

Artículo

## Manejo de *Medicago sativa* Linnaeus 1753 a través del uso de cultivares resistentes a áfidos en la región del sudoeste bonaerense

## Use of aphid resistant cultivars for the management of *Medicago sativa* Linnaeus 1753 in the southwestern region of Buenos Aires

urn:lsid:zoobank.org:pub:BA0888DE-4BF8-481D-A770-4CC4D2E1F93A

Jorge Alejandro Jose Bizet-Turovsky , Carolina Sánchez-Chopa\* , Lilian Renée Descamps 

Dpto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina. E-mails: [jorge.bizet@uns.edu.ar](mailto:jorge.bizet@uns.edu.ar), [cschopa@uns.edu.ar](mailto:cschopa@uns.edu.ar)\*, [descamps@criba.edu.ar](mailto:descamps@criba.edu.ar)

### Resumen

El uso continuo e indiscriminado de insecticidas sintéticos para el control de plagas agrícolas puede generar severos problemas a largo plazo. Esta situación lleva a una búsqueda permanente de métodos alternativos de control. En el presente trabajo se analizó la resistencia de cultivares de *Medicago sativa* L. a adultos de *Acyrtosiphon pisum* H., *Aphis craccivora* K. y *Therioaphis trifolii* M. (Hemiptera: Aphididae). En 23 cultivares de *M. sativa* se evaluaron la resistencia por antixenosis y por antibiosis, y la tolerancia. Los cultivares Armona y CW 830 presentan niveles de resistencia y tolerancia a las tres especies de áfidos. En conclusión, estos cultivares podrían utilizarse en áreas productoras de *M. sativa* dentro de un manejo integrado de áfidos con el fin de reducir la aplicación de insecticidas sintéticos.

**Palabras clave:** alfalfa, antibiosis, antixenosis, pulgones, tolerancia.

### Abstract

The continuous use of synthetic insecticides can generate several long-term problems. This situation leads to a permanent search for alternative methods of control. In this study were assessed the resistance of cultivars of *Medicago sativa* L. to adults of *Acyrtosiphon pisum* H., *Aphis craccivora* K. and *Therioaphis trifolii* M. (Hemiptera: Aphididae). Twenty-three cultivars of *M. sativa* were evaluated for their antixenosis and antibiosis resistance and tolerance. Resistant varieties Armona and CW 830 have levels of resistance and tolerance to the three aphids' species. Therefore, these cultivars could be used in *M. sativa* producing areas in integrated aphids management to reduce the application of synthetic insecticides.

**Additional keywords:** alfalfa, antibiosis, antixenosis, aphids, lucerne, tolerance.

Recibido: 21XII-2020, Revisado: 26-II-2021, Aceptado: 12-III-2021

BIZET-TUROVSKY JAJ, SÁNCHEZ-CHOPA C, DESCAMPS LR. 2021. Manejo de *Medicago sativa* Linnaeus 1753 a través del uso de cultivares resistentes a áfidos en la región del sudoeste bonaerense. ENTOMOTROPICA, 36 : 27-39.

on line Mayo-2021

## Introducción

La alfalfa (*Medicago sativa* Linnaeus 1753) es utilizada en los sistemas de producción de carne y leche en distintas regiones ganaderas templadas del mundo (Kloster y Zaniboni 2007). Es un cultivo perenne, con una vida útil de cuatro a seis años. Esta condición genera un hábitat favorable para un gran número de artrópodos benéficos y perjudiciales (Summers 1998). Dentro de estos últimos, los áfidos son las especies plaga más frecuentes (Aragón y Imwinkelried 2007). En la Región del Sudoeste bonaerense el pulgón verde de la alfalfa, *Acyrtosiphon pisum* (Harris 1776), el pulgón negro de las leguminosas, *Aphis craccivora* (Koch 1854), y el pulgón manchado de la alfalfa, *Therioaphis trifolii* (Monell 1882), producen daños económicos en este cultivo (Bizet Turovsky *et al.* 2017). Infestaciones severas de *A. pisum* causan daños similares a los ocasionados por el estrés hídrico (Quisenberry y Ni 2007). Como consecuencia de la alimentación de este áfido se produce clorosis, marchitamiento y defoliación, con retraso en el crecimiento y disminución en la producción de flores y semillas (Soroka y Otani 2011). En ataques intensos, *A. craccivora* puede causar detención del crecimiento, distorsión de hojas, retraso en la floración y finalmente la muerte de las plantas (Quisenberry y Ni 2007). La presencia del áfido *T. trifolii* puede causar defoliación, disminuir la producción de semillas y ocasionar eventualmente la muerte del cultivo (Quisenberry y Ni 2007, Soroka y Otani 2011).

En la actualidad existe una tendencia en el mundo que orienta la producción hacia una agricultura sustentable, que reconoce los problemas asociados al uso indiscriminado de insecticidas químicos (Dehghani-Samani *et al.* 2015). Uno de los métodos más promisorios asociados al control de estas plagas es el uso de variedades resistentes (Doryanizadeh *et al.* 2016).

