

EFFECTO DEL ESTRÉS TÉRMICO SOBRE LA SOBREVIVENCIA, POTENCIAL
REPRODUCTIVO, FECUNDIDAD Y VIABILIDAD DEL BIOTIPO B DE *Bemisia*
tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae) EN DOS POBLACIONES CON DIFERENCIAS
ALTITUDINALES

CINTHYA LORENA SALDAÑA GUZMÁN



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS
PROGRAMA ACADÉMICO DE BIOLOGÍA
SANTIAGO DE CALI

2011

EFFECTO DEL ESTRÉS TÉRMICO SOBRE LA SOBREVIVENCIA, POTENCIAL
REPRODUCTIVO, FECUNDIDAD Y VIABILIDAD DEL BIOTIPO B DE *Bemisia*
tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae) EN DOS POBLACIONES CON DIFERENCIAS
ALTITUDINALES

CINTHYA LORENA SALDAÑA GUZMÁN
cinthya.saldaa88@gmail.com

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Biólogo

Director
HEIBER CÁRDENAS HENAO
Biólogo, M. Sc.

Codirector
FERNÁNDO DIAZ GONZÁLEZ B. Sc.
Estudiante de Doctorado en Ciencias-Biología

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS
PROGRAMA ACADÉMICO DE BIOLOGÍA
SANTIAGO DE CALI

2011

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS
PROGRAMA ACADÉMICO DE BIOLOGÍA

CINTHYA LORENA SALDAÑA GUZMÁN, 1988

EFFECTO DEL ESTRÉS TÉRMICO SOBRE LA SOBREVIVENCIA, POTENCIAL
REPRODUCTIVO, FECUNDIDAD Y VIABILIDAD DEL BIOTIPO B DE *Bemisia*
tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae) EN DOS POBLACIONES CON DIFERENCIAS
ALTITUDINALES

TEMAS Y PALABRAS CLAVE: *Bemisia tabaci*, Biotipo B, Choque térmico, fecundidad, potencial reproductivo, sobrevivencia, viabilidad.

Nota de Aprobación

El trabajo de grado titulado “Efecto del estrés térmico sobre la sobrevivencia, potencial reproductivo, fecundidad y viabilidad del biotipo B de *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) en dos poblaciones con diferencias altitudinales”, presentado por la estudiante CINTHYA LORENA SALDAÑA GUZMÁN, para optar por el título de Biólogo, fue revisado por el jurado y calificado como:

Aprobado



Heiber Cárdenas Henao
Director



Fernando Díaz González
Codirector



Ranulfo González
Jurado

TABLA DE CONTENIDO

	Página
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. MARCO TEÓRICO	6
4. OBJETIVOS	10
4.1 Objetivo general.....	10
4.2 Objetivos específicos	10
5. HIPÓTESIS	11
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
6.1 Área de estudio	12
6.2 Identificación molecular del organismo de estudio	12
6.3 Pruebas de termotolerancia	13
6.3.1 Supervivencia total y supervivencia de individuos con potencial reproductivo ..	13
6.3.2 Fecundidad	14
6.3.3 Viabilidad huevo – ninfa	14
6.4 Análisis estadístico	15

7. RESULTADOS	16
7.1 Pruebas de termotolerancia a bajas temperaturas (0 y 5°C).....	16
7.1.1 Supervivencia total y supervivencia de individuos con potencial reproductivo ..	16
7.1.2 Fecundidad	18
7.1.3 Viabilidad huevo-ninfa.....	20
7.2 Comparación entre poblaciones El Dovio (1500msnm) - Retiro de los Indios (30 msnm)	21
7.2.1 Supervivencia total y supervivencia de individuos con potencial reproductivo ..	21
7.2.2 Fecundidad	25
7.2.3 Viabilidad huevo-ninfa.....	28
8. DISCUSIÓN	30
8.1 Pruebas de termotolerancia a bajas temperaturas (0 y 5°C).....	30
8.2 Comparación entre poblaciones El Dovio (1500 msnm) - Retiro de los Indios (30 msnm)	31
8.2.1 Supervivencia total y supervivencia de individuos con potencial reproductivo ..	31
8.2.2 Fecundidad	36
8.2.3 Viabilidad huevo-ninfa.....	37
9. CONCLUSIONES.....	39

10. RECOMENDACIONES	40
11. LITERATURA CITADA	41
12. ANEXOS	51
12.1 Anexo A	51

INDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1: Efectos de choques térmicos a 0°C y 5°C (3 h) sobre la sobrevivencia total (a) y la sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo (b) del biotipo B de <i>B. tabaci</i>	17
FIGURA 2: Efecto de choques térmicos a 0°C y 5°C (3 h) sobre la fecundidad (a) y la viabilidad (b) del biotipo B de <i>B. tabaci</i>	19
FIGURA 3. Efecto de choques térmicos (1 h) sobre la sobrevivencia total (a) y la sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo (b) del biotipo B de <i>B. tabaci</i> provenientes de El Dovio y Retiro de los Indios.....	24
FIGURA 4. Efecto de choques térmicos (1 h) sobre la fecundidad (a) y la viabilidad (b) de los individuos del biotipo B de <i>B. tabaci</i> provenientes de El Dovio y Retiro de los Indios.	27
FIGURA 5. Efecto de choques térmicos (1 h) sobre la viabilidad del biotipo B de <i>B. tabaci</i> del Retiro de los Indios.....	51

INDICE DE TABLAS

	Página
TABLA 1: Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de choques térmicos a 0°C, 5°C y 25°C (3h) sobre la sobrevivencia total de machos y hembras del biotipo B de <i>B. tabaci</i>	17
TABLA 2: Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de choques térmicos a 0°C, 5°C y 25°C (3h) sobre la sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo (machos y hembras) del biotipo B de <i>B. tabaci</i>	18
TABLA 3: Análisis de covarianza (ANCOVA) de las pruebas a bajas temperaturas (0 y 5°C) para la fecundidad de las hembras, utilizando como fuente de variación la temperatura y como covariables la duración de machos y hembras parentales.....	19
TABLA 4: Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de choques térmicos a 0°C, 5°C y 25°C, sin tener en cuenta las covariables duración de machos y hembras parentales sobre la fecundidad del biotipo B de <i>B. tabaci</i>	20
TABLA 5: Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de choques térmicos a 0°C, 5°C y 25°C (3h) sobre la viabilidad del biotipo B de <i>B. tabaci</i>	21

TABLA 6:	Estadística descriptiva, media y desviación estándar para los tratamientos de choque térmico (25°C y 37 - 45°C) en la sobrevivencia total de individuos del biotipo B de <i>B. tabaci</i> de la población de El Dovio y Retiro de los Indios...	22
TABLA 7:	Estadística descriptiva, media y desviación estándar para los tratamientos de choque térmico (25°C y 37 - 45°C) en la sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo del biotipo B de <i>B. tabaci</i> de la población de El Dovio y Retiro de los Indios.....	23
TABLA 8:	Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de los factores población y temperatura sobre la sobrevivencia total del biotipo B de <i>B. tabaci</i>	23
TABLA 9:	Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de los factores población y temperatura en la sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo del biotipo B de <i>B. tabaci</i>	24
TABLA 10.	Estadística descriptiva, media y desviación estándar para los tratamientos de choque térmico (25°C y 37 - 45°C) en la fecundidad de las hembras del biotipo B de <i>B. tabaci</i> de la población de El Dovio y Retiro de los Indios..	26

TABLA 11: Análisis de covarianza (ANCOVA) para el efecto de los factores población y temperatura sobre la fecundidad de las hembras del biotipo B de <i>B. tabaci</i> , utilizando como fuente de variación la temperatura y como covariables la duración de machos y hembras parentales.	26
TABLA 12: Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de los factores población y temperatura sobre la fecundidad de las hembras del biotipo B de <i>B. tabaci</i> sin tener en cuenta las covariables duración de machos y hembras parentales.....	27
TABLA 13: Estadística descriptiva, media y desviación estándar para los tratamientos de choque térmico (25°C y 37 - 45°C) en la viabilidad del biotipo B de <i>B. tabaci</i> de la población de El Dovio y Retiro de los Indios.....	29
TABLA 14: Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de los factores población y temperatura en la viabilidad del biotipo B de <i>B. tabaci</i>	29
TABLA 15: Análisis de varianza (ANOVA) del efecto de la temperatura sobre la viabilidad del biotipo B de <i>B. tabaci</i> de la población Retiro de los Indios.	51

1. RESUMEN

Bemisia tabaci biotipo B, es una de las plagas más devastadoras de los cultivos de zonas tropicales y subtropicales, causando grandes pérdidas en la economía mundial. Su capacidad de resistir el calor es un mecanismo útil para sobrevivir y reproducirse en un amplio rango de zonas climáticas, permitiendo su expansión hacia nuevos ambientes térmicos. Lo anterior plantea la necesidad de conocer el rango de termotolerancia de la especie, y evaluar el efecto de choques térmicos sobre caracteres asociados con el “*fitness*” como la sobrevivencia total, la sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo, la fecundidad y la viabilidad. En este estudio se evaluó el efecto de choques térmicos a 0 y 5°C durante tres horas sobre individuos de *B. tabaci* biotipo B y 25°C (control), 37, 39, 41, 43, 44 y 45°C durante una hora sobre individuos provenientes de dos poblaciones (El Dovio - Valle del Cauca y Retiro de los Indios - Córdoba) situadas a 1500 y 30 msnm respectivamente. Los tratamientos a 0°C y 5°C no afectaron significativamente ninguno de los caracteres evaluados. A temperaturas superiores a 25°C, no se observó diferencias estadísticas significativas entre poblaciones para la sobrevivencia total y sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo. En estos casos el primer carácter disminuyó significativamente a partir de 43°C y el segundo a partir de 44°C. En general se evidenció alta tolerancia térmica en la especie, lo cual explica su rápida distribución y desarrollo en zonas cálidas de los trópicos. Sin embargo, algunos aspectos de la reproducción se vieron afectados, la fecundidad fue significativamente diferente entre las poblaciones tras los choques a 44 y 45°C. La viabilidad presentó diferencias estadísticas significativas: en El Dovio a 43 y 44°C y en el Retiro de los Indios a 37, 41 y 44°C.

