

Emergencia postinvernal y fluctuación poblacional de adultos del picudo perforador de la caña de azúcar, *Acrotomopus atropunctellus* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae)

María L. del P Pérez*, Marcos G Isas**, Analía Salvatore***, Gerardo Gastaminza*,
Eduardo Romero**** y Eduardo Trumper*****

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue caracterizar la dinámica de emergencia postinvernal de *Acrotomopus atropunctellus* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae) y su fluctuación poblacional en la localidad de Ranchillos, departamento Cruz Alta, Tucumán. El monitoreo de emergencia se realizó semanalmente de noviembre a abril durante las campañas 2011/2012, 2012/2013 y 2013/2014, mediante jaulas de hierro enterradas sobre los surcos de caña de azúcar (Var LCP 85-384). Se estimó la fecha fija de comienzo de acumulación de temperatura y el umbral térmico inferior y superior. Las fechas de comienzo de acumulación térmica probadas fueron 1° de enero y 1° de julio; los umbrales térmicos inferiores abarcaron de 4°C a 15°C y los umbrales térmicos superiores fueron 30°C, 32°C y 34°C. Se calculó el coeficiente de variación (CV) de los grados-día acumulados requeridos para el cumplimiento de 25, 50 y 75% de emergencia a través de las tres campañas para cada combinación. El monitoreo de adultos se realizó semanalmente durante el mismo período que el monitoreo de emergencia. La fecha de inicio para la acumulación térmica y la combinación de parámetros de desarrollo que arrojaron el menor CV a través de los años de estudio fueron el 1° de enero, con un umbral térmico inferior de 9°C y umbral térmico superior de 32°C. El período de emergencia de adultos de *A. atropunctellus* en las campañas 2011/2012, 2012/2013 y 2013/2014 duró 123, 141 y 132 días, y 2082, 2284 y 2087°Días, respectivamente. La correlación entre la precipitación y la emergencia semanales no resultó significativa ($r = -0,02$; $p = 0,90$). Lo mismo ocurrió al analizar la correlación entre precipitación acumulada y emergencia acumulada a una escala de dos semanas ($r = 0,11$; $p = 0,42$). La proporción sexual en las tres campañas no difirió significativamente de 1:1. La densidad poblacional de adultos del picudo de la caña de azúcar en las campañas varió entre 0,13-0,67, 0,03-1,57 y 0,06-1,13 picudos.m⁻¹, respectivamente.

Palabras clave: umbral térmico, plaga, proporción sexual.

ABSTRACT

Post-winter emergence and population fluctuation of sugarcane weevil borer adult, *Acrotomopus atropunctellus* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae).

The objective of this work was to characterize the dynamics of post-winter emergence of *Acrotomopus atropunctellus* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae) and its population fluctuation at Ranchillos, Tucumán. The emergency monitoring was carried out weekly from November to April during the 2011/2012, 2012/2013 and 2013/2014 season through iron cages buried on the sugar cane furrows. The fixed date of the beginning of temperature accumulation and the lower and upper thermal threshold was estimated. The accumulation start dates tested were 1 January and 1 July and the lower thermal thresholds ranged from 4 to 15 ° C and the upper thermal thresholds were 30, 32 and 34 ° C. The coefficient of variation (CV) of cumulative day-grades required for compliance of 25, 50 and 75% of emergency through the three campaigns, for each combination, was calculated. Adult monitoring was conducted weekly during the same period as emergency monitoring. The start date for the thermal accumulation and the combination of development parameters that showed the lowest CV over the years were January 1, lower thermal thresholds of 9 ° C and higher thermal thresholds of 32 ° C. The adult emergence period of *A. atropunctellus* in the 2011/2012, 2012/2013 and 2013/2014 campaigns lasted 123, 141 and 132 days and 2082, 2284 and 2087 ° Days, respectively. The correlation between weekly precipitation and emergence was not significant ($r = -0.02$, $p = 0.90$). The same result was found in the analysis the correlation between accumulated precipitation and cumulative emergency on a two-week scale ($r = 0.11$, $p = 0.42$). The sex ratio in the three seasons did not differ significantly from 1: 1. The population density of adults of the sugarcane weevil in the season varied between 0.13-0.67, 0.03-1.57 and 0.06-1.13 picudos.m⁻¹, respectively.

Key words: thermal thresholds, pest, sexual proportion.

Fecha de recepción: 17/09/2019 - Fecha de aceptación: 30/04/2020

* Sección Zoología Agrícola, EEAOC. E-mail: mlperez@eeaoc.org.ar; ** Bulacio Argenti S.A.; *** Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Agronomía y Zootecnia; **** Sección Caña de azúcar, EEAOC; ***** Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Manfredi, Córdoba.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es uno de los cultivos más importantes de la región del NOA y cuenta con 371.829 ha distribuidas en un 73% en la provincia de Tucumán, 17% en Jujuy y el 10% en Salta (INTA, 2018). En esta región, las plagas que afectan al cultivo pertenecen en su mayoría al orden Lepidoptera: *Diatraea saccharalis* (Fabricius 1794), *Diatraea dyari* (Box), *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller), *Mocis latipes* (Guenée) y *Mythimna (Pseudaletia) unipuncta* (Haworth) (Willink, 1982; Salvatore *et al.*, 2009). Sin embargo, también se ve perjudicado por plagas del orden Hemiptera: *Proarna bergi* (Distant, 1892) (Costilla *et al.*, 1973) y Coleoptera: *Ancistrosoma argentinum* (Moser, 1921) (Easdel *et al.*, 2015) y *Acrotomopus atropunctellus* (Boheman) (Box, 1929; Jaynes, 1931). Con respecto a esta última, se observó que provoca daños significativos que disminuyen el rendimiento cultural del cañaveral (Pérez *et al.*, 2012; Pérez *et al.*, 2017) y muchas veces fueron confundidos con los realizados por otras especies (Pérez *et al.*, 2012).

Los insectos ejercen roles muy importantes en el ecosistema como herbívoros, vectores, benéficos y alimento (Speight *et al.*, 2008). Sin embargo, fue el papel como plagas el que motivó una enorme cantidad de investigaciones que han buscado la identificación de los factores que afectan su dinámica poblacional, el desarrollo de modelos para entender y predecir los cambios en la población y, más recientemente, la evaluación de los efectos de las poblaciones de insectos en las propiedades del ecosistema (Schowalter, 2006). Conocer los patrones de variación estacional de los insectos y los diversos factores incidentes hace posible implementar un sistema de manejo que incluya la selección del momento adecuado de intervención y el aumento de su eficiencia, contribuyendo a un manejo integrado de las plagas (Dufour, 2001; Barrera *et al.*, 2006; Binns and Nyrop, 1992).

A partir del conocimiento de los factores influyentes en la dinámica de las plagas es posible diseñar un sistema de alerta que sirva para anticipar su aparición (Edelstein *et al.*, 2010; Manzano Serrano *et al.*, 2013). El efecto de la temperatura estimado a partir de modelos de grados-día permite mejorar el diseño de medidas de control químico y cultural (Dent, 2000). Un ejemplo de esto es la decisión sobre el atraso o adelanto de la fecha de siembra, una de las prácticas culturales orientadas a crear condiciones desfavorables para la sincronización entre la emergencia o los picos poblacionales del insecto perjudicial y los estados fenológicos más susceptibles del cultivo (Howell y Andrews, 1987; Altieri, 1993; Hammond, 2001; Cañedo *et al.*, 2011).

Otro factor abiótico que afecta la fluctuación poblacional de los insectos son las precipitaciones (Berti-Moser *et al.*, 2008; Sabu and Vinod, 2009). En efecto, la sincronización de la emergencia del complejo de curculiónidos y etapas susceptibles del cultivo de soja guarda una estrecha relación con la ocurrencia de las precipitaciones (Socías, 2012; Cazado, 2014). En caña de azúcar se detectó una influencia de la temperatura en la fluctuación de la densidad de curculiónidos (Degaspari, 1987).

