

**Efecto de la temperatura en el trips  
*Pseudophilothrips ichini* (Phlaeothripidae), un  
agente potencial de control biológico de  
*Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae) en  
Florida**

**Lenin Gonzalo Erazo Melo**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2010

ZAMORANO  
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Efecto de la temperatura en el trips  
*Pseudophilothrips ichini* (Phlaeothripidae), un  
agente potencial de control biológico de *Schinus  
terebinthifolius* (Anacardiaceae) en Florida**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado  
Académico de Licenciatura

Presentado por

**Lenin Gonzalo Erazo Melo**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2010

**Efecto de la temperatura en el trips  
*Pseudophilothrips ichini* (Phlaeothripidae), un  
agente potencial de control biológico de *Schinus  
terebinthifolius* (Anacardiaceae) en Florida**

Presentado por:

Lenin Gonzalo Erazo Melo

Aprobado:

---

Alfredo Rueda, Ph.D.  
Asesor principal

---

Abel Gernat, Ph.D.  
Director  
Carrera de Ciencia y Producción  
Agropecuaria

---

Veronica Manrique, Ph.D.  
Asesora

---

Raul Espinal, Ph. D.  
Decano Académico

---

Rodrigo Díaz, Ph.D.  
Asesor

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

---

Abelino Pitty, Ph.D.  
Asesor

---

Abelino Pitty, Ph.D.  
Coordinador de Fitotecnia

## RESUMEN

Erazo, L. 2010. Efecto de la temperatura en el trips *Pseudophilothrips ichini* (Phlaeothripidae), un agente potencial de control biológico de *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae) en Florida. Proyecto especial de graduación del Programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 18 p.

*Schinus terebinthifolius* Raddi (Sapindales: Anacardiaceae), conocida como Brazilian peppertree en Florida, es un arbusto nativo de Sudamérica y fue introducida como planta ornamental en Florida a mediados de 1800s. Actualmente, esta maleza es una de las plantas invasivas más problemáticas en Florida, ocupando un área mayor de 280 mil hectáreas. Un programa de control biológico de *Schinus terebinthifolius* se inició en 1980, donde se identificaron varios enemigos naturales de esta maleza en Brasil incluyendo el trips *Pseudophilothrips ichini* Hood (Thysanoptera: Phlaeothripidae). Las larvas y los adultos de este trips se alimentan de los nuevos brotes y también de las flores ocasionando daños en los meristemas apicales y abortos florales. Las condiciones ambientales, en particular la temperatura, son factores importantes que determinan sobrevivencia, establecimiento y desarrollo de insectos herbívoros. Se realizaron estudios de desarrollo a diferentes temperaturas y tolerancia al frío en el laboratorio de dos poblaciones de *Pseudophilothrips ichini* con el objetivo de determinar los requerimientos de temperatura de esta especie. Estas dos poblaciones de trips son mantenidas en cuarentena en la Universidad de Florida y provienen de las ciudades de Ouro Preto (20°23'08" S, 43°30'29" O) y Salvador (12°58'15" S, 38°30'39" O) en Brasil que se caracterizan por tener climas diferentes. Las dos poblaciones de trips se expusieron a tres temperaturas constantes (15, 20 y 25°C), y se evaluaron la sobrevivencia y el tiempo de desarrollo de cada estadio. También se estudió la tolerancia al frío de adultos al ser expuestos a dos bajas temperaturas (0 y 5°C). El tiempo de desarrollo disminuyó a medida que aumentó la temperatura desde 15° a 25°C en las poblaciones de trips. La mayor sobrevivencia de huevo a adulto se obtuvo a 25°C tanto para trips de Ouro Preto (48%) como para el trips de Salvador (42%). Sin embargo, el tiempo total de desarrollo fue más extenso para el trips de Salvador (25 días) comparado con el trips de Ouro Preto (22.5 días) a 25°C. No obstante, los adultos de ambas poblaciones mostraron una tolerancia al frío similar dado que no hubo diferencias en los tiempos letales a 5° (TL<sub>50</sub> y TL<sub>90</sub>) y 0°C (TL<sub>90</sub>). El TL<sub>50</sub> fue menor para el trips de Ouro Preto (2.4 d) comparado con el de Salvador (3.5 d) a 0°C. De acuerdo a las líneas isotérmicas, *Pseudophilothrips ichini* podría establecerse en el sur y centro de Florida. En conclusión, las dos poblaciones de trips presentan similares requerimientos de temperaturas tanto para su desarrollo así como para su tolerancia a bajas temperaturas.

**Palabras clave:** control biológico de malezas, desarrollo de temperatura, planta invasiva, tolerancia al frío.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de tablas y figuras.....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>4</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>4 CONCLUSIONES.....</b>	<b>13</b>
<b>5 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>14</b>
<b>6 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>15</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS

Cuadro	Página
1. Tiempo de desarrollo en días (medias $\pm$ ES) de dos poblaciones de <i>Pseudophilothrips ichini</i> a tres temperaturas.....	15
2. Parámetros del modelo de regresión logística para dos poblaciones de <i>Pseudophilothrips ichini</i> a 0°C y 5°C. ....	17

Figura	Página
1. Estadios de <i>Pseudophilothrips ichini</i> , a) larvas, b) pupa, c) adulto.....	3
2. Cajas con cilindros de acrílico. ....	5
3. Cilindros de acrílico con <i>Schinus terebinthifolius</i> y <i>Pseudophilothrips ichini</i> .....	5
4. Viales con brotes de <i>Schinus terebinthifolius</i> y <i>Pseudophilothrips ichini</i> .....	6
5. Porcentaje de sobrevivencia de dos poblaciones de <i>Pseudophilothrips ichini</i> a tres temperaturas. ....	8
6. Sobrevivencia de adultos (medias) de dos poblaciones de <i>Pseudophilothrips ichini</i> al ser expuestos a 5 y 0°C. ....	9
7. Mapa mostrando las líneas isotérmicas (TL50 y TL90) a 0°C para dos poblaciones de <i>Pseudophilothrips ichini</i> . ....	10

## 1. INTRODUCCIÓN

La invasión de plantas exóticas en el estado de Florida es una de las causas más importantes de pérdida de biodiversidad, daño del ecosistema, además de los altos costos asociados con el control de malezas (Morton 1978, Cox 1999, Pimentel *et al*, 2005). *Schinus terebinthifolius* Raddi (Sapindales: Anacardiaceae), conocida como Brazilian peppertree en Florida, es nativa de Sudamérica principalmente del Norte de Argentina, Paraguay y Brasil, además se encuentra en Chile, Bolivia y Perú (Barkley 1944, 1957). Fue introducida como planta ornamental en Florida a mediados de 1800s (Morton *et al*, 1978), y al momento se encuentra también en los estados de Hawái, California, Arizona y Texas (Cuda *et al*, 2006).

