

Respuesta biológica y poblacional de *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) sobre ocho cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) en condiciones de laboratorio*

LA ROSSA, F.¹; VASICEK, A.²; LÓPEZ, M.³; BOSCO, N.³; IMPERIALE, P.⁴; BAINOTTI, C.⁴

RESUMEN

El áfido *Schizaphis graminum* (Rond.) es una plaga clave en cultivos de cereales como el trigo en la Argentina. El objetivo de este trabajo fue analizar la respuesta bio-demográfica del áfido sobre los cultivares de trigo ACA 315, Baguette Premium 11, BioInta 1002, BioInta 2004, Buck Meteoro, LE 2330, Klein Yará y Colibrí, este último reconocido como susceptible. Los ensayos se realizaron en cámara climatizada a $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 70% HR y 14:10 h (L:O). Se usaron plántulas de 3 hojas verdaderas, en potes plásticos con tierra estéril. Sobre las hojas, se colocaron individualmente hembras en jaulas de aplique a las que se dejó larviponer durante 24 h. Luego se retiraron todos los individuos dejando solo uno, recién nacido; así se obtuvieron cohortes de 40 ninfas coetáneas para cada cultivar en un total de 320 áfidos iniciales. Se registraron diariamente supervivencia, cambios de estadio y número de crías una vez alcanzado el estado adulto. Con los datos de supervivencia diaria se construyeron los modelos de Gompertz y de Weibul. Se obtuvieron los parámetros biológicos y poblacionales que fueron comparados mediante ANOVA no paramétrico de Kruskal-Wallis y comparaciones múltiples, con $\alpha = 0,05$. El período ninfal fue significativamente más largo sobre Baguette Premium 11 y BioInta 2004 (9,5 - 8,9 días) mientras que en Colibrí y BioInta 1002 sólo duró 5,66 - 5,42 días. El período reproductivo duró más sobre ACA 315, Baguette Premium 11 y BioInta 2004 (40 - 28 días) y alrededor de 5 días en BioInta 1002, Buck Meteoro y Klein Yará. La tasa reproductiva neta (R_0) fue significativamente mayor sobre BioInta 2004 y ACA 315 (75,18 y 64,57 ♀♀/♀/generación) respectivamente, sin embargo la tasa intrínseca de incremento (r_m) fue significativamente más alta en Colibrí (0,279 ♀♀/♀/ día) por acusar menor tiempo generacional (13,1 días). Debido a los altos valores de los coeficientes de determinación (R^2), las tasas de supervivencia diaria en los respectivos cultivares tuvieron un buen ajuste en los modelos de Gompertz y de Weibul. Las cohortes criadas sobre los cultivares de trigo ensayados, excepto ACA 315 y Klein Yará, mostraron tasas de incremento significativamente más bajas indicando cierto nivel de resistencia respecto del cultivar susceptible Colibrí.

Palabras clave: plágón verde de los cereales, tablas de vida, tasa intrínseca de crecimiento natural.

¹Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola. CICVyA. INTA, CC 25, 1712 Castelar, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: larossa.francisco@inta.gob.ar

²Cátedra de Zoología Agrícola, FCAyF (UNLP), Calle 60 y 119, CC 31, 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina.

³Cátedra de Zoología Agrícola, FAYCA (Universidad de Morón), Cabildo 134, 1708 Morón. Buenos Aires, Argentina.

⁴EEA INTA Marcos Juárez, Ruta 12 km. 3, 2080 Marcos Juárez, Córdoba. Argentina.

*Trabajo realizado en el marco del Proyecto INTA AEPV 215012. Coord. E. Trumper.

Recibido el 04 de junio de 2014 // Aceptado el 22 de octubre de 2014 // Publicado online el 26 de noviembre de 2014

ABSTRACT

The aphid, *Schizaphis graminum* (Rond.) is a key pest in cereal crops such as wheat in Argentina. The aim of this work was to analyze the biological and demographic response of the aphid on the wheat cultivars ACA 315, Baguette Premium 11, BioInta 1002, BioInta 2004, Buck Meteoro, LE 2330, Klein Yará and Colibrí, the last one a priori recognized as susceptible. The bioassays were carried out in a growth chamber at $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 70% RH and 14:10 h L:D cycle. Seedlings of 3 true leaves, in plastic pots with sterile soil were used. On leaves, females were placed individually into clip cages to produce nymphs during 24 h. After this, all individuals were removed, leaving only one, newborn; thus, cohorts of 40 coetaneous nymphs for each cultivar totalizing 320 initial aphids. Survivorship, instar changes and number of offsprings when reaching adulthood were registered daily. Gompertz and Weibull models were built with daily survivorship data, Biological and demographic parameters were obtained and compared with Kruskal-Wallis non-parametric ANOVA and multiple comparisons with $\alpha = 0.05$. Nymphal period was significantly longer on Baguette Premium 11 and BioInta 2004 (9.5 - 8.9 days) whereas on Colibrí and BioInta 1002 was shorter (5.66 - 5.42 d). The reproductive period lasted more on ACA 315, Baguette Premium 11 and BioInta 2004 (40 - 28 d) and lasted around 5 d on BioInta 1002, Buck Meteoro and Klein Yará. The net reproductive rate (R_0) was significantly higher on BioInta 2004 and ACA 315 with 75.18 and 64.57 ♀♀/♀/generation, respectively, however the intrinsic rate of increase (r_m) was significantly higher on Colibrí (0.279 ♀♀/♀/d) due to a short generational time (13.1 d). Due to the high values of the coefficients of determination (R^2), the daily survival rates in the respective cultivars had a good adjustment in both Gompertz and Weibull models. Cohorts reared on the tested wheat cultivars, except ACA 315 and Klein Yará, shown significantly lower intrinsic rates of increase indicating some resistance level regarding the susceptible cultivar Colibrí.