Es muy poco lo que se conoce sobre los factores que afectan la dinámica poblacional de *A. atropunctellus*. Las únicas investigaciones sobre biología y daños de esta especie fueron realizadas por Box (1929) y Jaynes (1931).

Con respecto a la dinámica poblacional, estos autores indican que *A. atropunctellus* posee una generación anual, que las larvas están dentro de la caña durante todo el año y que en el invierno se encuentran dentro de la cepa. En relación a los adultos, señalan que probablemente la emergencia postinvernal comience en los meses de noviembre y diciembre.

Como hipótesis de trabajo se planteó que, dadas las condiciones de bajas temperaturas del invierno en la región de producción de caña de azúcar de la provincia de Tucumán (República Argentina), el desarrollo larval se detiene. Por lo tanto, se espera que los adultos solo se detecten en el cultivo desde la primavera, mostrando un patrón de emergencia clásicamente unimodal. Bajo la hipótesis universal del efecto de la temperatura sobre los procesos metabólicos de los organismos poiquilotérmicos (Curry & Feldman, 1987; Chown and Nicolson, 2004; Speight *et al.*, 2008), se predice que este factor meteorológico explica los patrones de emergencia postinvernal de los adultos. Teniendo en cuenta que *A. atropunctellus* permanece durante el invierno dentro de la cepa, y asumiendo que dicho hábito amortigua substancialmente las variaciones de humedad ambiental, se plantea como hipótesis complementaria que las precipitaciones no inciden en el patrón de emergencia.

El objetivo de este trabajo fue caracterizar la dinámica de emergencia postinvernal de *Acrotomopus atropunctellus* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) y su fluctuación poblacional bajo las condiciones ambientales del departamento Cruz Alta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

Los ensayos se llevaron a cabo en la localidad de Ranchillos, 26°59' 5" S y 65°00' 36" O (departamento Cruz Alta, provincia de Tucumán), sobre un cultivo comercial de caña de azúcar (*Saccharum* spp) variedad LCP 85-384, con un diseño de plantación de surcos de base ancha separados a 1,60 m, donde se realizó un manejo convencional del mismo sin aplicaciones de insecticidas. La zona del ensayo pertenece a la región geográfica Llanura Depresiva salina seca subhúmeda, donde la precipitación anual disminuye desde 900 mm al suroeste hasta 650 mm en el este, con un período de deficiencia hídrica de 5 a 9 meses. La evapotranspiración potencial es de 950 mm anuales. La temperatura media anual es de 19,5°C. La temperatura media de enero es de 25°C y la de julio, de 12°C. Las heladas ocurren en el período junio-agosto con una frecuencia de 12 a 15 días por año (Zuccardi y Fadda, 1985).

Los datos de temperatura y precipitación de cada campaña fueron provistos por la estación agrometeorológica perteneciente a la Sección Agrometeorología de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEOC), ubicada en la localidad de Ranchillos a 100 metros de donde se realizaron las observaciones (26°59' 6" S y 65°00' 38" O).

Monitoreo de la emergencia de *A. atropunctellus*

En el mes de octubre de las campañas 2011/2012, 2012/2013 y 2013/2014 se colocaron 20 jaulas de emergencia en el lote de estudio, coincidiendo con la fase de brotación del cultivo. En cada campaña se seleccionaron

aleatoriamente 20 puntos sobre los cuales se instalaron las jaulas durante el ciclo estival del cultivo.

Cada jaula consistió en un marco de chapa de 0,90 m de longitud, 0,60 m de ancho, 0,25 m de altura y una estructura formada por arcos de hierro liso soldadas al borde superior de la base, alcanzando una altura de 1,25 m. La jaula se cubrió con tela de *voile* a fin de evitar el escape de los picudos.

El monitoreo de la emergencia de los adultos se realizó semanalmente desde octubre hasta que no se encontraron individuos durante dos fechas de muestreo sucesivas. Este consistió en el conteo y recolección de los picudos presentes en las jaulas, traslado de los ejemplares en contenedores plásticos de 250 cm³ con tapa con trozos de caña de azúcar para su alimentación y sexado en laboratorio de la EEAOC.

Estimación de fecha fija y del umbral térmico para la acumulación de grados-día

Ante la ausencia de un biofix (evento biológico significativo y reconocible), se siguió el enfoque de fecha fija para la acumulación de grados-día, tomando en este caso el 1° de enero y el 1° de julio de cada año. La elección de estas fechas se apoya en la convención a la que adhieren otros investigadores (Dong Soon *et al.*, 2000; Del Tio *et al.*, 2001; Zou *et al.*, 2004; Broatch *et al.*, 2006; Merrill *et al.*, 2010, entre otros). Si bien en algunos casos el uso de eventos biológicos como verdaderos biofix ofrece predicciones más precisas, este enfoque se ve condicionado a la implementación de seguimiento constante de las fluctuaciones de las poblaciones. Esto es aplicable a insectos cuyo monitoreo se realiza habitualmente mediante trampas de fácil revisión, como es el caso de las redes de monitoreo de lepidópteros de frutales con trampas de feromonas (Vermeulen, *et al.* 1988; Cividanes e Martins, 2008; Halbrendt, 2012; Ward, 2012).

El número de grados-día se calculó a través del método propuesto por Sevecharian *et al.* (1977), consistente en la sustracción del umbral térmico de desarrollo inferior (UTI) al valor de temperatura (°C) promedio de cada día. Dado que se desconocen los umbrales térmicos de desarrollo inferior (UTI) y superior (UTS) de *A. atropunctellus*, se decidió realizar el cálculo de acumulación de grados-día teniendo en cuenta combinaciones de umbrales térmicos que contengan valores de especies emparentadas y subtropicales (Honek, 1996; Traore *et al.*, 1996; Trudgill *et al.*, 2005; Nietschke *et al.*, 2007). Las UTIs abarcaron de 4°C a 15°C y las UTSs fueron 30°C, 32°C y 34°C. Se calculó el coeficiente de variación (CV) de los grados-día acumulados requeridos para el cumplimiento de 25, 50 y 75% de emergencia a través de las tres campañas, para cada combinación de UTI y UTS y para cada fecha de comienzo de acumulación de temperatura. Se eligió la combinación de estos parámetros que arrojó menor coeficiente de variación. Este método permite estimar los parámetros térmicos de desarrollo que empíricamente resultan en el cálculo de acumulaciones térmicas más consistentes para la descripción de la sucesión fenológica en artrópodos (Ruml *et al.*, 2010; Akotsen Mensah *et al.*, 2011).

Caracterización del período de emergencia de *A. atropunctellus*

Se calculó la densidad media de adultos emergidos (N° total de adultos emergidos en una fecha/total de

jaulas (20)), la emergencia relativa semanal (N° de insectos capturados en cada fecha/N° total de insectos capturados en todo el periodo de estudio) calculada para machos, para hembras y para el total de adultos. Por otra parte, sobre la base de la emergencia relativa se elaboraron curvas de emergencia relativa acumulada.

Se aplicó un análisis de correlación entre la emergencia relativa semanal y el nivel de precipitación de cada semana, y entre la emergencia relativa acumulada de dos semanas y la precipitación acumulada en igual período de tiempo.

Caracterización del patrón de la variación de la proporción sexual

El sexado de los ejemplares recolectados de *A. atropunctellus* se realizó bajo microscopio estereoscópico (Carl Zeiss modelo Stemi DV4), sobre la base del dimorfismo sexual de la especie descrito por Pérez *et al.*, (2012). Se calculó la proporción de hembras (N° total de hembras/N° total de individuos) por cada fecha de muestreo y por campaña, y se utilizó la prueba *Z* (Canal Díaz, 2006) para determinar si la proporción sexual es significativamente diferente a 0,5. Se calculó el valor de *Z* mediante la fórmula:

$$Z_{prueba} = \frac{\frac{x}{n} - p_0}{\sqrt{\frac{p_0(1 - p_0)}{n}}}$$

Donde x/n es la proporción sexual de la muestra (x es la media de hembras encontradas y n el número total de individuos) y P_0 la proporción sexual esperada de acuerdo con la hipótesis nula de una determinación aleatoria del sexo (0,5; 1:1). Posteriormente, este valor fue comparado con el valor de *Z*, obtenido a partir de una tabla normal a un nivel de significación $\alpha = 0,05$. El valor de *Z* de tabla para un nivel de significancia de 0,05 es de -1,96 y 1,96. El tipo de prueba refleja $H: P \neq P_0$, lo que establece una prueba de dos colas.

