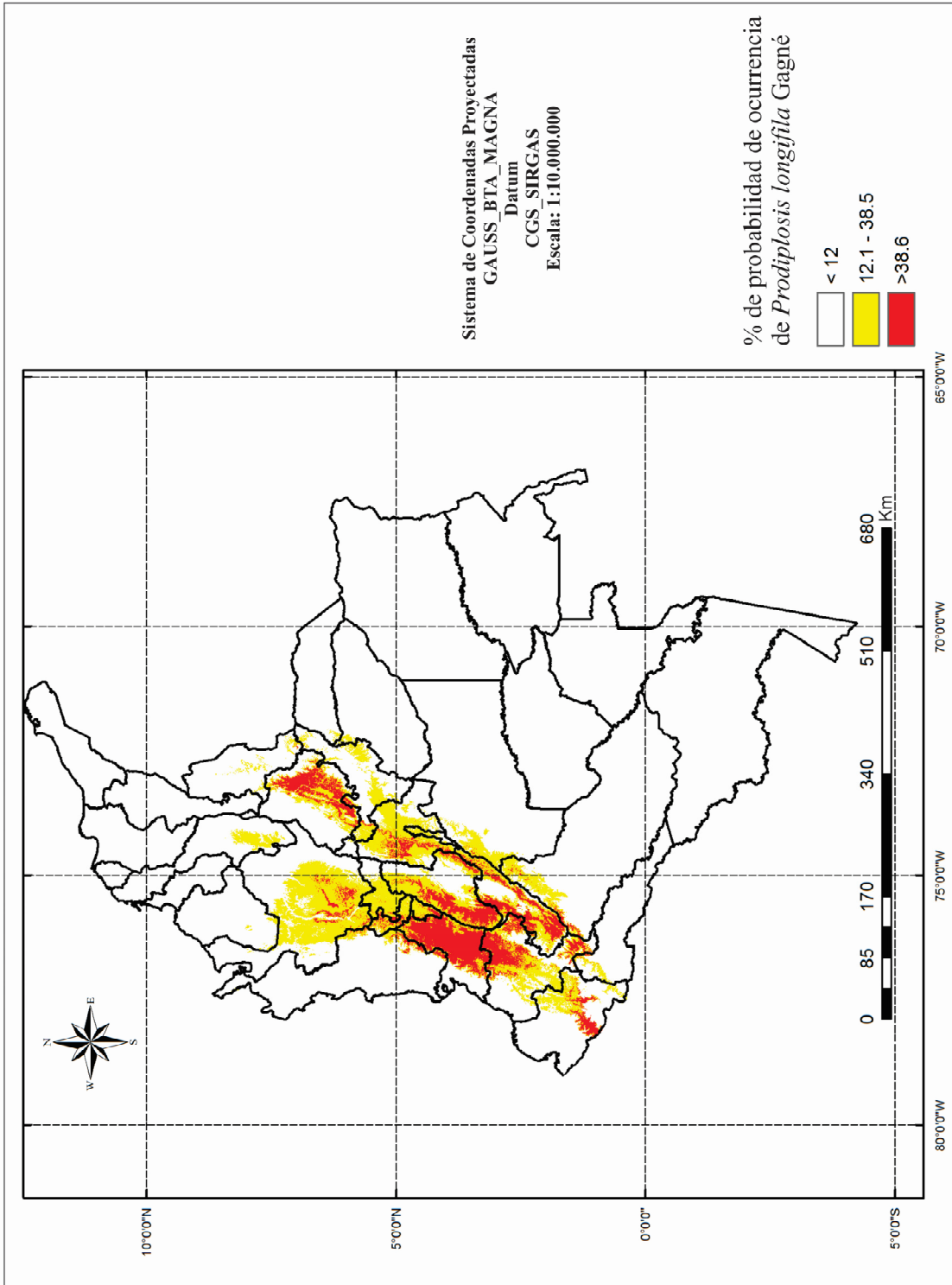


Figura 4-13 Mapa predictivo de distribución de *Prodiplosis longifila*.

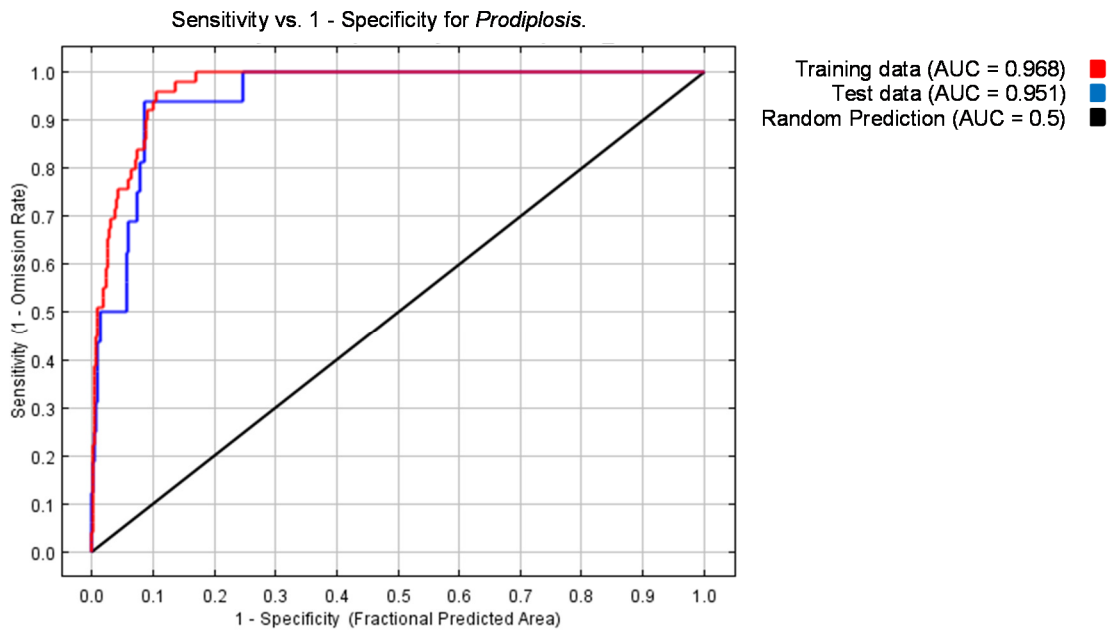


Figura 4-14 Curva ROC y valor del área bajo su curva.

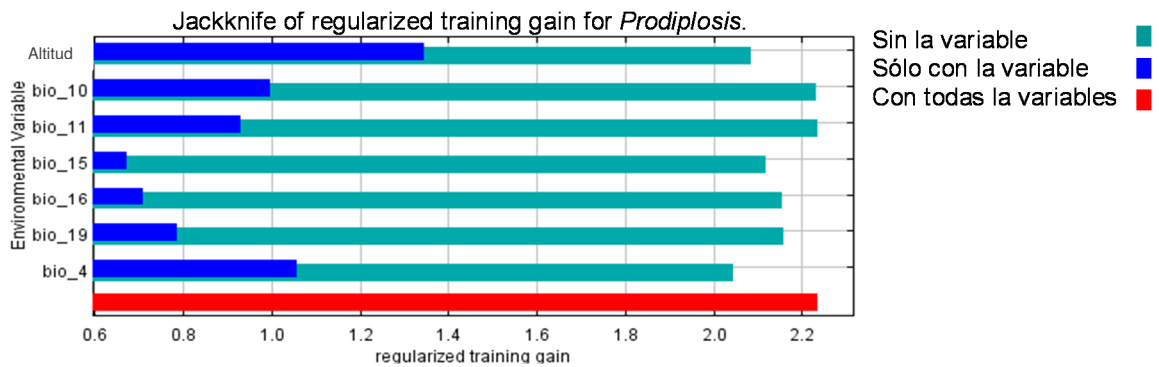


Figura 4-15 Prueba Jackknife de importancia individual de las variables (barras azules) en el desarrollo del modelo de Maxent en relación con todas las variables ambientales (barra roja).