Keywords: greenbug, life tables, intrinsic rate of increase.

INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum* L. Fam. Poaceae) es un cereal cultivado prácticamente en todo el mundo. El cultivo está expuesto al ataque de diferentes organismos desde la siembra a la cosecha. Los áfidos son unas de las principales plagas en la región triguera y provocan daños directos e indirectos que se traducen en disminuciones del rendimiento (Imwinkelried, *et al.*, 2004).

El "pulgón verde de los cereales", *Schizaphis graminum* (Rond.) es una de las especies más comunes en trigo y en otros cereales (Ricci, *et al.*, 2000). Ataca al trigo desde emergencia hasta encañazón y se ubica generalmente en el envés de las hojas. Los mayores daños se observan durante las dos semanas posteriores a la emergencia de las plántulas. En condiciones de sequía las plantas jóvenes pueden morir por efecto de la expoliación de savia. Debido a esta situación se aconseja el uso de insecticidas sistémicos aplicados a la semilla (Imwinkelried, *et al.*, 2004). En las últimas décadas, el áfido ha ampliado su zona de incidencia, observándose ataques severos y frecuentes en las provincias de Santa Fe, Córdoba, La Pampa y SO de Buenos Aires. Afecta, además, las siembras tempranas para pastoreo directo (Ricci, *et al.*, 2000). Es conocido también como vector del virus del mosaico del enanismo del maíz (MDMV) y del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) (Ricci, *et al.*, 2000). La constante incidencia de este áfido ha llevado a la implementación de programas de mejoramiento con el fin de incorporar resistencia. Así se podrán optimizar los rendi-

mientos reduciendo el uso de agroquímicos y disminuir los riesgos de contaminación ambiental. El conocimiento de la biología y el potencial de crecimiento de una población de insectos plaga resultan cruciales para el estudio de su dinámica y para establecer tácticas de manejo. Las tablas de vida resultan una herramienta útil para el estudio de una población bajo condiciones controladas debido a que proveen importantes parámetros biológicos y demográficos (Maia *et al.*, 2000). Esos parámetros se utilizan como índices de crecimiento poblacional en respuesta a determinadas condiciones (Southwood y Henderson, 2000). Los parámetros derivados de una tabla de vida, como la tasa intrínseca de incremento natural (r_m), se usan para evaluar el nivel de resistencia a insectos. Las plantas anfitrionas que logran bajos valores de la r_m en sus huéspedes presentan comparativamente mayor resistencia (Razmjou *et al.*, 2006). El objetivo del presente trabajo es evaluar el comportamiento de cohortes de *S. graminum* a través de la variación de los parámetros biológicos y poblacionales, bajo condiciones ambientales controladas, cuando se desarrollan sobre distintos cultivares comerciales de trigo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cría inicial

La cría inicial de *S. graminum* se obtuvo a partir de hembras vivíparas ápteras capturadas en poáceas espontáneas cerca de La Plata, Buenos Aires, (34° 58' S; 57° 54'

O) y multiplicadas sobre cebada (*Hordeum distichum*) en el insectario de la Cátedra de Zoología Agrícola (FCAYF - UNLP, Buenos Aires) y en un invernáculo del Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola (INTA) en Hurlingham, Buenos Aires.

Plantas hospedadoras

En este estudio se utilizaron 8 cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.): ACA 315, Baguette Premium 11, BioINTA 1002, BioINTA 2004, Buck Meteoro, Colibrí, Klein Yará y LE2440. El cv. Colibrí es conocido por su susceptibilidad frente a *S. graminum*. Las plantas se cultivaron en cámara climatizada, en macetas plásticas (7,5 cm de diámetro por 10,5 cm de alto) conteniendo una mezcla de 2/3 de tierra y 1/3 de compost orgánico que se esterilizó en autoclave a 120 °C, 1 kg/cm², 1h, 2 veces con un intervalo de 48 h (Dhingra y Sinclair, 1985). Cuando las plántulas desarrollaron 4-5 hojas se infestaron con pulgones provenientes de la colonia madre sobre cebada.

Tablas de vida y parámetros biodemográficos

Aproximadamente 45 hembras ápteras criadas por al menos tres generaciones sobre cada cultivar de trigo, de modo de descartar efectos de su alimentación anterior, fueron puestas individualmente en pequeñas jaulas de aplique de 3 cm diámetro (Noble, 1960) sujetas a las hojas. Luego de 24 h, se retiraron la hembra y su descendencia dejando sólo una ninfa en cada jaula. Así se obtuvieron cohortes de 40 ninfas de un día de edad, por cultivar. El ensayo se realizó en cámaras de cría a 20 ± 1°C, cerca de 70% RH foto-periodo de 14:10 h L:O. Mediante observaciones diarias se registraron los cambios de estadio a través de las exuvias y una vez adultas, el número de descendientes. Las observaciones finalizaron con la muerte de la última hembra.