Fluctuación poblacional de adultos de *A. atropunctellus*

El monitoreo de adultos se realizó semanalmente de noviembre a abril durante las campañas 2011/2012, 2012/2013 y 2013/2014. En cada fecha de muestreo se seleccionaron 30 puntos al azar mediante la función *Aleatorio* del programa Excel^(MR). Cada unidad de muestreo consistió en un metro de surco de caña de azúcar, dentro del cual se registraron los picudos mediante inspección visual del suelo, las hojas y los tallos durante 10 minutos.

Se aplicó un análisis de correlación entre la emergencia de adultos registrada en las jaulas (proporción de picudos emergidos por jaula en cada fecha) y la fluctuación poblacional de los mismos registrada mediante muestreo (densidad de picudos por metro lineal).

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Estimación de la fecha fija y del umbral térmico para la acumulación de grados-día

La fecha de inicio para la acumulación térmica y la combinación de parámetros de desarrollo que arrojaron

el menor CV a través de los años, para identificar los momentos en que se cumplen 25, 50 y 75% de emergencia, fueron el 1° de enero, UTI de 9°C y UTS de 32°C (Tablas 1, 2 y 3). En consecuencia, estos se tomaron para calcular la acumulación de grados-día, variable en la que se apoyó la descripción del patrón temporal de la emergencia de adultos de *A. atropunctellus*.

Caracterización del período de emergencia de *Acrotomopus atropunctellus*

El período de emergencia de adultos de *A. atropunctellus* en las campañas 2011/2012, 2012/2013 y 2013/2014 duró 123, 141 y 132 días y 2082, 2284 y 2087°Días, respectivamente. Al estimar la duración del período mediante el tiempo fisiológico, es decir mediante los grados-día acumulados en el período, se observó una menor variabilidad a lo largo de las tres campañas estudiadas

en comparación con la medición en tiempo cronológico.

El promedio de adultos emergidos por jaula en las campañas muestreadas varió en los rangos 0,1 - 1,7; 0,1 - 2,35 y 0,3 - 0,7, y el promedio por jaula para toda la campaña fue de 0,59; 1,24 y 0,84 picudos por jaula, respectivamente (Tabla 4).

En la campaña 2011/2012, el número de adultos emergidos mostró un comportamiento bimodal, con dos picos poblacionales en una acumulación de 4236°Días (06/01/2012) y 4588°Días (26/01/2012) con 1,3 y 1,7 picudos/jaula, respectivamente. El primero estuvo determinado, en mayor porcentaje, por la emergencia de machos mientras que el segundo, por hembras (Figura 1). Los grados-día acumulados al comienzo del período fueron de 3558°Días (26/11/2011) y se superó el 50% del total de picudos emergidos a una acumulación de 4514°Días aproximadamente (Figura 2).

Tabla 1. Coeficientes de variación de los grados-día acumulados desde dos fechas fijas hasta el cumplimiento de los 25, 50 y 75% de emergencia de adultos de *Acrotomopus atropunctellus*, correspondientes a las combinaciones de 12 valores de Umbral Térmico Inferior (UTI) y un Umbral Térmico Superior (UTS) de 30°C en Ranchillos (Tucumán). GD: Grados-día.

Comienzo de acumulación de GD		1° de enero				1° de julio			
		25	50	75	Prom.	25	50	75	Prom.
UTS 30°C	UTI 4	0,010	0,020	0,020	0,021	0,055	0,053	0,058	0,055
	UTI 5	0,010	0,021	0,021	0,021	0,055	0,054	0,058	0,056
	UTI 6	0,009	0,021	0,021	0,021	0,056	0,055	0,059	0,056
	UTI 7	0,010	0,021	0,021	0,021	0,055	0,053	0,058	0,055
	UTI 8	0,007	0,022	0,022	0,021	0,057	0,057	0,060	0,058
	UTI 9	0,007	0,023	0,023	0,021	0,057	0,058	0,061	0,059
	UTI 10	0,006	0,024	0,024	0,022	0,058	0,059	0,063	0,060
	UTI 11	0,007	0,026	0,026	0,024	0,059	0,062	0,065	0,062
	UTI 12	0,009	0,028	0,028	0,026	0,061	0,065	0,067	0,064
	UTI 13	0,008	0,026	0,026	0,024	0,058	0,059	0,063	0,060
	UTI 14	0,016	0,036	0,036	0,033	0,065	0,074	0,075	0,071
	UTI 15	0,021	0,041	0,041	0,038	0,068	0,079	0,080	0,075

Tabla 2. Coeficientes de variación de los grados-día acumulados desde dos fechas fijas hasta el cumplimiento de los 25, 50 y 75% de emergencia de adultos de *Acrotomopus atropunctellus*, correspondientes a las combinaciones de 12 valores de Umbral Térmico Inferior (UTI) y un Umbral Térmico Superior (UTS) de 32°C en Ranchillos (Tucumán). GD: Grados-día.

Comienzo de acumulación de GD		1° de enero				1° de julio			
		25	50	75	Prom.	25	50	75	Prom.
UTS 32°C	UTI 4	0,010	0,022	0,033	0,022	0,056	0,056	0,060	0,057
	UTI 5	0,009	0,023	0,034	0,022	0,057	0,057	0,060	0,058
	UTI 6	0,008	0,023	0,034	0,022	0,057	0,057	0,061	0,059
	UTI 7	0,009	0,023	0,034	0,022	0,056	0,056	0,060	0,057
	UTI 8	0,008	0,025	0,036	0,023	0,058	0,060	0,063	0,060
	UTI 9	0,002	0,015	0,027	0,015	0,059	0,061	0,064	0,061
	UTI 10	0,008	0,027	0,039	0,025	0,060	0,063	0,066	0,063
	UTI 11	0,010	0,030	0,041	0,027	0,061	0,066	0,068	0,065
	UTI 12	0,013	0,033	0,044	0,030	0,063	0,069	0,071	0,068
	UTI 13	0,010	0,030	0,042	0,027	0,060	0,063	0,066	0,063
	UTI 14	0,021	0,041	0,052	0,038	0,068	0,079	0,079	0,075
	UTI 15	0,016	0,030	0,041	0,029	0,071	0,085	0,084	0,080

Tabla 3. Coeficientes de variación de los grados-día acumulados desde dos fechas fijas hasta el cumplimiento de los 25, 50 y 75% de emergencia de adultos de *Acrotomopus atropunctellus*, correspondientes a las combinaciones de 12 valores de Umbral Térmico Inferior (UTI) y un Umbral Térmico Superior (UTS) de 34°C en Ranchillos (Tucumán). GD: Grados-día.

Comienzo de acumulación de GD		1° de enero				1° de julio			
		25	50	75	Prom.	25	50	75	Prom.
UTS 34°C	UTI4	0,009	0,024	0,034	0,022	0,057	0,058	0,061	0,059
	UTI 5	0,009	0,024	0,035	0,023	0,058	0,058	0,062	0,059
	UTI 6	0,009	0,025	0,036	0,023	0,058	0,059	0,063	0,060
	UTI 7	0,009	0,025	0,036	0,023	0,057	0,058	0,061	0,059
	UTI 8	0,008	0,027	0,038	0,025	0,059	0,062	0,065	0,062
	UTI 9	0,009	0,028	0,040	0,026	0,060	0,064	0,066	0,064
	UTI 10	0,010	0,030	0,042	0,027	0,062	0,066	0,068	0,065
	UTI 11	0,012	0,032	0,044	0,030	0,063	0,069	0,071	0,067
	UTI 12	0,015	0,036	0,047	0,033	0,065	0,072	0,074	0,070
	UTI 13	0,013	0,032	0,044	0,030	0,062	0,066	0,068	0,065
	UTI 14	0,024	0,045	0,055	0,042	0,071	0,083	0,082	0,078
	UTI 15	0,030	0,051	0,061	0,047	0,074	0,089	0,087	0,084

Tabla 4. Características descriptivas del período de emergencia de *Acrotomopus atropunctellus* en Ranchillos (Tucumán).

