

Influencia del microclima en el parasitismo de *Diaphorina citri* por *Tamarixia radiata* en Yucatán

Claudia Tania Lomas Barrié¹; Emiliano Loeza Kuk¹, Lizette Cicero Jurado¹, Maricarmen Sánchez Borja² y Hugo César Arredondo Bernal³

¹INIFAP, C.E. Mocochoá. Antigua Carr. Mérida-Motul Km. 25 CP 97454. Mocochoá, Yucatán. lomas.claudia@inifap.gob.mx, loeza.emiliano@inifap.gob.mx, cicero.lizette@inifap.gob.mx

²Laboratorio Regional de Producción Masiva de *Tamarixia radiata* del sureste, convenio SENASICA-CESVY, Calle 2ª No. 401 CP 97130, Mérida, Yucatán

³CNRCB, Km 1.5 Carretera Tecomán-Estación FFCC C.P. 28110, Tecomán, Colima

Introducción

Diaphorina citri (Kuwayama) (Hemiptera: Lividae) es un insecto originario de Asia (Halbert y Manjunath, 2004), vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (McClean y Schwartz, 1970) que causa la enfermedad del Huanglongbing de los cítricos (HLB), considerada una de las causas principales de la disminución de la producción citrícola en Asia y África (French et al., 2001). En México este vector fue detectado por primera vez en la Península de Yucatán en el año 2002 (López Arroyo et al., 2005), actualmente está presente en todas las zonas citrícolas del país (Miranda-Salcedo y López-Arroyo, 2011).

Para un desarrollo adecuado, *D. citri* requiere temperaturas entre 25 a 28°C; otros reportes indican que la longevidad y fecundidad de las hembras se ve afectada cuando la temperatura es menor a 15 o mayor a 30°C., se ha reportado como ausente en temperaturas de 32 a 34°C en condiciones abiertas naturales. En temperaturas superiores a 33°C, no se desarrollan el estadio ninfal 4 y 5; mientras que por debajo de 10°C no se desarrolla el tercero. De igual forma, en condiciones de humedad relativa del 90% la mortalidad de ninfas alcanza hasta un 70%, y en precipitaciones mayores a 150mm mensuales las poblaciones de *D. citri* también son bajas (Aubert, B., 1987, Tsai y Liu, 2000).

Aubert en 1988 y 1990, sugiere que *D. citri* se puede aclimatar a temperaturas cálidas, ya que se ha observado su sobrevivencia en temperaturas de 45°C en Arabia Saudita. Al parecer *D. citri* se adapta mejor a las regiones con déficit de saturación elevada (altas temperaturas y niveles bajos de humedad relativa), que a las regiones con saturación baja (medias a altas temperaturas y altos niveles de humedad relativa) Beattie y Barkley (2009). Sin embargo la oviposición se reduce en niveles de humedad relativa por debajo del 40% (Skelley y Hoy 2004). Yang (1989) también menciona que periodos con alta temperatura y humedad causan un impacto negativo en las poblaciones del este insecto.

Para la reducción de la población de *Diaphorina citri*, se pueden recurrir a estrategias basadas en tratamientos químicos o combinados con productos "bioracionales" pero que eventualmente no detienen la dispersión de la enfermedad (Ichinose et al., 2010). Por otro lado, existen reportes de agentes de control biológico que pudieran mostrar algún efecto sobre *D. citri* Kuwayama tales como parasitoides, depredadores y hongos entomopatógenos (Meyer et al., 2007) que aplicados de manera coordinada y en condiciones específicas pueden reducir la dispersión del HLB (Aubert et al., 1996). Entre los principales insectos entomófagos, *Tamarixia radiata* (Waterston) destaca como uno de los parasitoides más efectivos de *D. citri*, Su efectividad se ha evaluado en varias partes del mundo encontrando capacidad de adaptación, selectividad, alimentación y parasitismo (Etienne et al., 2001). *T. radiata* es capaz de alcanzar hasta un 97% de parasitismo,

aunque en ocasiones también ha mostrado el 1% (Michaud, 2004). Este insecto es uno de los enemigos naturales más estudiados para el control biológico clásico de *D. citri* (Tang, 1989).

En la Península de Yucatán se está evaluando la capacidad y efectividad de *T. radiata* como agente de control biológico. Este himenóptero parece ser igual o más susceptible que *D. citri* a condiciones extremas de temperatura, humedad relativa y precipitaciones pluviales. Valores superiores a 35 °C son restrictivos para su desarrollo (Fauvergue y Quillici, 1990 y 1991). Mc Farland y Hoy (2001), reportaron que *T. radiata* se desarrolla a temperaturas desde 15°C a 32°C con 53 a 95% de humedad relativa. De esta manera, la sobrevivencia de *T. radiata* se asegura con temperatura arriba de 15°C y menor a 35°C y 70- 80 % humedad relativa (Gómez et al 2012).