El cálculo de la duración media de los periodos ninfal, pre-reproductivo, reproductivo y post-reproductivo y la duración total del ciclo de vida, así como la construcción de las tablas de vida y el cálculo de los parámetros demográficos se llevaron a cabo utilizando los programas informáticos específicos PERIOD y TABLAVI (La Rossa y Kahn, 2003). Este último calcula el error estándar de la media de todos los parámetros demográficos mediante el procedimiento jackknife (Meyer *et al.* 1986; Sokal y Rohlf, 1995). La curva de supervivencia específica por edades (l_x) y la esperanza de vida (e_x) de *S. graminum* sobre los diferentes cultivares fueron tomados de los outputs del programa TABLAVI. Las ecuaciones para obtener los parámetros demográficos, de acuerdo con Birch (1948) y Southwood y Henderson (2000), son las siguientes

- Tasa intrínseca de incremento natural (r_m)

$$\sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x e^{-r_m x} = 1$$

- Tasa neta de reproducción (R_0)

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$$

- Tiempo generacional medio (T)

$$T = \frac{\sum x l_x m_x}{\sum l_x m_x}$$

- Tasa finita de incremento (λ)

$$\lambda = e^{r_m}$$

- Tiempo de duplicación (D)

$$D = \frac{\ln 2}{r_m}$$

x =edad, l_x = supervivencia específica por edades, m_x = número de prole por hembra a la edad x o fecundidad diaria si la edad está expresada en días como en el presente trabajo.

La entropía (H), parámetro que expresa la cantidad de días que se ganan por cada muerte que se evita, se calculó tomando la expectativa de vida (e_x), la frecuencia de muertes (d_x) y la mortalidad diaria promedio (μ) de acuerdo con Carey (2001).

Análisis de los datos

Los datos fueron previamente revisados con la prueba de Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de los mismos utilizando el procedimiento PROC UNIVARIATE y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene usando el PROC GLM del paquete estadístico SAS® (SAS Institute, 2002). Al no comprobarse normalidad se utilizó un procedimiento compilado en SAS® por Elliott y Hyman (2011), basado en el ANOVA no paramétrico de Kruskal-Wallis, denominado MC-KW, para comparar todos los parámetros. Las variaciones en la fecundidad diaria respecto de la edad fueron analizadas mediante una regresión polinomial de cuarto orden con la fecundidad como variable dependiente y el cultivar junto con la edad como variables discretas e independientes. El efecto del cultivar se analizó con el uso de mínimos cuadrados medios para ajustar el efecto polinomial de la edad. Las medias de fecundidad del áfido sobre los cultivares fueron comparados mediante la prueba de Tukey-Kramer, opción del PROC GLM (SAS Institute, 2002). Las curvas de supervivencia se compararon por métodos no paramétricos con el PROC LIFETEST (SAS Institute, 2002) y estimaciones de parámetros del modelo de Weibull y el de Gompertz, a través de regresiones no lineales con el PROC NLIN (SAS Institute, 2002) y del paquete SPSS (SPSS Inc., 2006). Este último se usó para obtener el respectivo coeficiente de determinación (R^2) de cada regresión no lineal.

La probabilidad (S_x) de que un individuo alcance la edad x , fue calculada con las siguientes ecuaciones:

$$S_x = e^{\left[\frac{a}{b}\right] (1 - e^{bx})}$$

donde a = tasa de mortalidad inicial y b= tasa exponencial de incremento de la tasa de mortalidad, x= edad.

- Weibul

$$S_x = e^{\left(\frac{x}{b}\right)^c}$$

para $x > 0$, donde b es el parámetro de escala que está inversamente relacionado con la mortalidad y c es el parámetro que le permite al modelo producir distribuciones de supervivencia de diferentes formas (Deevey, 1947; Pinder *et al.*, 1978). Si el valor del parámetro c es, $>1, =1$ o <1 , corresponde al tipo I, II o III de las curvas de supervivencia de Deevey, respectivamente.

RESULTADOS

Desarrollo preimaginal

El tiempo de desarrollo de los estadios ninfales de *S. graminum* sobre los ocho cultivares de trigo se muestran en la tabla 1.

Las diferencias en la duración de cada estadio fueron en general significativas entre cultivares ($P < 0,0001$). Casi todos los estadios ninfales se completaron más rápidamente sobre Colibrí, ACA 315 y BioINTA 1002. Se encontraron diferencias significativas en la duración del estado preimaginal completo (tabla 1); Kruskal-Wallis $H = 124,79$; $gl = 7$; $P < 0,0001$).

Los individuos criados sobre los cvs ACA 315, Colibrí y BioINTA 1002 emplearon significativamente menos tiempo en alcanzar el estado adulto comparados con aquellos de-

sarrollados sobre el resto de los cvs, especialmente BioINTA 2004 y Baguette Premium 11, que tardaron alrededor de 10 días (tabla 1).

Períodos reproductivos y longevidad de adultos

El período pre-reproductivo de *S. graminum* fue diferente en los cultivares (tabla 1) resultando significativamente más largo sobre ACA 315 y BioINTA 2004.

Los cultivares de trigo tuvieron un marcado efecto sobre la duración del período reproductivo del áfido. Se definieron tres grupos perfectamente distinguibles: Buck Meteoro, Klein Yará y BioINTA 1002 con los períodos reproductivos más cortos, entre 4.7 y 5,45 días, BioINTA 2004, ACA 315 y Baguette Premium 11 fueron más largos (28,2-36,4 días), ubicándose Colibrí y LE2330 en una posición intermedia (tabla 1). El período post-reproductivo fue diferente entre los cultivares). Se distinguieron dos grupos netamente distintos: LE 2440, Klein Yará, Buck Meteoro, BioINTA 1002 y Colibrí, con una menor duración (0,36-1,47 días) y BioINTA 2004, ACA 315 y Baguette Premium 11, sobre los cuales los áfidos permanecieron entre 5 y 8 días sin reproducirse antes de morir. También la longevidad de los adultos fue diferente sobre los distintos cultivares. Las cohortes vivieron más tiempo sobre ACA 315 y Baguette Premium 11 mientras que, las menos longevas se observaron en Buck Meteoro, Klein Yará y BioINTA1002 (tabla1).