Año de monitoreo	Rango de densidad	Densidad promedio (*) (E.E.)	Fecha de comienzo del período	GD al comienzo del período	Duración del período	
					Tiempo cronológico (días)	Tiempo fisiológico (Grados-día)
2011/2012	0,1-1,7	0,59 (0,11)	26/11/2011	3558	123	2082
2012/2013	0,1-2,3	1,24 (0,18)	05/11/2012	3511	141	2284
2013/2014	0,3-0,7	0,84 (0,18)	20/11/2013	3529	132	2087

(*): Número medio de insectos por jaula; GD: Grados-día.

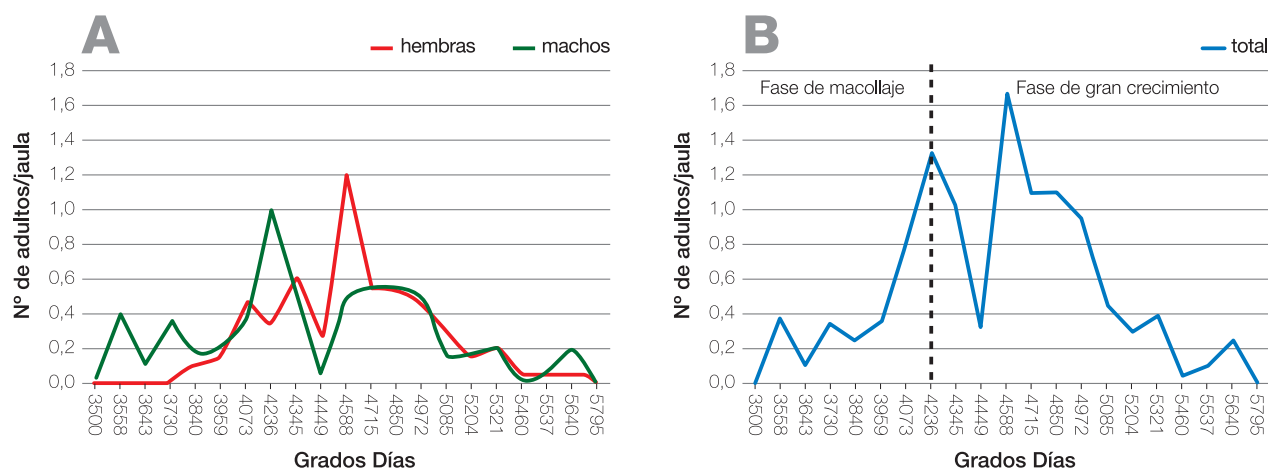


Figura 1. Fluctuación del número medio de adultos hembras y machos (A) y adultos totales (B) de *Acrotomopus atropunctellus* por jaula de emergencia en función de los grados-día acumulados desde el 1° de enero. Campaña 2011/2012, Ranchillos (Tucumán). Se especifican las fases fenológicas del cultivo de caña de azúcar

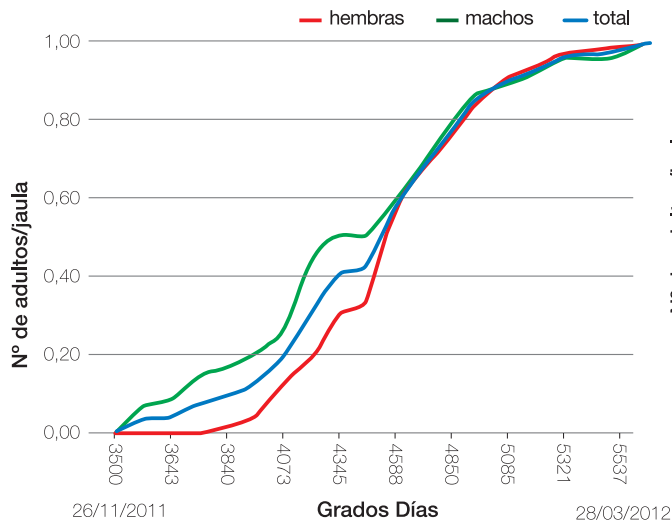


Figura 2. Emergencia relativa (proporción) acumulada de adultos de *Acrotomopus atropunctellus* en caña de azúcar en función de los grados día acumulados a partir del 1º de enero. Campaña 2011/2012, Ranchillos (Tucumán).

En la campaña 2012/2013, el número de adultos emergentes fue mayor en relación a las otras dos campañas en estudio. Si bien los picos de emergencia no fueron muy marcados, se observó un mayor número de picos al completar los 4367 (26/12/2012) y 4713°Días (15/01/2013), con promedios de 2,3 y 2,2 picudos/jaula, respectivamente (Figura 3). El número de grados-día acumulados hasta el comienzo del período de emergencia fue 3511°Días (05/11/2012) (Tabla 4). La emergencia de adultos superó el 50% del total a los 4497°Días (Figura 4).

En la campaña 2013/2014, la emergencia evidenció un patrón altamente fluctuante con un pico que se registró al alcanzar los 4027°Días (19/12/2013) con 1,9 picudos por jaula (Figura 5). El comienzo del período de emergencia ocurrió cuando se alcanzaron los 3529°Días (20/11/2013) y el 50% de la emergencia total se superó a los 4642°Días (Figura 6).

En las tres campañas estudiadas se observó una leve anticipación de la emergencia de los machos. De hecho, el 50% de emergencia fue alcanzado por los machos a una menor acumulación de grados-día que las hembras (Tabla 5).

Tabla 5. Grados-día acumulados hasta el 50% de la emergencia de machos y hembras de *Acrotomopus atropunctellus* en las campañas 2011/2012, 2012/2013 y 2013/2014 en Ranchillos (Tucumán).

Campaña	Hembra	Machos
2011-2012	4544	4345
2012-2013	4602	4481
2013-2014	4733	4514

La correlación entre la precipitación y la emergencia semanales no resultó significativa ($r = -0,02$; $p = 0,90$). Lo mismo ocurrió al analizar la correlación entre precipitación acumulada y emergencia acumulada a una escala de dos semanas ($r = 0,11$; $p = 0,42$).

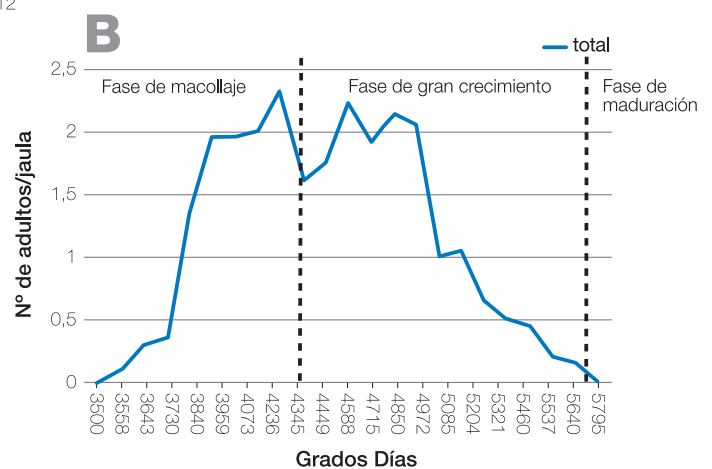
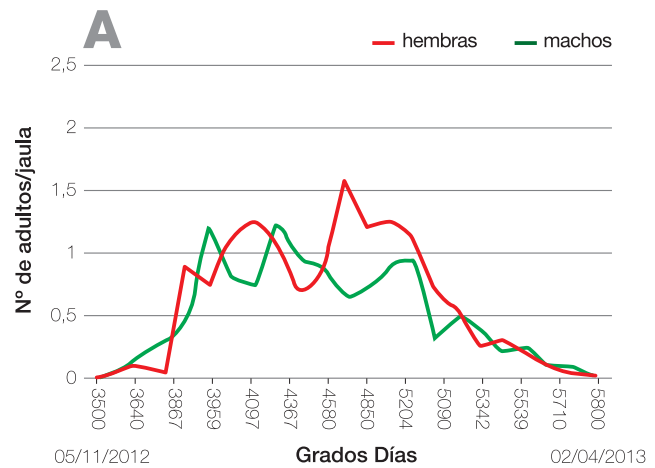


Figura 3. Fluctuación del número medio de adultos hembras y machos (A) y adultos totales (B) de *Acrotomopus atropunctellus* por jaula de emergencia en función de los grados-día acumulados desde el 1º de enero. Campaña 2012/2013, Ranchillos (Tucumán). Se especifican las fases fenológicas del cultivo de caña de azúcar.