Para *D. citri* se reportan una amplia gama de hospederos, todos ellos dentro de la familia Rutaceae (Halbert S.E. and Manjunath KL 2004), *Murraya paniculata* (L.) Jack, conocida localmente como limonaria, es el segundo genero después de *Citrus* con una amplia distribución en la Península, principalmente en las zonas urbanas, *M. paniculata* se puede encontrar en huertas de traspatio, parques, jardines y camellones, su uso principal es ornamental.

La producción citrícola en la Península ocupa el 4to lugar en importancia respecto al total de la superficie dedicada a la agricultura cultivada y cosechada en el ciclo 2012 (1,116,322.44ha), siendo el estado de Yucatán el de mayor superficie cosechada con 17,926.31ha que representan el 71.3% del total de la Península, seguido por Campeche con el 18% y Quintana Roo con el 10.7% restante. El cultivo con mayor superficie es la naranja con el 67.1%, seguido por el limón con 26.3% y en orden descendente la toronja, la mandarina y la lima persa (SIAP, 2013).

Los periodos de brotación de los cítricos en la Península y por ende, la disponibilidad de alimento para *D. citri*, varían de acuerdo a la especie, variedad y manejo (SIAT,2012). Se pueden identificar tres periodos principales: de enero a marzo, junio y octubre. La brotación invernal (octubre a marzo) son principalmente yemas florales, y la de la temporada de lluvias (junio) es brotación vegetativa (AMSDA, 2013). La limonaria, emite brotes durante todo el año (Nava et al. 2007). De esta manera, las poblaciones de *D. citri* y en consecuencia de *T. radiata* estarán fuertemente asociadas a la disponibilidad de material vegetativo apetecible.

Los cultivos citrícolas en la Península se ubican en zonas de clima cálidos subhúmedos (Aw) intermedios (1) y los más secos de los subhúmedos (0), con régimen de lluvias en verano e intermedio (x'), el área citrícola comercial se concentra en éste último (García, 1998 y SIAT, 2012).

Objetivo

Determinar la influencia microclimática en el parasitismo de *Diaphorina citri* por *Tamarixia radiata*, en una parcela comercial de *Citrus latifolia* o lima persa y en un seto urbano de *Murraya paniculata*, en la Península de Yucatán.

Metodología

Caracterización climática de los sitios de muestreo Bacabchen, Baca y Motul

Para la caracterización climática, se seleccionaron las estaciones convencionales cercanas a los sitios de estudio con menos de cinco km de distancia. Para Bacabchen se usó la de Calkini, Campeche (número 04002, localizada en 20.3600, -90.0542); para Baca la de Mocochoá (num. 31056 en 21.1050, -89.4536) y para Motul la de Motul (num. 31020 en 21.0789, -89.2836). Los climogramas se generaron con las normales de 1950 a 2010 reportadas por el SMN, para las variables de temperatura media, máxima y mínima normal, así como la precipitación promedio mensual, y se clasificó el clima, de acuerdo al sistema modificado de Köppen por García (1988).

Para las condiciones climáticas durante el experimento, se utilizaron los datos reportados por la EMA-INIFAP (Estación meteorológica automatizada del INIFAP) más cercana a menos de 5km, con muestreo cada 15 minutos, así como por los datalogger (HOBO), colocados en el centro de la parcela experimental, dentro de una garita a una altura de 1.50m y dentro del seto a 50 cm de la superficie, con muestreo cada hora. La estación utilizada para Bacabchen, está a 100m de la parcela experimental (-90.0816, 20.2697), para Baca la localizada en el Campo Experimental Mocochoá (-89.3375, 21.1055) y para Motul, la localizada en el poblado de Uci (-89.2268, 21.1548).

Se calcularon las variables más comunes, además de la *Taza de la oscilación térmica ascendente* (TOTA), definido como el cálculo de la diferencia entre la temperatura mínima (en la madrugada) y la temperatura máxima (del medio día o tarde temprana) muestreada en un día por la EMA o el datalogger, y se dividió entre el tiempo transcurrido durante ese cambio:

$$\text{TOTA} = (\text{T min} - \text{T max}) / (\text{tiempo en horas})$$

Para el cálculo de horas con temperaturas o humedades relativas limitantes, se sumo el tiempo en un día de las 00:00 a las 24:00 horas, aquellas que cubrieran los criterios establecidos para los insectos (Aubert, B., 1987, Fauvergue y Quillici, 1990 y 1991, Tsai y Liu, 2000, Mc Farland y Hoy, 2001, Gómez et al. 2012).

Se calcularon el área bajo la curva (ABC) en el software SAS v.9.2, de variables climáticas y biológicas, con el objeto de general variables compuestas que nos mostraran en un valor el comportamiento de la condición imperante entre los eventos biológicos evaluados.

Para el análisis de los fenómenos meteorológicas asociados a las variables ambientales durante el experimento, se utilizaron los boletines regionales digitales, emitidos diariamente a las 6:00 hrs por la Dirección Técnica del Organismo de Cuenca de la Península de Yucatán, CONAGUA.