En términos agronómicos, podríamos definir a la resistencia varietal como la habilidad inherente de un cultivar para restringir, retardar o sobreponerse a un organismo plaga. Desde el punto de vista productivo, el uso de cultivares resistentes representa una de las herramientas más simples y sustentables contra la herbivoría (Armstrong *et al.* 2017).

La resistencia de las plantas deriva de la acción individual o combinada de tres mecanismos básicos. La resistencia por antixenosis se expresa como la no

preferencia del áfido por la planta; la resistencia por antibiosis afecta la biología del áfido, que ocasiona reducción en la abundancia de insectos; y la resistencia por tolerancia que se refiere a la habilidad de la planta a resistir o recuperarse del daño causado por estos insectos plaga (Painter 1951).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la resistencia por antixenosis, antibiosis y tolerancia de cultivares de alfalfa a los áfidos *A. pisum*, *A. craccivora* y *T. trifolii*.

## Materiales y Métodos

### Insectos

Se utilizaron adultos ápteros de *A. pisum*, *A. craccivora* y *T. trifolii* provenientes de colonias criadas en el laboratorio de Zoología Agrícola, Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur, Argentina. Para cada especie, la población inicial fue establecida a partir de hembras ápteras virginóparas recolectadas de una parcela experimental de alfalfa ubicada en el predio del Campus de la Universidad Nacional del Sur (Lat 38°41'48,70" S, Long 62°14'58,38" W). Los insectos fueron criados sobre plantas de *M. sativa* mantenidas en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa (24±1°C y 65±10% HR) con un fotoperíodo 12:12 (L:O).

### Material vegetal

Los cultivares evaluados fueron ACA 605, ACA 903, Armona, Brava, Carmina, Cuf 101, CW 194, CW 620, CW 830, CW 1010, EBC 90, Esperanza, Gateado, Garufa, Monarca, Medina, P 5939, Pampa Flor, Río Grande, Sirosal, SPS 6550, Venus y Victoria.

Las semillas de los diferentes cultivares fueron provistas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y sembradas individualmente en macetas de arcilla de 10 cm de diámetro con un suelo Haplustol éntico, fertilizado a tasas comerciales (Soil Survey Staff 1999).

### Ensayo de resistencia por antixenosis

Se evaluó mediante la prueba de libre selección de hospedero, para cada especie de áfido. Para ello, en el estado de 2 a 3 hojas verdaderas, se ubicó una planta de cada uno de los cultivares formando un círculo. En el centro de esa arena experimental, se colocaron 230 áfidos con la ayuda de un pincel fino, para no dañar a los mismos (Castro *et al.* 2001). Cada arena experimental

se aisló colocando un cilindro transparente con malla antiáfido en su extremo superior. Se registró el número de áfidos presente en cada cultivar a las 24 y 48 horas posteriores a la liberación. Se realizaron nueve réplicas.

### Ensayo de resistencia por antibiosis

En plantas de cinco hojas se colocó una hembra reproductiva partenogenética confinada en una jaula cilíndrica de pequeño tamaño (1cm de alto x 1cm de diámetro) cubierta en la parte superior con malla antiáfido para evitar el parasitismo o el escape. Después de 24 horas se retiró a la hembra adulta y se dejó solo una ninfa por planta. De esta manera se obtuvieron cohortes de la misma edad. Para cada cultivar se evaluaron 4 cohortes de 30 individuos. Diariamente se registraron los cambios de estado, el número de individuos muertos y el número de ninfas nacidas que luego fueron retiradas (Descamps y Sánchez Chopa 2011).

Se estimaron los parámetros demográficos: supervivencia por edades ( $l_x$ ); fecundidad por edades ( $m_x$ ) y los parámetros poblacionales: tasa neta de reproducción ( $R_0$ ); tasa intrínseca de crecimiento natural ( $r_m$ ); tiempo generacional medio ( $T$ ) y tasa finita de incremento ( $\lambda$ ) (Birch 1948, Southwood y Henderson 2000, Britton 2003) cuyas ecuaciones son las siguientes:

$$\text{Ecuación 1 } \sum_{x=0}^{\infty} (l_x \cdot m_x \cdot e^{-x \cdot r_m}) = 1$$

$$\text{Ecuación 2 } R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} (l_x \cdot m_x)$$

$$\text{Ecuación 3 } T = \sum_{x=1}^{\infty} (x \cdot l_x \cdot m_x) / \sum_{x=1}^{\infty} (l_x \cdot m_x)$$

$$\text{Ecuación 4 } \lambda = e^{r_m}$$

donde:  $x$  = edad media (días),  $e = 2,718$ .