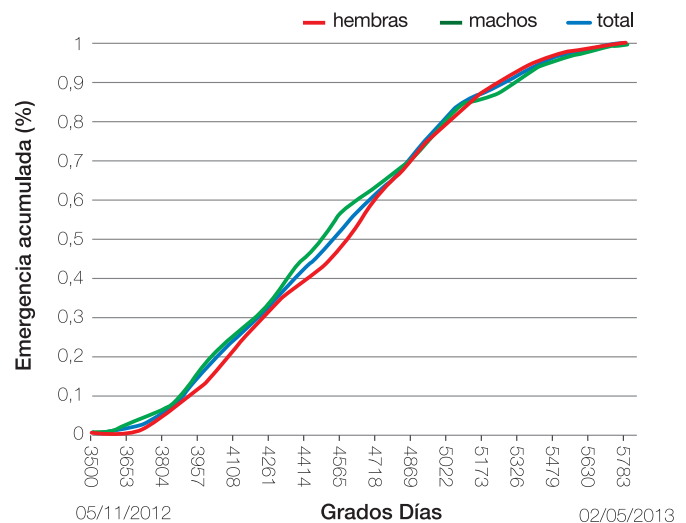


Figura 4. Emergencia relativa (proporción) acumulada de adultos de *Acrotomopus atropunctellus* en caña de azúcar en función de los grados-día acumulados desde el 1º de enero. Campaña 2012/2013 en Ranchillos (Tucumán).

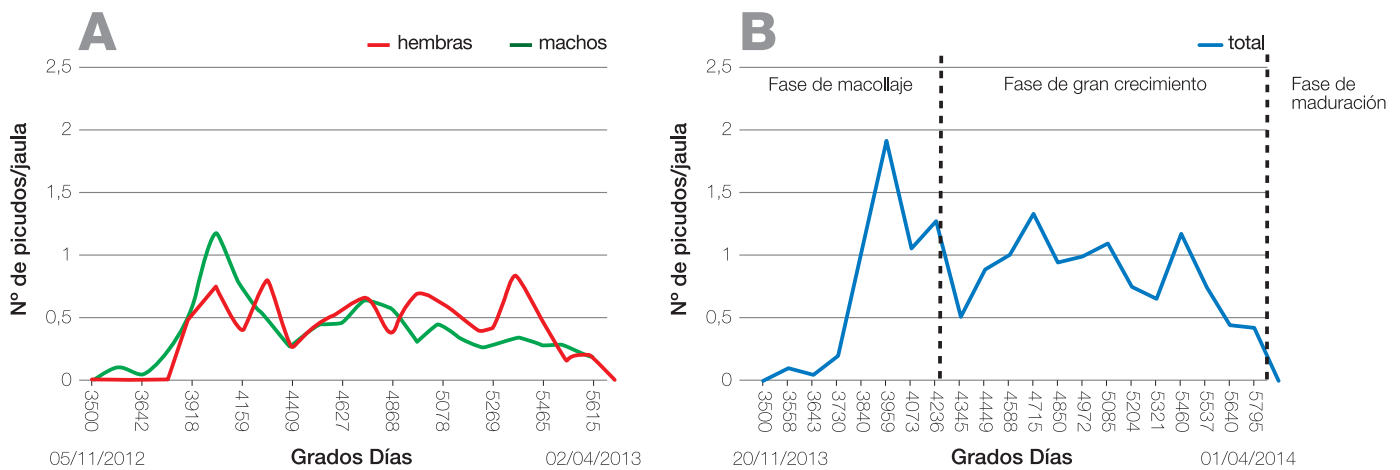


Figura 5. Fluctuación del número medio de adultos hembras y machos (A) y adultos totales (B) de *Acrotomopus atropunctellus* por jaula de emergencia en función de los grados-día acumulados desde el 1º de enero. Campaña 2013/2014, Ranchillos (Tucumán). Se especifican las fases fenológicas del cultivo de caña de azúcar.

Al relacionar la emergencia de *A. atropunctellus* con la fenología del cultivo se observó que en las tres campañas el comienzo del período de emergencia coincidió con la fase de macollaje, y los picos de emergencia se detectaron generalmente al terminar el macollaje y al inicio de la fase de gran crecimiento. El período de emergencia de adultos del picudo finalizó de forma coincidente con el cese de gran crecimiento y comienzo de la fase de maduración.

Variación de la proporción sexual

La proporción sexual en las campañas 2011/2012, 2012/2013 y 2013/2014 no difirió significativamente de 1:1, con valores de p igual a 0,43; 0,51 y 0,28 respectivamente. Sin embargo, dentro de cada campaña la proporción sexual evidenció una considerable variación a escala semanal. En la Figura 7 se presenta la fluctuación de los valores de Z calculados para cada fecha según las campañas. Todos los valores de Z que aparecen contenidos por las líneas horizontales (1,96 y -1,96) indican una proporción sexual que no difiere significativamente de 1:1, mientras que los valores superiores o inferiores señalan una pro-

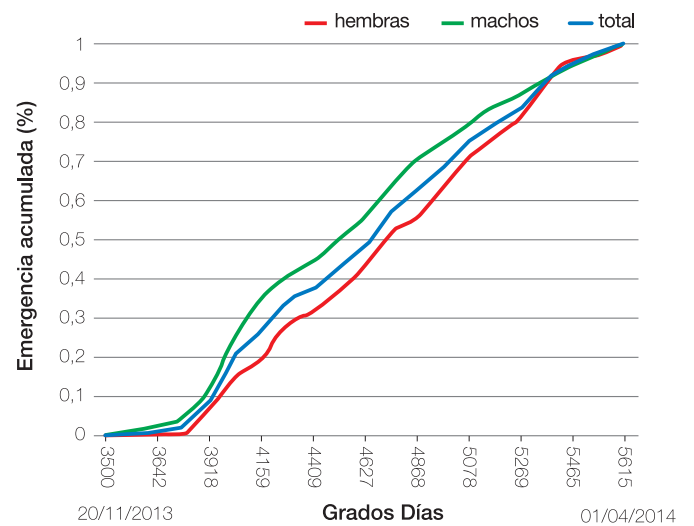


Figura 6. Emergencia relativa (proporción) acumulada de adultos de *Acrotomopus atropunctellus* en caña de azúcar en función de los grados-día acumulados desde el 1º de enero. Campaña 2013/2014 en Ranchillos (Tucumán).