Muestreo en Bacabchen

En una parcela comercial de dos hectáreas localizada en las coordenadas 20.21804 y -9.02883, en la comunidad de Bacabchen, estado de Campeche, con brotes continuos y abundantes de *Citrus latifolia* o lima persa, con una edad de 3 años, en el periodo de muestreo de marzo a mayo del 2012, sin aplicaciones del dispositivo regional de control de *Diaphorina citri*, esto es sin control químico o de plaguicida sobre el insecto. Se realizaron, las revisiones en este sitio semanalmente registrando en un muestreo: el promedio de brotes infestados, para después con la determinación en laboratorio se

definiera la estructura poblacional de *D. citri* (estado de desarrollo) en los brotes infestados y los organismos parasitados.

Muestreo en Baca y Motul

De manera escalonada, se seleccionaron setos de *Murraya paniculata*, limonaria o mirto en las localidades de Baca (21.10514, -89.39531) y Motul (21.07711, -89.28428), Yucatán. Estos setos empleados como barreras en los traspatios presentaron aspecto frondoso, poda reciente y en plena emisión de brotes tiernos. En cada seto se calculó el área expuesta, bajo la premisa de obtener una densidad de *D. citri* infestando una superficie estándar. El seto de Baca tuvo un área de 53.5m², mientras que el de Motul 25m².

El área calculada de cada seto fue dividida en cuadros de 2500 cm², el promedio de la subpoblación de *D. citri* presente en los cuadros a muestrear fue estimada con la fórmula de muestreo aleatorio sistemático, con un error máximo de 10 insectos por cuadro al 95% de confianza.

En cada una de las fechas de colecta se cortó el total de brotes existentes en cada cuadro, 31 para Baca y 16 para Motul. El número de parasitoides liberados en cada seto se determinó en función al número de ninfas N3, N4 y N5 existentes y que eran susceptibles de ser parasitadas, calculando al menos una hembra adulto de *T. radiata* por cada 10 ninfas de *D. citri* s. Los muestreos para medir el parasitismo se realizaron a los 2, 5 y 12 días después de la liberación (DDL) para Baca y, 8, 15 y 25 DDL para Motul. En cada fecha de muestreo se colectaron todos los brotes existentes en cada cuadro, se colocaron en frascos de PET, se cerraron para evitar la salida de los insectos y se conservaron en condiciones de 4°C hasta su revisión en el laboratorio.

Se realizaron análisis de correlación de Pearson, aceptando como significancias, aquellas con una p<0.05, estas correlaciones se realizaron entre variables directas y compuestas de las condiciones climáticas versus el estado de la población de *D. citri* disponible para ser parasitada y la parasitada in situ:

$$t = r \sqrt{\frac{n - 2}{1 - r^2}}$$

Figura 1. Cálculo de significancia (t) de la Correlación de Pearson, donde: n es número de datos y r la correlación.

Resultados y discusión

Clima vs D. citri en la Península

La Península de Yucatán, se caracteriza en general por 2 tipos de clima A y B (estos últimos representan el 1.1% de la superficie). De los tipo A, el más extenso es el Aw1(x') (38.4%), seguido por los Awo y Aw1 (12.5% cada uno). Como se mencionó en la introducción, las áreas citrícolas de importancia comercial se encuentran localizadas en el tipo de clima Aw1(x') y por tanto son las áreas dentro del dispositivo regional de control de *Diaphorina citri* con aplicaciones de control químico recurrentes. En el estudio de las relaciones del control biológico por *T. radiata*, era necesario localizar áreas lejanas al

dispositivo y que tuvieran un comportamiento de clima similar al evaluado en la parcela de Bacabchén.

El clima en los tres sitios de muestreo es tipo Awo, que es el más seco de los cálidos con temperaturas medias anuales de 22 a 26°C, con marcha de la temperatura tipo gangas (el mes más caliente es antes del solsticio de verano en junio, en los tres es en mayo), con régimen de lluvias de verano y presencia de canícula o sequía de medio verano. La principal diferencia entre Bacabchen vs Baca y Motul, es que la primera tiene una oscilación térmica anual extrema entre 7 y 14°C, y los otros entre los 5 y 7°C anual.

Bacabchen

En la parcela de Campeche donde se evaluó esta estrategia, se realizaron liberaciones de insectos en grupos de árboles que estuvieran soportando poblaciones importantes de *D. citri*. De esta manera, en los sitios aledaños del área principal de evaluación se liberaron 1500 insectos el 10 de marzo y 1000 el 23 de marzo de 2012 (DDL=0) en el área delimitada (de acuerdo a criterio previo). Ante el incremento del porcentaje de infestación de individuos de *D. citri* por brote, la primera liberación se reforzó con otras subsecuentes, especialmente para desalentar la aplicación del control químico (Cuadro 1).

De esta manera, se liberaron hasta 70,000 insectos en 36 días, sin detectar consistentemente individuos parasitados (un solo brote con ninfas del estadio 5 parasitadas). Fue hasta el DDL 36 cuando se detectaron otro par de brotes con ninfas parasitadas, pero éstos se encontraron después de revisar cerca del 50% de la población del área definida y en árboles colindantes con el dosel frondoso, donde también se liberaron parasitoides.