Tasa de supervivencia, fecundidad y expectativa de vida

La tasa de supervivencia específica por edades (l_x) y la fecundidad diaria (m_x) se muestran en la figura 1. La prueba de log-rank mostró diferencias significativas entre las curvas l_x ($\chi^2 = 304,34$; $gl = 7$; $P < 0,0001$). La curva l_x obteni-

Cultivar	1er. estadio	2do. estadio	3er. estadio	4to. estadio	Total Pre-imaginal	Pre-rep.	Reproductivo	Post-rep.	Longevidad
ACA 315	1,03±0,049 a	1,79±0,068 a	1,55±0,083 b	1,33±0,091 ab	6,71±0,151 a	1,36 ± 0,10 a	40,30 ± 2,93 a	8,19 ± 0,93 a	51,07 ± 2,93 a
BioINTA 1002	0,65±0,099 a	1,94±0,190 ab	1,45±0,207 ab	1,39±0,239 ab	6,42±0,443 a	0,38 ± 0,07 bc	36,40 ± 1,79 a	8,16 ± 0,80 a	55,52 ± 1,60 a
BioINTA 2004	1,45±0,079 b	2,30±0,073 bc	2,48±0,108 c	2,73±0,176 c	9,95±0,285 d	0,19 ± 0,08 bc	4,71 ± 1,49 c	0,68 ± 0,20 b	11,97 ± 1,83 d
Baguette Pr.11	1,64±0,089 bc	2,70±0,126 c	2,54±0,100 c	2,70±0,163 c	10,58±0,33 d	1,18 ± 0,08 a	28,20 ± 1,65 b	5,10 ± 0,42 a	44,43 ± 1,74 b
Buck Meteoro	2,12±0,096 d	1,82±0,186 a	1,24±0,144 ab	1,79±0,317 a	7,97±0,470 b	0,55 ± 0,12 b	4,70 ± 0,88 d	0,51 ± 0,13 b	13,64 ± 1,20 d
Colibrí	0,69±0,104 a	1,84±0,090 a	1,69±0,152 b	1,44±0,168 a	6,66±0,279 a	0,44 ± 0,09 bc	15,31 ± 1,76 c	1,47 ± 0,43 b	23,88 ± 2,12 c
Klein Yará	2,06±0,138 cd	2,06±0,209 ab	1,06±0,169 a	1,15±0,164 a	7,33±0,489 b	0,09 ± 0,05 d	5,45 ± 1,27 d	0,36 ± 0,22 b	13,24 ± 1,62 d
LE 2330	2,20±0,139 d	2,10±0,262 ab	1,70±0,206 b	1,80±0,268 b	8,80±0,501 c	0,10 ± 0,03 cd	14,80 ± 2,19 c	1,30 ± 0,18 b	23,70 ± 2,06 c
KWH	126,68	30,31	78,05	73,23	124,79	107,71	161,24	157,46	176,77
Df	7	7	7	7	7	7	7	7	7
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Tabla 1. Duración media ±E. E. M. (en días) del desarrollo de los estadios inmaduros, períodos reproductivos y longevidad de *Schizaphis graminum* (Rond.) sobre ocho cultivares de trigo.

Letras iguales en la misma columna indican diferencias no significativas. Prueba KW-MC ($\alpha=0,05$).