Esta maleza es una de las plantas invasivas más destructivas de Florida, ocupando un área mayor de 280 mil hectáreas (Cuda *et al*, 2006). *Schinus terebinthifolius* invade diferentes ecosistemas naturales como bosques, humedales y manglares; y sobre todo áreas degradadas o con disturbios tales como bordes de caminos y canales (Hight *et al*, 2002). Varias características fisiológicas hace de esta planta una buena competidora, como el tolerar inundaciones y suelos salinos (Ewe 2001, Cuda *et al*, 2006), su alta capacidad reproductiva (Morton 1978, Cuda *et al*, 2006), y el poseer sustancias alelopáticas que afectan otras plantas vecinas (Morgan y Overholt 2005).

Varios métodos de control son utilizados contra *Schinus terebinthifolius*, incluyendo control químico, control mecánico y físico (Gioeli y Lakeland 1997, Cuda *et al*, 2006). Uno de los métodos más comunes y eficientes dentro de Florida es la poda o corte del arbusto para que posteriormente se realice la aplicación de herbicidas (glifosato) en el área basal (Cuda *et al*, 2006). Sin embargo, estos métodos son costosos, pueden causar daños al ecosistema y no siempre son efectivos.

Un programa de control biológico fue iniciado en 1980 y científicos de la Universidad de Florida realizaron viajes de exploración de enemigos naturales en Brasil (área de origen). Se han encontrado alrededor de 200 insectos que se alimentan de *Schinus terebinthifolius* (Bennett *et al*, 1990, Bennett y Habeck 1991). Varios candidatos fueron identificados y seleccionados como agentes potenciales de control biológico incluyendo el trips *Pseudophilothrips ichini* Hood (Thysanoptera: Phlaeothripidae), la avispa primitiva *Heteroperreya hubrichi* Malaise (Hymenoptera: Pergidae), y la polilla *Episimus unguiculus* Clarke (previamente conocido como *Episimus utilis* Zimmerman) (Lepidoptera: Tortricidae) (Cuda *et al*, 2006, Manrique *et al*, 2008a, b). En Hawaii, se inició un programa de control biológico y tres enemigos naturales fueron liberados: la polilla *Episimus unguiculus* en 1950, el escarabajo *Lithraeus* (= *Bruchus*) *atronotatus* Pic (Coleoptera: Bruchidae) en 1960 y la polilla *Crasimorpha infuscata* Hodges (Lepidoptera:

Gelechiidae) en 1960 (Davis 1961, Krauss 1963). La polilla *Episimus unguiculus* se estableció en las islas de Hawaii pero no logró reducir las poblaciones de *S. terebinthifolius* (Goeden 1977, Yoshioka y Markin 1991).

El trips *Pseudophilothrips ichini* tiene dos estadios larvales de color anaranjado (Figura 1a) que se alimentan de la planta, y tres estadios de pupa (propupa, pupa I y pupa II) (Figura 1b) que no se alimentan y se desarrollan en el suelo (García 1977). Los adultos son de color negro (Figura 1c), miden entre 3 y 6 mm de largo, y poseen alas (García 1977). Las hembras ponen alrededor de 220 huevos durante su vida que depositan en pecíolos, nuevos brotes y hojas (García 1977). Las larvas y los adultos se alimentan de los nuevos brotes y también de las flores de *Schinus terebinthifolius*, ocasionando daños en los meristemas apicales y abortos florales (García 1977). Estudios de especificidad muestran que este herbívoro tiene un número reducido de hospederos, y solo se alimenta de *Schinus terebinthifolius* y *Schinus molle* L. en el laboratorio (Cuda *et al*, 2009). *Schinus molle* es nativa de Perú, y es utilizada como planta ornamental en California y Arizona (Nilson y Muller 1980a, b). Sin embargo, esta planta es considerada invasiva (categoría B) por California Pest Plant Council (Cal IPC, 2006), y no está presente en Florida.

Los primeros intentos de establecer colonias en cuarentena de los trips *P. ichini* utilizando plantas de *Schinus terebinthifolius* de Florida fracasaron, debido a una alta mortalidad de los estadios inmaduros (Manrique *et al*, 2008b). Se realizaron estudios de la genética de la planta mediante la caracterización de seis microsátélites nucleares y la secuenciación de una región del ADN del cloroplasto (cpADN). Se encontró que en Florida existen dos cpADN haplotipos de *Schinus terebinthifolius* (A y B) e híbridos de estas dos poblaciones (Williams *et al*, 2005, 2007). El haplotipo A se encuentra en la costa oeste de Florida mientras que el haplotipo B en la costa este (Williams *et al*, 2005, 2007). Los trips inicialmente mantenidos en cuarentena, fueron recolectados en el área de Curitiba (Brasil) donde se encuentran plantas de haplotipo C y D, las cuales no están presentes en Florida. Recientemente, se realizaron viajes de exploración en Brasil, y se recolectaron trips en las ciudades de Ouro Preto (plantas haplotipo A) en 2007, y en Salvador (plantas haplotipo B y K) en 2009. Se establecieron dos colonias de *P. ichini* provenientes de estas ciudades en la cuarentena de la Universidad de Florida, en Fort Pierce, Florida. Estudios en el laboratorio demostraron que el trips de Ouro Preto posee una alta sobrevivencia al criarse en plantas de Florida (haplotipo A y B, y híbridos) (Manrique *et al*, 2008b), mientras que el trips de Salvador posee una mayor sobrevivencia al alimentarse de plantas de haplotipo B (V. Manrique, datos no publicados).