Cuadro 1- Cambios en abundancia de *D. citri* en lima persa y efecto de liberaciones inundativa de *Tamarixia* en Bacabchén, Campeche.

FDL	Tx liberadas	MBr Infes	MBr Disp	% infest	Br infest total	DC disponible
23/03/2012	1000	1.2	20	6	720	12240
30/03/2012	0	1	44.9	2.23	600	10200
13/04/2012	3000	55.8	319	17.49	33480	204228
20/04/2012	5000	81.3	258.3	31.48	48780	910560
21/04/2012	31000				0	
24/04/2012	31000				0	
28/04/2012	0	0	0	0	0	
23/08/2012	3000	24.3	46.9	51.81	14580	90396
10/03/2012	600	6.9	52.1	13.24	4140	

FDL= Fecha de liberación, Tx = *Tamarixia radiata*, DC = *Diaphorina citri*, Br = brote del hospedero vegetal.

Durante el ensayo se detectaron dos eventos que enmascaran la evidencia de la capacidad de parasitismo de *Tamarixia*.

- 1) El efecto orilla derivado de la aplicación de sales potásicas (Impide) a las hectáreas colindantes, los adultos sobrevivientes de *Diaphorina* migraron hacia el área sin tratamiento. Este comportamiento se tradujo en un incremento explosivo de las ninfas disponibles por cada *Tamarixia* liberada.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
22/02/2013	-2	1			28.7	0	10.4	26.5	39.1	
24/02/2013	0									769
26/02/2013	2	5	15.4	17.3	34.4	-14.34	13.0	45.3	47.4	
01/03/2013	5	8	7.0	7.3	39.1	-10.01	13.3	38.8	52.4	
08/03/2013	12	15	17.3	19.8	7.7	59.82	14.7	37.7	22.5	

Periodo	ABC			ABC/ABC		Dataloger Dentro		Dataloger Fuera	
	DC disponible en 2500 cm ²	D.C. parasitadas en 2500 cm ²	D.C total 2500cm ² (F+H)	L/Q	L/R	ABC Temp	ABC HR	ABC Temp	ABC HR
A	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
Del 22 al 26/02/2013	126.20	46.80	173.0	0.0478	0.0198	2637.7	6361.9	2682.9	6276.4
Del 27 al 01/03/2013	110.25	39.45	149.7	0.0664	0.0194	1659.4	5660.1	1691.5	5494.3
Del 02 al 08/03/2013	163.80	98.00	262.2	0.0492	0.0151	3326.1	10807.2	3339.7	10840.4

Correlación de variables												
	D & F	D & G	D & H	D & I	Q & L	Q & M	R & L	R & M	S & L	S & M	T & L	T & M
r	-0.74	0.60	0.51	0.22	0.95	0.87	0.99	1.0	0.94	0.87	0.99	1.00
n-2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.0	1.00	1.00	1.00	1.00
t-dist (p)	0.47	0.59	0.66	0.86	0.21	0.32	0.11	0.01	0.22	0.33	0.10	0.01

t: tiempo transcurrido del primer conteo, O.T.: Oscilación térmica Tmax-Tmin, D.C.=Ninfas de *Diaphorina citri*, Tx=*Tamarixia radiata*, de A a T: Variables que se utilizaron para la correlación, ABC = Área bajo la curva, Temp=Temperatura, r=correlación de pearson, n=numero de datos y t-dist(p)= nivel de significancia p>0.05 no es significativa la correlación.

En el caso del muestreo en Motul, como se observa en el cuadro 3, a los 8 días DDL inundativo de *T. radiata*, el porcentaje de muerte de DC disponibles, fue de 89.9%, y apenas el porcentaje de parasitismo aumento 2.7% del natural reportado, a los 25 DDL las condiciones se mostraron beneficiadas para el porcentaje de parasitismo, esto porque la cantidad de *D. citri* que habían disponibles en el conteo anterior fueron menos que las encontradas parasitadas, esto puede deberse a que hubo una generación nueva entre conteos. No se incluyeron todas las variables y cálculos de ABC, ya que las correlaciones en este sitio, ninguna fue significativa.

Cuadro 3. Resumen de las liberaciones y variables ambientales. Correlación de variables en Motul, Yuc-

Fecha	DDL	t	DC disponible en 2500 cm ²	% de muerte D.C.	D.C. parasitadas en 2500 cm ²	% parasitismo Tx	D.C total 2500cm ² (F+H)	Tx liberadas
A	B	C	F	G	H	I	J	K
18/04/2013	-7	1	1,685.2	0.0	41.4	2.4	1726.6	

25/04/2013	0								18,200
03/05/2013	8	16	133.9	89.9	85.8	5.1	219.6		
10/05/2013	15	23	16.0	53.7	57.5	43.0	73.5		
20/05/2013	25	33	8.4	10.4	45.5	284.6	53.9		

Correlación de variables												
	D vs F	D vs G	D vs H	D vs I	Q vs L	Q vs M	R vs L	R vs M	S vs L	S vs M	T vs L	T vs M
r	-0.40	-0.80	-0.60	0.96	0.88	0.90	0.93	0.95	0.88	0.91	0.93	0.94
n-2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
t-dist (p)	0.74	0.41	0.59	0.19	0.31	0.28	0.24	0.20	0.31	0.28	0.25	0.21

t: tiempo transcurrido del primer conteo, O.T.: Oscilación térmica Tmax-Tmin, D.C.=Ninfas de *Diaphorina citri*, Tx=*Tamarixia radiata*, de A a T: Variables que se utilizaron para la correlación, ABC = Área bajo la curva, Temp=Temperatura, r=correlación de pearson, n=numero de datos y t-dist(p)= nivel de significancia p>0.05 no es significativa la correlación.