2. INTRODUCCIÓN

Bemisia tabaci (Gennadius 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae), denominada comúnmente mosca blanca, es un insecto fitófago, mundialmente reconocido como una de las plagas más devastadoras de los cultivos de zonas tropicales y subtropicales, así como de sistemas de producción en climas templados donde hacen uso de invernaderos (Dalmon et al. 2008). Su rango de distribución se ha ampliado en las últimas décadas y en la actualidad se encuentra en todos los continentes, excepto en la Antártica (Oliveira et al. 2001, Boykin et al. 2007).

En comparación con otros insectos, la alta resistencia térmica de esta especie y su naturaleza polífaga han permitido su expansión y generado pérdidas económicas a escala global, siendo considerada por la IUCN una de las 100 especies invasoras del mundo (Boykin et al. 2007). Este insecto se ha reportado en más de 900 especies de plantas, correspondientes a un numeroso grupo de familias cultivadas y no cultivadas, anuales y perennes (Gould et al. 2008). Los efectos negativos de esta plaga, son principalmente el debilitamiento de la planta por la extracción de nutrientes, problemas fisiológicos, excreción de sustancias azucaradas que favorecen el crecimiento de hongos y la transmisión de virus, afectando así, el rendimiento de los cultivos en términos cuantitativos y cualitativos (Oliveira et al. 2001, Cuéllar & Morales 2006, Navas-Castillo et al. 2011).

Análisis filogenéticos recientes basados en técnicas moleculares como RAPD-PCR y análisis de genes específicos (18S rARN, 16S rADN, y el gen mitocondrial de la Citocromo Oxidasa I) (Perring 2001, Cuéllar & Morales 2006) sugieren que *B. tabaci* es un complejo de especies crípticas compuesto de al menos 24 especies morfológicamente indistinguibles o biotipos (Xu et al. 2010; Gould et al. 2008), siendo el biotipo B el más agresivo,

principalmente por tener mayor habilidad para inducir cambios fisiológicos en algunos hospederos (Cuéllar & Morales 2006). Los biotipos difieren en su capacidad de dispersión, resistencia a insecticidas, tasa reproductiva y de desarrollo, habilidad para utilizar diferentes hospederos, tipos de cambios fisiológicos que causan en ellos y habilidad relativa para transmitir geminivirus (De Barro et al. 2000, Mahadav et al. 2009). De los virus transmitidos por esta plaga, los pertenecientes al género *Begomovirus* son los de mayor importancia, ya que infectan plantas de interés comercial (Cuéllar & Morales 2006, Navas-Castillo et al. 2011). Lo anterior representa uno de los daños indirectos y quizá el mayor problema generado por este insecto (Oliveira et al. 2001), causando pérdidas totales en el rendimiento de cultivos alimenticios, donde la magnitud de la infestación depende de la especie, variedad de la planta, época del año, el sitio geográfico y el biotipo de *B. tabaci* (Cuéllar & Morales 2006).

En relación a otros biotipos como el A, el biotipo B de *B. tabaci* representa una de las plagas más destructivas (Lin et al. 2007), donde su habilidad de resistencia al calor es uno de los mecanismos potenciales para sobrevivir y reproducirse en un amplio rango de zonas climáticas, abarcando un gran espectro de temperaturas (Lü & Wan 2008). Así, este biotipo presenta un rango más amplio de hospederos, una mayor tasa de fecundidad, produce mayor cantidad de azúcares, favoreciendo el desarrollo de enfermedades fúngicas, exhibe mayor resistencia a insecticidas e induce diferentes desordenes fisiológicos a causa de la transmisión de *Begomovirus* (Oliveira et al. 2001, Lima et al. 2002, Cuéllar & Morales 2006). Por este motivo, en las últimas tres décadas, *B. tabaci* ha causado pérdidas de millones de dólares en agroecosistemas de todo el mundo (Oliveira et al. 2001, Cuéllar & Morales 2006, Lin et al. 2007).

América Latina ha sido la región más afectada en cuanto al número total de virus transmitidos por la mosca blanca, número de cultivos afectados y áreas agrícolas devastadas, registrando pérdidas en rendimiento hasta del 100% (Morales & Anderson 2001). En Colombia, el arribo del biotipo B de *B. tabaci*, el cual ha reemplazado al biotipo A y la ocurrencia de condiciones climáticas favorables para el desarrollo de altas poblaciones de este biotipo, ha llevado en los últimos años a la aparición de *Begomovirus* en diferentes cultivos, a causa de la dispersión de esta plaga hacia zonas más altas como en el caso del Valle del Cauca, lo que se traduce en una gran pérdida agrícola y económica (Rodríguez et al. 2005, Cuéllar & Morales 2006).

En Colombia, así como en otras regiones del mundo, la introducción del biotipo B se relaciona directamente con la existencia de condiciones térmicas favorables para su distribución (Rodríguez et al. 2005, Cuéllar & Morales 2006, Sivakumar & Hansen 2007, Dalmon et al. 2008). Por tal razón, es posible que dicha capacidad de resistencia a ambientes térmicos más cálidos represente una ventaja para esta especie frente a la problemática actual del cambio climático. Este fenómeno, podría generar ambientes adecuados para el establecimiento de este biotipo en zonas cada vez más altas, ampliando así el rango de distribución de la especie. Como consecuencia se verían afectadas nuevas regiones y se generarían daños en una mayor cantidad de sistemas agrícolas en el país y en las diferentes regiones con las condiciones adecuadas para la colonización y el desarrollo de la mosca blanca.

Así pues, dado la importancia del estudio de poblaciones de *B. tabaci* en relación a su capacidad de resistencia a nuevos ambientes térmicos, se plantea la necesidad de conocer el

rango de termotolerancia de esta especie, siendo este un medio para predecir el crecimiento poblacional y brotes epidémicos tal como plantean Naranjo et al. (2004), lo cual contribuiría a una mejor planificación del control de esta plaga.

3. MARCO TEÓRICO

Los cambios en los rangos de distribución de algunas especies, tal como sucede con el biotipo B de *Bemisia tabaci* (Cuéllar & Morales 2006), indican la existencia de mecanismos para responder o tolerar variaciones ambientales (Facon et al. 2006; Mitikka & Hanski 2010). En este contexto, la temperatura tiene un profundo efecto sobre la colonización, distribución, abundancia, comportamiento, historia de vida y éxito reproductivo de los insectos, los cuales pueden ser afectados inmediatamente después de una corta exposición a choques térmicos. Así mismo, el sometimiento a temperaturas elevadas por debajo del límite letal, puede ocasionar daños o lesiones, las cuales pueden manifestarse durante etapas tardías del desarrollo, provocando una reducción en la sobrevivencia y en otros caracteres asociados con el éxito reproductivo de los individuos, presentándose incluso una termotolerancia diferencial entre sexos (Lü & Wan 2008, Cui et al. 2008a).

La temperatura ambiental representa uno de los factores críticos en el incremento del tamaño poblacional de insectos. En el caso particular de *B. tabaci*, ya que no se presenta una etapa de diapausa invernal, su distribución esta limitada a aquellas áreas donde puede sobrevivir en condiciones de invierno. En este sentido, la tasa de crecimiento de esta plaga disminuye en zonas frías, por lo que es más probable que estas poblaciones tengan más éxito en zonas donde el invierno es más corto. Este éxito también puede atribuirse a que los periodos invernales más cálidos respecto a otras regiones aumentan la sobrevivencia, la posibilidad de un rápido crecimiento poblacional en la primavera, dando lugar a más generaciones por año (Naranjo et al. 2004, Naranjo & Ellsworth 2005, Brier et al. 2003).

Existen evidencias de que variaciones en la temperatura podrían ampliar el rango de distribución de la mosca blanca, al igual que el de otras especies invasoras. En el Valle de Cañete (Perú), por ejemplo, el episodio de fenómeno del Niño, ocurrido entre 1997 y 1998, es una muestra de lo que podría suceder por un aumento eventual de la temperatura. Durante este periodo, la temperatura se incrementó entre 3 y 5°C, y las lluvias se redujeron, este evento coincidió con la aparición de una nueva variante agresiva de *B. tabaci* y una nueva especie de este género (*Bemisia afer*), que hasta entonces no habían sido reportadas en la zona (Sivakumar & Hansen 2007). Igualmente, Kiritani (2006) y Dalmon et al. (2008) reportaron un incremento considerable en las poblaciones de *B. tabaci* en algunas áreas de Francia, durante el verano del 2003, tiempo en el cual las temperaturas superaron los valores normales.

En términos generales, considerando los efectos del calentamiento global, en las zonas templadas se podría reducir la mortalidad de artrópodos en el invierno, anticipar su aparición en la primavera e incrementar su número de generaciones anuales (Kiritani 2006), tal como sucede en las poblaciones de la zona norte de Australia (Brier et al. 2003). En zonas tropicales, el problema principal sería la aparición de condiciones de temperatura adecuadas para el establecimiento de insectos plaga como *B. tabaci* en zonas cada vez más altas (Sohani et al. 2007), tal como lo reportaron Rodríguez et al. (2005) al encontrar un aumento drástico en la ocurrencia del biotipo B de *B. tabaci* en el departamento del Valle del Cauca, Colombia, pasando de haber sido registrada en tres municipios, a presentarse en 19 localidades desde el norte hasta el sur del Valle, desde 850 msnm hasta 1030 msnm, sugiriendo la ampliación del rango de distribución de la especie al sobrepasar los 995 msnm, altura máxima a la cual se había registrado hasta el 2001.

Por otro lado, el aumento de la temperatura en zonas en las que ya se encuentra la especie, podría representar mayores inconvenientes para su manejo, al incrementar su densidad poblacional, ya que estos organismos también podrían alcanzar mayor fecundidad y número de generaciones, duplicando el tamaño de la población en menor tiempo y reduciendo el tiempo total de desarrollo tras el incremento en la temperatura, como lo reportan Sohani et al. (2007), al evaluar la biología y tablas de vida de *B. tabaci* bajo diferentes temperaturas.

La estrecha relación existente entre la temperatura y los diferentes parámetros de historia de vida de las especies ectotermas, ha permitido evaluar el efecto de la misma sobre la dinámica de las poblaciones de insectos, representando un método ampliamente utilizado para el control de algunas plagas económicamente importantes (Naranjo et al. 2004, Naranjo & Ellsworth 2005, Cui et al. 2008a).