5. Discusión

5.1 Identificación de Especies de Cecidómidos.

La identificación taxonómica correcta es base fundamental del manejo integrado de plagas MIP (Pedigo, 1999) para adoptar medidas de control (Hill, 2008), debido a que cada especie de insecto presenta características biológicas y de comportamiento únicas (Matthews, 2010), por tanto las estrategias de control varían de una especie a otra, incluso entre especies cercanas (Dent, 2000). Los resultados del presente trabajo muestran las diferencias morfológicas, de hospedero y daño causados por *Dasineura* sp. y *Prodiplosis longifila*. A simple vista las dos especies parecen ser muy similares por su tamaño pequeño y morfología de adultos y larvas, esto ha ocasionado que tanto agricultores y técnicos no hayan percibido la presencia de *Dasineura* sp. Desafortunadamente no se logró esclarecer a que especie pertenecen los individuos de *Dasineura* encontrados ya que existe poco conocimiento taxonómico de las especies tropicales de este género (Dorchin *et al.*, 2007; Gagné, 2010). La relativa falta de caracteres morfológicos de diagnóstico en *Dasineura* complican la validación de identificación de las especies en este grupo (Dorchin *et al.*, 2007).

Adicionalmente la identificación taxonómica precisa del insecto es uno de los pre-requisitos para el establecimiento de un programa MIP y la base para determinación de otros pre-requisitos como los aspectos bioecológicos, el monitoreo, parámetros poblacionales y determinación de umbrales del insecto que permitirán desarrollar tácticas de manejo integrado (Dent, 2000) como el control biológico (van Driesche *et al.*, 2007) y control químico, entre otras. Adelantar estudios para determinar taxonómicamente a *Dasineura* sp. y conocer parámetros biológicos y de comportamiento son cruciales para sentar bases de su manejo integrado.

La identificación de *Dasineura* sp. en cultivos de ají y pimentón implicaría rediseñar las estrategias de manejo que se tenían para *P. longifila* en estos cultivos. Aunque la especie *Dasineura* sp. rara vez ocasiona pérdidas económicas en ají (Edilberto Muñoz, Comunicación personal) es necesario un monitoreo constante y una búsqueda más exhaustiva de sus enemigos naturales. En Brasil una especie desconocida de *Dasineura* fue reportada atacando racimos florales y frutos de pimentón (Echer *et al.*, 1998). Cinco años más tarde Echer *et al.* (2003) determinaron que el insecto causó hasta el 100% de daño posiblemente por la ausencia de enemigos naturales dada la constante aplicación de insecticidas para varias plagas en este cultivo.

Otras especies del género *Dasineura* son plaga en diferentes cultivos causando daños económicos importantes. *Dasineura oxycoccana* (Johnson), es plaga de arándanos donde se alimenta de hojas (Mathur *et al.*, 2012), *Dasineura brassicae* Winnertz ocasiona pérdidas económicas en la col en Europa (Ulber *et al.*, 2010) y *Dasineura mali* causa daños en cultivos de manzana en Europa donde se alimenta de hojas (Sampson, 2006). El manejo de estas especies ha sido posible gracias a la implementación de diferentes estrategias enmarcadas en un contexto MIP con la incorporación de enemigos naturales (Sampson *et al.*, 2002).

Si bien *Dasineura* sp. encontrada en el presente estudio, raras veces causa pérdidas económicas, es necesario regular la aplicación de insecticidas que se utilizan contra *Prodiplosis longifila* con dos fines, primero proteger sus enemigos naturales y segundo evitar la selección de individuos resistentes a los insecticidas (van Driesche *et al.*, 2007). De eliminarse los enemigos naturales la especie incrementara sus poblaciones y podría dejar de ser una plaga ocasional para convertirse en una plaga frecuente (Li y Yang, 2013). Por ejemplo, para controlar el acaro *Aculus fockeui* (Napela y Trouessard), plaga de duraznos en Japón, se aplicaron grandes cantidades de piretroides lo que causó un incremento en sus poblaciones por la destrucción del ácaro depredador *Amblyseius eharai* Amitai y Swirski (Kondo y Hiramatsu, 1999). De eliminarse los enemigos naturales de *Dasineura* sp. en ají y pimentón, este insecto podría convertirse en una plaga tan importante como lo es *Prodiplosis longifila* en tomate.

Precisamente el origen de *P. longifila* como plaga en Colombia en tomate probablemente se debió a la eliminación de sus enemigos naturales dada la amplia aplicación de insecticidas contra plagas clave en tomate como moscas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae) y el pasador del fruto *Neoleucinodes elegantalis* Gueneé (Lepidoptera: Crambidae). Este fenómeno es conocido como explosión de poblaciones de plagas secundarias (van Driesche *et al.*, 2007). De manera similar los minadores de las hojas (*Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) y *Liriomyza sativae* (Blanchard); Diptera: Agromyzidae) en frijol son plagas inducidas por el hombre en la zona Andina como resultado del excesivo uso de insecticidas. Investigaciones realizadas han demostrado que el control natural, si no fuera disturbado por el hombre, es capaz de mantener las poblaciones de minadores por debajo del daño económico (Cardona, 1997). En lotes de tomate sin aplicación de insecticidas fue donde se encontraron los parasitoides de *Prodiplosis longifila*, en cultivos con aplicaciones no se encontró ningún parasitoide, esto es indicio de la sensibilidad de estos insectos a los insecticidas (Croft, 1990).

En este estudio no se encontró a *P. longifila* en espárragos, resultado que coincide con el de Caicedo y Bellotti (2002) al inventariar la entomofauna asociada a espárragos en el departamento del Cauca (Colombia). El hecho de no haber encontrado a *P. longifila* en espárragos (solo se visitó un lote de cultivo) y papa en en el presente estudio no es evidencia suficiente de que el insecto no se encuentra en estos cultivos en Colombia. En Perú el mismo insecto es plaga principal de espárragos y papa (Kroschel *et al.*, 2012) y en raras ocasiones causa pérdidas en tomate (Rodríguez, 1999). Aunque probablemente la altura sobre el nivel del mar a la cual se cultiva la papa en Colombia es una limitante para el desarrollo de *P. longifila*, sería recomendable adelantar estudios de taxonomía molecular para las poblaciones peruanas de *P. longifila* y aclarar si se trata de la misma especie.

A pesar de ser morfológicamente iguales los adultos de *Prodiplosis longifila* colectados en tomate, pimentón y limón Tahití (incluidos los de EE.UU.), una caracterización molecular de los mismos individuos que fueron identificados morfológicamente en este estudio como *Prodiplosis longifila* (realizada simultáneamente a esta investigación por el grupo de Ecogenética y Biología Molecular de la Universidad del Valle) determinó que las poblaciones del insecto presentan haplotipos. Los insectos muestreados sobre limón tahití presentan haplotipos exclusivos y diferentes de los encontrados en insectos

muestreados sobre tomate, encontrándose haplogrupos asociados a plantas de cultivo hospedero. De manera interesante, individuos de *P. longifila* de cítricos de los Estados Unidos identificadas en esta tesis por taxonomía morfológica como *P. longifila* son molecularmente diferentes a los individuos obtenidos de limón Tahití en Colombia también identificados morfológicamente como *P. longifila*. Estas diferencias moleculares pero no morfológicas dan como resultado la existencia de especies crípticas (Bickford *et al.*, 2007) y se sugiere entonces que *P. longifila* de limón Tahití de Estados Unidos es una especie críptica diferente a la de *P. longifila* de limón Tahití colectada en Colombia (Duque *et al.*, 2013). Para otras especies de cecidómidos se han encontrado especies crípticas. Por ejemplo Mathur *et al.* (2012) al analizar secuencias del gen mitocondrial COI, encontraron la existencia de dos especies crípticas de *Dasineura oxycoccana* donde cada especie críptica presenta alimentación específica, una en arándanos rojos y la otra en arándanos azules. La diversidad de alimento de *P. longifila* (botones florales y hojas en tomate, botones florales en limón Tahití y frutos en pimentón) es reflejo primero de que la especie es polífaga dado que se alimenta de varias especies de plantas de diferentes familias (Hall *et al.*, 2012). Segundo, sugiere el inicio muy incipiente de especiación debida a la especialización de alimento por las diferentes poblaciones (existencia de haplotipos en cada cultivo y de una posible especie críptica en cítricos, Grupo de investigación de Ecogenética y Biología Molecular de la Universidad del Valle; Duque *et al.*, 2013).