Para estimar el valor del parámetro  $r_m$  que satisface la ecuación de Euler-Lotka (Ecuación 1) se usó el método de ajuste de curvas no lineales por mínimos cuadrados utilizando el algoritmo de optimización Gradiente Reducido Generalizado (GRG) (Sánchez Álvarez y López Ares 1998).

Se aplicó el método Jackknife para obtener estimadores de los parámetros demográficos y los correspondientes

errores estándar, con los cuales es posible efectuar comparaciones entre las cohortes (Meyer *et al.* 1986).

### Ensayo de tolerancia

Para cada especie de áfido, la tolerancia se evaluó mediante la comparación del peso seco entre plantas infestadas con áfidos y plantas controles, sin infestación. El ensayo consistió en sembrar cinco semillas por macetas, con un total de 40 plantas por cultivar, de las cuales 20 fueron infestadas y las 20 restantes se usaron como control negativo (no infestadas). Al estado de cinco hojas verdaderas se colocó una hembra adulta áptera en cada una de las plantas tratadas, confinada en tubos de vidrio cubiertos con malla antiáfidos en su extremo para evitar la fuga de los pulgones y las infestaciones externas. Los cultivares fueron chequeados cada dos días y se mantuvo constante el nivel de infestación a lo largo de todo el ensayo. A medida que la planta crecía se agregó una hembra adulta por cada 5 cm de altura. Luego de dos meses, se cortaron las plantas a nivel de cuello, se dispusieron de manera individual dentro de sobres de papel y fueron llevados a estufa a 75°C hasta peso constante.

Se calculó el porcentaje de disminución de peso seco (DPS) según Dixon *et al.* (1990) modificado:  $DPS = [(P_1 - P_2) / P_1] \times 100$ , donde  $P_1$  es el peso seco de las plantas no infestadas y  $P_2$  es el peso seco de las plantas infestadas. En base a los porcentajes de DPS obtenidos los cultivares se clasificaron según las siguientes categorías: AT (Altamente Tolerante): 0%-20%; T (Tolerante): 20%-30%; MS (Moderadamente Susceptible): 30%-50%; S (Susceptible): 50%-75% y AS (Altamente Susceptible): 75%-100%.

### Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron mediante la prueba de varianza ANOVA, previa verificación de los supuestos de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilks y de homocedasticidad con la prueba de Levene (Di Rienzo *et al.* 2017).

En el ensayo de antixenosis al no cumplirse con el supuesto de normalidad y homocedasticidad los datos fueron previamente transformados por la  $\sqrt{x+1}$ . Las medias fueron separadas mediante la prueba de diferencias mínimas (DMS,  $p \geq 0,05$ ).

Para evaluar el comportamiento de cada especie en diferentes tiempos de observación y para observar similitudes en el comportamiento de selección entre las especies se realizó una correlación de Pearson (Ali *et al.* 2005).

### Índice de Resistencia y Tolerancia

A partir de los datos obtenidos en los ensayos de antixenosis, antibiosis y tolerancia se calculó el Índice de Resistencia y Tolerancia (IRT):  $IRT = (SRAx + SRAb + ST) / 3$ , donde SRAx es el Subíndice de Resistencia por Antixenosis, SRAb es el Subíndice de Resistencia por Antibiosis y ST es el Subíndice de Tolerancia.

Para cada especie de áfido, los distintos subíndices se calcularon dividiendo el resultado obtenido en cada cultivar por el valor más alto obtenido en cada ensayo. Estos subíndices abarcan valores desde 0 a 1 donde los valores mayores que 0,6 corresponde a cultivares susceptibles y los menores que 0,6 a cultivares resistentes.

## Resultados y Discusión

### Resistencia por antixenosis

Para las tres especies de áfidos se hallaron diferencias significativas en el número de adultos presentes en los 23 cultivares de alfalfa (DMS,  $p < 0,05$ ) (Tabla 1).

A las 24 horas el cultivar menos preferido por *A. pisum* fue CW 194, no hallándose diferencias significativas con Sirosal, P 5939 y CW 620. El cultivar ACA 903 fue el más elegido por *A. pisum*, diferenciándose significativamente del resto de los cultivares evaluados, exceptuando los cultivares Carmina, Venus y Río Grande. A las 48 horas, el menor número de *A. pisum* se registró en CW 194, no hallándose diferencias significativas con EBC 90, Armona, Cuf 101, CW 620, Pampa Flor y CW 1010.

En el caso de *A. craccivora*, transcurrida las primeras 24 horas, el cultivar menos preferido fue ACA 605, no hallándose diferencias significativas con CW 620 y Pampa Flor. Los cultivares CW 830 y CW 194 fueron los más elegidos, sin encontrarse diferencias significativas con Río Grande, Victoria, Venus, CW 1010, P 5939, Brava y EBC 90. A las 48 horas, el cultivar ACA 605 fue el menos preferido, seguido por Medina, Cuf 101, P 5939, Monarca, Gateado, ACA 903, Pampa Flor y Victoria. El cultivar más elegido por *A. craccivora* fue CW 194, sin diferenciarse significativamente de SPS 6550, Carmina y CW 830.