En los últimos 10 años ha aumentado la literatura sobre la ecología de poblaciones de especies invasoras, con numerosos ejemplos de cómo la ecología matemática puede hacer predicciones útiles que tienen importantes aplicaciones para el manejo de plagas. Sin embargo, para que todo esto sea posible, es primordial realizar nuevos avances tanto en la comprensión de los procesos de llegada, establecimiento y dispersión de determinada especie, así como los factores que influyen en los mismos, lo que permite predecir propagaciones futuras, los impactos y la sincronización de las estrategias destinadas a minimizarlos (Liebhold & Tobin 2008).

Dado lo anterior, se han realizado numerosos estudios a fin de comprender la biología y ecología de *B. tabaci*, los cuales son útiles para el desarrollo de sistemas de manejo integrado de esta plaga (Cañas et al. 2001, Naranjo et al. 2004). En general, se ha reportado

que el rango de temperatura óptima de *B. tabaci* es superior a 24°C (Xie et al. 2008, Xie et al. 2011) y aunque diferentes estudios se han enfocado en evaluar el efecto de la aclimatación de la especie a bajas temperaturas, poco se conoce de los efectos directos de este tipo de choques térmicos. Por otro lado, según Wan et al. (2008), los choques térmicos a altas temperaturas afectan negativamente la sobrevivencia de los adultos de la especie, respuesta asociada con el sexo, al ser las hembras más termotolerantes que los machos, demostrando igualmente, que estos tratamientos influyen negativamente sobre la fecundidad de las hembras y la viabilidad de la progenie.

Debido a la influencia que tiene la temperatura sobre diferentes caracteres asociados al “*fitness*” de los organismos y considerando que las curvas de termotolerancia son un método de análisis conveniente para describir la respuesta al estrés generado por cambios bruscos de temperatura, se propone determinar como influyen diferentes choques térmicos sobre caracteres tales como sobrevivencia total, sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo, fecundidad y viabilidad del biotipo B de *B. tabaci*, determinando de este modo el rango de tolerancia térmica de la especie a cambios bruscos de temperatura.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del estrés térmico sobre la sobrevivencia total, sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo, fecundidad y viabilidad del biotipo B de *Bemisia tabaci* provenientes de dos poblaciones que representan los extremos de la distribución altitudinal de la especie en Colombia: el corregimiento Retiro de los Indios (Cereté, Córdoba) y el municipio El Dovio (Valle del Cauca).

4.2 Objetivos específicos

Determinar la proporción de machos y hembras sobrevivientes y con potencial reproductivo tras diferentes choques térmicos en cada población.

Evaluar para cada una de las poblaciones la fecundidad de las hembras sobrevivientes y la viabilidad de la progenie en relación a cada tratamiento térmico.

Comparar entre las poblaciones evaluadas los caracteres sobrevivencia total, sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo, fecundidad y viabilidad en respuesta a los choques térmicos.

5. HIPÓTESIS

Si se tiene en cuenta que los insectos son considerablemente vulnerables a cambios bruscos de temperatura se esperaría que por encima de 25°C (temperatura óptima) exista una relación negativa con respecto a la temperatura de los caracteres sobrevivencia total, sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo, fecundidad y viabilidad.

Si la altura sobre el nivel del mar determina adaptaciones a condiciones bioclimáticas, influyendo en la respuesta de los parámetros estudiados, se esperaría encontrar diferencias estadísticas significativas entre las poblaciones del Retiro de los Indios y El Dovio para los caracteres sobrevivencia total, sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo, fecundidad y viabilidad. De este modo, si se considera que la primera población se encuentra a menor altura sobre el nivel del mar y los caracteres evaluados están relacionados con el “*fitness*”, se espera que presente valores mayores respecto a El Dovio a medida que incrementa la temperatura por encima de los 25°C.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Área de estudio

Los especímenes de *Bemisia tabaci* (biotipo B) fueron colectados en estado de ninfa en las localidades de El Retiro de los Indios - Córdoba (08° 51' N, 75° 48' W) y El Dovio - Valle del Cauca) (04° 31' N, 76° 14' W) ubicadas a 30 y 1500 msnm respectivamente. Una vez eclosionaron las ninfas, se realizó la captura de los adultos recién emergidos procediendo a la formación de cultivos en masa por localidad, sobre plantas de frijol *Phaseolus vulgaris* variedad *Ica pijao*, bajo condiciones controladas de humedad y temperatura (25°C; HR: $\pm 65\%$). Se permitió de esta forma el apareamiento al azar de los individuos colectados durante un periodo aproximado de 24 días, procediendo a la identificación molecular del organismo de estudio a partir de la descendencia.

6.2 Identificación molecular del organismo de estudio

Para la confirmación del biotipo B de *B. tabaci*, se escogió un total de 10 especímenes de cada localidad, se llevó a cabo la extracción de ADN de dichos organismos de acuerdo a modificaciones del protocolo descrito por De Barro & Driver (1997) y posteriormente se amplificó el sistema OPA-04 mediante RAPD's, de gran utilidad para la identificación de moscas blancas debido al alto grado de polimorfismo entre biotipos (Quintero et al. 2001).

6.3 Pruebas de termotolerancia

Se llevó a cabo una primera fase correspondiente a la realización de pruebas piloto para determinar si las temperaturas bajas afectan de manera significativa la sobrevivencia total, la sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo, la fecundidad y la viabilidad del biotipo B de *B. tabaci*. Para estas pruebas preliminares, las temperaturas evaluadas fueron 0 y 5°C. Para la segunda fase experimental, las pruebas de termotolerancia se basaron en la realización de choques térmicos entre 37°C y 45°C (con un intervalo de 2°C), con base en diferentes estudios realizados como los de Bonato et al. (2007), Cui et al. (2008a), Xie et al. (2011) y Wang et al. (2011), utilizando como temperatura control 25°C.

6.3.1 Sobrevivencia total y sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo

Para cada tratamiento de choque térmico se escogió un total de 10 hembras y 10 machos de 0 a 24 horas de emergidos de los cultivos en masa formados por localidad, y se llevó a cabo 5 repeticiones por tratamiento. Los individuos con los que se realizaron las pruebas piloto pertenecían a la colonia de referencia de la Universidad del Valle, donada por el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). La duración de los choques térmicos fue de 1 hora (a excepción de las pruebas piloto donde la exposición a cada temperatura fue de 3 horas). El tiempo de recuperación de los individuos fue de 3 horas a temperatura ambiente (25°C), después de las cuales se llevó a cabo un conteo del número de individuos que se recuperaban al choque térmico (considerándolos vivos si presentaban movimiento en uno o más apéndices al ser estimulados), determinando de esta forma el porcentaje de individuos sobrevivientes tras la exposición a cada temperatura. Simultáneamente a la evaluación de

los individuos sobrevivientes en cada una de las 5 repeticiones, se determinó el porcentaje de individuos con potencial reproductivo, con base en la capacidad que tenían los organismos para poder sostenerse por si mismos.

6.3.2 Fecundidad

A partir de los individuos sobrevivientes con potencial reproductivo después de la exposición a cada choque térmico, se llevó a cabo la formación de parejas. Cada pareja fue transferida a jaulas pinza cúbicas (1,5 cm de lado), ubicadas en el envés de las hojas sobre plantas de *P. vulgaris*, y se les permitió el apareamiento durante 7 días. Cumplido este tiempo, los adultos fueron removidos y se procedió al conteo de huevos ovipositados en ese periodo realizando de este modo 7 repeticiones para cada temperatura evaluada.

6.3.3 Viabilidad huevo – ninfa

La viabilidad de la progenie fue evaluada de igual forma para cada tratamiento mediante la observación y el conteo de ninfas a los 20 días a partir de la formación de las parejas y fue medida como el porcentaje de ninfas observadas respecto a la cantidad de huevos ovipositados por pareja, organizados en grupos de 20 huevos, constituyendo cada grupo una unidad experimental. En total se realizó de 5 a 18 repeticiones por temperatura.

6.4 Análisis estadístico

En el caso de las pruebas piloto, para las variables de respuesta sobrevivencia total y sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo, se realizó un ANOVA de dos factores: tratamiento de choque térmico y sexo. Inicialmente, para determinar los posibles efectos de la duración de machos y hembras parentales sobre el carácter fecundidad, el análisis se llevó a cabo usando un ANCOVA, seguido de un ANOVA para evaluar el efecto del factor tratamiento de choque térmico sobre el mismo carácter. Para el análisis de viabilidad se realizó un ANOVA de una vía, empleando como factor el tratamiento de choque térmico. Los análisis en el caso de la comparación entre El Dovio y el Retiro de los Indios para evaluar el efecto de los choques térmicos superiores a 25°C, fueron realizados de la misma manera con la diferencia de que para los análisis de varianza en estos casos se incluyó el factor población.

Los análisis de varianza permitieron establecer si existían diferencias estadísticas significativas entre los niveles de cada factor y la influencia de los mismos sobre cada una de las variables. Una vez se determinó diferencias entre las medias, una prueba post-Anova de Tukey con comparaciones múltiples pareadas permitió determinar específicamente las medias que presentaron diferencias estadísticas. Todos los análisis se llevaron a cabo con el programa STATISTICA, v. 8 (Weib 2007).

7. RESULTADOS

7.1 Pruebas de termotolerancia a bajas temperaturas (0 y 5°C)

El supuesto de homogeneidad de varianzas, verificado mediante la prueba de Cochran, (1941) se cumplió en el caso de las pruebas piloto para todos los caracteres excepto viabilidad. Sin embargo, tanto para el análisis de sobrevivencia total como sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo los datos fueron transformados ($\text{Log}(x+100)$) tal como se hizo con el carácter viabilidad, con el objetivo de hacerlos comparables con los análisis posteriores de la comparación entre poblaciones.

Los resultados de los análisis realizados con datos transformados (los cuales coincidieron con los del análisis con datos no transformados), indicaron que los choques térmicos a 0 y 5°C no presentaron un efecto negativo significativo respecto a la temperatura control (25°C) sobre ninguno de los caracteres evaluados (Figuras 1 y 2).

7.1.1 Sobrevivencia total y sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo

El porcentaje de sobrevivientes totales y sobrevivientes con potencial reproductivo tras los choques térmicos a 0°C, 5°C y 25°C fue igual a 100%, 98% y 99% respectivamente. No se presentaron diferencias significativas entre tratamientos de choque térmico ($p=0,319$), sexos ($p= 0,070$) ni se presentó efecto de interacción entre ellos ($p= 0,319$) (Figura 1, Tablas 1 y 2).