Es interesante resaltar que el reporte de *P. longifila* en limón Tahití es nuevo para Colombia. En La Florida Estados Unidos, único lugar en el mundo donde hasta ahora había sido reportado *P. longifila* sobre limón Tahití, se llegaron a reportar pérdidas hasta del 25% (Peña *et al.*, 1987). Debido a que en Colombia la presencia de *P. longifila* en limón Tahití era desconocida, es necesario determinar la contribución en pérdidas de botones florales causada por este insecto para establecerla como plaga. En La Florida, Estados Unidos, el parasitoide *Synopeas* sp. fue quien reguló sus poblaciones a tal punto que hoy en día no es considerada plaga.

5.2 Parasitoides Asociados a Cecidómidos.

El hallazgo de varias especies de *Synopeas* asociadas a *P. longifila* y *Dasineura* sp. por un lado resalta la diversidad de especies de este género en el trópico (Arias-Penna, 2002) y por otro contribuye a la implementación de estrategias de manejo diferentes al uso de insecticidas. Han sido utilizados con éxito diferentes especies de parasitoides de la familia Platygasteridae contra cecidómidos en el mundo. Por ejemplo Zhao y Wang (2011) encontraron que el parasitoide *Platygaster demades* Walker (Hymenoptera: Platygasteridae) tiene un impacto negativo sobre las poblaciones de *Dasineura mali* Keiffer en cultivos de manzana, a tal punto de disminuir sus poblaciones iniciales por debajo del 30% en la cuarta generación, alcanzando un parasitismo de hasta el 82%. Sampson et al, (2006) encontraron hasta el 40% de parasitismo en *Dasineura oxycoccana* y *Prodiplosis vaccinii* (Diptera: Cecidomyiidae) por dos especies de los géneros *Synopeas* y *Platygaster* (Hymenoptera: Platygasteridae) en cultivos de arándano.

En espárragos en el Perú el parasitoide *Synopeas* sp. es multiplicado e incluido en el manejo integrado de *Prodiplosis longifila* donde ha alcanzado hasta el 80% de parasitismo (Ternero et al., 2004). En La Florida (E.E.U.U.) *Synopeas* sp. alcanzó un parasitismo de 90% en limón Tahití (Peña et al., 1989) reduciendo las poblaciones de *P. longifila*; debido a la presencia de este parasitoide los agricultores dejaron de aplicar insecticidas contra *P. longifila* el cual no es plaga actualmente en Estados Unidos (Jorge Peña, comunicación personal). En Colombia en cultivos experimentales de tomate se encontró el 79% de larvas de *P. longifila* parasitadas por las especies *Synopeas* cf. *varipes* y *Synopeas reticulatifrons* (Datos no publicados, Grupo de investigación Interacciones Tritroficas UNALP). Mientras que en Estados Unidos y Perú se mencionan solo dos especies de *Synopeas* en Colombia fueron encontradas cinco especies.

Los parasitoides encontrados podrían en un futuro ser incluidos en programas de control biológico de *Prodiplosis longifila* y *Dasineura* sp. en cultivos de ají, pimentón, tomate y limón Tahití. Sin embargo es necesario adelantar estudios de biología y comportamiento de cada una de estas especies, para seleccionar los mejores agentes de control biológico que eventualmente podrían ser criados masivamente y liberados en campo (van Lenteren, 2010). Otra opción para aprovechar el potencial de estos parasitoides es

realizar prácticas de control biológico para su conservación, es decir, implementar estrategias que permitan mantener las poblaciones de estos parasitoides en campo ([van Driesche et al., 2007](#)). Este tipo de control biológico es el campo que tiene el mayor potencial para su uso en el desarrollo de la agricultura mundial ([Wyckhuys et al., 2013](#)). Esta es una opción viable para *Synopeas* debido primero a la presencia de los parasitoides de forma natural en diferentes zonas del país, y segundo, a que se dificulta mantener crías de *P. longifila* en laboratorio (Experiencias del grupo de investigación de Interacciones Tritróficas UNALP). Desafortunadamente en países en vía de desarrollo como Colombia prima la aplicación de insecticidas de síntesis química.

Dado que los parasitoides encontrados están de forma natural, es probable que estos insectos estén obteniendo alimento y refugio de plantas ubicadas en los alrededores de los cultivos. Comprobar esto significaría un gran avance en la búsqueda de estrategias de manejo de *Prodiplosis longifila* y *Dasineura* sp. Para otras especies de parasitoides de la familia Platygasteridae se han realizado investigaciones en busca de la implementación de prácticas para su conservación. Por ejemplo para el parasitoide *Amitus fuscipennis* MacGown y Nebeker (Hymenoptera: Platygasteridae; especie de la misma familia que *Synopeas* sp.) se comprobó que se alimenta de nectarios extraflorales de diferentes especies de plantas aledañas a cultivos de frijol ([Hernández et al., 2013](#)). Precisamente [Ulber et al. \(2010\)](#) proponen la conservación del parasitoide *Platygaster subuliformis* Keiffer (Hymenoptera: Platygasteridae) en cultivos de especies de Brassicaceae para ayudar a controlar a *Dasineura brassicae* Winnertz.

5.3 Distribución de *Prodiplosis longifila*

De igual importancia como la taxonomía para el desarrollo de programas MIP lo son los modelos de distribución de plagas porque permiten delimitar las zonas a incorporar en el manejo del insecto plaga ([Ellsbury, 1999](#)). Adicionalmente basándose en el resultado de la distribución del insecto plaga también pueden determinarse las áreas de distribución de sus enemigos naturales. Por ejemplo, dada la especificidad de los parasitoides por sus hospederos, existe una coincidencia en la distribución geográfica de ambos niveles tróficos ([van Driesche et al., 2007](#)).

Para otros cecidómidos se han construido mapas de distribución de especies, por ejemplo [Olfer et al. \(2006\)](#) construyeron el mapa de distribución para *Contarinia nasturtii* Keiffer en Europa y Canadá determinando las zonas con mayor riesgo de invasión para la especie. Cinco años más tarde [Chen et al., \(2011\)](#) reportaron la especie en los lugares donde se predijo que este insecto estaría presente, sugiriendo el potencial de que esta plaga invasora se convierta en una plaga endémica de cultivos de brasicas en Norteamérica donde llegó a causar pérdidas hasta del 100% inclusive con aplicaciones de insecticidas en las nuevas zonas introducidas ([Chen et al., 2011](#)). Dada la amplia distribución de *Prodiplosis longifila* a través del territorio Colombiano y a su alto impacto en cultivos como el tomate, se debe considerar el riesgo de que este insecto se establezca en nuevas zonas productoras en Colombia. El mapa de predicción de la distribución de *P. longifila* muestra los departamentos colombianos que son climáticamente adecuados para la especie, zonas en las cuales se cultivan los tres hospederos donde se encontró el insecto (tomate, pimentón y limón Tahití). Además de conocer las condiciones climáticas, se debe considerar si los individuos de *Prodiplosis longifila* pueden sobrevivir y permanecer a las condiciones locales para colonizarlas con éxito.