Durante las primeras 24 horas de ensayo los cultivares menos preferidos por *T. trifolii* fueron ACA 605 y Brava, hallándose diferencias significativas con el resto de los cultivares evaluados, exceptuando al cultivar Pampa Flor. El cultivar Medina fue el más elegido por este áfido, hallándose diferencias significativas con Sirosal, Garufa, CW 1010, CW 620, Carmina, Monarca, Armona, Victoria, Esperanza, CW 830, Pampa Flor, ACA 605 y Brava. Al cabo de 48 horas, el cultivar menos preferido fue Brava, seguido por los cultivares EBC 90, Carmina, CW 830, Cuf 101, Esperanza, Pampa Flor y ACA 605. Mientras que los cultivares con mayor número de adultos de *T. trifolii* por tallo fueron Medina y P 5939. Tanto a las 24 horas como a las 48 horas se observó que las tres especies de áfidos no realizaron la misma elección (Tabla 2). Diferentes características morfológicas y/o químicas de los cultivares podrían haber determinado este comportamiento (Aznar-Fernández y Rubiales 2018).

Los áfidos son atraídos por colores que reflectan la luz en un espectro de 500 a 700 nm (Milošević *et al.* 2014). Se ha observado que *A. pisum* es atraído por el color amarillo (Milošević *et al.* 2014), *A. craccivora* por los colores rojizos (Sathe *et al.* 2015) y *T. trifolii* por el verde intenso (Chaudhary 2012). Esta variación en la atracción por el color del follaje podría explicar las diferencias en la elección de los áfidos.

La resistencia por antixenosis en áfidos está positivamente correlacionada con la densidad de tricomas (Doryanizadeh *et al.* 2016). Las especies del género *Medicago* poseen tricomas simples y glandulares. En general, estos últimos le confieren resistencia al ataque de los insectos (Shade *et al.* 1979, Peter *et al.* 1995). Se ha observado que los tricomas glandulares erectos protegen a los cultivares de alfalfa del ataque de *Hypera variabilis* (Johnson *et al.* 1980a, b), de *Agromyza frontella* (Mac Lean y Byers 1983), de *Empoasca fabae* (Ranger *et al.* 2004) y de los áfidos *A. pisum* (Shade y Kitch 1983) y *T. maculata* (Ferguson *et al.* 1982).

Diferencias en la concentración y en la composición de las ceras epicuticulares de los cultivares de alfalfa podrían afectar de distintas maneras la elección de los áfidos. Cultivares de *M. sativa* con una elevada concentración de ésteres en la cera epicuticular resultan disuasivos para *T. trifolii* (Bergman *et al.* 1991). La presencia en la cera epicuticular de alcanos de cadena larga ( $C_{27} - C_{29}$

–  $C_{31} - C_{33}$ ) en *Vicia faba* y de alcanos ( $C_{14} - C_{15}$ ) con ácidos grasos en *Lathyrus sativus* actúan, respectivamente, como atrayentes de *A. pisum* (Klingauf 1987) y de *A. craccivora* (Mitra *et al.* 2019). En cultivares de *M. truncatula*, la presencia de compuestos disuasivos se ha relacionado con la resistencia por antixenosis para estas tres especies de áfidos, pero no se ha determinado la naturaleza de los mismos (Kamphuis *et al.* 2013b).

A las 48 horas las tres especies mantuvieron la elección realizada durante las primeras 24 horas (Tabla 3). En un ensayo similar, Ali *et al.* (2005) observó una correlación de Pearson del 0,41 entre las 24 y 48 horas para *A. pisum* en *Pisum sativum*. Los valores y las diferencias en los coeficientes de correlación obtenidos en este ensayo

podrían deberse a que cada especie de áfido requiere de un tiempo mínimo para diferenciar los cultivares susceptibles de los resistentes. En ensayos de libre elección entre cultivares de *M. truncatula* se observó que *T. trifolii* necesitó cerca de 3 horas (Kamphuis *et al.* 2013a), *A. pisum* alrededor de 24 horas (Gao *et al.* 2008) y *A. craccivora* más de 48 horas para elegir o detectar al cultivar susceptible (Kamphuis *et al.* 2012).

### Resistencia por antibiosis

Un valor negativo en la tasa intrínseca de crecimiento natural ( $r_m$ ) se obtuvo al criar *A. pisum* sobre los cultivares CW 1010, Pampa Flor, Sirosal y Venus (Tabla 4) y para el áfido *A. craccivora* sobre los cultivares CW 194, CW 1010

**Tabla 1.** Promedio de áfidos adultos presentes en los diferentes cultivares de *M. sativa* a las 24 y 48 horas. Valores seguidos por la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente (DMS,  $p \geq 0,05$ ).