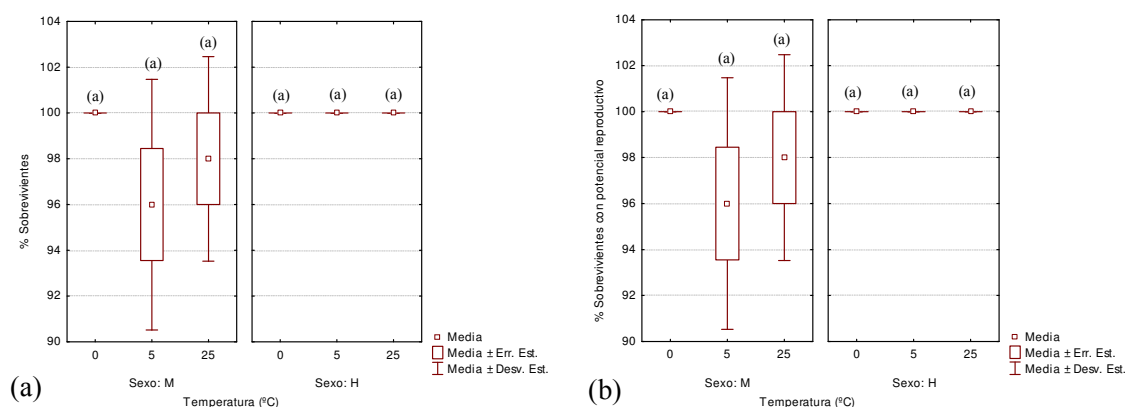


Figura 1. Efectos de choques térmicos a 0°C y 5°C (3 h) sobre la sobrevivencia total (a) y sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo (b) del biotipo B de *B. tabaci*. Letras iguales representan ausencia de diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$).

Tabla 1. Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de choques térmicos a 0°C, 5°C y 25°C (3h) sobre la sobrevivencia total de machos y hembras del biotipo B de *B. tabaci*.

Fuentes de variación	SC	GL	CM	F	p
Temperatura	0,000080	2	0,000040	1	0,319
Sexo	0,000120	1	0,000120	4	0,070
Temperatura*Sexo	0,000080	2	0,000040	1	0,319
Error	0,000800	24	0,000033		
Total	0,001080	29			

Tabla 2. Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de choques térmicos a 0°C, 5°C y 25°C (3h) sobre la sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo (machos y hembras) del biotipo B de *B. tabaci*.

Fuentes de variación	SC	GL	CM	F	p
Temperatura	0,000080	2	0,000040	1	0,319
Sexo	0,000120	1	0,000120	4	0,070
Temperatura*Sexo	0,000080	2	0,000040	1	0,319
Error	0,000800	24	0,000033		
Total	0,001080	29			

7.1.2 Fecundidad

La fecundidad de las hembras de *B. tabaci* tras la exposición a 0°C, 5°C y 25°C durante tres horas fue en promedio de 41, 45 y 24 huevos por hembra respectivamente (Figura 2a). Las covariables (duración de machos y hembras parentales) no tuvieron un efecto significativo sobre esta variable de respuesta (Tabla 3) y no se observaron diferencias significativas entre las temperaturas evaluadas ($p=0,200$) (Tabla 4, Figura 2a).

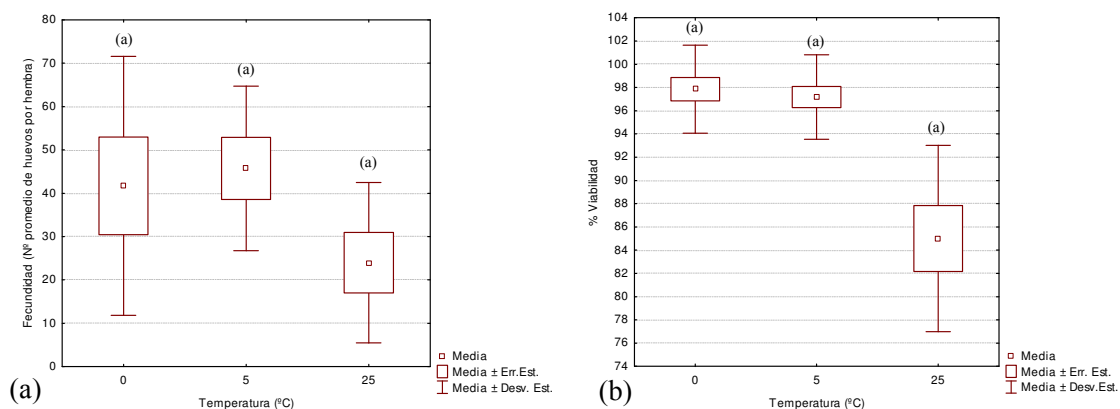


Figura 2. Efecto de choques térmicos a 0°C y 5°C (3 h) sobre la fecundidad (a) y la viabilidad (b) del biotipo B de *B. tabaci*. Letras iguales representan ausencia de diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$).

Tabla 3. Análisis de covarianza (ANCOVA) de las pruebas a bajas temperaturas (0°C y 5°C) para la fecundidad de las hembras, utilizando como fuente de variación la temperatura y como covariables la duración de machos y hembras parentales.

Fuentes de variación	SC	GL	CM	F	p
Duración de machos	249,919	1	249,919	0,610	0,446
Duración de hembras	1778,145	1	1778,145	4,338	0,054
Temperatura	770,368	2	385,184	0,940	0,411
Error	6558,387	16	409,899		
Total	9356,810	20			

Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de choques térmicos a 0°C, 5°C y 25°C, sin tener en cuenta las covariables duración de machos y hembras parentales sobre la fecundidad del biotipo B de *B. tabaci*.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p
Temperatura	1869,71	2	934,86	1,760	0,200
Error	9562,86	18	531,27		
Total	11432,57	20			

7.1.3 Viabilidad huevo-ninfa

Tras la exposición a 0°C, 5°C y 25°C durante tres horas, el porcentaje de viabilidad huevo-ninfa fue en promedio de 98%, 97% y 84% respectivamente y no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de choque térmico ($p=0,154$; Tabla 5, Figura 2b). Con base en los resultados obtenidos se descartó el análisis de diferentes tratamientos a bajas temperaturas en un rango entre 0 y 24°C al no existir efecto significativo de temperaturas bajas como lo son 0 y 5°C sobre la sobrevivencia total, sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo, fecundidad y viabilidad del biotipo B de *B. tabaci*.

Tabla 5. Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de choques térmicos a 0°C, 5°C y 25°C (3h) sobre la viabilidad del biotipo B de *B. tabaci*.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p
Temperatura	0,000987	2	0,000493	2,0	0,154
Error	0,008750	35	0,000250		
Total	0,009737	37			

7.2 Comparación entre poblaciones El Dovio (1500 msnm) - Retiro de los Indios (30 msnm)

El supuesto de homogeneidad de varianzas no se cumplió para los caracteres sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo y viabilidad. Los datos de sobrevivencia total fueron transformados ($\text{Log}(x+100)$) al igual que los de los caracteres mencionados para permitir el análisis comparativo con la sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo.

7.2.1 Sobrevivencia total y sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo

Tras los choques térmicos desde 25°C hasta 45°C, la sobrevivencia total en el caso de El Dovio, se redujo desde un 100% hasta un 23%, y en el Retiro de los Indios la reducción fue desde un 98% hasta un 30% respectivamente (Tabla 6). En el mismo intervalo la

sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo se redujo desde 99% hasta 0% en el Dovia y de 98% hasta 12% en el Retiro de los Indios (Tabla 7).

Los resultados no mostraron diferencias significativas entre poblaciones para los caracteres sobrevivencia total ($p=0,659$; Tabla 8) y sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo ($p=0,824$; Tabla 9). Sin embargo, se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de choque térmico ($p<0,001$; Tablas 8 y 9), sin existir una respuesta diferencial entre sexos (sobrevivencia total $p=0,667$; sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo $p=0,514$). Las temperaturas que afectaron significativamente la sobrevivencia total fueron los choques térmicos a partir de 43°C y la sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo las exposiciones a 44 y 45°C (Figura 3).

Tabla 6. Estadística descriptiva, media y desviación estándar para los tratamientos de choque térmico (25°C y 37 - 45°C) en la sobrevivencia total de individuos del biotipo B de *B. tabaci* de la población de El Dovia y Retiro de los Indios. N = 10.

Población	Tratamiento de choque térmico	% Sobrevivientes Promedio	Desviación estándar
El Dovia	25	100	0,000
	37	100	0,000
	39	99	3,162
	41	99	3,162
	43	95	8,498
	44	78	18,738
	45	23	13,375
Retiro de los Indios	25	98	4,216
	37	97	6,749
	39	94	12,649
	41	97	4,830
	43	84	12,649
	44	73	18,885
	45	30	25,186

Tabla 7. Estadística descriptiva, media y desviación estándar para los tratamientos de choque térmico (25°C y 37 - 45°C) en la sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo del biotipo B de *B. tabaci* de la población de El Dovio y Retiro de los Indios. N = 10.

Población	Tratamiento de choque térmico	% sobrevivientes con potencial reproductivo promedio	Desviación estándar
El Dovio	25	99	3,162
	37	99	3,162
	39	99	3,162
	41	98	4,216
	43	89	11,972
	44	62	20,440
	45	0	0,000
Retiro de los Indios	25	98	4,216
	37	97	6,749
	39	94	12,649
	41	97	4,830
	43	82	12,292
	44	63	18,288
	45	12	18,135

Tabla 8. Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de los factores población y temperatura sobre la sobrevivencia total del biotipo B de *B. tabaci*.

Fuentes de variación	SC	GL	CM	F	p
Población	0,000286	1	0,000286	0,2	0,659
Temperatura	0,787000	6	0,131167	89,8	<0,001*
Población*Temperatura	0,004714	6	0,000786	0,5	0,778
Error	0,184000	126	0,001460		
Total	0,976000	139			

* Diferencias significativas, $p < 0,001$.

Tabla 9. Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de los factores población y temperatura en la sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo del biotipo B de *B. tabaci*.