La altitud es el mayor factor determinante que explica la distribución de *P. longifila*, esto indica que la especie disminuye la probabilidad de adaptación a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar. El insecto fue encontrado en un rango de 739 a 2168 m.s.n.m., sin embargo [Valarezo et al. \(2003\)](#) reportan el insecto a 5 m.s.n.m. en Ecuador. El rango de muestreo del presente estudio osciló entre los 739 a 2973 m.s.n.m., por tanto, se desconoce si la especie logra desarrollar sus poblaciones por debajo de 739 m.s.n.m. en Colombia. Aunque la altura es determinante para la supervivencia de *P. longifila* la cordillera central de Los Andes no constituye una barrera física en su distribución, pues los haplotipos presentes en el Valle del Cauca también lo están en Huila, Santander, Cundinamarca y Boyacá ([Espinosa et al., 2013](#)). Esto se debe al efecto antropogénico que juega un papel importante en la distribución de las especies ([Worner y Gevrey, 2006](#)). La amplia distribución de *P. longifila* en tomate en Colombia pudo haber sido facilitada por el traslado de plántulas de un departamento a otro, la comercialización de los frutos y a la poca efectividad de medidas cuarentenarias que controlen el traslado de material vegetal.

Un segundo grupo de variables derivadas de la temperatura influyen sobre la distribución de *Prodiplosis longifila*: la estacionalidad de la temperatura (bio4), la temperatura media del trimestre más cálido (bio10) y la temperatura media del trimestre más frío (bio11). Diferentes estudios han determinado que la temperatura es el mayor factor abiótico que afecta directamente a los insectos herbívoros, ya que afecta directamente el desarrollo, supervivencia, abundancia y rango de distribución (Bale *et al.*, 2002). No se han realizado investigaciones encaminadas a determinar el efecto de la variación de la temperatura en parámetros biológicos de *Prodiplosis longifila*. Sin embargo para otras especies de Cecidomyiidae se ha encontrado dependencia de la supervivencia a la temperatura. Por ejemplo Baxendale *et al.* (1984) encontraron que cuando la temperatura aumenta disminuye el tiempo de desarrollo y el número de adultos emergidos de *Contarinia sorghicola* (Coq.). Para *Contarinia nasturtii* Kieffer plaga en cultivos de Brassicaceae en Canadá se encontró que el crecimiento poblacional es mayor en periodos cálidos y húmedos y reducido en las estaciones frías (Olfer *et al.*, 2006).

Las bajas temperaturas alargan el ciclo de vida de los cecidómidos, por ejemplo Gillespie *et al.* (2000) encontraron que el tiempo de desarrollo del cecidómido depredador *Feltiella acarisuga* (Vallot) se ve afectado por la temperatura reduciendo su tiempo de desarrollo de 34 días a 15°C a 10 días a 27 °C. Al reducirse el tiempo de desarrollo de *Prodiplosis longifila* por un incremento de la temperatura el crecimiento poblacional será más alto, logrando de esta manera colonizar e invadir los cultivos con mayor rapidez.

En el trópico alto Andino (altitudes > 1000 m.s.n.m.), la altitud está inversamente correlacionada con la temperatura, es decir, a mayor altitud menor temperatura. Esta es una de las razones por las cuales es más difícil encontrar a *Prodiplosis longifila* a altitudes superiores a los 2000 metros. En campo en los lotes de cultivos ubicados a mayor altitud *P. longifila* estaba ausente con mayor frecuencia comparado con lotes a menor altitud. Por ejemplo en el Valle del Cauca (1000 m.s.n.m.) los agricultores visitados reportaron que la especie es una plaga principal, mientras que en lugares como Tenza (Boyacá, 2000 m.s.n.m.) los agricultores reportan que el insecto no es la plaga principal.

El tercer grupo de variables derivadas de la precipitación y que influyen sobre la distribución de *Prodidiplosis longifila* son: bio19 (Precipitación del trimestre más frío), bio16 (Precipitación del trimestre más húmedo) y bio15 (Estacionalidad de la precipitación). Estudios previos han demostrado que el porcentaje de infestación de *Prodidiplosis longifila* en tomate disminuye en temporadas de alta precipitación (Mena, 2012). Esto se explica porque posiblemente las larvas en el follaje están expuestas al golpe del agua, por tanto, con precipitaciones altas las larvas se caerían al suelo interrumpiendo su normal desarrollo. Esto es común para insectos de follaje, por ejemplo Diaz *et al.* (2004) midieron la fluctuación de plagas de col encontrando que las plagas del follaje disminuyen en temporadas de alta precipitación. Otra influencia negativa de la precipitación alta en las poblaciones de *P. longifila* se daría por la alta concentración de humedad en el suelo, que ocasionaría tanto la muerte de las pupas por la falta de oxígeno e impedirían la emergencia de adultos como se ha reportado para moscas de la fruta en cultivos de cereza (Yee, 2013). Una concentración ideal de humedad en el suelo facilita el buen desarrollo de las pupas como encontraron Chen y Shelton (2007) para *Contarinia nasturtii* Kieffer. Estos autores reportan que también la situación opuesta de tener suelos muy secos obstaculizan el normal desarrollo de las pupas. El cultivo de tomate es irrigado lo cual modifica la humedad de suelo y este cambio puede también interferir en el desarrollo de pupas de cecidómidos (Chen *et al.*, 2011). La humedad y la temperatura también han sido reportados como los factores más importantes en la distribución del cecidómido *Contarinia nasturtii* Kieffer (Readshaw, 1966). Estas dos variables causan la latencia de las larvas, ya sea por diapausa causada por el enfriamiento o por la sequía, el desarrollo se reanuda inmediatamente cuando el suelo sube la temperatura y llega al punto de humedad adecuado (Readshaw, 1966).

Otro aspecto fundamental que afecta la distribución de *Prodidiplosis longifila* es la presencia de sus plantas hospederas (limón Tahití, pimentón, tomate y algunas plantas arvenses), este factor biótico es el más importante en especies herbívoras (Richardson, 2004). Si se desea sembrar cultivos de limón Tahití, pimentón y tomate en zonas donde *Prodidiplosis longifila* no esté presente pero tenga potencial para su desarrollo (Antioquia, Boyacá, Cauca, Caldas, Caquetá, Cundinamarca, Huila, La Guajira, Meta, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca), se deben implementar inmediatamente medidas preventivas que ayuden a evitar o postergar la entrada de la plaga a estas zonas. Por ejemplo se debe tener cuidado en sembrar materiales libres de larvas de *P.*

longifila que pueden provenir por ejemplo en plántulas de tomate. En este sentido [Chen et al. \(2007\)](#) propusieron aplicar insecticidas a las plántulas de brasicáceas antes de ser trasladadas de un lugar a otro para evitar el traslado de larvas de *Contarinia nasturtii* Kieffer en Canadá.

Se estudió el efecto de diferentes factores abióticos en la distribución de *Prodiplosis longifila* pero no los efectos bióticos que influyen en su presencia, como son los parasitoides del género *Synopeas* y depredadores potenciales observados en campo como arañas, hormigas, y Coccinelidos entre otros. [Carrero et al. \(2013\)](#), determinaron los efectos bióticos y abióticos de mortalidad de *Dasiops inedulis* Steyskal (Diptera: Lonchaeidae) en cultivos de maracuyá. Los resultados de este trabajo ponen en relieve la necesidad de que se continúe el seguimiento de la distribución y se desarrollen estrategias para minimizar el impacto económico de esta plaga en Colombia.