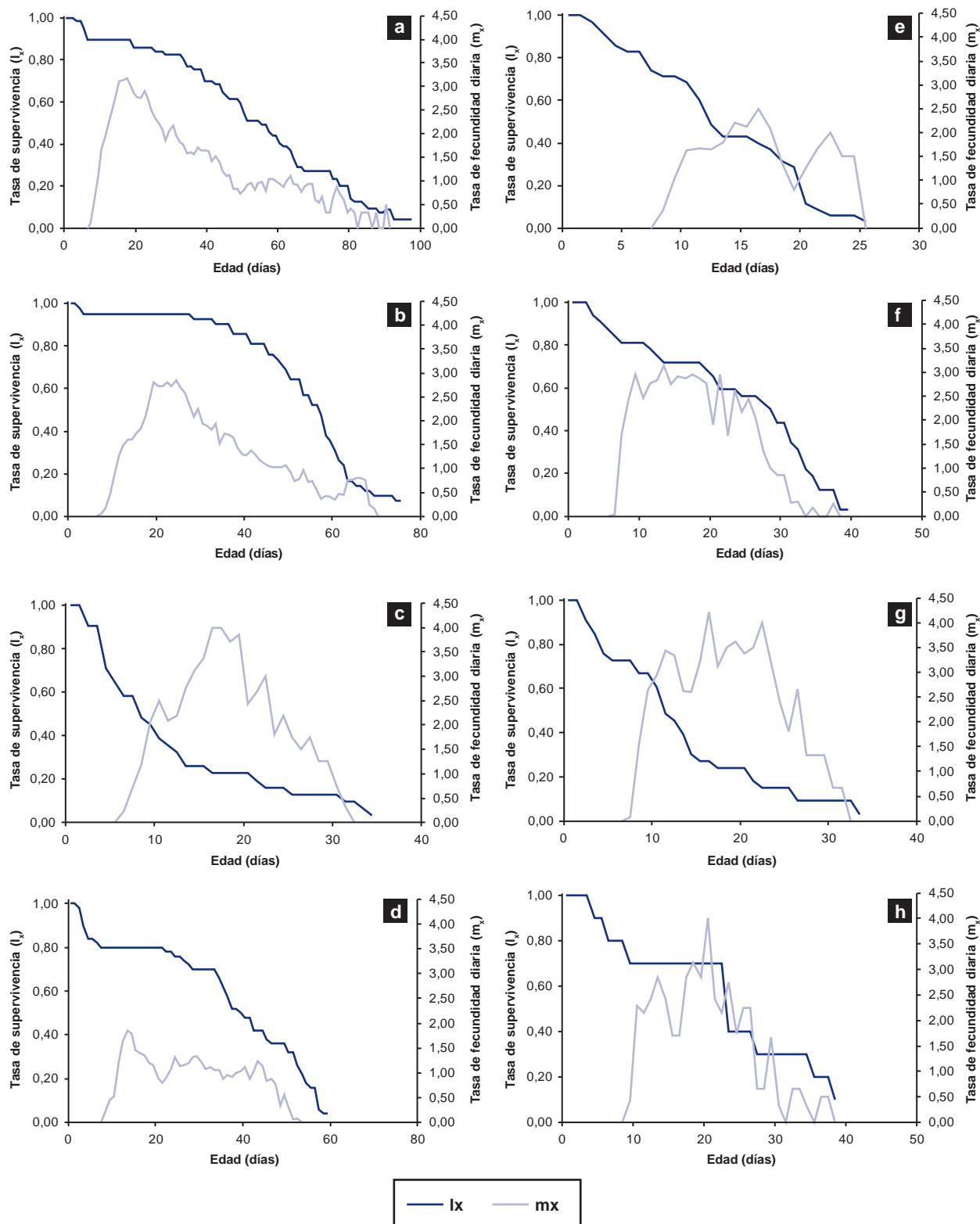


Figura 1. Tasa de supervivencia específica por edades (l_x) y fecundidad (m_x) de *Schizaphis graminum* (Romd.) sobre cultivares de trigo; a: ACA 315, b: Baguette Premium 11, c: BioINTA 1002, d: BioINTA 2004, e: Buck Meteoro, f: Colibrí, g: Klein Yará, h: LE2440.

da sobre BioINTA 2004 resultó diferente a las otras. No se observaron diferencias entre las curvas l_x sobre ACA 315 y Baguette 31, ni entre LE2330 y Colibrí como así tampoco

sobre BioINTA 1002, Buck Meteoro y Klein Yará (Tabla 2). La forma de las curvas de fecundidad diaria (m_x) fue mejor descrita por una regresión polinomial de cuarto or-

Cultivar	Estadístico log rank
ACA 315	-48,312 a
Baguette Pr. 11	-36,888 a
BioInta 1002	-7,114 b
BioInta 2004	8,937 c
Buck Meteoro	14,851 c
Colibrí	22,536 d
Klein Yará	22,925 d
LE 2330	23,066 d

Tabla 2. Comparación múltiple con la prueba de log-rank de la curva de supervivencia de *Schizaphis graminum* (Rond.) sobre 8 cultivares de trigo.

Estadísticos log-rank seguidos de la misma letra indican diferencias no significativas entre curvas de supervivencia (Ajuste para comparaciones múltiples con la prueba de log-rank, corrección de Tukey- Kramer , $\alpha=0,05$).

den ($R^2=0.77$). El análisis de regresión (tabla 3) mostró un fuerte efecto del hospedador sobre la fecundidad diaria ($F=27.65$; $gl=7, 317$; $P<0.0001$) y se observaron diferencias significativas en la fecundidad diaria entre grupos de cultivares (tabla 3).

Los valores más altos de m_x se registraron entre los 6 y los 16 días luego de haber comenzado la reproducción, con valores entre 4.22 ninfas/día/hembra, para Klein Yará y 1.85 ninfas/día/hembra para BioINTA 2004.

La expectativa de vida al nacer (e_0) fue menor en BioINTA 1002, Klein Yará y Buck Meteoro, con 11,47, 12,74 y 12,90 días, respectivamente. Las mayores e_0 fueron registradas en ACA 315 y Baguette Premium 11 (52 d) y en el resto de los cultivares varió de 22 a 35 d.

Entropía y mortalidad media diaria

La entropía (H) de *S. graminum* sobre ACA 315, Baguette Premium 11, BioINTA 1002, BioINTA 2004, Buck Meteoro, Colibrí, Klein Yará y LE2440 fue 0,41, 0,22, 0,80, 0,40, 0,45, 0,39, 0,28 y 0,41, respectivamente. La mortalidad media diaria (λ) de 0,019, 0,019, 0,087, 0,028, 0,077, 0,042, 0,078 y 0,045 sobre los cultivares en el mismo orden que más arriba, respectivamente, mostrando que los valores más altos correspondieron a BioINTA 1002, Klein Yará y Buck Meteoro.

Parámetros demográficos

La tasa intrínseca de crecimiento (r_m), la tasa neta de reproducción (R_0), el tiempo generacional medio (T), la tasa

Fuente de regresión	GI	Cuadrado medio	F	P	R ²
Modelo	18	14,4347363	58,72	<0.0001	0,769271
Media (Edad)	1	71,39845829	290,43	<0.0001	
Media ²	1	12,05234849	49,03	<0.0001	
Media ³	1	56,80482167	231,07	<0.0001	
Media ⁴	1	58,32541305	237,25	<0.0001	
Cultivar	7	6,79855679	27,65	<0.0001	
Edad x Cultivar	7	1,95061634	7,93	<0.0001	
Error	317	0,2458363			