Fuentes de variación	SC	GL	CM	F	p
Población	0,000071	1	0,000071	0,0	0,824
Temperatura	1,292714	6	0,215452	150,0	<0,001*
Población*Temperatura	0,010429	6	0,001738	1,2	0,305
Error	0,181000	126	0,001437		
Total	1,484214	139			

* Diferencias significativas, $p < 0,001$.

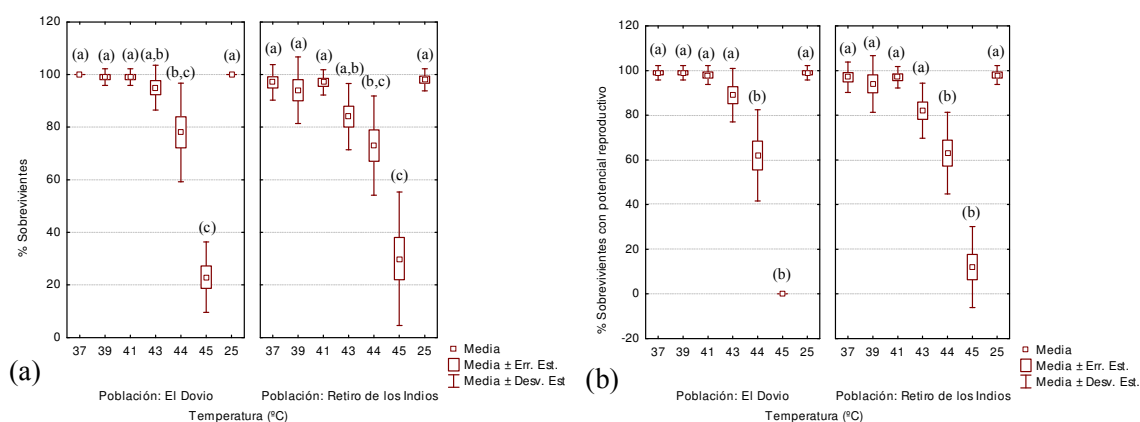


Figura 3. Efecto de choques térmicos (1 h) sobre la sobrevivencia total (a) y la sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo (b) del biotipo B de *B. tabaci* provenientes de El Dovio y Retiro de los Indios. Letras iguales representan ausencia de diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$). Las diferencias corresponden a los resultados de las pruebas Post-ANOVA de Tukey.

7.2.2 Fecundidad

La fecundidad promedio en el caso de El Dovio se redujo en un 100% desde 34 huevos por hembra tras la exposición a 25°C, hasta 0 huevos por hembra tras los choques térmicos a 45°C, mientras en el Retiro de los Indios la fecundidad promedio de las hembras en el intervalo de choques térmicos de 25°C a 45°C varió entre 15 y 34 huevos por hembra (Tabla 10).

Al considerar la longevidad de los parentales en el análisis de fecundidad, se encontró que la duración de las hembras parentales tuvo un efecto significativo sobre la variable respuesta ($p < 0,001$) mientras los tratamientos térmicos no afectaron de manera significativa el carácter evaluado (Tabla 11). Sin embargo, al no considerar las covariables mencionadas se encontró que el efecto de la temperatura ($p < 0,001$) y la interacción población*temperatura ($p < 0,05$) fueron significativos (Tabla 12). Estos resultados, sugieren que los tratamientos de choque térmico al afectar la longevidad de las hembras, también afectaron la cantidad de huevos ovipositados y por lo tanto el carácter evaluado.

Por otro lado, el efecto de la interacción población*temperatura (Tabla 12) indica que las diferencias en la fecundidad entre las dos poblaciones parece no ser la misma a lo largo de todas las temperaturas evaluadas. En este caso, la fecundidad de las hembras de El Dovio se vió afectada significativamente tras la exposición a 44 y 45°C respecto al tratamiento control (25°C) (Tabla 12), mientras que ningún tratamiento de choque térmico afectó significativamente la fecundidad en la población del Retiro de los Indios (Figura 4a).

Tabla 10. Estadística descriptiva, media y desviación estándar para los tratamientos de choque térmico (25°C y 37 - 45°C) en la fecundidad de las hembras del biotipo B de *B. tabaci* de la población de El Dovio y Retiro de los Indios. N=7.

Población	Tratamiento de choque térmico	Fecundidad Promedio (No. de huevos/hembra)	Desviación estándar
El Dovio	25	34	15,327
	37	40	13,400
	39	42	11,501
	41	53	13,697
	43	36	12,592
	44	21	27,543
	45	0	0,000
Retiro de los Indios	25	31	22,711
	37	15	13,499
	39	44	24,511
	41	41	19,681
	43	41	20,322
	44	22	21,571
	45	34	22,774

Tabla 11. Análisis de covarianza (ANCOVA) para el efecto de los factores población y temperatura sobre la fecundidad de las hembras del biotipo B de *B. tabaci*, utilizando como fuente de variación la temperatura y como covariables la duración de machos y hembras parentales.

Fuentes de variación	SC	GL	CM	F	p
Duración de machos	460,78	1	460,781	2,442	0,122
Duración de hembras	4141,21	1	4141,206	21,944	<0,001*
Población	33,49	1	33,493	0,1775	0,675
Temperatura	1270,08	6	211,680	1,122	0,357
Población*Temperatura	737,24	6	122,873	0,651	0,689
Error	14908,61	79	188,717		
Total	21551,41	94			

* Diferencias significativas, $p < 0,001$.

Tabla 12. Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de los factores población y temperatura sobre la fecundidad de las hembras del biotipo B de *B. tabaci* sin tener en cuenta las covariables duración de machos y hembras parentales.

Fuentes de variación	SC	GL	CM	F	p
Población	8,15	1	8,15	0,025	0,876
Temperatura	9422,57	6	1570,43	4,737	<0,001*
Población*Temperatura	5736,21	6	956,04	2,884	0,013*
Error	26852,57	81	331,51		
Total	42019,5	94			

* Diferencias significativas, $p < 0,05$.

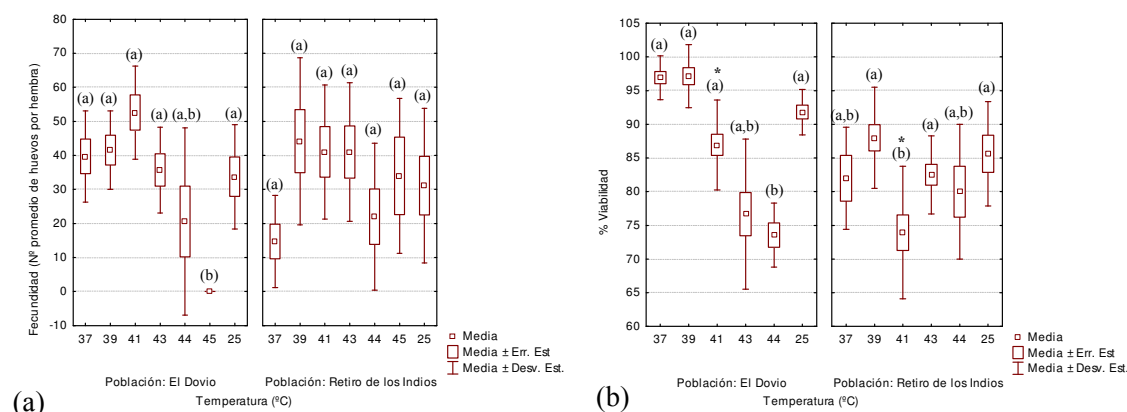


Figura 4. Efecto de choques térmicos (1 h) sobre la fecundidad (a) y la viabilidad (b) de los individuos del biotipo B de *B. tabaci* provenientes de El Dovia y Retiro de los Indios. Letras iguales representan ausencia de diferencias significativas ($p > 0.05$). Los asteriscos indican diferencias estadísticas significativas entre poblaciones por temperatura. Las diferencias corresponden a los resultados de las pruebas Post-ANOVA de Tukey.

7.2.3 Viabilidad huevo-ninfa

El porcentaje de viabilidad promedio en la población de El Dovio varió entre 92% y 74% tras los choques térmicos a 25 y 44°C respectivamente, mientras en el Retiro de los Indios varió entre 88% y 74% tras la exposición a 39 y 41°C (Tabla 13). Teniendo en cuenta que la fecundidad de los individuos de la población de El Dovio fue cero tras los choques térmicos a 45°C (figura 4a), y que por esta razón no era posible realizar el análisis comparativo de viabilidad incluyendo dicha temperatura, se estudió por separado el efecto de los choques térmicos sobre la viabilidad en las poblaciones. Debido a que se encontró que en el caso del Retiro de los Indios los choques térmicos a 45°C tampoco presentaron diferencias significativas respecto al control (Anexo A), se procedió a la comparación entre poblaciones sin tener en cuenta los tratamientos a 45°C.

Los resultados de este análisis indican que el efecto de la temperatura y la interacción población *temperatura son significativas ($p < 0,001$; Tabla 14), donde en el caso de El Dovio la temperatura a la cual se atribuyen las diferencias respecto al tratamiento control son los choques térmicos a 43 y 44°C. De este modo, tras la exposición a estas temperaturas el porcentaje de viabilidad se redujo de 92% (25°C) hasta 77 y 74% respectivamente, mientras en el Retiro de los Indios la viabilidad se vio afectada tras los choques térmicos a 37, 41 y 44°C, reduciéndose desde un 86% (25°C), hasta 82,74 y 80% respectivamente (Figura 4b; Tabla 13). La interacción población*temperatura indica que las diferencias en la viabilidad entre las dos poblaciones parece no ser la misma a lo largo de todas las temperaturas evaluadas. En este caso, dicha interacción fue significativa tras los tratamientos a 41°C (Figura 4b).

Tabla 13. Estadística descriptiva, media y desviación estándar para los tratamientos de choque térmico (25°C y 37 - 45°C) en la viabilidad del biotipo B de *B. tabaci* de la población de El Dovio y Retiro de los Indios.

Población	Tratamiento de choque térmico	% Viabilidad promedio	Desviación estándar
El Dovio	25	92	3,371
	37	97	3,252
	39	97	4,688
	41	87	6,673
	43	77	11,146
	44	74	4,756
Retiro de los Indios	25	86	7,763
	37	82	7,583
	39	88	7,512
	41	74	9,841
	43	83	5,801
	44	80	10,000

Tabla 14. Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de los factores población y temperatura en la viabilidad del biotipo B de *B. tabaci*.