Las condiciones ambientales, en particular la temperatura, son factores importantes que determinan sobrevivencia, establecimiento y desarrollo de insectos herbívoros (Gilbert y Ragworth 1996, Gillooly *et al*, 2002). Estudios previos sobre la influencia de la temperatura en el desarrollo de un insecto y su tolerancia al frío se han realizado en el laboratorio para establecer predicciones de la potencial distribución geográfica y la dinámica poblacional de agentes de control biológico en las zonas a introducir (Pilkington and Hoddle 2006, Lapointe *et al*, 2007, Diaz *et al*, 2008, Manrique *et al*, 2008b). En el caso del trips *Pseudophilothrips ichini*, las dos poblaciones mantenidas en cuarentena provienen de dos ciudades con climas diferentes. La ciudad de Salvador se caracteriza por

tener un clima tropical (12°58'15" S, 38°30'39" O, temperatura media anual de 25°C), mientras que la ciudad de Ouro Preto tiene un clima tropical de altura con temperaturas más bajas (20°23'08" S, 43°30'29" O, temperatura media anual de 17°C). Por lo tanto, los requerimientos térmicos de estas dos poblaciones de trips pueden ser diferentes y afectar así su establecimiento en Florida y su eficacia como agentes de control biológico de *Schinus terebinthifolius*.



Figura 1. Estadios de *Pseudophilothrips ichini*, a) larvas, b) pupa, c) adulto

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la temperatura en el desarrollo de dos poblaciones del trips *Pseudophilothrips ichini* en el laboratorio, y comparar los requerimientos térmicos entre estas dos poblaciones.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el desarrollo y la sobrevivencia de los estadios inmaduros de dos poblaciones de *Pseudophilothrips ichini* a tres temperaturas constantes en el laboratorio (15, 20, y 25°C)
- Determinar la tolerancia al frío de dos poblaciones de trips al ser expuestos a bajas temperaturas en el laboratorio (0 y 5°C)

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 COLONIAS DE PLANTAS E INSECTOS

Los experimentos se realizaron en el laboratorio de cuarentena de la Universidad de Florida, en Fort Pierce, Florida. Las plantas de *Schinus terebinthifolius* fueron mantenidas en maceteros dentro de un invernadero, fertilizadas una vez por mes con Scott Miracle Gro<sup>®</sup> (15N: 9P: 12K), y regadas diariamente. Las semillas utilizadas fueron recolectadas de plantas de los haplotipos A, B e híbridos A y B en las costas este y oeste de Florida. Se utilizaron plantas de haplotipo B para todos los experimentos.

Cada población de *Pseudophilothrips ichini* se mantuvo en cuartos de crecimiento separados dentro de la cuarentena ( $27 \pm 2^\circ\text{C}$ , 60-70% humedad relativa, y un fotoperiodo de 14: 10 luz: oscuridad). Los adultos de trips (60 por planta) fueron mantenidos en plantas de *Schinus terebinthifolius* cubiertas por cilindros de acrílico transparente (45 cm de altura y 15 cm de diámetro) con ventanas circulares para permitir buena aireación. A su vez, los cilindros fueron puestos dentro de cajas cubiertos con una malla fina para evitar que los trips escapen (Figura 2, 3). Las larvas de segundo estadio fueron transferidos a viales con pequeños brotes nuevos de *Schinus terebinthifolius* y papel filtro húmedo para esperar el cambio a pupa y adultos y ser ubicados nuevamente en plantas (Figura 4).

### 2.2 DESARROLLO DE *P. ICHINI* A TRES TEMPERATURAS EN EL LABORATORIO

Las poblaciones de trips (Ouro Preto y Salvador) se expusieron a temperaturas constantes de 15, 20 y 25°C en el laboratorio, utilizando cámaras de crecimiento (Percival) a condiciones constantes de 14: 10 luz: oscuridad, y 60-70% de humedad relativa. Los trips de ambas poblaciones recibieron tallos frescos de *Schinus terebinthifolius* de haplotipo B (ambas poblaciones tienen alta sobrevivencia en este haplotipo). Adultos de cada población (~20 adultos por frasco) se pusieron dentro de frascos plásticos (10 cm de largo, 4.5 cm de diámetro), conteniendo un papel filtro, un tallo y hojas de la planta. Los viales se revisaron todos los días, y los huevos se transfirieron a platos Petri y se expusieron a cada una de las temperaturas (40-45 huevos por temperatura). Se determinó el porcentaje de eclosión y la duración del estadio de huevo a cada una de las temperaturas. De la misma manera, diez larvas de primer estadio se colocaron en un frasco plástico y un total de seis frascos por temperatura se usaron para cada población de trips (un total de 180 larvas de cada población). Los frascos se revisaron cada dos días y se registró el número de trips vivos y el estadio (larva, pupa, o adulto). El experimento finalizó cuando todas las larvas se desarrollaron a adulto o murieron.

### 2.3 TOLERANCIA AL FRIO DE *P. ICHINI* EN EL LABORATORIO

Las poblaciones de trips (Ouro Preto y Salvador) se expusieron a bajas temperaturas 0 y 5°C en el laboratorio (total oscuridad y 60-70% de humedad relativa). Antes de ser expuestos a estas bajas temperaturas, los adultos pasaron por un periodo de aclimatación a temperaturas decrecientes de 5°C empezando a 15°C hasta la temperatura deseada. Diez adultos (<2 días de edad) se colocaron en un frasco de plástico (5.5 cm de largo, 2.5 cm de diámetro) conteniendo un papel filtro húmedo y una hoja de *Schinus terebinthifolius*. Para la temperatura de 0°C, un total de 20 frascos se utilizaron para cada población de trips, y cuatro frascos se removieron luego de 1, 2, 4, 8 y 12 días. Para la temperatura de 5°C, un total de 28 frascos se utilizaron para cada población de trips, y cuatro frascos se removieron luego de 1, 2, 4, 8, 16, 20 y 24 días (un total de 280 adultos de cada población). Posteriormente de ser removidos de las cámaras de crecimiento, los frascos permanecieron en el laboratorio (24 ± 1°C) y el número de adultos vivos (movimiento de patas o/y antenas) se registró luego de 24 h.



Figura 2. Cajas con cilindros de acrílico



Figura 3. Cilindros de acrílico con *Schinus terebinthifolius* y *Pseudophilothrips ichini*.