Mínimos Cuadrados Medios de la fecundidad diaria

Cultivar	M.C.M.±E.E.M.
ACA 315	1.75906481 ± 0.06765757 a
Baguette Premium 11	1.51026053 ± 0.06702093 a
BioINTA 1002	0.27826519 ± 0.20331463 c
BioINTA 2004	0.89355643 ± 0.07888778 b
Buck Meteoro	0.83728277 ± 0.35711701 b
Colibrí	0.15669214 ± 0.13834118 c
Klein Yará	0.50449072 ± 0.20514490 bc
LE 2330	0.32181264 ± 0.13914070 c

Tabla 3. Análisis de regresión polinomial de la fecundidad diaria sobre la edad de *Schizaphis graminum* (Rond.) y el cultivar. Mínimos cuadrados medios (M.C.M) seguidos por la misma letra indican diferencias no significativas (Tukey – Cramer, $P>0.05$).

finita de incremento (λ) y el tiempo de duplicación de las poblaciones de *S. graminum* sobre los ocho cultivares de trigo se muestran en la Tabla 4. Se encontraron diferencias significativas en la r_m entre las poblaciones (KW H= 69,40, gl=7, P< 0,0001). El áfido alcanzó los más altos valores de la r_m sobre el cultivar susceptible Colibrí, ACA 315 y Klein Yarará, si bien el primero fue significativamente más alto que el último. No se observaron diferencias significativas entre las r_m sobre los restantes cultivares. Los valores de la R_0 se ubicaron en un rango de 9,57 a 64,67 hembras/hembra/generación y se encontraron diferencias significativas entre las poblaciones (KW H= 128,57; gl= 7; P<0.0001). Las R_0 poblaciones criadas sobre Buck Meteoro, Baguette Premium 11y Klein Yarará fueron las más bajas mientras que las más altas se observaron en ACA 315 y BioINTA 2004; el resto, incluido el cultivar susceptible Colibrí, se ubicó en un plano intermedio. Se hallaron diferencias entre los valores del parámetro T (KW H= 170,73; gl= 7; P<0,0001). El T fue significativamente más largo sobre BioINTA 2004 (20,49 días) seguido por ACA 315, BioINTA 1002 y LE2330. Los más bajos correspondieron al resto de los cultivares con alrededor de 13 d. La tasa finita de incremento (λ) fue

diferente entre cultivares (KW H= 69,65; gl= 7; P<0,0001) y siguió igual tendencia que la r_m . El tiempo de duplicación (D) resultó diferente entre cultivares (KW H= 57,34; gl=7; P<0,0001) correspondiendo el menor valor a las poblaciones criadas sobre Colibrí y ACA 315.

Modelos de mortalidad

Los modelos de Gompertz y de Weibull mostraron un ajuste significativo (P<0,01) entre las tasas de supervivencia y la edad de *S. graminum* sobre los diferentes cultivares de trigo (tabla 5). Debido al alto valor del coeficiente de regresión (R^2) los datos provenientes de los diferentes cultivares poseen un buen ajuste en ambos modelos.

DISCUSIÓN

Según Kennedy y Abou-Ghadir (1979), la menor o mayor duración del periodo ninfal está relacionada con la susceptibilidad o la resistencia del genotipo al insecto; los cultivares susceptibles ocasionan un periodo preimaginal más corto que los resistentes. van Lenteren y Noldus (1990)

Cultivar	r_m	R_0	T	λ	D
ACA315	0.246 ± 0.003 a	64.57 ± 4.945 a	16.027 ± 0.296 b	1.279 ± 0.004 a	2.613 ± 0.039 c
Baguette Pr.11	0.195 ± 0.003 c	13.906 ± 4.574 c	13.746 ± 0.758 c	1.215 ± 0.036 c	3.459 ± 0.603 a
BioInta 1002	0.196 ± 0.006 c	37.475 ± 2.470 b	18.507 ± 0.523 b	1.216 ± 0.007 c	3.538 ± 0.102 a
BioInta2004	0.211 ± 0.004 c	75.18 ± 4.14 a	20.488 ± 0.402 a	1.234 ± 0.005 c	3.287 ± 0.065 a
Buck Meteoro	0.172 ± 0.016 c	9.576 ± 2.049 c	13.286 ± 0.493 d	1.187 ± 0.019 c	3.998 ± 0.387 a
Colibrí	0.279 ± 0.011 a	38.52 ± 4.448 b	13.097 ± 0.278 d	1.322 ± 0.015 a	2.479 ± 0.103 c
Klein Yarará	0.223 ± 0.019 b	18.182 ± 4.339 c	13.125 ± 0.606 d	1.250 ± 0.023 c	3.083 ± 0.270 b
LE 2330	0.210 ± 0.018 c	28.659 ± 7.487 b	16.102 ± 0.517 bc	1.234 ± 0.022 c	3.271 ± 0.286 a

Tabla 4. Parámetros demográficos (medias ±E. M.) de *Schizaphis graminum* (Rond.) sobre 8 cultivares de trigo.

r_m : Tasa intrínseca de crecimiento ($\text{♀}/\text{♀}/\text{día}$); R_0 : Tasa neta de reproducción ($\text{♀}/\text{♀}/\text{generación}$).
 T: Tiempo generacional (días); λ : Tasa finita de crecimiento ($\text{♀}/\text{♀}/\text{día}$); D: Tiempo de duplicación (días).
 Letras iguales en la misma columna indican diferencias no significativas. Prueba KW-MC (P>0,05).