Fuentes de Variación	SC	GL	CM	F	p
Población	0,002	1	0,002	1,7	0,197
Temperatura	0,040	5	0,008	6,8	< 0.001*
Población*Temperatura	0,038	5	0,008	6,3	< 0.001*
Error	0,150	126	0,001		
Total	0,23	137			

* Diferencias significativas, $p < 0,001$.

8. DISCUSIÓN

8.1 Pruebas de termotolerancia a bajas temperaturas (0 y 5°C)

La respuesta a choques térmicos a 0 y 5°C durante tres horas indica que la sobrevivencia total, sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo, fecundidad y viabilidad del biotipo B de *Bemisia tabaci* no se ven afectados significativamente por los tratamientos de choque térmico respecto al control (25°C) (Figuras 1 y 2), lo cual sugiere que cambios bruscos de temperatura como lo son los choques térmicos a bajas temperaturas no tienen ningún efecto sobre los caracteres mencionados en *B. tabaci* a menos que tal como lo reportan Qiu et al. (2003), Bonato et al. (2007) y Xie et al. (2011), las exposiciones sean prolongadas, con suficiente tiempo para que sucedan procesos de aclimatación, o bien se trate de la exposición a temperaturas inferiores a 0°C como lo indica Wang et al. (2011).

Aunque de acuerdo a Denlinger & Lee (1998), no es posible establecer que previene la mortalidad, ni tampoco explicar que sucede en la transición hacia el punto en el que se marca las diferencias en la tasa de sobrevivencia cuando los individuos son sometidos a choques térmicos, es posible que mecanismos de termorregulación a bajas temperaturas como por ejemplo el uso de músculos de vuelo para generar calor, además de otros factores tales como el corto tiempo de exposición a las temperaturas evaluadas (Chapman 1998, Gullan & Cranston 2010), sean la razón por la cual no se observó ningún efecto negativo sobre la sobrevivencia de los individuos y demás caracteres estudiados.

En este sentido, a pesar de que la exposición a temperaturas bajas puede afectar significativamente la sobrevivencia de diferentes especies (García et al. 2003; Urra & Apablaza 2005; Allen 2009) tras un estado de coma inducido por el frío (McMillan &

Sinclair 2011), los tiempos de exposición evaluados en este caso permitieron la rápida recuperación de los individuos sin que ninguno de los caracteres evaluados se viera afectado.

Según Cañas et al. (2001), el mayor impacto de las bajas temperaturas sobre *B. tabaci* ocurre sobre los adultos de la especie, sin embargo, tanto los resultados publicados por Wang et al. (2011) como los obtenidos en el presente trabajo, sugieren que *B. tabaci* es una especie capaz de tolerar periodos cortos de bajas temperaturas al sobrevivir, reproducirse y dejar descendencia viable tras este tipo de tratamientos térmicos. Esto difiere de lo que sucede cuando se estudian tiempos de exposición mas largos, pues en estos casos Xie et al. (2008) indican un efecto negativo sobre la sobrevivencia de adultos, huevos y ninfas de la especie cuanto mas prolongado es el tiempo de exposición a bajas temperaturas.

8.2 Comparación entre poblaciones El Dovio (1500msnm) - Retiro de los Indios (30 msnm).

8.2.1 Sobrevivencia total y sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo

Las curvas de sobrevivencia construidas a partir de 25°C en las cuales se describe el efecto de la temperatura sobre este caracter, se caracterizan normalmente por un hombro amplio, donde la mortalidad inicial no presenta valores elevados, el cual puede ser interpretado como un periodo de acumulación de lesiones no letales, seguido de otro punto en la curva con una alta tasa de mortalidad (Denlinger & Yocum 1998).

Como se observa en los resultados de las curvas de sobrevivencia de las dos poblaciones evaluadas, la presencia del hombro en las curvas hasta los 43°C (Figura 3a), sugiere que los organismos probablemente pueden llevar a cabo diferentes mecanismos de termorregulación, como por ejemplo la disipación de calor por convección (a través de la circulación de la hemolinfa desde el tórax hacia el abdomen), además de poder evitar la pérdida de agua mediante el cierre de espiráculos (Chapman 1998, Gullan & Cranston 2000, Heinrich 2009). Mientras el incremento en la tasa de mortalidad a partir de los 43°C, sugiere la acumulación de lesiones y daños a nivel celular, lo cual pudo ocasionar una reducción significativa en el porcentaje de individuos con potencial reproductivo (Figura 3).

Algunos modelos proponen que el estrés térmico altera la estabilidad de complejos lipoprotéicos y la actividad enzimática de la cual depende la integridad de la membrana celular (Bowler 1981). De este modo, el efecto negativo de choques térmicos a altas temperaturas evidenciado en la disminución del porcentaje de sobrevivientes totales y sobrevivientes con potencial reproductivo, implican probablemente una serie de eventos que involucran la inactivación de proteínas de la membrana y pérdida de propiedades bioeléctricas entre otros efectos. Además posibles lesiones en el ADN podrían generar una interrupción del metabolismo celular, pérdida de homeóstasis y finalmente la muerte de los individuos (Cobb et al. 1996, Denlinger & Yocum 1998, Bowler 1981).

Dado lo anterior, es evidente que muchos procesos celulares son vulnerables a las altas temperaturas, las cuales afectan negativamente muchos aspectos de la fisiología de los organismos, sin embargo el efecto de dichas temperaturas varía sobre diferentes caracteres y especies (Elbaz et al. 2011). Particularmente en *B. tabaci*, los rasgos asociados con el

“*fitness*” que se ven afectados por el sometimiento a altas temperaturas son la sobrevivencia y caracteres asociados con el éxito reproductivo de la especie (Cui et al. 2008a, Wan et al. 2008, Qu et al. 2010), los cuales se ha sugerido parecen ser mas sensibles al estrés térmico que otros rasgos de historia de vida (Zizzari & Ellers 2011).

En este sentido, los resultados indican que desde la temperatura control (25°C) hasta los choques térmicos a 45°C, la tasa de sobrevivencia en el caso de El Dovio disminuyó de un 100% a 23% y en el caso del Retiro de los Indios de un 98% a 30% (Tabla 8, Figura 3), similar a los resultados de Cui et al. (2008b). Sin embargo, los resultados obtenidos contrastan con lo reportado por Cui et al. (2008a) y Muñoz et al. (2010) quienes indican que la sobrevivencia de los individuos de *B. tabaci* comienza a verse afectada a partir de 41°C. Probablemente, este contraste de resultados se deba a que las poblaciones evaluadas fueron diferentes en cada caso y por lo tanto las características ambientales de donde se colectaron los individuos también son diferentes.

Dado lo anterior, y de acuerdo con lo señalado por Vaughn & Antolin (1998) la variación ambiental local puede provocar que la selección natural opere de manera diferente entre las poblaciones, dando lugar a diferencias genéticas entre las mismas. En muchos organismos ectotermos se ha observado por ejemplo, que la variación aloenzimática está correlacionada con mecanismos de resistencia a ambientes más cálidos, donde las variables ambientales actúan como agentes selectivos. Según Dahlhoff & Rank (2007), la variabilidad de aloenzimas encontrada en un gradiente ambiental, en un locus que se encuentra bajo selección, conlleva a diferencias funcionales en variantes enzimáticas a diferentes temperaturas. Esto se relaciona con diferencias fisiológicas entre genotipos, de tal forma

que las características que contribuyen a un mayor “*fitness*” son mantenidas, desarrollándose así mecanismos de adaptación local.

Igualmente, de acuerdo a Dahlgaard et al. (1998), Neargarder et al. (2003) y McMillan et al. (2005), se ha planteado que diferentes genotipos de un mismo locus difieren por ejemplo, en la expresión de proteínas, tales como Hsp70, la cual es inducida a elevadas temperaturas y es necesaria para el desarrollo de mecanismos de termotolerancia. Así, la variación en la expresión de este tipo de proteínas a lo largo de gradientes de temperatura ambiental y entre los diferentes genotipos, resulta en una tolerancia térmica diferencial entre los mismos (Feder 1999, Neargarder et al. 2003). Esto podría también explicar las diferencias en la respuesta al estrés por calor entre poblaciones con características ambientales contrastantes.

Por otro lado, el efecto de los choques térmicos a elevadas temperaturas se asemeja a lo reportado por Elbaz et al. (2011), quienes indican un efecto significativo de choques térmicos a 43°C y 45°C sobre la sobrevivencia de individuos del biotipo B de *B. tabaci*, sin encontrar diferencias significativas en la termotolerancia entre sexos. Sin embargo, estos resultados contrastan con lo señalado por Lü & Wan (2008), probablemente debido a que en el análisis de este estudio se incluyen varias temperaturas que no afectan significativamente a la especie y al parecer solo cuando se evalúan por separado temperaturas altas estresantes se observa una termotolerancia diferencial entre sexos (Lü & Wan 2008).

Como se mencionó anteriormente, el efecto del estrés por calor también puede manifestarse en la capacidad reproductiva de los organismos. Como plantean Denlinger & Yocum

(1998), aunque el estrés térmico a altas temperaturas puede no ocasionar la muerte de los organismos directamente, los efectos negativos pueden notarse al disminuir la sobrevivencia horas después de la exposición a choques térmicos y en la capacidad o el potencial que tienen los sobrevivientes para reproducirse. Como se ha encontrado en otras especies, estas respuestas pueden deberse a que el sistema muscular de los insectos parece ser más vulnerable que el sistema nervioso a las lesiones producidas por el estrés a altas temperaturas (Denlinger & Yocum 1998), por lo tanto los individuos pierden la capacidad para moverse y sostenerse por si mismos hasta que finalmente mueren.

De acuerdo a los resultados, la sobrevivencia total y los sobrevivientes con potencial reproductivo de los individuos de El Dovio y el Retiro de los Indios, se vieron afectados de manera similar por los tratamientos de choque térmico, razón por la cual las diferencias entre poblaciones y el efecto de interacción población * temperatura no presentaron valores significativos (Tablas 8 y 9). Sin embargo, es importante destacar que aunque el porcentaje de sobrevivientes con potencial reproductivo de los individuos del Retiro de los Indios se redujo drásticamente tras la exposición a 45°C, unos pocos (12%) tuvieron la capacidad de reproducirse y dejar descendencia viable, a diferencia de los individuos de El Dovio, donde los sobrevivientes con potencial reproductivo fue cero (Tabla 7). Estos resultados sugieren por lo tanto, que las respuestas de los individuos de las dos poblaciones pueden asociarse a la existencia de mecanismos de adaptación local, como se indicó anteriormente.