5.4 Recomendaciones y Conclusiones.

En resumen la ejecución de este trabajo permitió establecer la presencia de *Prodiplosis longifila* afectando flores, frutos y brotes tiernos en cultivos de tomate, botones florales y frutos en pimentón y botones florales de *Citrus x latifolia* (primer reporte de la especie para Colombia), la presencia de *Dasineura* sp. afectando frutos pequeños tanto de ají como de pimentón (primer reporte de la especie para Colombia). También se dio claridad a la identidad de los parasitoides asociados a estos cecidómidos (*Synopeas varipes*, *Synopeas reticulatifrons*, *Synopeas aff. longiventre*, *Synopeas aff. curvicauda* y 1 morfoespecie asociadas a *Prodiplosis longifila*; *Synopeas longiventre* asociado a *Dasineura* sp.). Es necesario esclarecer la identidad de *S. aff. longiventre* y *S. aff. curvicauda* ya que podrían ser especies nuevas. Por último *Prodiplosis longifila* es un insecto con alta probabilidad de encontrarse en la zona andina y las variables que más influyen sobre su distribución son la altitud, la estacionalidad de la temperatura (bio4), la temperatura media del trimestre más cálido (bio10) y la temperatura media del trimestre más frío (bio11), la precipitación del trimestre más frío (bio19), la precipitación del trimestre más húmedo (bio16) y la estacionalidad de la precipitación (bio15).

Aunque se dio claridad a la identificación y daño ocasionado de los cecidómidos presentes en ají, limón Tahití, pimentón y tomate, existe un vacío en estudios que complementen las bases para el diseño de futuros programas para su manejo integrado. En Colombia son pocas las investigaciones realizadas para el manejo de *Prodiplosis longifila*, y se han adelantado estudios enfocados en conocer su biología (Díaz, 2009), búsqueda de resistencia varietal (Mena, 2012), control químico (Bayer; Spirotetramat), control con entomopatógenos (Díaz, 2009) y control cultural con jabones (comunicación personal Dr. Gustavo Cataño). Desafortunadamente estos estudios no han sido enfocados dentro de un contexto de manejo integrado de plagas y aún hace falta determinar su biología, comportamiento, umbrales de acción, efectividad de prácticas culturales, el impacto de los enemigos naturales aquí encontrados y lo más importante la compatibilidad de estos enemigos naturales con otros métodos de control.

Se recomienda adelantar estudios concernientes a la biología de *Prodiplosis longifila* y su impacto en el rendimiento en cultivos de limón Tahití, dar claridad a la identificación taxonómica de *Dasineura* sp. (Describir la especie) encontrada en cultivos de ají y pimentón, adelantar estudios de biología y comportamiento tanto de *P. longifila* como de *Dasineura* sp. en sus hospederos. Respecto a los parasitoides se recomienda estudios de biología, comportamiento y su impacto sobre las poblaciones tanto de *Prodiplosis longifila* como de *Dasineura* sp. Se deben diseñar metodologías para la implementación de crías masivas de los parasitoides encontrados y establecer cuál de estos parasitoides es el más adecuado para el manejo de *Prodiplosis longifila*. Se recomienda crear mapas de distribución de *Prodiplosis longifila* a futuro con proyecciones de cambio climático para vislumbrar los sitios potenciales de invasión de este díptero.

Información adicional

Los resultados del presente trabajo fueron presentados en el Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología en las siguientes ponencias:

1. Hernandez-M, L., Guzman, Y., Martinez, M., Gagne, R., 2013. Especies de Cecidomyiidae (Diptera) presentes en cultivos de solanáceas y cítricos en Colombia: ¿Quiénes son y que daño hacen? Libro de resúmenes 40° Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología.
2. Guzman, Y., Rojas, J., Hernandez-M, L., Martinez, M., 2013. Especies de *Synopeas* (Hymenoptera: Platygasteridae), enemigos naturales parasitoides de *Prodiplosis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae) en Colombia. Libro de resúmenes 40° Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología.

6. Bibliografía

Amoruroux, P., Normand, F., Nibouche, S., Delatte, H., 2013. Invasive mango blossom gall midge, *Procontarinia mangiferae* (Felt) (Diptera: Cecidomyiidae) in Reunion Island: Ecological Plasticity, Permanent and Structured Populations. *Biological Invasions*. 15 (8): 1677-1693.

Araújo MB., Pearson RG., Thuiller W., Erhard, M., 2005. Validation of species-climate impact models under climate change. *Global Change Biology*. 11: 1504–1513.

Arias-Penna, T.M., 2002. Lista de los géneros y especies de la superfamilia Platygastroidea (Hymenoptera) de la Región Neotropical. *Biota Colombiana*. 3(2): 215-233.

Ashmead, W. H., 1893. Monograph of the north american Proctotrupidae. *Bulletin - United States National Museum*. 45:1–472.

Ayqui, S. y Sanchez, G., 1994. Biología y comportamiento de *Prodiplosis longifila* Gagné (Diptera: Cecidomyiidae) en el cultivo de la papa. Perú. 164 p.

Ayquipa, G., Neyra, S., Gamarra, F., 2002. Avance en el manejo integrado de *Prodiplosis longifila* Gagné en cultivo de espárrago, Fundo "Morava", Moche, Trujillo. Universidad Nacional de Trujillo, Fundo Morava S.A.C. En: 44 Convención Nacional de Entomología (Memorias). Lima, Perú. 164 p.

Bale, J., Masters, G., Hodkinson, I., Awmack, C., Bezemer, T., Brown, V., Butterfield, J., Buse, A., Coulson, J., Farrar, J., Good, J., Harrington, R., Hartley, S., Jones, T., Lindroth,

R., Press, M., Symrnioudis, I., Watt, A., Whittaker, J., 2002. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology*. 8: 1-16.

Baxendale, F., Teetes, G., Sharpe, P., Wu, H., 1984. Temperature-dependent model for development of nondiapausing sorghum midges (Diptera: Cecidomyiidae). *Environmental entomology*. 13(6): 1572-1576.

Bickford, D., Lohman, D. J., Sodhi, N. S., Ng, P. K., Meier, R., Winker, K., Ingram, K.K., Das, I., 2007. Cryptic species as a window on diversity and conservation. *Trends in Ecology y Evolution*. 22(3): 148-155.

Buhl PN., 2002. Contributions to the platygastrid fauna of Panama. *Entomofauna Zeitschrift Fur Entomologie*. 23:309–332.

Buhl PN., 2011. New Neotropical species of Platygastrinae and Sceliotrachelinae (Hymenoptera: Platygastridae), with keys to species of the larger genera, some redescriptions and a checklist. *Folia Heyrovskyana, series A*. 19(1-4): 25-128.

Buhl, P. N. (1997). Revision of some types of Platygastrinae described by A. Forster (Hymenoptera, Platygastridae). *Zeitschrift der Arbeitsgemeinschaft Oesterreichischer Entomologen*, 49, 21-28.

Busby, J.R., 1991. BIOCLIM – a bioclimate analysis and prediction system. En: *Nature Conservation: Cost Effective Biological Surveys and Data Analysis* (eds Margules, C.R. y Austin, M.P.). CSIRO, Melbourne, pp. 64–68.

Cabrera-Asencio, I., Vélez, A., 2011. *Clinodiplosis capsici*: a new pest of pepper (*Capsicum* sp.) in Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. 95 (1): 85-87.

Caicedo, A. M., Bellotti A. C., 2001. Entomofauna asociada con el cultivo del espárrago en el departamento del Cauca, Colombia. Revista De La Sociedad Colombianan De Entomología.35(3): 15-21.

Cardona, C., 1997. Progresos y posibilidades en el desarrollo de sistemas de manejo integrado de plagas en frijol. Taller de mejoramiento de frijol para el siglo XXI: Bases para una estrategia para America Latina. CIAT, Cali, 459-469.