Cultivar	Weibull			Gompertz		
	b	c	R^2	a	b	R^2
ACA 315	63,682 ± 0.290	23.160 ± 0.362	0,992	0.00413 ± 0.000144	0.0351300 ± 0.000803	0,993
Baguette Pr. 11	59.700 ± 0.209	10.932 ± 0.247	0,991	0.00039 ± 0.000042	0.0911194 ± 0.002276	0,991
BioINTA 1002	14.200 ± 0.727	9.873 ± 0.626	0,852	0.08115 ± 0.00500	- 0.000917 ± 0.00075	0,973
BioINTA 2004	46.460 ± 0.482	17.921 ± 0.208	0,964	0.00644 ± 0.000987	0.045123 ± 0.0041	0,935
Buck Meteoro	16.463 ± 0.288	6.490 ± 0.358	0,974	0.02170 ± 0.0019	0.112883 ± 0.0089	0,984
Colibrí	30.095 ± 0.394	11.237 ± 0.506	0,965	0.00982 ± 0.00098	0.070403 ± 0.0069	0,953
Klein Yarará	15.917 ± 0.479	8.460 ± 0.674	0,936	0,04686 ± 0,003195	0,042627 ± 0.006636	0,98
LE 2330	28.992 ± 0.628	12.584 ± 0.847	0,918	0.01627 ± 0.0021	0.047799 ± 0.0783	0,926

Tabla 5. Estimación de los parámetros (±E.E.M.) de la regresión no lineal entre la tasa de supervivencia y la edad de *Schizaphis graminum* (Rond.) sobre cultivares de trigo ajustada para los modelos de Gompertz y de Weibull.

establecieron que una planta se considera susceptible cuando el periodo de desarrollo es corto y la reproducción total del fitófago es alta. Los periodos ninfales más cortos se observaron en Colibrí, BioINTA 1002 y ACA 315 pero la tasa de reproducción más alta se verificó en este último. Sobre Colibrí, Bionta 1002 y LE2330, la R_0 resultó similar, pero más baja que en ACA 315. Este último reúne los atributos necesarios para ser susceptible según van Lenteren y Noldus (1990) en mayor medida que Colibrí. La mayor extensión del periodo reproductivo y, en cierta medida de la longevidad, junto con una alta tasa de reproducción, indicaría una mayor susceptibilidad por parte del cultivar como en el caso de ACA 315. Es por ello que el cultivar Baguette Premium 11 no puede considerarse susceptible porque si bien el periodo reproductivo fue similar al encontrado sobre ACA 315, la R_0 fue baja. BioINTA 2004 tampoco puede considerarse susceptible, pero en este caso no debido a una baja R_0 (ya que fue similar a la de ACA 315), sino porque el periodo ninfal fue largo, similar al de en Baguette Premium 11.

Aunque las tasas de desarrollo y de reproducción proveen importantes indicios concernientes a la capacidad del hospedador para sostener el ciclo de vida del insecto, deberían relacionarse con otros parámetros como los derivados de las tablas de vida. Según Birch (1948), la tasa intrínseca de crecimiento natural (r_m) es el parámetro básico para caracterizar cualquier población de insectos. Excepto en ACA 315, la r_m en todos los cultivares fue más baja que el encontrado sobre el cultivar susceptible Colibrí indicando algún nivel de resistencia. A pasar de que la R_0 observada sobre BioINTA 2004 y ACA 315, fueron significativamente más altas que el resto, la r_m sobre el primero fue más baja en virtud del mayor tiempo generacional medio (T). Aun si la fecundidad y por ende, la tasa neta de reproducción es relativamente alta una mayor longitud del tiempo generacional medio puede determinar un incremento poblacional relativamente bajo.

La entropía (H) es un parámetro que provee una medida útil para caracterizar las diferencias en las formas de las curvas que reflejan las tasas de supervivencia diarias (i.e. curvas de supervivencia) entre cohortes (Carey 2001). Los valores de H sugieren que la curva de supervivencia de *S. graminum* es convexa ($H < 0.5$) en todos los cultivares excepto en BioINTA 1002 que es cóncava ($H > 0.5$). La convexidad de la curva indica que la probabilidad de sobrevivir durante todas las etapas tiende a ser constante, con la mortalidad concentrada en los individuos viejos (curva de tipo I de Deevey). Las cóncavas (tipo III de Deevey) corresponden a poblaciones en las cuales la proporción de muertes se mantiene constante a través de las edades, esto es: el número de insectos que muere disminuye a medida que la población envejece. El parámetro de forma (c) del modelo de Weibul fue siempre mayor a 1 denotando la convexidad en todas las curvas. Sin embargo en el modelo de Gompertz la concavidad de la curva se advierte a través del parámetro b que resultó negativo y presenta mejor ajuste en comparación con el anterior en el cultivar BioINTA 1002.

La r_m se utilizó para medir la performance de áfidos en diferentes plantas y en sus cultivares o variedades (Gutierrez

et al., 1971; Dixon, 1987; Ruggle and Gutierrez, 1995). Según Le Roux *et al.* (2008) la evaluación de la r_m en áfidos criados en condiciones de laboratorio tiende a mostrar resistencia de naturaleza antibiótica, sin embargo, de existir antixenosis, ésta induciría cambios en ese parámetro. Los bajos valores de r_m y el largo periodo preimaginal encontrados sobre Baguette Premium 11, BioINTA 1002, BioINTA 2004, Buck Meteoro y LE 2330 demuestran que poseen cierto grado de resistencia respecto del cultivar susceptible Colibrí. Esa resistencia puede deberse a fenómenos de antibiosis y aun de antixenosis, lo cual caracteriza a esos cultivares como promisorios para utilizarlos en el gran cultivo y como recursos genéticos para generar nuevas líneas. Los resultados obtenidos, como los de Ruggle y Gutierrez (1995), Guldemond *et al.* (1998), Laamari *et al.* (2008) y Obopile y Osipile (2010) muestran que los estudios de tablas de vida y dinámica poblacional constituyen herramientas útiles para caracterizar la resistencia a áfidos en plantas cultivadas. No existen antecedentes sobre los cultivares ensayados respecto de *S. graminum*, por lo que el presente trabajo se considera un aporte nuevo al conocimiento varietal de trigo en la Argentina.