Figura 4. Viales con brotes de *Schinus terebinthifolius* y *Pseudophilothrips ichini*

## 2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Todos los análisis estadísticos se realizaron por medio del programa estadístico SAS<sup>®</sup> (SAS Institute 1999). Se realizaron análisis de varianza de dos factores (población de trips, temperatura) para comparar el tiempo de desarrollo y sobrevivencia, además del test de Student-Newman-Keuls para la separación posterior de medias ( $\alpha=0.05$ ). Los porcentajes de la sobrevivencia por estadio se transformaron usando el arco-seno de la raíz cuadrada. Para el análisis de tolerancia al frío, el tiempo requerido para obtener el 50 y el 90% de mortalidad, tiempo letal,  $TL_{50}$  y  $TL_{90}$ , respectivamente a 0 y 5°C fueron determinadas para cada población de trips usando la función PROC PROBIT (SAS Institute 1999).

Los tiempos letales de cada población de trips ( $TL_{50}$  y  $TL_{90}$ ) a 5 y 0°C fueron utilizados para desarrollar modelos que predicen líneas isotérmicas con regiones no favorables para el establecimiento de *Pseudophilothrips ichini*. La base de datos NAPPFAST almacena información diaria del clima de 1,879 estaciones climatológicas a través de América del Norte (Borchert y Magarey 2005), y mapas de probabilidades fueron generados usando los últimos 10 años de datos climáticos. Los mapas fueron importados al programa ArcGis 9.0 y se generaron líneas que delimitan la frecuencia de aparición para 5 de los 10 años (Lapointe *et al*, 2007).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El trips *Pseudophilothrips ichini* completó su desarrollo de huevo a adulto a 20 y 25°C en ambas poblaciones, sin embargo, sólo llegaron al estadio de pupa a 15°C. No hubo diferencias significativas en el porcentaje de sobrevivencia entre poblaciones pero sí entre temperaturas (pupas: temperatura:  $F=20.29$ ,  $gl=2$ , 35,  $P<0.0001$ ; trips:  $F=2.05$ ,  $gl=1$ , 35,  $P=0.16$ ; temperatura x trips:  $F=0.22$ ,  $gl=2$ , 35,  $P=0.8$ ; adultos: temperatura:  $F=35.57$ ,  $gl=2$ , 35  $P=<0.0001$ ; trips:  $F=0.92$ ,  $gl=1$ , 35,  $P=0.34$ ; temperatura x trips:  $F=0.28$ ,  $gl=2$ , 35,  $P=0.76$ ) (Figura 5). La mayor sobrevivencia de larva a adulto se obtuvo a 25°C tanto para el trips de Ouro Preto (48%) como para el trips de Salvador (42%). Se observó un alto porcentaje de eclosión de huevos de las dos poblaciones de trips a 15°, 20° y 25 °C (~95.85%). El tiempo de desarrollo disminuye a medida que aumenta la temperatura desde 15° a 25°C (Tabla 1). No hubo diferencias significativas en el tiempo de desarrollo de huevo a adulto entre poblaciones de trips a 20°C (~33 d) (Tabla 1). Sin embargo, el tiempo total de desarrollo fue más corto a 25°C para trips de Ouro Preto (22 d) comparado con el trips de Salvador (25 d) (Tabla 1).

La sobrevivencia de los adultos de *Pseudophilothrips ichini* disminuyó a medida que aumentó el tiempo de exposición a bajas temperaturas (Figura 6). La mortalidad se incrementó rápidamente luego de 5 días a 5°C y 2 días a 0°C (Figura 6). De acuerdo a los parámetros de regresión lineal, no hubo diferencias en los  $TL_{50}$  y  $TL_{90}$  a 5°C y el  $LT_{90}$  a 0°C entre poblaciones de trips (Tabla 2). Sin embargo,  $TL_{50}$  fue menor para el Ouro Preto trips (2.4 d) comparado con el Salvador trips (3.5 d) a 0°C debido a que no se superponen los intervalos de confianza (Tabla 2).

Las líneas isotérmicas predicen que *Pseudophilothrips ichini* podría establecerse en el centro y sur de Florida, y también en otros estados incluyendo el sur de Texas y Arizona, y a lo largo de la costa oeste de California donde se encuentra su planta hospedera *Schinus terebinthifolius* (Figura 7). Mientras que al norte de esas líneas isotérmicas, las condiciones térmicas no serían propicias para el establecimiento del trips *Pseudophilothrips ichini* (Figura 7).

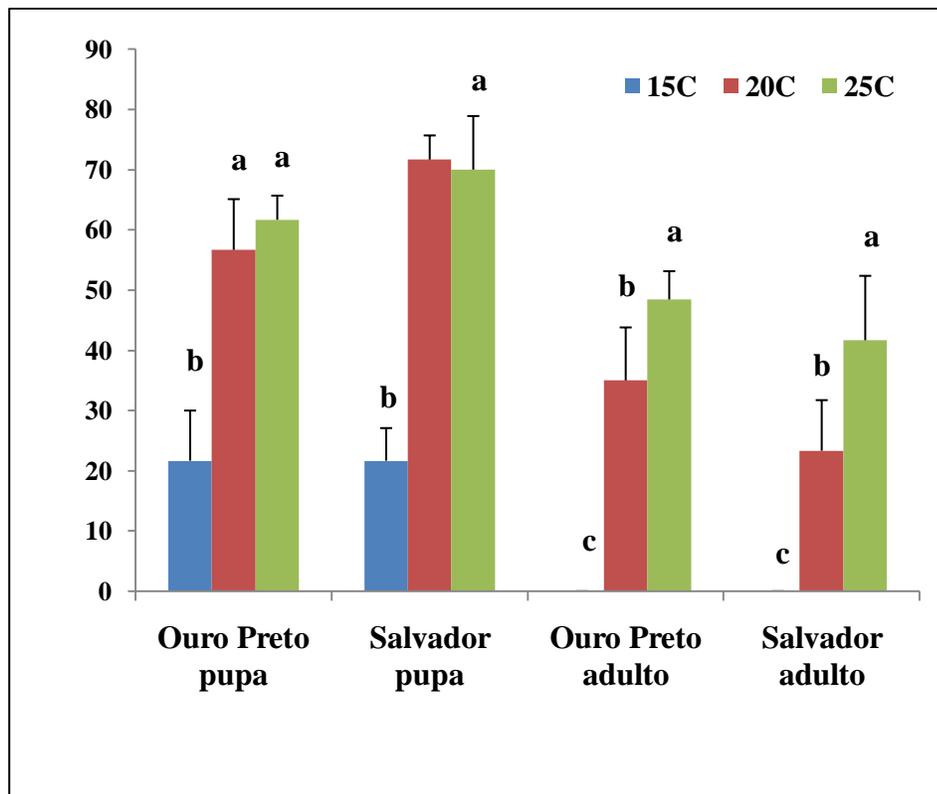


Figura 5. Porcentaje de sobrevivencia de dos poblaciones de *Pseuphilothis ichini* a tres temperaturas. Diferentes letras indican diferencias significativas entre temperaturas ( $P < 0.05$ ).