Cultivar	<i>A. pisum</i>		<i>A. craccivora</i>		<i>T. trifolii</i>	
	24 horas	48 horas	24 horas	48 horas	24 horas	48 horas
ACA 605	3,32 bcd	5,27 cde	0,91 a	2,54 a	0,77 a	0,62 ab
ACA 903	8,64 h	9,54 f	4,28 efg	3,96 abcde	7,87 defgh	6,57 defg
Armona	3,96 cdef	3,24 abc	3,65 cde	4,32 cde	4,54 cd	4,45 cdef
Brava	5,63 fg	5,27 cde	5,63 fghij	4,26 bcde	0,54 a	0,54 a
Carmina	6,63 gh	5,60 de	4,59 efg	6,63 fgh	4,90 cde	3,13 abcd
Cuf 101	3,27 bcd	3,24 abc	3,65 cde	2,65 ab	6,86 cdefgh	2,88 abcd
CW 194	1,21 a	1,64 a	7,64 j	7,98 h	7,87 defgh	7,14 efg
CW 620	2,54 abc	3,24 abc	1,94 ab	4,65 cdef	5,16 cdef	3,86 cde
CW 830	4,97 defg	6,61 ef	7,66 j	6,61 fgh	3,70 bc	3,08 abcd
CW 1010	3,62 bcde	3,32 abcd	5,97 ghij	4,32 cde	5,27 cdef	6,51 defg
EBC 90	2,65 bc	2,21 ab	5,63 fghij	5,63 efg	6,86 cdefgh	3,24 abcde
Esperanza	3,96 cdef	6,61 ef	4,32 efg	4,26 bcde	4,17 bcd	2,82 abcd
Garufa	5,97 g	4,97 cde	3,96 def	5,29 defg	5,56 cdefg	8,22 fg
Gateado	3,96 cdef	4,62 cde	4,92 efghi	3,57 abcd	9,62 gh	3,33 bcde
Medina	4,62 defg	5,27 cde	2,61 bcd	2,61 ab	10,26 h	10,57 g
Monarca	5,32 efg	5,29 cde	4,97 efghi	3,32 abc	4,88 cde	3,90 cde
P 5939	2,25 ab	3,96 bcd	5,97 ghij	2,65 ab	8,94 fgh	9,56 g
Pampa Flor	4,62 defg	3,24 abc	1,94 ab	3,96 abcde	1,48 ab	2,29 abc
Río Grande	6,32 gh	4,62 cde	6,97 ij	5,65 efg	8,62 efgh	5,84 cdefg
Sirosal	2,21 ab	3,90 bcd	2,31 bc	4,97 cdefg	5,56 cdefg	6,22 defg
SPS 6550	3,32 bcd	5,29 cde	4,92 efghi	6,94 gh	7,20 cdefgh	3,97 cdef
Venus	6,61 gh	8,62 f	6,30 hij	5,29 defg	6,91 cdefgh	7,24 efg
Victoria	3,32 bcd	4,26 cde	6,63 ij	3,96 abcde	4,45 cd	6,11 defg

**Tabla 2.** Correlación del número de áfidos por cultivar entre especies a las 24 y 48 horas.

Relación entre especies de áfidos	24 horas		48 horas	
	Coefficiente de Pearson	p-valor	Coefficiente de Pearson	p-valor
<i>A. pisum</i> / <i>A. craccivora</i>	0,0863	0,6953	-0,0872	0,6923
<i>A. pisum</i> / <i>T. trifolii</i>	-0,0777	0,7243	0,0121	0,9562
<i>A. craccivora</i> / <i>T. trifolii</i>	0,3362	0,1167	0,0409	0,8528

**Tabla 3.** Correlación del número de áfidos por cultivar entre las 24 y 48 horas para cada especie.

Áfido	Coefficiente de	
	Pearson	p-valor
<i>A. pisum</i>	0,7687	≤0,0001
<i>A. craccivora</i>	0,4860	0,0187
<i>T. trifolii</i>	0,7462	≤0,0001

y EBC 90 (Tabla 5). Un valor negativo de  $r_m$  significa que por cada hembra en el presente habrá menos de una hembra ( $R_0$ ) en la próxima generación, lo que implica una disminución de individuos en la población a lo largo del tiempo ( $\lambda$ ). Estos cultivares fueron considerados como altamente resistentes para las mencionadas especies de áfidos y fueron excluidos del análisis estadístico. El áfido *T. trifolii* presentó un crecimiento poblacional positivo sobre los 23 cultivares de alfalfa evaluados (Tabla 6). Esto podría deberse a que *T. trifolii* posee un menor rango de especies hospederas (Mazzuferi *et al.* 2011), lo cual le confiere una mayor elasticidad genética, fisiológica y comportamental para superar los mecanismos de resistencia de las plantas (Züst y Agrawal 2016, Maffei 2018).