A partir de los resultados anteriores de la correlación, se realizó un análisis cualitativo de las condiciones ambientales durante el periodo de los experimentos, con el objeto de evaluar, que variable pudiese estar involucrada en el comportamiento de la población.

Así, entonces, de acuerdo al análisis de las condiciones de la oscilación térmica, porcentaje de humedad relativa y temperaturas restrictivas para el desarrollo y/o sobrevivencia de *D. citri* y *T. radiata*, presentadas en el cuadro 4, durante el periodo del experimento, en los eventos reportados como suradas, la TOTA resulto con valores desde 1.9°C/hora hasta de 2.6°C/hora, cuando el porcentaje de muerte de organismos fue mayor (de 39.1 a 7.7 ninfas por cuadro), se tuvieron dos días con TOTA mayores a 2.5, hasta 7.8 horas con humedades relativas mayores al 90% y con temperaturas por 4.7 horas por arriba de 29.6°C, que es límite de óptimo desarrollo de *D. citri*, además de 8.25 horas con temperaturas menores a 10°C, que fue el momento en que se "estaciono" la masa de aire polar del frente frío (FF) numero 31 de la temporada 2012-2013. Por lo anterior podríamos generalizar que la dinámica de la sobrevivencia de estos organismos está dado por factores sumados.. También se puede observar que durante el evento FF 30 y 31 durante el día las oscilaciones térmicas son bajas 1°C, máximo 7°C y en general no se dan temperaturas extremas que pudieran afectar el desarrollo o sobrevivencia de los insectos, distinguiéndose que la población no solo se mantiene a pesar de la presencia del parasitoide, sino que crece de 34.4 organismos en 2500cm² a 39.1.

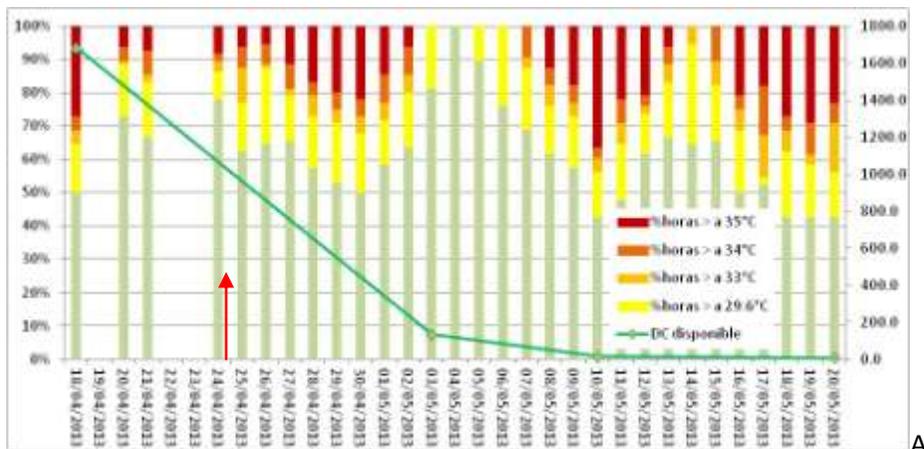
Cuadro 4 . Comportamiento de la Temperatura y Humedad relativa, de acuerdo a los registros de la EMA-INIFAP en Mocochoa, Yuc.

Fecha	TOTA	H. con HR> 80%	H con HR> 90%	H. con T> 29.6°C	H. con T> 33°C	H. con T> 34°C	H. con T> 35°C	H. con T< 10°C	Descripción meteorológica
22/02/13	2.0	8.8	5.8	9.3	6.8	6.0	4.5	0.0	Surada
23/02/13	1.9	13.5	8.3	8.0	6.5	5.5	4.8	0.0	Surada
24/02/13	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.0	Surada

25/02/13	1.9	10.0	5.8	8.8	6.5	6.0	5.0	0.0	Surada
26/02/13	1.1	11.8	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	FF 30,
27/02/13	1.9	14.0	6.5	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	FF 30 estacionario
28/02/13	0.3	15.3	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	FF 30 estacionario
01/03/13	0.6	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	FF30 disipándose y FF 31
02/03/13	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	FF 31
03/03/13	1.3	5.3	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	FF 31.
04/03/13	2.6	12.5	7.8	2.8	0.0	0.0	0.0	8.25	FF31 madrugada y surada
05/03/13	2.5	11.5	6.5	4.8	2.5	1.5	0.0	0	AP
06/03/13	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		FF32
07/03/13	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		FF32 disipándose

T = temperatura, O.T.=Oscilación térmica, H.=Hora, HR=Humedad relativa, FF= Frente frío, AP =Alta presión, nd = no dato. La coloración de las celdas indica un gradiente clasificatorio de las condiciones mas estresantes colores mas oscuros hasta el mínimo o inexistente en color transparente.