Cuadro 1: Tiempo de desarrollo en días (medias  $\pm$  error standard) de dos poblaciones de *Pseudophilothrips ichini* a tres temperaturas.

Etapas	Temperaturas					
	15°C		20°C		25°C	
	Ouro Preto	Salvador	Ouro Preto	Salvador	Ouro Preto	Salvador
Huevo	21.3 $\pm$ 1.2 a	25.7 $\pm$ 1.1 a	7.9 $\pm$ 0.3 b	10.6 $\pm$ 0.3 a	5.1 $\pm$ 0.3 b	7.1 $\pm$ 0.3 a
Larva	31.2 $\pm$ 2.2 a	28.5 $\pm$ 1.5 a	11.9 $\pm$ 0.6 a	12.5 $\pm$ 0.4 a	7.9 $\pm$ 0.6 a	8.2 $\pm$ 0.6 a
Pupa	--	--	14.3 $\pm$ 0.3 a	12.2 $\pm$ 0.5 b	9.5 $\pm$ 0.3 a	10.1 $\pm$ 0.5 a
Huevo-Adulto	--	--	34.1 $\pm$ 0.7 a	33.2 $\pm$ 2.2 a	22.5 $\pm$ 0.8 b	25.3 $\pm$ 1.0 a

Diferentes letras indican diferencias significativas entre poblaciones de trips a una temperatura dada ( $P < 0.05$ )

-- No se obtuvo desarrollo

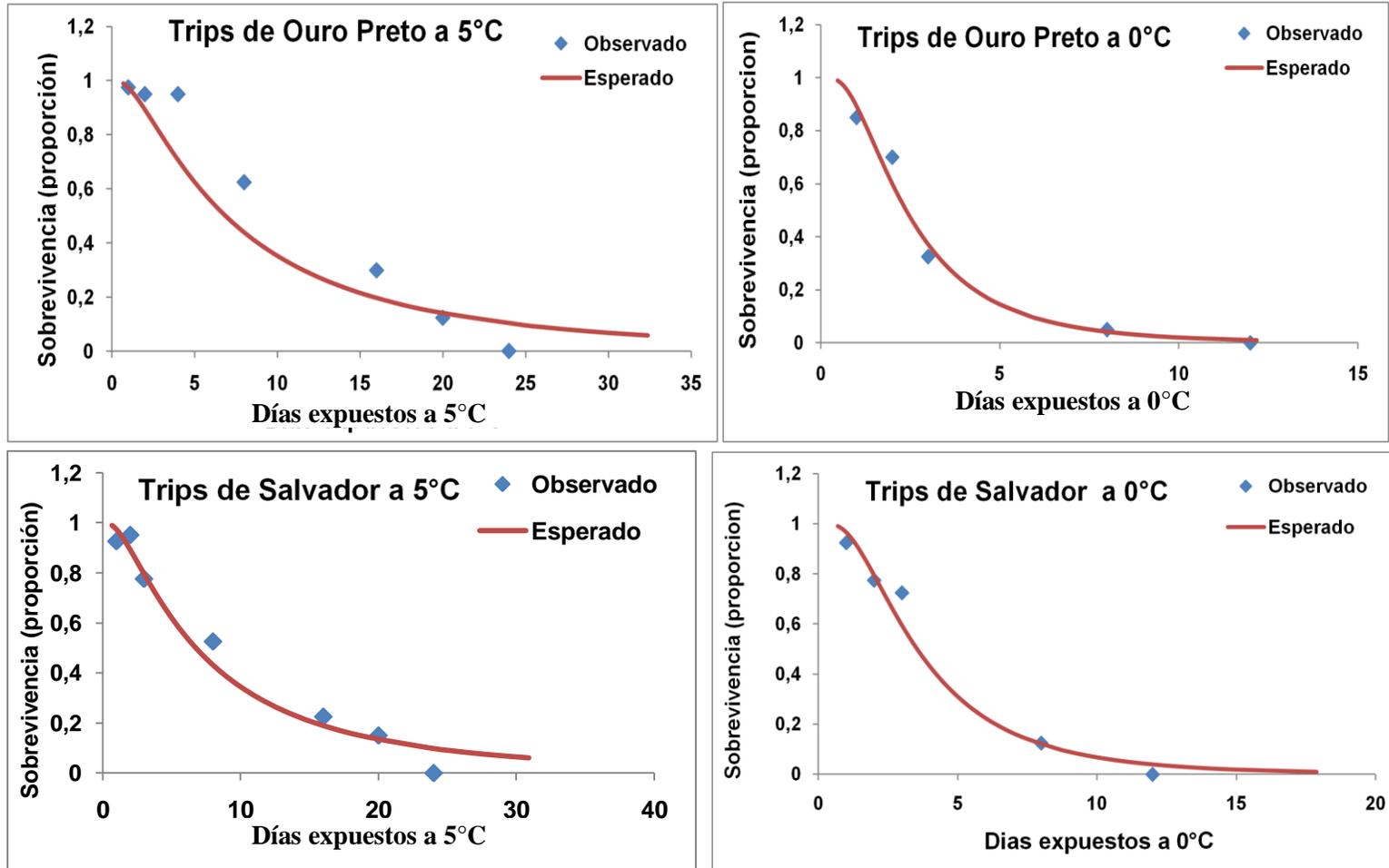


Figura 6: Sobrevivencia de adultos (medias) de dos poblaciones de *Pseudophilothrips ichini* al ser expuestos a 5 y 0°C (regresión logística esperado)

Cuadro 2: Parámetros del modelo de regresión logística TL<sub>50</sub> y TL<sub>90</sub> para dos poblaciones de *Pseudophilothrips ichini* a 0° y 5°C