8.2.2 Fecundidad

Al no considerar la longevidad de los parentales en el análisis de fecundidad, se encontró diferencias significativas entre tratamientos de choque térmico que no fueron detectados cuando las covariables fueron tenidas en cuenta (Tablas 11 y 12). Por tal razón, estos resultados sugieren que los choques térmicos afectaron la longevidad de las hembras parentales (Tabla 11), lo que a su vez afectó indirectamente la cantidad de huevos ovipositados.

Los choques térmicos que dieron lugar a diferencias significativas para el carácter fecundidad respecto al tratamiento control en la población de El Dovio, fueron los tratamientos a 44 y 45°C. La fecundidad, que tras los tratamientos a 45°C presentó valores iguales a cero (Figura 4a), se explica por la ausencia de sobrevivientes con potencial reproductivo tras los choques a esta temperatura (Figura 3b). De este modo, los resultados obtenidos para El Dovio contrastan con los resultados de la segunda población evaluada (Figura 4a), lo señalado por Qu (2010) y lo reportado por Cui et al. (2008a), Cui et al. (2008b) y Wan et al. (2008.), quienes no encontraron un efecto significativo de choques térmicos a 26, 37, 39, 41, 43 y 45°C sobre la fecundidad del biotipo B de *B. tabaci*.

Como se mencionó anteriormente, es posible que las diferencias entre los resultados obtenidos en El Dovio y los resultados de otros autores respecto a los tratamientos a 45°C, se deban a que las poblaciones evaluadas eran diferentes en cada caso y por lo tanto, también eran diferentes las características ambientales de las mismas. Así, la variación ambiental local puede provocar que la selección natural opere de manera diferente entre las

poblaciones, observándose una tolerancia térmica diferencial asociada a la existencia de mecanismos de adaptación local.

8.2.3 Viabilidad huevo-ninfa

La viabilidad representa otro carácter comúnmente afectado por el estrés térmico a altas temperaturas en la mosca blanca. Según Wan et al. (2008), existe una tendencia a disminuir la eclosión de los huevos y por tanto la viabilidad huevo-ninfa a medida que incrementa la temperatura de los choques térmicos. Aunque este patrón es similar a los resultados obtenidos en El Dovio, donde las diferencias en el porcentaje de viabilidad fueron significativas tras los choques a 43 y 44°C (temperaturas mas altas a las cuales fue posible evaluar el caracter) (Figura 4b), no lo es en el caso del Retiro de los Indios, donde las diferencias para este carácter respecto al control se atribuyen a los choques térmicos a 37, 41 y 44°C, y la exposición a 45°C no afectó de manera significativa el carácter evaluado (Anexo A).

Finalmente, teniendo en cuenta que las características ambientales de las poblaciones evaluadas pueden tener influencia en la respuesta de *B. tabaci* a choques térmicos a altas temperaturas y si en este sentido, es posible que la altura sobre el nivel del mar a la cual se encuentran las poblaciones determine adaptaciones bioclimáticas, estas podrían reflejarse al comparar las poblaciones para el carácter fecundidad tras los choques térmicos a 44 y 45°C. De esta manera, los individuos que habitan en zonas mucho más cálidas como en el caso del Retiro de los Indios, presentan valores mayores en las tasas de fecundidad que los que habitan en ambientes fríos como El Dovio. Es posible que tal vez estas mismas

diferencias en las condiciones del hábitat sean la causa para que los individuos del Retiro de los Indios hayan sido capaz de reproducirse y dejar descendencia tras los choques térmicos a 45°C, a diferencia de los individuos de El Dovio.

9. CONCLUSIONES

Bemisia tabaci es una especie capaz de tolerar periodos cortos de bajas temperaturas superiores a 0°C sin que caracteres asociados con el “*fitness*” como sobrevivencia total, sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo, fecundidad y viabilidad se vean afectados.

B. tabaci es una especie termotolerante al ser capaz de sobrevivir, reproducirse y dejar descendencia viable en un amplio espectro térmico.

Las temperaturas por encima de 0°C que afectan significativamente la sobrevivencia total y la sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo en esta especie superan los 43°C y 44°C respectivamente, similar a lo que puede suceder para el caracter fecundidad, sin embargo parece ser que la intensidad en la que los choques térmicos afectan este último caracter depende de la población de donde provienen los individuos.

Aunque es evidente el efecto negativo de las altas temperaturas sobre caracteres como la sobrevivencia total y la sobrevivencia de individuos con potencial reproductivo, así como el efecto negativo sobre la fecundidad y viabilidad, tan solo en la población de El Dovio, no se evidenció una relación entre la temperatura y la viabilidad para los individuos del Retiro de los Indios.

10. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta que los efectos de choques térmicos pueden expresarse en diferentes estados del desarrollo de los insectos, se recomienda evaluar el efecto de choques térmicos como los estudiados sobre estados mas avanzados de desarrollo, como la viabilidad huevo-adulto, así como el efecto que pueden tener sobre rasgos asociados con el “*fitness*” de la progenie. Pues estudios como los de Torres-Vila (1996) han demostrado que el rápido desarrollo inducido por altas temperaturas (como ocurre en *Bemisia tabaci*), hacen que la talla de la progenie sea más pequeña, afectando el potencial reproductivo de la misma, pudiendo afectar la dinámica poblacional de la especie.

Así mismo, para poder afirmar que la termotolerancia en *B. tabaci* es un mecanismo adaptativo asociado a la altura y condiciones climáticas de donde provienen los individuos, se recomienda estudiar la respuesta o los efectos en diferentes caracteres asociados con el “*fitness*” en individuos provenientes de diferentes poblaciones en un gradiente altitudinal, analizando a su vez diferentes poblaciones por zona.

11. LITERATURA CITADA

ALLEN, C.M. 2009. Thermal biology and behaviour of two predatory Phytoseiid mites: *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (Acari:Phytoseiidae) and *Phytoseiulus longipes* (Evans) (Acari:Phytoseiidae). Tesis de doctorado. West Midlands-Reino Unido, University of Birmingham. Escuela de Biociencias. 206p.

BONATO, O., A. LURETTE, C. VIDAL & J. FARGUES. 2007. Modelling temperature dependent bionomics of *Bemisia tabaci* (Q-biotype). *Physiological Entomology* 32: 50–55.

BOWLER, K. 1981. Heat death and cellular heat injury. *Journal of Thermal Biology* 6(4): 171-178.

BOYKIN, L. M., R. G. SHATTERS, R. C. ROSELL, C. L. MCKENZIE, R. A.

BAGNALL, P. DE BARRO & D. R. FROHLICH. 2007. Global relationships of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) revealed using bayesian analysis of mitochondrial COI DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 44: 1306–1319.

BRIER, H., P. DE BARRO, N. WOOD & G. MILLS. 2003. Potential impact of silverleaf whitefly (*Bemisia tabaci* type B) on the australian soybean industry and possible management strategies en: 12th Australian Soybean Conference. Febrero de 2003. Toowoomba, Australia.

CAÑAS, L.A., S.E. NARANJO & P. C. ELLSWORTH. 2001. Seasonal ecology of *Bemisia tabaci* in Arizona: Low temperature and host plant effects on field populations and associated mortality factors en: The ESA 2001 Annual Meeting-2001: An Entomological Odyssey of ESA. 9-12 de Diciembre de 2001. San Diego, California.

CHAPMAN, R. F. 1998. The Insects: structure and function. 4^a ed. New York, Cambridge University Press. 770p.

COBB, J.P., R.S. HOTCHKISS, I.E. KARL & T.G. BUCHMAN. 1996. Mechanisms of cell injury and death. British Journal of Anaesthesia 77: 3-10.

COCHRAN, W. G. (1941).The distribution of the largest of a set of estimated variances as a fraction of their total. Annals of Eugenics 11: 47-52.

CUÉLLAR, M. E. & F. J. MORALES. 2006. La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga y vectora de virus en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Colombiana de Entomología 32(1): 1-9.

CUI, X., F.H. WAN., M. XIE. & T. LIU. 2008a. Effects of heat shock on survival and reproduction of two whitefly species, *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* biotype B. Journal of Insect Science 8(24): 1-10.

CUI, X.H., M. XIE, & F.H. WAN. 2008b. Effects of brief exposure to high temperature on survival and fecundity of two whitefly species: *Bemisia tabaci* B-biotype and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *Scientia Agricultura Sinica* 41(2): 424-430.

DAHLGAARD, J., V. LOESCHCKE, P. MICHALAK & J. JUSTESEN. 1998. Induced thermotolerance and associated expression of the heat shock protein Hsp70 in adult *Drosophila melanogaster*. *Functional Ecology* 12: 786-793.

DAHLHOFF, E. P. & N. E. RANK. 2007. The role of stress proteins in responses of a montane willow leaf beetle to environmental temperature variation. *Journal of Biosciences* 32(3): 477-488.

DALMON, A., F. HALKETT, M. GRANIER, H. DELATTE & M. PETERSCHMITT. 2008. Genetic structure of the invasive pest *Bemisia tabaci*: evidence of limited but persistent genetic differentiation in glasshouse populations. *Heredity* 100(1): 316-325.

DE BARRO P. J & F. DRIVER. 1997. Use of RAPD-PCR to distinguish the B biotype from other biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Australian Journal of Entomology* 36:149-152.

DE BARRO, P. J., F. DRIVER, J. W. TRUEMAN & J. CURRAN. 2000. Phylogenetic relationship of world populations of *Bemisia tabaci* (Gennadius) using ribosomal ITS1. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 16(1): 29-36.

DENLINGER D.L. & G.D. YOCUM.1998. Physiology of heat sensitivity. Cap. 2, págs.7-57 en: G.J. Hallman & D.L. Denlinger (eds). Thermal sensitivity in insects and application in integrated pest management. Westview Press, Boulder, Colorado, USA.