Para Motul, se realizó un análisis similar a Baca, como ya se dijo la población de *D. citri* disponible, baja drásticamente a partir del primer conteo (línea verde) en la Figura 3, como se puede observar el porcentaje de horas en el día con temperaturas restrictivas llega a ser mayor al 50%, lo mismo que las condiciones limitantes respecto a la cantidad de humedad relativa, siendo el 4to día después del primer conteo que pasa 6.3 horas con HR mayores al 90%, condición restrictiva para la presencia de las ninfas de *D. citri*. Cabe hacer la observación que cuando las condiciones son menos estresantes en este caso para ambos insectos es cuando se presentan e fenómeno del FF (frente frío).



A

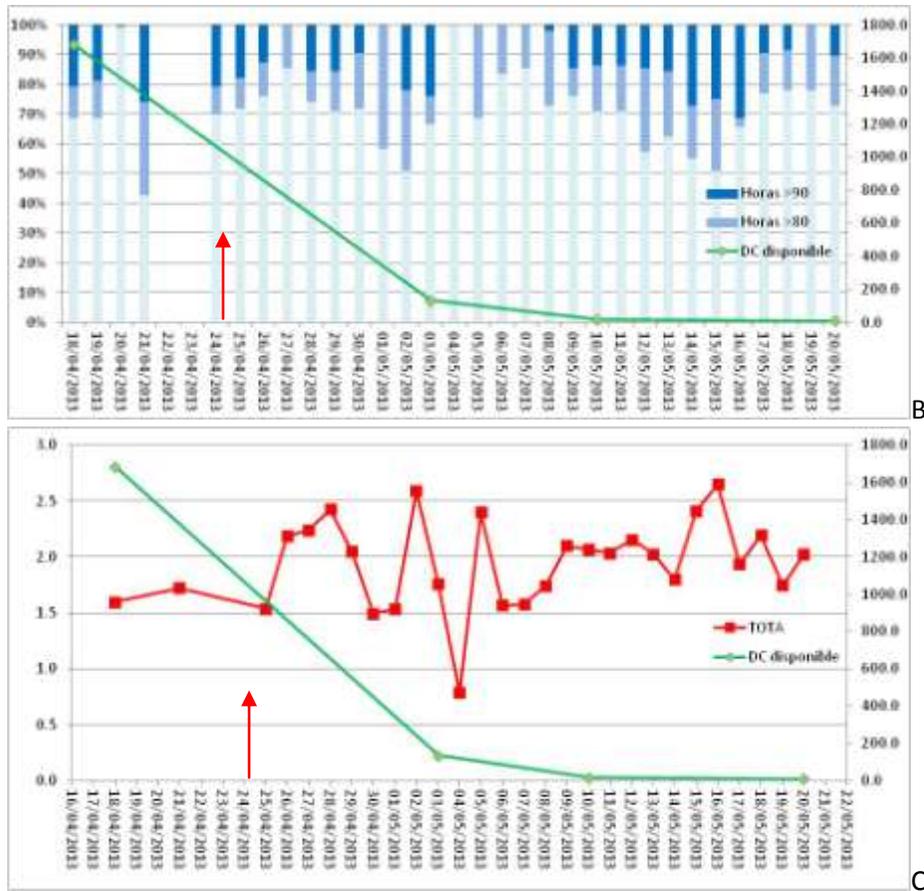


Figura 3. Condiciones climáticas durante el periodo del experimento en Motul, Yuc., información extraída de la EMA-INIFAP. a) porcentaje de horas en un día, de las temperaturas reportadas como limitantes del desarrollo o del establecimiento de *D. citri* y de *T. radiata*. b) porcentaje de horas en un día, de humedad relativa reportada como limitante mayor a 80 y a 90% y c) El TOTA. La flecha roja representa el momento de la liberación.

De los instrumentos de medición

Las diferencias para el sitio de Motul, Yuc. de la temperatura máxima registradas dentro y fuera del seto con dataloger tienen una diferencia de 3.3°C en promedio, teniendo 21 días con diferencias mayores a 3°C. Ahora entre las condiciones ambientales entre el dataloger y la EMA, el dataloger registro en promedio 2.6°C mas temperatura que la EMA en las máximas. Y la comparación entre el dataloger dentro del seto y la EMA, las diferencias son en promedio para las máxima 0.7°C mas caliente la EMA que el dataloger dentro del seto y 0.4°C con la temperatura media.

En el caso de Baca las diferencias son similares a las encontradas en Motul, pudiendo agregar que las temperaturas máximas parecer ser las mas susceptibles a comportarse diferente alcanzado diferencias hasta de 4°C dentro del seto y fuera de éste.