En los cultivares con valores positivos de  $rm$  se observó el menor incremento poblacional en el cultivar CW 194 para *A. pisum* (Tabla 4), en Medina para *A. craccivora* (Tabla 5) y en los cultivares Sirosal y Brava para *T. trifolii* (Tabla 6) (DMS,  $p < 0,05$ ). El cultivar más susceptible para las tres especies de áfidos fue P 5939.

En las tres especies de áfidos, los valores negativos y bajos de  $r_m$  están asociados a una elevada mortalidad ninfal. Factores como la estructura cuticular de las hojas, la composición de los lípidos epicuticulares (Wójcicka 2015), la presencia de diferentes tipos de saponinas (Golawska *et al.* 2012) y/o de sustancias sintetizadas después de la infestación de los áfidos podrían

desempeñar un papel fundamental en la resistencia por antibiosis (Sadek *et al.* 2013).

En *M. sativa* existe una correlación positiva entre el nivel de resistencia por antibiosis al áfido *A. pisum* con la concentración de saponinas (Golawska *et al.* 2012). En cultivares de *M. truncatula* resistentes a estas tres especies de áfidos, se han sugerido como mecanismos responsables de la resistencia a la biosíntesis de compuestos antialimentarios, al colapso de las células floemáticas o su bloqueo por la rápida polimerización y deposición de callosa (Kamphuis *et al.* 2012, 2013b).

**Tolerancia**

El ataque de los áfidos provocó una disminución del peso seco (DPS) en los 23 cultivares de alfalfa, con una pérdida mayor en los cultivares altamente susceptibles (DMS,  $p < 0,05$ ) (Figura 1). He y Zhang (2006) informaron una situación similar al evaluar las mismas especies de áfidos sobre otros cultivares de *M. sativa*. En los cultivares altamente tolerantes no se observaron síntomas de daño y presentaron una escasa DPS. Resultados similares fueron reportados por Zhang *et al.* (2020) al evaluar la DPS en cultivares de *M. truncatata* ante la presencia de *A. pisum* y *T. trifolii*.

Para *A. pisum* (Figura 1a) el cultivar Carmina resultó AT (DPS 13%), mientras que ACA 605 y CW 1010 resultaron ser T (DPS 25 y 28%). Los cultivares AS

**Tabla 4.** Parámetros demográficos ( $\pm$ E.S.) de *A. pisum* en diferentes cultivares de alfalfa. *Mort*: mortalidad;  $r_m$ : tasa intrínseca de crecimiento natural;  $R_0$ : tasa neta de reproducción;  $T$ : tiempo generacional medio;  $\lambda$ : tasa finita de incremento. Cultivares seguidos por un asterisco fueron considerados como altamente resistentes y descartados del análisis estadístico. Valores seguidos por la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente (DMS,  $p \geq 0,05$ ).