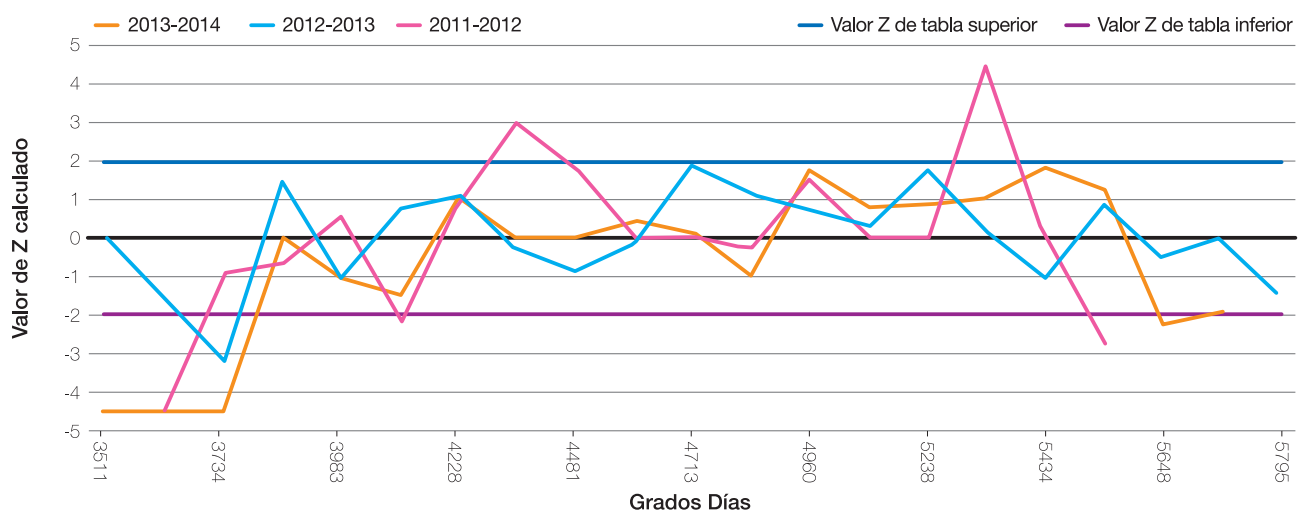


Figura 7. Fluctuación de los valores de Z calculados de *Acrotomopus atropunctellus* en función de los grados-día acumulados desde el 1º de enero. Campañas 2011/2012, 2012/2013 y 2013/2014 en Ranchillos (Tucumán). Valores del estadístico Z que se encuentran dentro de los límites inferior y superior indican proporción sexual 1:1. Valores por debajo del límite inferior indican predominancia de machos, y por encima del límite superior predominancia de hembras.

porción mayor y menor de hembras en relación a los machos, respectivamente. En el comienzo de la emergencia de todas las campañas, el valor de la proporción sexual se posicionó debajo del límite inferior (proporción mayor de machos).

Fluctuación poblacional de adultos de *Acrotomopus atropunctellus*

La densidad poblacional de adultos del picudo perforador de la caña de azúcar en las campañas 2011/2012, 2012/2013 y 2013/2014 varió entre 0,13-0,67; 0,03-1,57 y 0,06-1,13 picudos.m⁻¹, respectivamente (Figura 8).

Al comparar las curvas de fluctuación de adultos con las curvas de emergencia se identificó una similitud entre ellas en las campañas 2012/2013 y 2013/2014. La curva de fluctuación de adultos siguió el mismo patrón que la de emergencia, pero con una semana de retraso. En la campaña 2011/2012 no se observó una relación di-

recta (Figura 9). En efecto, al analizar la correlación entre la emergencia y la fluctuación poblacional se advierte que la campaña 2011/2012 presentó un coeficiente de correlación no significativo. Sin embargo, teniendo en cuenta los datos de las tres campañas sí se observó una correlación significativa (Tabla 6).

Tabla 6. Análisis de correlación de la densidad poblacional de adultos de *Acrotomopus atropunctellus* estimada por muestreo de inspección visual y el número medio de adultos registrados en jaulas de emergencia en caña de azúcar.

Campaña	Coefficiente de correlación de Pearson	p valor
2011/2012	0,30	0,21
2012/2013	0,63	0,00
2013/2014	0,41	0,07
2011/2014	0,59	0,00

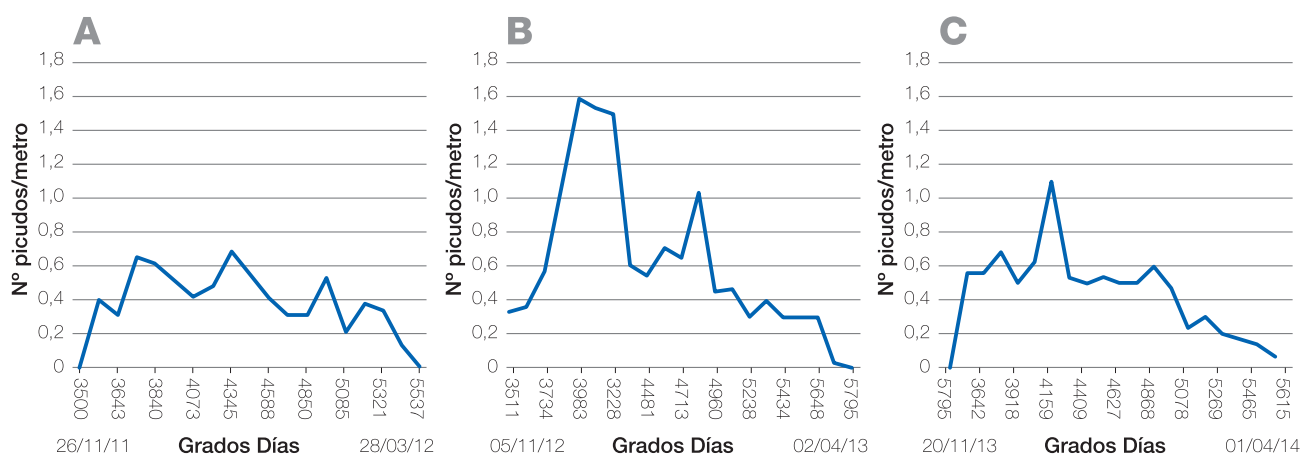


Figura 8. Fluctuación de la densidad poblacional de adultos de *Acrotomopus atropunctellus* estimada por muestreo de inspección visual en caña de azúcar. Campañas A) 2011/2012, B) 2012/2013 y C) 2013/2014 en Ranchillos (Tucumán).

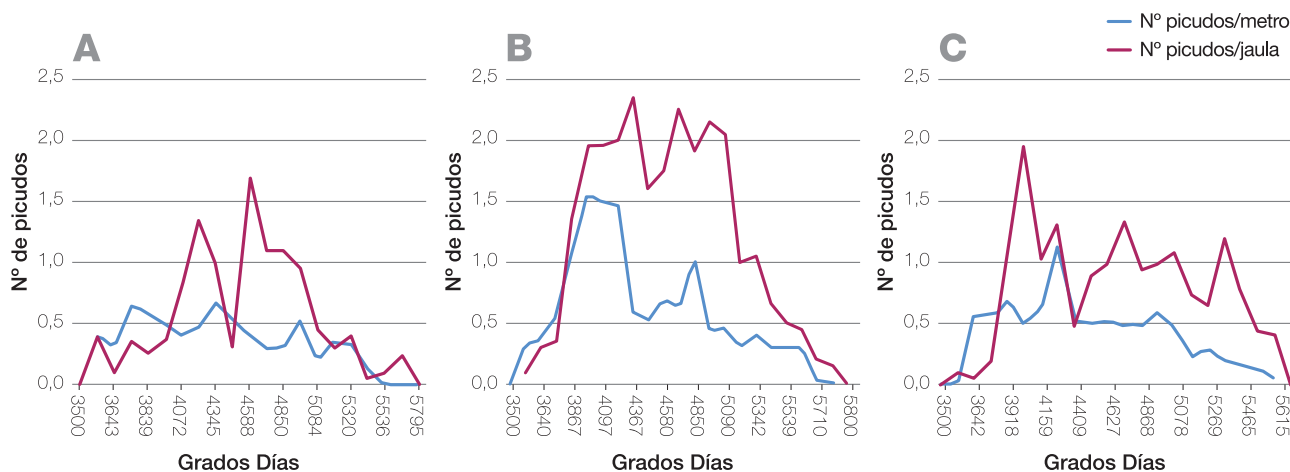


Figura 9. Comparación entre la fluctuación de densidad poblacional de adultos de *Acrotomopus atropunctellus* estimada por muestreo de inspección visual y su dinámica de emergencia en jaulas. Campañas A) 2011/2012, B) 2012/2013 y C) 2013/2014 en Ranchillos (Tucumán).