DENLINGER D. L. & R. E. LEE.1998. Physiology of cold sensitivity. Cap. 3, págs. 58-96 en: G.J. Hallman & D.L. Denlinger (eds.). Thermal sensitivity in insects and application in integrated pest management. Westview Press, Boulder, Colorado, USA.

ELBAZ, M., M. WEISER & S. MORIN. 2011. Asymmetry in thermal tolerance trade-offs between the B and Q sibling species of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). Journal of Evolutionary Biology 24:1099–1109.

FACON, B., B. J. GENTON, J. SHYKOFF, P. JARNE, A. ESTOUP & P. DAVID. 2006. A general eco-evolutionary framework for understanding bioinvasions. Trends in Ecology & Evolution 21(3): 130-135.

FEDER, M. E. 1999. Organismal, ecological, and evolutionary aspects of heat-shock proteins and the stress response: established conclusions and unresolved issues. American Zoologist 39: 857-864.

GARCÍA, S. L., N. L. GARCÍA, L. R. OLIVEIRA, V. L. RODRIGUES & M. L. S. MELLO. 2003. Experimentally induced heat- and cold-shock tolerance in adult

Panstrongylus megistus (Burmeister) (Hemiptera, Reduviidae). Brazilian Journal of Biology 63(3): 449-455.

GOULD, J., K. HOELMER & J. GOOLSBY (eds). 2008. Progress in biological control. Classical biological control of *Bemisia tabaci* in the United States - a review of interagency research and implementation. Springer Science. Vol. 4.

GULLAN, P.J. & P.S. CRANSTON. 2000. The Insects. An outline of entomology. 4^a ed. Reino Unido, Wiley-Blackwell. 565p.

HEINRICH, B. 2009. Thermoregulation. Cap. 253, págs. 993-999 en: V.H. Resh & R. T. Cardé (eds.). Encyclopedia of Insects. 2^a ed. Academic Press, San Diego, USA.

KIRITANI, K. 2006. Predicting impacts of global warming on population dynamics and distribution of arthropods in Japan. Population Ecology 48(1): 5-12.

LIEBHOLD A.M. & P.C. TOBIN. 2008. Population ecology of insect invasions and their management. Annual Review of Entomology 53:387-408.

LIMA, L. H., L. CAMPOS, M. C. MORETZSOHN, D. NÁVIA & M. R. DE OLIVEIRA. 2002. Genetic diversity of *Bemisia tabaci* (Genn.) populations in Brazil revealed by RAPD markers. Genetics and Molecular Biology 25(2): 217-223.

LIN, K., K. WU, Y. ZHANG & Y. GUO. 2007. Overwintering and population dynamics of *Bemisia tabaci* biotype B in greenhouse during the spring in northern China. *Crop Protection* 26: 1831-1838.

LÜ, Z. C. & F. H. WAN. 2008. Differential gene expression in whitefly (*Bemisia tabaci*) B-biotype females and males under heat-shock condition. *Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics* 3(4): 257-262.

MAHADAV, A., S. KONTSEDALOV, H. CZOSNEK & M. GHANIM. 2009. Thermotolerance and gene expression following heat stress in the whitefly *Bemisia tabaci* B and Q biotypes. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 39: 668-676.

MCMILLAN, D. M., S. L. FEARNLEY, N. E. RANK & E. P. DAHLHOFF. 2005. Natural temperature variation affects larval survival, development and Hsp70 expression in a leaf beetle. *Functional Ecology* 19: 844-852.

MCMILLAN, H. A. & B. J. SINCLAIR. 2011. Mechanisms underlying insect chill-coma. *Journal of Insect Physiology* 57: 12-20.

MITIKKA, V. & I. HANSKI. 2010. PGI genotype influences flight metabolism at the expanding range margin of the European map butterfly. *Annales Zoologici Fennici* 47: 1-14.

MORALES, F. J. & P. K. ANDERSON. 2001. The emergence and dissemination of whitefly-transmitted geminiviruses in Latin America. *Archives of Virology* 146: 415-441.

MUÑOZ VALENCIA, V., F. DÍAZ GONZÁLES, M.R. MANZANO, N. TORO PEREA & H. CÁRDENAS HENAO. 2010. Efecto del choque térmico sobre la sobrevivencia, fecundidad y viabilidad de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) en: XLV Congreso Nacional de Ciencias Biológicas. 5-8 de Octubre de 2010. Armenia, Universidad del Quindío.

NARANJO, S.E., L.A. CAÑAS & P.C. ELLSWORTH 2004. Mortalidad de *Bemisia tabaci* en un sistema de cultivos múltiples 12(46): 14-21.

NARANJO, S.E. & P.C. ELLSWORTH. 2005. Mortality dynamics and population regulation in *Bemisia tabaci*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 116: 93–108.

NAVAS-CASTILLO, J., E. FIALLO-OLIVÉ & S. SÁNCHEZ-CAMPOS. 2011. Emerging Virus Diseases Transmitted by Whiteflies. *Annual Review of Phytopathology* 49: 219-248.

NEARGARDER, G., E. P. DAHLHOFF & N. E. RANK. 2003. Variation in thermal tolerance is linked to phosphoglucose isomerase genotype in a montane leaf beetle. *Functional Ecology* 17: 213-221.

OLIVEIRA, M. R. V., T. J. HENNEBERRY & P. ANDERSON. 2001. History, current status, and collaborative research project for *Bemisia tabaci*. Crop Protection 20: 709-723.

PERRING, T. M. 2001. The *Bemisia tabaci* species complex. Crop Protection 20: 725-737.

QUINTERO, C., F. RENDÓN, J. GARCÍA, C. CARDONA, A. LÓPEZ & P.

HERNÁNDEZ. 2001. Especies y biotipos de moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en cultivos semestrales de Colombia y Ecuador. Revista Colombiana de Entomología 27(1-2): 27-31.

QIU B.L., R. SHUN-XIANG, N.S. MANDOUR & L. LI. 2003. Effect of temperature on the development and reproduction of *Bemisia tabaci* b biotype (Homoptera : Aleyrodidae). Entomologia Sinica 10(1):43-49.

QU, P. 2010. Effect of Temperature on B-biotype *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum*. Tesis de maestría. Tai'an Shi – China, Universidad Agrícola de Shandong, 62 p.

RODRÍGUEZ, I., H. MORALES, J.M. BUENO & C. CARDONA. 2005. El biotipo B de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) adquiere mayor importancia en el Valle del Cauca. Revista Colombiana de Entomología 31(1): 21-28.

SIVAKUMAR, M. V. K. & E. HANSEN. 2007. Climate prediction and agriculture: Advances and challenges. New York, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 306 p.

SOHANI, N. Z., P. SHISHEHBOR & F. KOICHEILI. 2007. Thermal effect on the biology and life tables of *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae). Pakistan Journal of Biological Sciences 10(22): 4057-4062.

TORRES-VILA, L.M., J. STOCKEL, P. BIELZA & A. LACASA. 1996. Efecto de la diapausa y del capullo sobre el potencial biótico de la polilla del racimo *Lobesia botrana* Den. y Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae). Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 22: 27-36.

URRA, F. & J. APABLAZA. 2005. Efecto del tratamiento de frío sobre la mortalidad de *Dysaphis cynarae* (Hemiptera: Aphididae) y de *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae) en alcachofas frescas, Ciencia e Investigación Agraria 32(3): 189-196.

VAUGHN, T.T. & M. F. ANTOLIN. 1998. Population genetics of an opportunistic parasitoid in an agricultural landscape. Heredity 80(2): 152–162.

WAN, F.H., M. XIE & X.H. CUI. 2008. Effects of heat shock on survival and fecundity of two whitefly species, *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* B-biotype. Journal of Insect Science 8(24).

WANG, H., Z. LEI, X. LI & R.D. OETTING. 2011. Rapid cold hardening and expression of heat shock protein genes in the B-Biotype *Bemisia tabaci*. Environmental Entomology 40(1): 132-139.

WEIB, C.H. 2007. StatSoft, Inc., Tulsa, OK.: STATISTICA, Version 8. Advances in Statistical Analysis 91: 339- 341.

XIE, M., F.H. WAN, Y.H. CHEN & G. WU. 2011. Effects of temperature on the growth and reproduction characteristics of *Bemisia tabaci* B-biotype and *Trialeurodes vaporariorum*. Journal of Applied Entomology 135(4): 252-257.

XIE, M., Y.H. CHEN & F.H. WAN. 2008. Responses of Two Whitefly Species, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) and *Bemisia tabaci* (Gennadius) B-biotype, to low temperatures. Journal of Insect Science 8(24).

XU, J., P.J. DE BARRO & S.S. LIU. 2010. Reproductive incompatibility among genetic groups of *Bemisia tabaci* supports the proposition that the whitefly is a cryptic species complex. Bulletin of Entomological Research 100(3): 359-366.

ZIZZARI, Z. V. & J. ELLERS. 2011. Effects of exposure to short-term heat stress on male reproductive fitness in a soil arthropod. Journal of Insect Physiology 57: 421–426.

12. ANEXOS

12.1 Anexo A

Tabla 15. Análisis de varianza (ANOVA) del efecto de la temperatura sobre la viabilidad del biotipo B de *B. tabaci* de la población Retiro de los Indios.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p
Temperatura	0,0414	6	0,0069	4,5	$p < 0,001^*$
Error	0,0978	64	0,0015		
Total	0,1392	70			

*Diferencias significativas, $p < 0,001$.

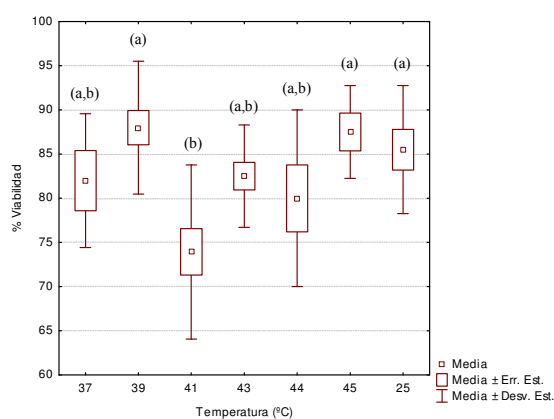


Figura 5. Efecto de choques térmicos (1 h) sobre la viabilidad del biotipo B de *B. tabaci* del Retiro de los Indios. Letras iguales representan ausencia de diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$). Las diferencias corresponden a los resultados de las pruebas Post-ANOVA de Tukey.