Cultivar	<i>Mort</i> (%)	$r_m$ (♀/♀/ día)	$R_0$ (♀/♀/ generación)	<i>T</i> (días)	$\lambda$ (♀/♀/ día)
ACA 605	6,47	0,209 $\pm$ 0,001 jk	20,346 $\pm$ 0,590 i	14,722 $\pm$ 0,252 gh	1,232 $\pm$ 0,002 jk
ACA 903	30	0,216 $\pm$ 0,004 k	12,667 $\pm$ 0,354 f	11,819 $\pm$ 0,134 b	1,241 $\pm$ 0,005 k
Armona	56,52	0,135 $\pm$ 0,007 d	6,127 $\pm$ 0,498 c	13,783 $\pm$ 0,215 f	1,144 $\pm$ 0,008 d
Brava	56,64	0,130 $\pm$ 0,006 d	8,659 $\pm$ 0,675 d	17,575 $\pm$ 0,281 j	1,138 $\pm$ 0,006 d
Carmina	24,76	0,181 $\pm$ 0,001 fgh	15,132 $\pm$ 0,531 g	15,077 $\pm$ 0,103 hi	1,199 $\pm$ 0,001 fg
Cuf 101	71,89	0,060 $\pm$ 0,007 b	1,901 $\pm$ 0,247 ab	12,715 $\pm$ 0,330 cd	1,061 $\pm$ 0,008 b
CW 194	72,54	0,035 $\pm$ 0,006 a	1,588 $\pm$ 0,168 a	14,931 $\pm$ 0,323 hi	1,036 $\pm$ 0,006 a
CW 620	7,62	0,193 $\pm$ 0,003 hi	15,456 $\pm$ 0,500 g	14,164 $\pm$ 0,088 fg	1,213 $\pm$ 0,004 hi
CW 830	56,81	0,080 $\pm$ 0,005 c	3,048 $\pm$ 0,245 b	14,760 $\pm$ 0,297 h	1,082 $\pm$ 0,005 c
CW 1010*	74,66	-0,035 $\pm$ 0,004	0,544 $\pm$ 0,009	12,157 $\pm$ 0,691	0,963 $\pm$ 0,003
EBC 90	39,92	0,084 $\pm$ 0,006 c	2,478 $\pm$ 0,158 ab	11,201 $\pm$ 0,195 a	1,087 $\pm$ 0,007 c
Esperanza	11,65	0,167 $\pm$ 0,001 e	12,933 $\pm$ 0,554 f	15,383 $\pm$ 0,171 i	1,182 $\pm$ 0,001 e
Garufa	10	0,212 $\pm$ 0,003 jk	19,065 $\pm$ 0,511 h	13,908 $\pm$ 0,114 f	1,235 $\pm$ 0,006 jk
Gateado	8,75	0,212 $\pm$ 0,004 jk	9,454 $\pm$ 0,141 d	10,682 $\pm$ 0,201 a	1,236 $\pm$ 0,006 jk
Medina	20,58	0,203 $\pm$ 0,002 ij	21,080 $\pm$ 0,434 i	15,024 $\pm$ 0,128 hi	1,225 $\pm$ 0,002 ij
Monarca	13,23	0,179 $\pm$ 0,002 efg	11,909 $\pm$ 0,286 ef	13,702 $\pm$ 0,158 ef	1,196 $\pm$ 0,002 fg
Pampa Flor*	82,06	-0,015 $\pm$ 0,002	0,632 $\pm$ 0,042	11,364 $\pm$ 0,412	0,981 $\pm$ 0,002
P 5939	11,87	0,236 $\pm$ 0,002 l	18,600 $\pm$ 0,515 h	12,275 $\pm$ 0,157 bc	1,266 $\pm$ 0,003 l
Río Grande	5,95	0,240 $\pm$ 0,002 l	14,575 $\pm$ 0,442 g	11,124 $\pm$ 0,041 a	1,271 $\pm$ 0,003 l
Sirosal*	77,56	-0,021 $\pm$ 0,005	0,674 $\pm$ 0,048	13,482 $\pm$ 0,477	0,978 $\pm$ 0,005
SPS 6550	36,25	0,173 $\pm$ 0,003 ef	11,225 $\pm$ 0,476 e	13,902 $\pm$ 0,104 f	1,189 $\pm$ 0,003 ef
Venus*	87,22	-0,032 $\pm$ 0,005	0,498 $\pm$ 0,068	13,177 $\pm$ 0,351	0,966 $\pm$ 0,005
Victoria	5,88	0,189 $\pm$ 0,004 gh	12,050 $\pm$ 0,400 ef	13,154 $\pm$ 0,233 de	1,209 $\pm$ 0,005 gh

fueron Gateado, Sirosal y Venus (DPS 83-85%) que presentaron una leve clorosis. Similar sintomatología fue observada por Golawska *et al.* (2010), quien atribuye este fenómeno a una disminución en el contenido de clorofila en las plantas de *M. sativa* infestada con *A. pisum*.

Los cultivares AT al ataque de *A. craccivora* (Figura 1b) fueron CW 194, CW 830 y SPS 6550 (DPS 8-16%). Por otro parte, los cultivares Monarca, Sirosal y Victoria resultaron T (DPS 24-29%). Los cultivares AS resultaron ser ACA 903, Cuf 101, Gateado y Río Grande (DPS 79-87%), observándose un acortamiento en los entrenudos. Daño similar fue reportado por Kamphuis *et al.* 2012 en

cultivares de *M. truncatula* susceptibles a este áfido.

Los cultivares CW 194 y CW 830 resultaron AT (DPS 7 y 16%) al ataque de *T. trifolii* (Figura 1c), mientras que los cultivares Armona y CW 1010 resultaron T (DPS 22 y 24%). Finalmente, los cultivares AS fueron ACA 903 y Gateado (DPS 85 y 89%), los cuales exhibieron la clorosis característica de las nervaduras de las hojas. Se ha observado que, en los cultivares susceptible de *M. truncatula* (Kamphuis *et al.* 2013) y de *M. sativa* (He y Zhang 2006), *T. trifolii* provoca el amarillamiento de las nervaduras de las hojas superiores de la planta, independientemente del sector en que se encuentre la colonia.

**Tabla 5.** Parámetros demográficos ( $\pm$ E.S.) de *A. craccivora* en diferentes cultivares de alfalfa. *Mort*: mortalidad;  $r_m$ : tasa intrínseca de crecimiento natural;  $R_0$ : tasa neta de reproducción; *T*: tiempo generacional medio;  $\lambda$ : tasa finita de incremento. Cultivares seguidos por un asterisco fueron considerados como altamente resistentes y descartados del análisis estadístico. Valores seguidos por la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente (DMS,  $p \geq 0,05$ ).