Cardona, C., Yepes, F., Cotes, J., 2007. Evaluación de plaguicidas contra *Prodiplosis longifila* Gagné en el cultivo del tomate *Lycopersicum esculentum*. En: XXXIV Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (Libro: Resúmenes). Socolen, p.75 – 75.

Carpenter, G., Gillison, A.N., Winter, J., 1993. DOMAIN: a flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. Biodiversity and Conservation. 2: 667–680.

Carrero, D., Melo, D., Uribe, S., Wyckhuys, K., 2013. Population dynamics of *Dasiops inedulis* (Diptera: Lonchaeidae) and its biotic and abiotic mortality factors in Colombian sweet passionfruit orchards. Journal of Pest Science, 1-11.

Cedano, C.A, Cuabas, P., 2012. *Baeuveria bassiana* (Bals) Vuill and *Metarhizium anisoplae* (Metsch.) Sorokin in the pupas control of *Prodiplosis longifila* Gagné on asparagus crop. Scientia Agropecuaria. 1: 29 – 34.

Chaudhary, V., 2008. Entomology and Pest Management. Global Media. Delhi India. 284 p.

Chen, M., Shelton, A., 2007. Impact of soil type, moisture, and depth on swede midge (Diptera: Cecidomyiidae) pupation and emergence. Environmental entomology. 36(6): 1349-1355.

Chen, M., Shelton, A., Hallett, R., Hoepting, C., Kikkert, J., Wang, P., 2011. Swede midge (Diptera: Cecidomyiidae), ten years of invasion of crucifer crops in North America. *Journal of economic entomology*. 104(3): 709-716.

Croft, B. A., 1990. *Arthropod Biological Control Agents and Pesticides*. John Wiley and Sons, New York. 723 pp.

Cuzme, R., Sabando, A., 2011. Influencia del riego y la poda en la infestación de *Prodidiplosis longifila* en el cultivo de tomate. *Espamciencia*. 2(2): 49-53.

DANE, 2012. Encuesta Nacional Agropecuaria. Disponible en: www.dane.gov.co. [Fecha revisión: 20 de septiembre 2012].

Delgado, A., Mesa, N., Estrada, E., Zuluaga, J., 1999. Evaluación de diferentes productos para el manejo de *Prodidiplosis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae) en un cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*) del Valle del Cauca. *Revista Colombiana de Entomología*. 25 (3-4): 137-142.

De Meyer, M., Robertson, M., Mansell, M., Ekesi, S., Tsuruta, K., Mwaiko, W., Vayssieres, J.F., Peterson, A. T., 2010. Ecological niche and potential geographic distribution of the invasive fruit fly *Bactrocera invadens* (Diptera, Tephritidae). *Bulletin of Entomological Research*. 100(1): 35.

Dent, D., 2000. *Insect Pest Management* 2a ed. CABI Publishing. p. 48 – 79.

Díaz, B., 1991. Problemática de *Prodidiplosis longifila* Gagné. Bayer Informa. Circular 01. Lima-Perú.

Díaz, B., 1981. *Prodidiplosis* sp. (Diptera: Cecidomyiidae) plaga de la alfalfa y otros cultivos. *Revista Peruana de Entomología*. 24(1): 95-97.

Díaz, B., Rosas, R., Cortero, H., Bautista-Martínez, N., 2004. Identificación y fluctuación poblacional de plagas de col (*Brassica oleracea* var. capitata) y sus enemigos naturales en Acatzingo, Puebla. *Agrociencia*. 38(2): 239-248.

Díaz, F., 2009. Manejo Integrado de *Prodidiplosis longifila* en Perú. Disponible en: <http://ffernandodiazs.galeon.com/index.html>. [Fecha revisión: 12 de octubre 2012].

Dorchin, N., Clarkin, C. E., Scott, E. R., Luongo, M. P., y Abrahamson, W. G., 2007. Taxonomy, life history, and population sex ratios of North American *Dasineura* (Diptera: Cecidomyiidae) on goldenrods (Asteraceae). *Annals of the Entomological Society of America*. 100(4): 539-548.

van Driesche, R., Hoddle, M., Center, T., 2007. Control de plagas y malezas por enemigas naturales. US Department of Agriculture, US Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team. p: 179 – 212.

Duque, D.N., Hernández, L.M., Guzmán, Y.C., Velasco, S., Espinosa, L., Castillo, M. F., Peña, J., Gagne, R., Manzano, M., Toro, N., 2013. Determinación del efecto de variación geográfica y de hospedero de *Prodidiplosis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae), mediante el análisis del gen COI. En: 40º Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología Libro de resúmenes.

Ebratt-Ravelo, E., Rubio-González, L., Costa, V., Castro-Ávila, A., Zambrano-Gómez, E., Ángel-Díaz, J., 2011. *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1907) and *Tamarixia radiata* (Waterson, 1922) in citrus crops of Cundinamarca, Colombia. *Agronomía Colombiana*. 29(3): 487-493.

Echer, M., Ribeiro, R, Fernandes, M., Santos, A., 1998. Levantamento das principais pragas e doenças em pimentão (*Capsicum annuum*) em regiões produtoras no Estado do Rio de Janeiro. *Horticultura Brasileira*. 16(1): 121.

Echer, M., Guimarães, V., Minami, K., 2003. Damages occurrence and determination of *Dasineura* sp. (Diptera: Cecidomyiidae) in the pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) In

Piracicaba, Sao Pablo. En: IX International Symposium on Timing of Field Production in Vegetable Crops. Acta Horticulturae. (ISHS) 607:159-161.

Elith, J., Phillips, S., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y., Yates, C., 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. Diversity and Distributions. 17(1): 43-57.

Ellsbury, M., Clay, S., Fleischer, S., Chandler, L., Schneider, S., 1999. Use of GIS/GPS systems in IPM: Progress and reality. In: Kenedy, G., Sutton, T., (eds). Emerging technologies for integrated pest management: Concepts, research, and implementation. APS PRESS, Minnesota. pp. 419-438.

Espinal, C., Martínez, H., Peña, Y., 2005. La cadena de cítricos en Colombia. Documento de trabajo número 17. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Disponible en: http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Foros/caracterizacion_citricos1.pdf.

Espinal, C., Martínez, H., Pinzón, N., Barrios C., 2005. La cadena de la papa en Colombia. Documento de trabajo número 54. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005112163731_caracterización_papa.pdf.

Espinosa, L., Velasco, S., Duque, D., Castillo, M., Hernández, L.M., Guzmán, Y., Gagne, R., Manzano, M., Toro, N., 2013. Influencia de la cordillera central en la estructura poblacional y distribución de *Prodiplosis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae) en Colombia. En: 40º Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN. Libro de Resúmenes.

FAO (2010) Estadísticas Agrícolas mundiales. FAOSTAT. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> [Fecha revisión: 19 de septiembre 2012].

Fielding, A., Bell, J., 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. Environmental Conservation. 24: 38-49.

Gillespie, D., Opit, G., Roitberg, B., 2000. Effects of Temperature and Relative Humidity on Development, Reproduction, and Predation in *Feltiella acarisuga* (Vallot) (Diptera: Cecidomyiidae). *Biological Control*. 17(2): 132-138.

Hirzel, A.H., Hausser, J., Chessel, D., Perrin, N., 2002. Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data? *Ecology*. 83: 2027–2036.

Masner, L., Arias-Penna, T., 2006. Familia Platigastrydae, Capítulo 85. En: Fernández, F., Sahrkey, M., (eds) *Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical*. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. p: 771 – 774.

Gagné, R., 1986. Revision of *Prodiplosis* (Diptera: Cecidomyiidae) with descriptions of three new species. *Annals of the Entomological Society of America*. 79: 235-245.