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos sobre el comienzo del período de emergencia de *A. atropunctellus* concuerdan con lo mencionado por Jaynes (1931). Otro picudo de la caña de azúcar, *Rabdocellus obscurus* (Boisduval) (Coleoptera: Curculionidae), en Australia, también presenta un comienzo del período de emergencia en diciembre (Sallam *et al.*, 2004). Si bien se detectó que el período de emergencia de *A. atropunctellus* es prolongado, se diferencia de *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae), que está presente en el estado de adulto durante todo el ciclo de la caña de azúcar en Brasil (Degaspari, 1987). Es probable que esta diferencia radique en que las latitudes, predominantes en la zona de cultivo de caña de azúcar seriamente infestada con *S. levis* (alrededor de 22°45' 00 S), son considerablemente menores a la de Tucumán, con temperaturas más altas que impiden que los insectos entren en dormancia o diapausa, permitiendo por lo tanto un desarrollo constante.

Son muchos los factores externos que afectan el desarrollo de los insectos e inciden sobre la duración de las distintas fases de su ciclo biológico (Speigth *et al.*, 2008). Entre los factores abióticos que afectaron la emergencia de *A. atropunctellus* se destaca la temperatura, influyendo en el comienzo y la duración del período de emergencia. En efecto, Degaspari (1987) caracterizó la temperatura como un factor influyente para *S. levis* en Brasil, al encontrar una correlación positiva entre el número de adultos recolectados y la temperatura mínima y la amplitud térmica. Otro caso de picudo en caña de azúcar afectado por la temperatura es *R. obscurus*, cuyas densidades dependen de la temperatura mínima (Sallam *et al.*, 2001).

Al analizar el impacto de las lluvias no se encontró efecto significativo sobre la emergencia de *A. atropunctellus*, lo que podría haberse debido a que las formas hibernantes de este insecto se encuentran dentro de la cepa. En cambio, la emergencia de otros curculiónidos sí depende de las precipitaciones. Tal es el caso de *Ryssomatus subtilis* Fiedler (Coleoptera: Curculionidae) y *Sternenchus subsignatus* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), cuyas formas hibernantes se encuentran en el suelo, y para emerger los adultos tienen que excavar el suelo (Socias, 2012; Cazado, 2014). Esto limitaría el uso de la lluvia como herramienta de predicción de aparición de *A. atropunctellus*, a diferencia de los curculiónidos plaga de la soja cuya emergencia es predecible ya que la misma se adelanta o retrasa en función de las precipitaciones.

La proporción sexual de los picudos emergidos fue 1:1, es decir el porcentaje de hembras, fue el mismo que el de machos; sin embargo, esta proporción no se mantuvo constante dentro de cada campaña. Se observó que los machos emergen en mayor proporción al principio del período. La emergencia temprana de machos en comparación a las hembras también fue reportada en la provincia de Tucumán para *S. subsignatus* y *R. subtilis* (Socias, 2012; Cazado, 2014). Dicha diferencia sugiere que al principio de la emergencia de *A. atropunctellus*, el daño al cultivo estaría causado en mayor proporción por la presencia de machos.

Los cambios de densidad de adultos de *A. atropunctellus* emergentes en las jaulas fueron seguidos por cambios en las densidades poblacionales estimadas en el cultivo mediante muestreo de inspección visual, lo que

sugiere que los picudos encontrados en el monitoreo son mayoritariamente los que emergen del mismo lote, y que el aporte de adultos en dispersión desde otros lotes no sería relevante.

CONCLUSIONES

Se observó que la temperatura tuvo influencia sobre el comienzo y duración del período de emergencia. Se identificó un umbral térmico inferior de 9°C y un umbral térmico superior de 32°C, como parámetros de acumulación de grados-día que arrojan la menor variabilidad a través de la base de datos disponible.

El período de emergencia de adultos de *A. atropunctellus* en las campañas estudiadas comenzó cuando se alcanzaron los 3500°Días, coincidiendo con los meses de noviembre y diciembre; y culminó en abril, abarcando las fases de macollaje, gran crecimiento y comienzo de maduración de la caña de azúcar en la provincia de Tucumán.

No se detectó un efecto significativo de la lluvia sobre la emergencia de *A. atropunctellus*. Esto limita el uso de las precipitaciones como variable a incluir en modelos de predicción de la emergencia de los adultos.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Akotsen Mensah, C.; R. T. Boozer; A. G. Appel and H. Y. Fadamiro. 2011.** Seasonal Occurrence and Development of Degree-Day Models for Predicting Activity of *Conotrachelus nenuphar* (Coleoptera: Curculionidae) in Alabama Peaches. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 104 (2): 192-201.
- Altieri, M. A. 1993.** El rol ecológico de la biodiversidad en agroecosistemas. *Agroecología y Desarrollo* 4: 2-11.
- Barrera, J. F.; P. Montoya P. y J. Rojas. 2006.** Bases para la aplicación de sistemas de trampas y atrayentes en manejo integrado de plagas. En: J. F. Barrera & P. Montoya (eds.), *Simposio sobre Trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica.* Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Manzanillo, Colima, México, pp. 1-16.
- Berti-Moser, J.; J. González-Rivas y E. Navarro. 2008.** Fluctuaciones estacionales y temporales de la densidad larvaria de *Anopheles darlingi* Root (Diptera: Culicidae) y familias de insectos asociados a su hábitat en El Granzón, Parroquia San Isidro, municipio Sifontes del estado Bolívar. *Bol. Mal. Salud Amb* 48: 177-189.
- Binns, M. R. and J. P. Nyrop. 1992.** Sampling insect populations for the purpose of IPM decision making. *Annu. Rev. Entomol.* 37 (1): 427-453.
- Box, H. E. 1929.** Observaciones sobre taladradores de la caña de azúcar. Una plaga nueva de la caña de azúcar: El gorgojo taladrador (Coleoptera: Curculionidae). *Rev. Ind. Agríc. Tucumán*, 19 (11-12): 319-322.
- Broatch J. S.; L. M. Dosedall; G. W Clayton; K. N. Harker and R. Yang. 2006.** Using Degree-Day and Logistic Models to Predict Emergence Patterns and Seasonal Flights of the Cabbage Maggot and Seed Corn Maggot (Diptera: Anthomyiidae) in Canola. *Environ. Entomol.* 35 (5): 1166-1177.