Temperatura °C	Trips	N	Pendiente (ES)	Parámetros del modelo	
				TL <sub>50</sub> (días) (±95% IC)	TL <sub>90</sub> (días) (±95% IC)
0	Ouro Preto	200	3.28 (0.4)	2.4 (2-2.79) a	5.8 (4.68-8.13) a
0	Salvador	200	3.31 (0.36)	3.5 (3.02-4.18) b	8.64 (6.9-11.8) a
5	Ouro Preto	280	3.03 (0.29)	9.23 (7.88-10.73)a	24.44 (20-31.99)a
5	Salvado	280	2.35 (0.21)	6.77 (5.52-8.11)a	23.66 (18.46-32.88)a

Letras iguales representan TL similares, intervalos de confianza se cruzan

Letras diferentes indican diferencia por separación de intervalos de confianza

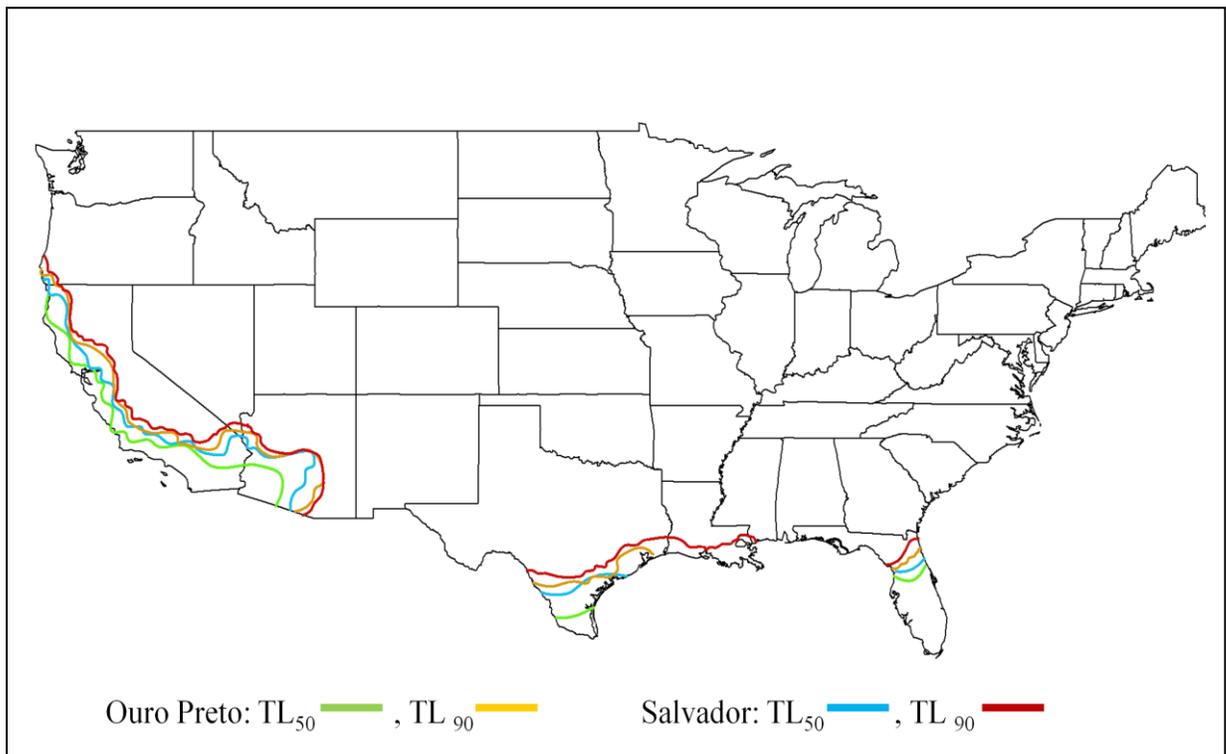


Figura 7: Mapa mostrando las líneas isotérmicas (TL<sub>50</sub> y TL<sub>90</sub>) a 0°C para dos poblaciones de *Pseudophilothrips ichini*.

Estudios que evalúan el desarrollo de un insecto a diferentes temperaturas son de suma importancia para entender su ciclo de vida y conocer la habilidad de la especie para establecerse en nuevas áreas (Pilkington and Hoddle 2006, Diaz *et al*, 2008, Manrique *et al*, 2008b). En el presente estudio, se evaluó el efecto de la temperatura en dos poblaciones del trips *Pseudophilothrips ichini*, un potencial agente de control biológico de *Schinus terebinthifolius* en Florida. La sobrevivencia y el tiempo de desarrollo de los estadios inmaduros fueron similares en dos poblaciones de trips provenientes de las ciudades de Ouro Preto y Salvador, Brasil. Los trips completaron su desarrollo de huevo a adulto a 20 y 25°C, sin embargo, sólo llegaron a pupas a 15°C. Estos resultados eran esperables ya que ambas poblaciones de trips fueron recolectados de áreas de temperaturas cálidas. El sur y centro de Florida, presenta un clima subtropical húmedo con temperaturas que oscilan entre los 18°C a 25°C. De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, los rangos de temperaturas en Florida parecen ser adecuados para el desarrollo del trips *Pseudophilothrips ichini*.

La mayor sobrevivencia de huevo a adulto se obtuvo a 25°C tanto para trips de Ouro Preto (48%) y para el trips de Salvador (42%). Sin embargo, el tiempo total de desarrollo fue más extenso para el trips de Salvador (25 d) comparado con el trips de Ouro Preto (22.5 d) a 25°C. Por lo tanto, el trips de Ouro Preto podría tener una ventaja sobre el de Salvador al completar su ciclo de vida más rápido y poder así incrementar su población. De acuerdo a Manrique *et al*, (2008b), el tiempo de desarrollo de *Pseudophilothrips ichini* fue de 16 días desde el primer estadio larval hasta adulto, lo cual es comparable con los resultados ya mencionados. Otros estudios del trips *Pseudophilothrips ichini* muestran que el desarrollo de huevo a huevo fue de 76 días a 18°C y 38 días a 24°C (Cuda *et al*, 2008). Es importante mencionar que este trips tiene un periodo de pre-ovoposición de 10 días aproximadamente (Manrique *et al*, 2008b).