Gagné, R., 1994. *The Gall Midges of the Neotropical Region*. Cornell University Press. London. 457 p.

Gagné, R., Solinas, M., 1996. The Rondani Cecidomyiidae (Diptera). *Insecta Mundi*. 10 (1-4): 69-76.

Gagné, R., Blanco-Metzler, H., Etienne, J., 2000. A new Neotropical species of *Clinodiplosis* (Diptera: Cecidomyiidae), an important new pest of cultivated peppers (*Capsicum* spp.: Solanaceae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*. 102 (4): 831-837.

Gagné, R., 2004. A catalog of the Cecidomyiidae (Diptera) of the world. *Memoirs of the Entomological Society of Washington*. 25: 1-408.

Gibb, T., Oseto C., 2006. *Arthropod collection and identification field and laboratory techniques*. Elsevier. United States of America. 311 p.

Graham, C., Hijmans, R., 2006. A comparison of methods for mapping species ranges and species richness. *Global Ecology and Biogeography*. 15: 578–587.

Guisan, A., Zimmermann, N., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*. 135: 147–186.

Guisan, A., Thuiller, W., 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*. 8(9): 993-1009.

Hall, D., Amarawardana, L., Cross, J., Francke, W., Boddum, T., Hillbur, Y., 2012. The Chemical Ecology of Cecidomyiid Midges (Diptera: Cecidomyiidae). *Journal of Chemical Ecology*. 38: 2–22.

Hallett, R., Chen, M., Sears, M.; Shelton, A., 2009. Insecticide management strategies for control of swede midge (Diptera: Cecidomyiidae) on col crops. *Journal of Economic Entomology*. 102: 2241–2254.

Harris, K. M., 1975. The taxonomic status of the carob gall midge, *Asphondylia gennadii* (Marchal), comb. nov. (Diptera, Cecidomyiidae), and of other *Asphondylia* species recorded from Cyprus. *Bulletin of Entomological Research*. 65: 377–380.

Hernandez, L.M., Tupac, J., Manzano, M. R., 2013. Biological control of the greenhouse whitefly by *Amitus fuscipennis*: Understanding the role of extrafloral nectaries from crop and non-crop vegetation. *Biological Control*. 67(2): 227-234.

Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P., Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated global terrestrial climate surfaces. *International Journal of Climatology*. 25: 1965–1978.

Hill, M., Hoffmann, A., McColl, S., Umina, P., 2012. Distribution of cryptic blue oat mite species in Australia: current and future climate conditions. *Agricultural and Forest Entomology*. 14(2): 127-137.

Hills, D., 2008. Pest of crops in warmer climates and their control. Springer Science + Business Media, B.V. United Kingdom. pp 21 – 25.

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 1989. Observaciones preliminares sobre *Prodiplosis longifila* en tomate. In: Informe Anual Técnico. Programa de Horticultura. Estación Experimental Portoviejo. Ecuador. P 10-11.

Kieffer, J., 1996. Scelionidae. Das Tierreich. 48:1–885.

Kikkert, J., Hoepting, C., Wu, Q., Wang, P., Baur, R., Shelton, A., 2006. Detection of *Contarinia nasturtii* (Diptera: Cecidomyiidae) in New York, a new pest of cruciferous plants in the United States. *Journal of Economic Entomology*. 99(4): 1310-1315.

Kondo, A. y T. Hiramatsu., 1999. Resurgence of the peach silver mite, *Aculus fockeui* (Napela et Trouessart) (Acari: Eriophyidae), induced by a synthetic pyrethroid fluvalinate. *Applied Entomology and Zoology*. 34: 531-534

Kroschel, J., Mujica, N., Alcazar, J., Canedo, V., Zegarra, O., 2012. Developing integrated pest management for potato: experiences and lessons from two distinct potato production systems of Peru. In: He, Z., Larkin, R. (eds) *Wayne Honeycutt Sustainable Potato Production: Global Case Studies*. Springer Netherlands. pp. 419-450.

Kumar, S., Stohlgren, T., 2009. Maxent modeling for predicting suitable habitat for threatened and endangered tree *Canacomyrca monticola* in New Caledonia. *Journal of Ecology and Natural Environment*. 1(4): 94-98.

van Lenteren, J., 2010. *Ecology: cool science, but does it help?*. Wageningen University, Wageningen UR. Pp. 8-26.

Li, Y.C., y Yang, Y., 2013. On the paradox of pesticides. ArXiv preprint arXiv:1303.2681.

Liu, J., Xiong, X., Pan, Y., Xiong, Z., Deng, Z., Yang, L., 2011. Predicting potential distribution of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* in Jiangxi Province, South China based on maximum entropy model. *Scientific Research and Essays*. 6(14): 2888-2894.

Lobo, J., 2000. ¿Es posible predecir la distribución geográfica de las especies basándonos en variables ambientales? Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: PrIBES. 200: 55-68.

Lozier, J., Mills, N., 2009. Ecological niche models and coalescent analysis of gene flow support recent allopatric isolation of parasitoid wasp populations in the Mediterranean. PLOS ONE. 4: e5901.

Macgown, M., Evans, G., 2003. A new platygastriid wasp from Florida (Hymenoptera: Platygastriidae). Zootaxa. 320: 1-7.

Mata, R., Tidon, R., Côrtes, L., Júnior, M., Diniz, J., 2010. Invasive and flexible: niche shift in the drosophilid *Zaprionus indianus* (Insecta, Diptera). Biological Invasions. 12(5), 1231-1241.

Matthews, R., Matthews, J., 2010. Insect behavior. Springer. USA. pp. 1-3.

Mathur, S., Cook, M, Sinclair, B., Fitzpatrick, S., 2012. DNA barcodes suggest cryptic speciation in *Dasineura oxycoccana* (Diptera: Cecidomyiidae) on cranberry, *Vaccinium macrocarpon*, and blueberry, *V. corymbosum*. Florida Entomologist. 95(2): 387-394.

Mena, Y., 2012. Evaluación de la resistencia a *Prodiplosis longifila* Gagné (Diptera: Cecidomyiidae) en materiales segregantes de tomate cultivado y accesiones silvestres de *Solanum habrochaites* Knapp y *Spooneer var. glabratum*. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira. 55 p.

Michel, A., Sim, S., Powell, T., Taylor, M., Nosil, P., Feder, J., 2010. Widespread genomic divergence during sympatric speciation. Proceedings of the National Academy of Sciences, 107(21), 9724-9729.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006. Sistema de inteligencia de mercados. http://www.cadenahortofruticola.org/admin/bibli/158inteligencia_de_mercados_lima_tahiti_fresca_marzo_2006.pdf [Fecha revisión: 19 de Octubre 2012]

Mujica, N., Cisneros, F., 1997. Manejo de la mosquilla de los brotes *Prodiplosis longifila* Gagné. Informe Técnico. Perú. Referencia Incompleta

Neuenschwander, P., Borgemeister, C., Langewald, J., 2003. Biological control in IPM systems in Africa. Annual Review of Entomology. 36: 257-83.

Nix, H., Busby, J., 1986. Bioclim – a bioclimatic analysis and prediction system. Research Report. 1983–85. Division of Water and Land Resources. Canberra, Australia.

Núñez, E., 2008. Plagas de paltos y cítricos en Perú. Mosquilla de los brotes *Prodiplosis longifila* (Gagné, 1934). Disponible en: http://www.avocadosource.com/books/Ripa2008/Ripa_Chapter_11e.pdf [Fecha revisión: 20 de Octubre de 2012].

Olfert, O., Hallett, R., Weiss, R. M., Soroka, J., Goodfellow, S., 2006. Potential distribution and relative abundance of swede midge, *Contarinia nasturtii*, an invasive pest in Canada. Entomologia Experimentalis et Applicata. 120(3): 221-228.