- Cañedo, V.; A. Alfaro y J. Kroschel. 2011.** Manejo integrado de plagas de insectos en hortalizas: Principios y referencias técnicas para la Sierra Central de Perú. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú, pp. 48.
- Canal Díaz, N. 2006.** Comparación de proporciones. En: Guillén Serra, A. y R. Crespo Montero (eds.), Métodos estadísticos para enfermería nefrológica. SEDEN, Barcelona, pp. 149-163.
- Cazado, L. E. 2014.** Biología, distribución espacial e impacto económico de *Rhyssomatus subtilis* Fiedler 1937 (Coleoptera: Curculionidae), plaga emergente en el cultivo de la soja en el noroeste argentino. Tesis doctoral inédita. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Agronomía y Zootecnia, pp. 153.
- Chown, S. L. and S. Nicolson. 2004.** Insect physiological ecology: mechanisms and patterns. Oxford University Press., pp.243.
- Cividanes, F. J. e I. C. F. Martins. 2008.** Flutuação populacional e previsão de gerações de *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) em pessegueiro, *Prunus persica* (Linnaeus) Batsch. Act. Scient. Agron. 28 (3): 399-405.
- Costilla, M. A.; H. J. Basco y V. M. Osoreo, 1973.** La Chicharra *Proarna Bergi* (Homoptera: Cicadidae). Plaga de la Caña de azúcar, Biología, Daño y Control. Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán 48 (1) :59-66.
- Curry, G. L. & R. M. Feldman. 1987.** Mathematical foundations of population dynamics. Published for the Texas Engineering Experiment Station, Texas and M University System, by Texas and M University Press.
- Degaspari, N. 1987.** Biología de *Sphenophorus Levis* Vaurie 1978 (Coleoptera: Curculionidae), em dieta artificial e no campo. Pesq. agropec. 22 (6): 553-558.
- Del Tio, R.; J. L. Martinez; R. Ocete and M. E. Ocete. 2001.** Study of the relationship between sex pheromone trap catches of *Lobesia botrana* (Den. & Schiff.) (Lep., Tortricidae) and the accumulation of degree-days in Sherry vineyards (SW of Spain). J. Appl. Ent. 125: 9-14.
- Dent, D. 2000.** Insect Pest Management. CABI, Wallingford, U.K. Second edition, pp. 410.
- Dong Soon, K.; Ho. L. Joon and Y. Myong Soon. 2000.** Spring Emergence Pattern of *Carposina sasakii* (Lepidoptera: Carposinidae) in Apple Orchards in Korea and its Forecasting Models Based on Degree-Days. Environ. Entomol. 29 (6): 1188-1198.
- Dufour, R. 2001.** Biointensive Integrated Pest Management (IPM). Fundamentals of Sustainable Agriculture. (En línea). Disponible en: <http://www.atta.ncat.org/attapub/ipm.html> (HTML). <http://www.atta.ncat.org/atta-pub/PDF/ipm.pdf>. (Revisado 30-06-2015).
- Easdel, C.; J. L. Bravo and A. Iriarte. 2015.** A new pest in Argentina sugarcane fields: *Ancistrosoma argentinum*. Resúmenes XI Pathology and IX Entomology Workshops. Septiembre 2015, Guayaquil, Ecuador.
- Edelstein, J. D.; C. A. Bartó y E. V. Trumper. 2010.** AR-TROPOB. sistema de simulación de dinámica poblacional y manejo de Artrópodos plaga. En: Jornadas Argentinas de Informática. 30 de agosto y 1º de septiembre de 2010. Buenos Aires. Argentina.
- Halbrendt, J. M. 2012.** Pennsylvania 2012–2013 tree fruit production guide. Pennsylvania State University. University Park, Pennsylvania, USA.
- Hammond, B. R. 2001.** MIP de Insectos de la Soya. Centro de Desarrollo e Investigación Agrícola de Ohio. Universidad del Estado de Ohio, Wooster, O. http://www.Libro_IPM_Radcliffe/IPMsoya.htm (consultado el 2.01. 02).
- Honek, A. 1996.** Geographical variation in thermal requirements for insect development. Europ. J. of Entomol. 93: 303-312.
- Howell, H. N. y K. L. Andrews. 1987.** Utilización de prácticas culturales en el manejo integrado de plagas. Manejo Integrado de Plagas. Costa Rica.
- Jaynes, H. A. 1931.** El *Acrotomopus atropunctellus*, una plaga de la caña de azúcar en la Argentina. Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán 21 (1-2): 179-185.
- Manzano Serrano, M. J.; D. Sanjurjo López y S. D. San Pedro. 2013.** Desarrollo de un sistema de monitorización, alarma y gestión de las plagas forestales. Sexto Congreso 10 al 14 de junio de 2013, Vitoria Gaitz.
- Merrill S. C.; A. Gebre Amlak; S. Armstrong and F. B. Peairs. 2010.** Nonlinear Degree-Day Models for Postdiapause Development of the Sunflower Stem Weevil (Coleoptera: Curculionidae). J. Econ. Entomol. 103 (2): 302-307.
- Nietschke, B. S.; R. D. Magarey; D. M. Borchert; D. D. Calvin, and E. Jones. 2007.** A developmental database to support insect phenology models. Crop Protection, 26 (9): 1444-1448.
- Pérez, M. L. P.; M. G. Del Río y A. A. Lanteri. 2012.** Posición taxonómica de *Acrotomopus atropunctellus* (Coleoptera: Curculionidae) y descripción del daño producido en el cultivo de caña de azúcar en la Argentina. Rev. Soc. Entomol. Arg. 71: 265-273.
- Pérez M. L. del P; M. G. Isas, J. M. García; A. R. Salvatore y E. V. Trumper 2017.** *Acrotomopus atropunctellus* (Coleoptera: Curculionidae) preference for larger sugarcane shoots mitigates damage to sugarcane crop. Florida Entomologist, 100 (3).
- Ruml, M.; A. Vuković and D. Milatović. 2010.** Evaluation of different methods for determining growing degree-day thresholds in apricot cultivars. International Journal of Biometeorology, 54 (4): 411-422.
- Sabu, T. K. and K. V. Vinod. 2009.** Population dynamics of the rubber plantation litter beetle *Luprops tristis*, in relation to annual cycle of foliage phenology of its host, the para rubber tree, *Hevea brasiliensis*. J. of Insect Scienc., 9 (1): 56.
- Sallam, M. N.; C. A. McAvoy; G. D. Puglisi and A. M. Hopkins. 2004.** Can economic injury levels be derived for sugarcane weevil borer, *Rhabdoscelus obscurus* (Boisduval) (Coleoptera: Curculionidae), in far-northern Queensland? Australian J. of Entomol. 43 (1): 66-71.
- Salvatore, A. R.; G. López y E. Willink. 2009.** Plagas en el cultivo de caña de azúcar. En: Romero E. R.; P. A. Digonzelli & J. Scandaliaris (eds.) Manual del Cañero, EEAOC, Las Talitas, pp. 232.
- Schowalter, T. D. 2006.** Insect ecology: an ecosystem approach. Academic Press, pp. 572.
- Sevecharian, V.; V. M. Stern and A. J. Mueller. 1977.** Heat accumulation for timing lygus control measures in a saf-flower-cotton complex. J. of Econ. Entomol. 70: 399-402.
- Sociás, M. G. 2012.** Aspectos biológicos de *Sternechus*

- subsignatus* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), nueva plaga de la soja en Tucumán. Tesis doctoral inédita. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, pp. 147.
- Speight, M. R.; M. D. Hunter and A. D. Watt. 2008.** Ecology of insects. Concepts and applications. (2. ed.) Wiley Blackwell Science Ltd. Editorial., pp. 350.
- Traore, L., C.; S. Gold; G. Boivin and J. G. Pilon. 1996.** Postembryonic development in the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*. *Fruits* 2 (51): 105-113.
- Trudgill, D. L.; A. Honek; D. Li and N. M. Van Straalen. 2005.** Thermal time - concepts and utility. *Annals of Applied Biology* 146: 1-14.
- Vermeulen, J.; L. Chichón y E. Parra. 1988.** Sistema de alarma termoacumulativo para el control de *Carpocapsa* (*Cydia pomonella* L) para el Alto Valle del Río Negro. INTA EEAAlto Valle, pp. 16.
- Ward, D. 2012.** New Jersey tree fruit production guide, 2012. Rutgers Cooperative Extension. New Jersey, USA.
- Willink, E. 1982.** Especies de *Diatraea* en cañaverales del Noroeste Argentino. Estación Experimental Agro-Industrial Obispo-Colombres. Boletín N° 140, pp. 38.
- Zou L.; M. J. Stout and D. R. Ring 2004.** Degree-Day Models for Emergence and Development of the Rice Water Weevil (Coleoptera: Curculionidae) in Southwestern Louisiana. *Environ. Entomol.* 33 (6): 1541-1548.
- Zuccardi, R. B. y G. Fadda. 1985.** Bosquejo agroecológico de la provincia de Tucumán. *Miscelánea Fac. Agron. y Zootecnia UNT* (86), pp. 63.