Se debe considerar no solo el desarrollo a diferentes temperaturas pero también la tolerancia al frío de una especie para poder predecir en qué áreas nuevas podría establecerse (Lapointe *et al*, 2007, Manrique *et al*, 2008a, Thomson *et al*, 2010). En el caso de *Pseudophilothrips ichini*, los adultos son el estadio más tolerante al frío ya que durante el invierno se encuentran agregaciones de adultos en las plantas de *Schinus terebinthifolius* en Brasil (lugar nativo). De acuerdo con los resultados, la tolerancia a bajas temperaturas (0 y 5°C) fue similar entre adultos de ambas poblaciones de trips. Se determinaron los tiempos letales (TL<sub>50</sub> y TL<sub>90</sub>) utilizando modelos de regresión logística; estos valores fueron similares para las dos poblaciones de trips con excepción del LT<sub>50</sub> a 0°C que fue menor para el trips de Ouro Preto (2.4 d). De acuerdo a las líneas isotérmicas, *Pseudophilothrips ichini* podría establecerse en el centro y sur de Florida, y también en otros estados incluyendo el sur de Texas y Arizona, y a lo largo de la costa oeste de California donde se encuentra su planta hospedera *Schinus terebinthifolius*.

El trips *Pseudophilothrips ichini* tiene un alto potencial para ser liberado como un agente de control biológico de *Schinus terebinthifolius* en Florida debido a que se alimenta únicamente de *Schinus terebinthifolius* y *Schinus molle*, ambas plantas nativas de Sudamérica (Cuda *et al*, 2009). Debido a la presencia de diferentes haplotipos de *Schinus terebinthifolius* (A, B y sus híbridos) en Florida, se ha dificultado la identificación de enemigos naturales que posean un buen desarrollo en estas plantas. Sin embargo, *Pseudophilothrips ichini* (especialmente la población de Ouro Preto) posee una alta sobrevivencia en todos los genotipos presentes en Florida (Manrique *et al*, 2008b). Otro aspecto importante de este agente de control es el daño que causa a su planta hospedera durante su alimentación. Estudios comparativos demostraron que *P. ichini* causa una reducción de biomasa entre un 22 y 62% en *Schinus terebinthifolius* (Furmann *et al*, 2005). Por lo tanto, la reducción de la biomasa podría causar un estrés a la planta y disminuir así su habilidad de producir frutos y competir con otras plantas vecinas.

En resumen, las dos poblaciones de trips *Pseudophilothrips ichini* (Ouro Preto y Salvador) presentan similares requerimientos de temperaturas tanto para su desarrollo así como para su tolerancia a bajas temperaturas. Además, las líneas isotérmicas predicen que este trips podría establecerse en el sur y centro de Florida. En el caso que se obtenga un permiso de liberación de *Pseudophilothrips ichini*, los resultados del presente estudio podrían ser utilizados para seleccionar sitios apropiados para la liberación de esta especie en Florida o en otros Estados donde la planta sea invasiva (ej. sur de Texas). Sin embargo, se recomienda continuar con estudios de desarrollo a diferentes temperaturas (17°, 30° y 33°C) para poder así estimar los umbrales mínimos y máximos de desarrollo y también los requerimientos grado-días para cada población del trips *Pseudophilothrips ichini*. De esta manera, se podrían comparar los requerimientos térmicos de cada población de trips y realizar mejores predicciones del establecimiento de *Pseudophilothrips ichini* en Florida y en otros estados.

## 4. CONCLUSIONES

- El trips *P. ichini* completó su desarrollo de huevo a adulto a 20 y 25°C, pero sólo llegaron al estadio de pupa a 15°C
- No hubo diferencias en la sobrevivencia entre poblaciones pero si entre temperaturas (~45% para ambas poblaciones a 25°C)
- El tiempo total de desarrollo para Ouro Preto (22 d) comparado con Salvador (25 d) a 25°C
- La tolerancia al frio de adultos de *P. ichini* fue similar en ambas poblaciones
- No hubo diferencias en los TL<sub>50</sub> y TL<sub>90</sub> a 5°C y el TL<sub>90</sub> a 0°C entre poblaciones de trips
- El TL<sub>50</sub> fue menor para trips de Ouro preto (2.4 d) comparado con Salvador (3.5 d) a 0°C
- Las líneas isotérmicas predicen que *P. ichini* podría establecerse en el centro y sur de FL, y también en el sur de Texas y Arizona, y en la costa oeste de California

## 5. RECOMENDACIONES

- Continuar con estudios de desarrollo a 17°, 30° y 33°C, para estimar los umbrales mínimos y máximos de desarrollo, y los requerimientos grado-días para cada población del trips *P. ichini*
- Continuar con los estudios de especificidad de las dos poblaciones de *P. ichini* en cuarentena
- En el caso de obtener los permisos necesarios, comenzar con las liberaciones de *P. ichini* en FL, y realizar monitoreos de su establecimiento, dispersión, y eficacia

## 6. LITERATURA CITADA

Barkley, F.A. 1944. *Schinus* L. Brittonia 5: 160-198

Barkley, F.A. 1957. A study of *Schinus* L. tomo 8. Liloa. Revista de Botanica Universidad Nacional del Tucuman-Argentina.

Bennett, F.D., D.H. Habeck. 1991. Brazilian peppertree - prospects for biological control in Florida. pp. 23-33. In T. Center et al, (eds.), Proceedings of the symposium of exotic pest plants, 2-4 November 1988. Miami, FL.

Bennett, F.D., L. Crestana, D.H. Habeck, E. Berti-Filho. 1990. Brazilian peppertree - prospects for biological control, pp. 293-297. In E.S. Delfosse (ed.), Proceedings VII. International symposium on biological control of weeds, 6-11 March 1988, Rome, Italy. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Rome/CSIRO, Melbourne, Australia.

Borchert, D.M., Magarey, R.D. 2005. A guide to the use of NAPPFAST (<http://www.nappfast.org/usermanual/nappfast-manual.pdf>).

California Invasive Plant Council (Cal-IPC). 2006. Invasive plant inventory. <http://portal.cal-ipc.org/weedlist>

Cox, G.W. 1999. Alien species in North America and Hawaii: impacts on natural ecosystems. Island Press, Washington, D.C. 3-142

Cuda, J.P., Ferriter, A.P., Manrique, V., Medal, J.C. 2006. Florida's brazilian peppertree management plan. entomology and Nematology Department, University of Florida, IFAS.: 6-50

Cuda, J.P., Gillmore J.L., Medal, J.C., Pedrosa-Macedo, J.H. 2008. Mass rearing of *Pseudophilothrips ichini* (Thysanoptera: Phlaeothripidae), an approved biological control agent for Brazilian peppertree, *Schinus terebinthifolius* (Sapindales: Anacardiaceae). Florida Entomologist 91: 338-340.