Ortega-Huerta, MA., Peterson, AT., 2008. Modeling ecological niches and predicting geographic distributions: a test of six presence-only methods. Revista Mexicana De Biodiversidad. 79: 205-216.

Parsa, S., Kondo, T., Winotai, A., 2012. The Cassava Mealybug (*Phenacoccus manihoti*) in Asia: First Records, Potential Distribution, and an Identification Key. PloS one, 7(10): e47675.

Paredes, E., 1997. Estudio etológico mediante el uso de trampas de luz y feromonas para el control de plagas en el cultivo industrial de tomate. XLII Convención Nacional de Entomología. Resúmenes y Programas. Tarapoto, Perú.

Pedigo, L., 1999. Entomology and Pest Management. Third Edition. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. 691 pp.

Peña, J., Duncan, R., Torres, V., 1990. Control of the citrus midge *Prodidiplosis longifila* Gagné in southern Florida limes. Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture. 1990: 159-161.

Peña, J.E.; Baranowski, R.M.; McMillan, J., 1987. *Prodidiplosis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae), a new pest of citrus in Florida. Florida Entomologist. 70: 527-529.

Peña, J., Gagné, R., Duncan, R., 1989. Biology and characterization of *Prodidiplosis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae) on lime in Florida. Florida Entomologist. 72: 444-450.

Peña, J., Mead, F., 1999. Citrus gall midge *Prodidiplosis longifila* Gagné (Diptera: Cecidomyiidae) University of Florida. Department of Entomology and Nematology. Circular N° 312. 2 p.

Pearson, R.G., Dawson, T.P., Berry, P.M., Harrison, P.A., 2002. SPECIES: a spatial evaluation of climate impact on the envelope of species. Ecological Modelling. 154: 289–300.

Peterson, A., 2003. Predicting the geography of species' invasions via ecological niche modeling. The Quarterly Review of Biology. 78(4): 419-433.

Phillips S., Anderson R., Schapire, R., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling. 190: 231–259.

Price, P., 2005. Adaptive radiation of gall inducing insects. Basic and Applied Ecology. 6: 413-421

Probst, K., Pulschen, L., Sauerborn, J., Zebitz, C., 1999. Influencia de varios regímenes de uso de plaguicidas sobre la entomofauna de tomate en las tierras altas de Ecuador. Manejo Integrado de Plagas. 54.

Quinn, G., Keough, M., 2002. Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press. p. 127 – 130.

Ratcliffe, R., Cambron, S., Flanders, K., Bosque-Perez, N., Clement, S., Ohm, H., 2000. Biotype composition of Hessian fly (Diptera: Cecidomyiidae) populations from the southeastern, midwestern, and northwestern United States and virulence to resistance genes in wheat. *Journal of Economic Entomology*. 93(4), 1319-1328.

Readshaw, J., 1966. The ecology of the swede midge, *Contarinia nasturtii* (Kieffer) (Diptera: Cecidomyiidae). I. Life-history and influence of temperature and moisture on development. *Bull. Entomol. Res.* 56(4): 685-700.

Richardson, D. M., y van Wilgen, B. W., 2004. Invasive alien plants in South Africa: how well do we understand the ecological impacts? *South African Journal of Science*. 100(1): 45-52.

Rodríguez, I., 2012. Identificación de ácaros que afectan cultivos de naranja valencia (*Citrus sinensis* L.) en el núcleo sur occidental de Colombia y establecimiento de dinámica de población y fenología de algunas especies de importancia económica. Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

Rodríguez, Q., 1999. Biología y morfo-taxonomía de la caracha (Diptera: Cecidomyiidae) en tomate (*Lycopersicon sculentum* Mill) c.v. Rio Grande. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambeyeque, Perú.

Sampson, B., Stringer, J., Spiers, M. 2002. Integrated pest management for *Dasineura oxycoccana* (Diptera: Cecidomyiidae) in blueberry. *Environmental entomology*. 31(2): 339-347.

Sampson, B., Rinehart, T., Liburd, O., Stringer, S., Spiers, J., 2006. Biology of parasitoids (Hymenoptera) attacking *Dasineura oxycoccana* and *Prodiplosis vaccinii* (Diptera: Cecidomyiidae) in cultivated blueberries. *Annals of the Entomological Society of America*. 99(1): 113-120.

Sharma, R., Nematocera, S., Bibionoidea, S., 2009. Checklist of Indian Gall midges (Diptera: Cecidomyiidae). Zoological Survey of India. Disponible en: <http://www.zsi.gov.in/zoological-surveyofindia/zsidata/checklist/Indian%20Gall%20midges.pdf>.

Stockman, K., Beamer, D.A., Bond, J., 2006. An evaluation of a GARP model as an approach to predicting the spatial distribution of non-vagile invertebrate species. *Diversity and Distributions*. 12(1): 81-89.

Terner, F., Díaz-Silva, F., Castillo, J., 2004. *Synopeas* sp. (Hymenoptera: Platygasteridae) parasitoide de *Prodiplosis longifila* en la Irrigación Chavimochic. XLVI Convención Nacional de Entomología. Arequipa. Perú.

Ulber B., Williams, I., Klukowski, Z., Luik, A., Nilsson, C., 2010. Parasitoids of oilseed rape pests in Europe: key species for conservation biocontrol. In: Williams, I., (ed). *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests*. Springer. Pp. 45-76.

Valarezo, O., Cañarte, E., Arias, M., Proaño, J., Navarrete, B., Garzón, A., Jines, A., Cuadros, A., Porro, M., Linzán, L., Chávez, J., 2003. Diagnóstico, bioecología y manejo sostenible de la negra *Prodiplosis longifila* en el Ecuador. Informe Final. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP. Estación Experimental Portoviejo. Ecuador.

Vallejo, A., Estrada, E., 2004. Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. P. 27- 100.

Vilca, J., 2000. Fluctuation of *Prodiplosis longifila* Gagné (Diptera: Cecidomyiidae) population in potato and asparagus crops. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú). Especialidad en Entomología. Lima-Perú. 152 p.

Wang, Y., Xie, B., Wan, F., Xiao, Q., Dai, L., 2007. The potential geographic distribution of *Radopholus similis* in China. *Agricultural Sciences in China*. 6(12): 1444-1449.

Wyckhuys, K.A., Korytkowski, C., Martinez, J., Herrera, B., Rojas, M., Ocampo, J., 2012. Species composition and seasonal occurrence of Diptera associated with passionfruit crops in Colombia. *Crop protection*: 32: 90-98.

Wyckhuys, K. A., Lu, Y., Morales, H., Vazquez, L. L., Legaspi, J. C., Eliopoulos, P. A., & Hernandez, L. M. 2013. Current status and potential of conservation biological control for agriculture in the developing world. *Biological Control*, 65(1), 152-167.

Worner, S., Gevrey, M., 2006. Modelling global insect pest species assemblages to determine risk of invasion. *Journal of Applied Ecology*. 43(5), 858-867.

Yee, W. L., 2013. Soil moisture and relative humidity effects during postdiapause on the emergence of western cherry fruit fly (Diptera: Tephritidae). *The Canadian Entomologist*. 1-10.

Yu R., Guan H., Zhi L., Fang W., Zhi W., Wei, L. 2009. A prediction of potential geographic distribution analysis of Queensland fruit fly based on DYMEX and DIVA-GIS. *Acta Phytophylacica Sinica*. 36(1): 1-6.

Zhao X., Wang, Q., 2011. Phenological dynamics of *Dasineura mali* (Diptera: Cecidomyiidae) and its parasitoid *Platygaster demades* (Hymenoptera: Platygasteridae) in apple orchards. *Journal of Economic Entomology*. 104(5): 1640-1646.