BIBLIOGRAFÍA

- BIRCH, L.C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.* 17: 15-26.
- CAREY, J.R. 2000. Insect biodemography. *Annual Review of Entomology* 46: 79-110.
- DEEVEY, E.S. 1947. Life tables for natural populations of animals. *Quarterly Review of Biology* 22: 283-314.
- DHINGRA, O.D.; SINCLAIR, J.B. 1985. Basic plant pathology methods. CRC Press, Boca Ratón, Florida, USA. 439 pp.
- DIXON, A.F.G. 1987. Parthenogenetic reproduction and the rate of increase in aphids. *En A. K. Minks and P. Harrewijn (eds.) Aphids their biology, natural enemies and control, vol. A. Elsevier, Amsterdam.* pp. 269-285.
- ELLIOTT, A.C.; L.S. HYNAN. 2011. A SAS® macro implementation of a multiple comparison post hoc test for a Kruskal-Wallis analysis. *Comput. Methods Programs Biomed* 102(1): 75-80.
- GUTIERREZ, A.P.D.; MORGAN, J.; HAVENSTEIN, D.E. 1971. The ecology of *Aphis craccivora* Koch and subterranean clover stunt Virus. I. The phenology of aphid populations and the epidemiology of virus in pastures in South-East Australia. *J. Appl. Ecol.* 8: 699-7210.
- GULDEMOND, J.A.; VAN DEN BRINK, W.J.; DEN BELDER, E. 1998. Methods of assessing population increase in aphids and the effect of growth stage of the host plant on population growth rates. *Entomol. Exp. Appl.* 86: 163-173.
- IMWINKELRIED, J.M.; FAVA, F.D.; TRUMPER, E.V. 2004. Pulgones que atacan al cultivo de trigo. *Boletín 7. INTA EEA Manfredi.*
- KENNEDY G.G.; ABOU-GHADIR, M.F. 1979. Bionomics of the turnip aphid on two turnip cultivars. *J. Econ. Entomol.* 72: 754-757.
- LAAMARI M.; KHELFA L.; CŒUR D'ACIER, A. 2008. Resistance source to cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch) in broad bean (*Vicia faba* L.) Algerian landrace collection. *Afr. J. Biotechnol.* 7: 2486-2490.
- LA ROSSA, F.R.; KAHN, N. 2003. Dos programas de computadora para confeccionar tablas de vida de fertilidad y calcular parámetros biológicos y demográficos en áfidos (Homoptera: Aphidoi-

dea). RIA 32(3): 127-142.

LE ROUX, V.; DUGRAVOT, S.; CAMPAN, E.; DUBOIS, F.; VINCENT, C.; GIORDANENGO, P. 2008. Wild Solanum resistance to aphids: Antixenosis or antibiosis? J. Econ. Entomol. 101(2): 584-591.

MAIA, A.H.N.; LUIZ, A.J.B.; CAMPANHOLA, C. 2000. Statistical inference on associated fertility life table parameters using jack-knife technique: computational aspects. Journal of Economic Entomology 93, 511-518.

MEYER, J.S.; INGERSOLI, C.G.; MC DONALDS, L.L.; BOYCE, M.S. 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: Jack-knife vs. Bootstrap techniques. Ecology 67: 1156-1166.

NOBLE, M.D. 1960. A simplified cage for aphid investigations. Can. Ent. 90: 760.

OBOPILE, M.; OSITILE, M. 2010. Life table and population parameters of cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae) on five cowpea *Vigna unguiculata* (L. Walp.) varieties. J. Pest. Sci. 83: 9-14.

PINDER, J.E. III; WIENER, J.G.; SMITH, M.H. 1978. The Weibull distribution: a new method of summarizing survivorship data. Ecology 59: 175-179.

RAZMJOU, J.; MOHARRAMIPOUR, S.; FATHIPOUR, Y.; MIRHOSEINI, S.Z. 2006. Effect of cotton cultivar on performance

of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) in Iran. Journal of Economic Entomology 99: 1820-1825.

RICCI, M.; LA ROSSA, F.R.; VASICEK, A. 2000. Demografía del "pulgón verde del duraznero" *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera:Aphidoidea) sobre pimiento (*Capsicum annuum*) en condiciones de laboratorio. Revista CEIBA, Honduras, 41(1): 17-20.

RUGGLE, P.; GUTIERREZ, A.P. 1995. Use of life tables to assess host plant resistance in alfalfa to *Therioaphis trifolii* f. *maculata* (Homoptera: Aphididae): hypothesis for maintenance of resistance. Environ. Entomol. 24: 313-325.

SAS Institute Inc. 2002. Help and Documentation, Cary, NC. USA.

SPSS Inc. 2006. SPSS Base 15.0 for Windows User's Guide. SPSS Inc., Chicago IL. USA.

SOKAL, R.R.; ROHLF F.J. 1995. Biometry, 3rd ed. W.H. Freeman, New York. USA. 887 pp.

SOUTHWOOD, R.R.E.; HENDERSON, P.A. 2000. Ecological Methods, Third Edition, Blackwell Science, Oxford. 575 pp.

VAN LENTEREN, J.C.; NOLDUS, L.P. 1990. Whitefly-plant relationships: behavioral and ecological aspects. En D. Gerling (ed.) Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Intercept Ltd. Andover UK. pp. 47-89.