Ahora bien, respecto a las mediciones de las oscilaciones, se pueden diferenciar mas detalladamente en muestreos de cada 15 minutos que es el programado en la EMA-INIFAP, respecto a los del dataloger programados con muestreos cada hora, ya que en un muestreo menor como el del dataloger se pierden los valores absolutos correspondiente.

Conclusiones

La caída tan drástica de la población de *Diaphorina Citri*, puede deberse a diversos factores, en los que se puede destacar el papel de *Tamarixia radiata* que se ha reportado que además de tener un papel de parasitoide es depredador, ya que toma nutrientes de la hemolinfa y de las secreciones amieladas del huésped (Michaud 2004 y Qureshi and Stansly, 2009). El haber liberado esa cantidad de parasitoides, sin un aumento del parasitismo, pero una muerte de hospederos, puede explicarse por este hecho, sobre todo en Motul.

Como la evaluación se llevó a cabo por periodos mayores a los 15 días, tanto en Motul como en Baca, los brotes de *M. paniculata*, que en un principio eran propicios para *D. citri*, estos maduraron dando cabida a la muerte de las ninfas. Además que durante el muestreo se tienen dos ciclos de vida de la *D. citri*, lo que dificulta discernir la evolución de una a una de las generaciones y el parámetro ambiental que limita su desarrollo y establecimiento. Para que el análisis pudiera hacerse mas cuantitativo es necesario tener mayor número de datos biológicos, pues en el momento de realizar las correlaciones y que se engloben las variables climáticas a un datos, no se obtienen niveles de significancia adecuados, ni correlaciones con explicación biológica.

A pesar de que conforme se fueron haciendo los experimentos, se tomaban en cuenta condiciones aprendidas de las experiencias anteriores, debido a que en los tres experimentos, no se tiene consistencia en la relación de la sobrevivencia del insecto o el aumento en la capacidad de parasitismos, es difícil asegurar con estos datos, el grado de asociación de la condición de parasitismo y las condiciones ambientales imperantes. Por lo que sería necesario trabajar en varias líneas de investigación en el futuro cercano.

Literatura citada

AMSDA, 2013. Plan rector del sistema producto cítricos. <http://www.amsda.com.mx/PREEstatales/Estatales/YUCATAN/PREcitricos.pdf>

Ashihara W. 2004. Survival of Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama adults under winter temperatura conditions in central and south Kyushu. Journal Applied Entomology, Zoology. 48:207-211.

Ashihara W. 2007. Cold Hardiness of adult asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae). Journal Applied Entomology, Zoology. 51:281-287

Aubert, B. 1988. Management of the citrus greening disease in Asian orchards. In : The FAO-NDP Project Coodinator in Fuzhou, p 51-52. Regional Workshop on Citrus Greening Huanglongbing Disease. Fuzhou, China 6-12 December 1987.

Aubert, B. 1987. *Trioza erytrae* Del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psylloidea), the two vector of Citrus Greening Disease: Biological aspects and possible control strategies. Fruits 42(3):149-162

Aubert, B. 1990. Integral activities for the control of Huanglongbing- greening and its vector *Diaphorina citri* Kuwayama in Asia In: Aubert B, TontyapornS, Buangsuwon D. Editors Proceedings of the Fourth Interational Asia Pacific

Conference on Citrus Rehabilitation, pp 133-144. Chiang Mai Thailand, 4-10 February 1990. Rome FAO UNDP

Aubert, B., Grisoni, M., Villemin, M. and Rossolin, G. 1996. A case of study of Huanglongbing (greening) Control in Reunion. In Proceedings of the 13th conference of the international organization of citrus virologist. Eds. P. Moreno, daGraca, J.V. and Timmer L.W. pp. 276-278.

Beattie, G.A.C. y Barkley, P. 2009. Huanglongbing and its vectors. A pest specific contingency plan for the citrus and nursery and garden industries (Version 2), february. 2009 Horticulture Australia Ltd.

Bové J. M. and A. J. Ayres. 2007. Etiology of three recent diseases of citrus in Sao Paulo State: Sudden death, variegated chlorosis and huanglongbing. IUBM Life 59:346-354.

Chin-Ch. Ch, Yau-L. Ch. y Shiu-chih, K. 1991. Parasitic strategy, morphology and life history of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera Eulophidae). Chinese Journal Entomology 11:264-281

Étienne, J., S. Quilici, D. Marival, and A. Franck. 2001. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). Fruits 56:307-315.

FIRA, 2013. Red de valor cítricos en Yucatán. <http://www.fira.gob.mx/OportunidadNeg/DetalleOportunida.jsp?Detalle=6>

French et al., 2001

Fung, Y.C y Chen, C. N. 2006. Effects of temperatura and host plant on population parameters of the citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama). Formosan Entomologist 26:190-123

García E. 1990. Climas. 1: 4000 000. IV.4.10 (A). Atlas Nacional de México. Vol. II. Instituto de Geografía, UNAM. México.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México, 27p.