Cuda, J.P., Medal, J.C., Gillmore, J.L., Habeck, D.H., Pedrosa-Macedo, J.H. 2009. Fundamental host range of *Pseudophilothrips ichini* s.l. (Thysanoptera: Phlaeothripidae): a candidate biological control agent of *Schinus terebinthifolius* (Sapindales: Anacardiaceae) in the United States. Environmental Entomology 38: 1642-1652.

Davis, C.J. 1961. Recent introductions for biological control in Hawaii - VI. Proceedings, Hawaiian Entomological Society 17: 389-393.

Diaz, R., Overholt, W.A., Cuda, J.P., Pratt, P.D., Fox, A. 2008. Temperature-dependent developmental, survival and potential distribution of *Ischnodemus variegates* (Hemiptera: Blissidae), an herbivore of West Indian marsh grass (*Hymenachne amplexicaulis*). Annals of Entomological Society of America 101: 604-612.

Ewe, S. M. L. 2001. Ecophysiology of *Schinus terebinthifolius* contrasted with native species in two south Florida ecosystems. Ph.D Dissertation, University of Miami, Florida.

Furmann, L.E., Pedrosa-Mancedo, J., Cuda, J., Diniz, M. 2005. Efeito da Liberação. Aumentativa no Campo de *Pseudophilothrips ichini* no Desenvolvimento de *Schinus terebinthifolius*. Floresta 241-245.

Garcia, C.A. 1977. Biologia e aspectos da ecologia e do comportamento defensiva comparada de *Liothrips ichini* Hood 1949 (Thysanoptera Tubulifera). MS Thesis, Universidade Federal do Parana, Curitiba, Parana, Brazil. 75.

Gilbert, N., Ragworth, D.A. 1996. Insects and temperature-a general theory. Canada Entomology 128: 1-13.

Gillooly, J.F., Charnov, E.L., West, G.B., Savage, V.M., Brown, J.M. 2002. Effects of size and temperature on development time. Nature 17: 70-73.

Gioeli, K., Langeland, K. 1997 (revised 2003). Brazilian pepper-tree control. University of Florida, Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences, SSAGR-17.

Goeden, R.D. 1977. Biological control of weeds, pp.357-414. In introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: A World Review. US. Dep. Agric. Agric. Handb. 480: 1-551.

Hight, S.D., Cuda J.P., Medal J.C. 2002. Brazilian peppertree. In: biological control of invasive plants in the eastern United States. Pp 311-321 USDA Forest Service, Publication FHTET-2002-4. Forest Health Technology Enterprise Team, Morgantown, West Virginia.

Krauss, N.L.H. 1963. Biological control investigations on Christmasberry (*Schinus terebinthifolius*) and emex (Emex spp.). Proceedings, Hawaiian Entomological Society 18: 281-287.

Lapointe, S. L., Borchert, D. M., D. G. Hall. 2007. Effect of low temperatures on mortality and oviposition in conjunction with climate mapping to predict spread of the root weevil *Diaprepes abbreviatus* and introduced natural enemies. Environmental Entomology 36: 73-82.

Manrique, V., Cuda, J.P., Overholt, W.A., Diaz, R. 2008a. Temperature-dependent development and potential distribution *Episimus utilis* (Lepidoptera: Tortricidae), a

candidate biological control agent of Brazilian peppertree (Sapindales: Anacardiaceae) in Florida. *Environmental Entomology* 37: 862-870.

Manrique V., Cuda, J.P., Overholt, W.A., Williams D.A., Wheeler, G.S. 2008b. Effect of host-plant genotypes on the performance of three candidate biological control agents of *Schinus terebinthifolius* in Florida. *Biological Control* 47: 167-171.

Morgan, E.C., Overholt, W.A. 2005. Potential allelopathic effects of Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae) aqueous extract on germination and growth of selected Florida native plants. *Journal of the Torrey Botanical Society* 132: 11-15.

Morton, J.F. 1978. Brazilian pepper-its impact on people, animals and the environment. *Economic Botany* 32: 353-359.

Nilson, E.T., Muller, W.H., (1980a) A comparison of the relative naturalization ability of two *Schinus* species in southern California. I. Seed germination. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 107:51-56.

Nilson, E.T., Muller, W.H., (1980b). A comparison of the relative naturalizing ability of two *Schinus* species (Anacardiaceae) in southern California. II. Seedling establishment. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 107:232-237

Pilkington, L.J., Hoddle, M.S. 2006. Use of life table statistics and degree-day values to predict the invasion success of *Gonatocerus ashmeadi* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Homalodisca coagulata* (Hemiptera: Cicadellidae), in California. *Biological Control* 37: 276-283.

Pimentel, D.R., Zuniga, Morrison. D. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics* 52: 273-288.

SAS Institute. 1999. SAS/STAT User's guide. SAS Institute, Cary, NC.

Thomson, L., Macfadyen, S., Hoffman, A. 2010. Predicting defects of climate change on natural enemies of agriculture pest. *Biological Control* 52: 296-306.

Williams, D.A., Overholt, W.A., Cuda, J.P., Hughes, C.R. 2005. Chloroplast and microsatellite DNA diversities reveal the introduction history of Brazilian peppertree (*Schinus terebinthifolius*) in Florida. *Molecular. Ecology* 14: 3643-3656.

Williams, D.A., Muchugu, E., Overholt, W.A., Cuda, J.P. 2007. Colonization patterns of the invasive Brazilian peppertree, *Schinus terebinthifolius* in Florida. *Heredity* 98: 284-293.

Yoshioka, E.R., Markin. G.P. 1991. Efforts of biological control of Christmasberry *Schinus terebinthifolius* in Hawaii, pp. 377-385. In T. Center, R. F. Doren, R.

L.Hofstetter, R. L. Myers, and L. D. Whiteaker (eds.), Proceedings, Symposium of Exotic Pest Plants, 2-4 November 1988, Miami, Florida.