Gómez- Torres L. M., Nava D. E., Parra P. J. R. 2012. Life Table of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diaphorina citri* (Hemiptera Psyllidae) at different temperatures. Journal of Economic Entomology. 105 (2) 338-343.

Halbert S. E. & Manjunath K. L. 2004 - Asian Citrus Psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and Greening Disease of Citrus: A Literature Review and Assessment of Risk in Florida. Florida entomologist 87(3): 330-353

Hall D. R. Wenninger E.J, Hentz ,M.G. 2011. Temperature studies with the Asian citrus psyllid. *Diaphorina citri*. Cold hardiness and temperatura thresholds for oviposition. Journal of insects Science 11(83) 1-15

Ichinose, K., Miyazi, K., Matsuhira, K., Yasuda, K., Sadoyama, Y. Tuan, D. H., and Bang, D. V. 2010. Unreliable pesticide control of the vector psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera:Psyllidae) for the reduction of microorganism disease transmission. Journal of Enviromental Science and Health 45:66-472.

Jawwad A. Qureshi, J.A. and P. A. Stansly. 2009. Exclusion techniques reveal significant biotic mortality suffered by Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations in Florida citrus. *Biological control*. 50(2): 129-136

Kuwayama Sh. 1908 - Die Psylliden Japans. I. Transactions of the Sapporo Natural History Society 2: 149-189 [160]

López-Arroyo, J. I., M. A. Peña, M. A. Rocha-Peña y J. Loera. 2005. Ocurrencia en México del Psílido asiático

Diaphorina citri (Homoptera: Psyllidae), pp. C68. In: Memorias del VII Congreso Internacional de Fitopatología.

Chihuahua, Chih. Méx

Mc Farland, D. C y Hoy, A. M. 2001. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) and its two parasitoids *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperaturas regimes. *Florida Entomologist*. 84 (2):227-233

McClellan, A.P.D. y Schwartz, R.E. 1970. *Greening or blotchy-mottle disease of Citrus*. *Phytophylactica*, 2(3): 177-194.

Meyer, J. M., Hoy, A. M. and Boucias, D. G. 2007. Morphological and molecular characterization of *Hirsutella* species infecting the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* K. (Hemiptera:Psyllidae), in Florida. *Journal of Invertebrate Pathology*.

Michaud, J. P. 2004. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. *Bio Control* 260-269.

Michaud, JP. 2004. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. *Biological control*. 29(2):260-269

Miranda-Salcedo, M.A. y López-Arroyo, J. I. 2011. *Avances de investigación para el manejo del psílido asiático de los cítricos Diaphorina citri Kuwayama en Michoacán*, México. Memorias del 3er Congreso Nacional, Mitigación del Daño Ambiental en el sector Agropecuario de México.

Nakata, T. 2006. Temperature-dependent development of the citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera:Psylloidea), and the predicted limit of its spread based on overwintering in the nymphal stage in temperatura regions Japan. *Applied Entomology Zool*. 41(3):383-387.

Nava, D. E. , Torres M. L. G., Rodrigues, M. D. L, Bento, J. M .S., y Parra, J R. P. 2007. Biology of *Diaphorina citri* (Hemi., Psyllidae) on different hosts and at different temperaturas. *Journal Applied Entomology*. 131(9-10):709-715.

Quilici, S. y Fauverge, X. 1990. Studies on the biology of *Tamarixia radiata* Waterston (Hymenoptera: Eulophidae). *Proceedings of the Fourth Interational Asia Pacific Conference on Citrus Rehabilitation*, pp 251-254. Chiang Mai Thailand, 4-10 February 1990. FAO UNDP

SIAP, 2013. Cierre de la producción agrícola por estado. <http://www.siap.gob.mx>. consulta: 01 de octubre de 2013

SIAT, 2012. Sistema de alerta temprana de importancia agrícola para la Península de Yucatán. <http://alte.inifap.gob.mx> consulta:02 de octubre de 2013

Skelley, L. H. y Hoy M. A. 2004. A synchronous rearing method for the Asian citrus psyllid and its parasitoids in quarantine. *Biological Control*. 29: 14-223

Tang Y. Q. 1989. A preliminary survey on the parasite complex of *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) in Fujian 1988, pp. 10-17. In: B. Aubert K. Chung and C.I. Gonzales (eds.). *Asian/Pacific Citrus Greening 1988:10–17*.

Tsai, J. H y Liu Y. H. 2000. Biology of *Diaphorina citri* (Homopetra: Psyllidae) on four host plants. *Journal economic Entomology*. 93 (6) 1721-1725.

Tubajika, K. M., Civerolo, E. L., Puterka, G. J., Hashim, J. M., and Luvisi, D. A. 2007. The effects of kaolin, harpin, and imidacloprid on development of Pierce's disease in grape. *Crop Protection* 26:92-99.

Yang, Y., Huang. M., Andrew, G., Beattie, C., Xia, Y., Ouyang, G y Xiong, J. 2006. Distribution, biology, ecology and control of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama a major pest of citrus : a status report for China. *International Journal of Pest Management*.52(4) 343-352