Cultivar	<i>Mort</i> (%)	$r_m$ (♀/♀/ día)	$R_0$ (♀/♀/ generación)	<i>T</i> (días)	$\lambda$ (♀/♀/ día)
ACA 605	30	0,108 $\pm$ 0,002 bc	6,397 $\pm$ 0,409 bc	17,747 $\pm$ 0,740 h	1,113 $\pm$ 0,002 bc
ACA 903	44,04	0,182 $\pm$ 0,008 i	7,857 $\pm$ 0,670 cd	12,509 $\pm$ 0,733 c	1,200 $\pm$ 0,011 h
Armona	73,61	0,116 $\pm$ 0,005 cd	9,536 $\pm$ 0,447 de	21,862 $\pm$ 0,832 i	1,123 $\pm$ 0,006 cd
Brava	7,27	0,185 $\pm$ 0,003 i	16,251 $\pm$ 0,470 g	15,477 $\pm$ 0,391 def	1,203 $\pm$ 0,003 h
Carmina	60	0,098 $\pm$ 0,005 b	5,175 $\pm$ 0,512 b	18,339 $\pm$ 0,821 h	1,102 $\pm$ 0,006 b
Cuf 101	57,50	0,159 $\pm$ 0,003 h	21,875 $\pm$ 0,941 i	22,241 $\pm$ 0,897 i	1,171 $\pm$ 0,003 g
CW 194*	88,75	-0,013 $\pm$ 0,013	0,679 $\pm$ 0,101	12,127 $\pm$ 0,737	0,993 $\pm$ 0,011
CW 620	47,22	0,180 $\pm$ 0,003 i	13,619 $\pm$ 0,540 f	15,129 $\pm$ 0,378 de	1,196 $\pm$ 0,004 h
CW 830	56,54	0,147 $\pm$ 0,008 fgh	5,511 $\pm$ 0,851 b	12,581 $\pm$ 0,624 c	1,156 $\pm$ 0,009 fg
CW 1010*	86,90	-0,016 $\pm$ 0,004	0,678 $\pm$ 0,015	13,127 $\pm$ 0,991	0,982 $\pm$ 0,004
EBC 90*	64,43	-0,007 $\pm$ 0,009	0,845 $\pm$ 0,068	10,425 $\pm$ 0,044	0,997 $\pm$ 0,004
Esperanza	56,25	0,118 $\pm$ 0,003 cde	6,375 $\pm$ 0,423 bc	16,951 $\pm$ 0,399 fgh	1,124 $\pm$ 0,004 cd
Garufa	56,25	0,109 $\pm$ 0,002 bcd	6,406 $\pm$ 0,138 bc	18,026 $\pm$ 0,574 h	1,115 $\pm$ 0,002 bc
Gateado	33,33	0,278 $\pm$ 0,004 l	13,458 $\pm$ 0,125 f	9,544 $\pm$ 0,107 a	1,320 $\pm$ 0,005 k
Medina	69,04	0,060 $\pm$ 0,005 a	2,232 $\pm$ 0,322 a	16,924 $\pm$ 0,621 fgh	1,061 $\pm$ 0,006 a
Monarca	16,07	0,1408 $\pm$ 0,006 fg	10,208 $\pm$ 0,811 e	16,755 $\pm$ 0,334 efg	1,151 $\pm$ 0,007 ef
P 5939	30	0,294 $\pm$ 0,003 m	18,555 $\pm$ 0,231 h	10,169 $\pm$ 0,181 ab	1,341 $\pm$ 0,004 l
Pampa Flor	30,55	0,212 $\pm$ 0,007 j	20,263 $\pm$ 0,861 i	14,529 $\pm$ 0,432 d	1,235 $\pm$ 0,009 i
Río Grande	24,16	0,241 $\pm$ 0,004 k	16,547 $\pm$ 0,422 g	11,707 $\pm$ 0,137 bc	1,273 $\pm$ 0,005 j
Sirosal	45,08	0,153 $\pm$ 0,006 gh	12,830 $\pm$ 0,834 f	17,337 $\pm$ 1,038 gh	1,165 $\pm$ 0,007 fg
SPS 6550	30	0,123 $\pm$ 0,008 de	7,400 $\pm$ 0,739 c	17,138 $\pm$ 0,478 fgh	1,127 $\pm$ 0,008 cd
Venus	48,61	0,149 $\pm$ 0,004 gh	12,026 $\pm$ 0,801 f	17,869 $\pm$ 0,733 h	1,160 $\pm$ 0,005 fg
Victoria	29,76	0,132 $\pm$ 0,002 ef	7,916 $\pm$ 0,277 cd	16,037 $\pm$ 0,331 defg	1,141 $\pm$ 0,003 de

Los cultivares tolerantes exhibieron una escasa pérdida de biomasa. Resultados similares fueron reportados en otros cultivares tolerantes de alfalfa ante la presencia de los áfidos *A. pisum* y *T. trifolii* (Kindler *et al.* 1971) y en cultivares tolerantes de *M. truncatula* atacados por *A. pisum*, *A. craccivora* y *T. trifolii* (Kamphuis *et al.* 2013a, b). Por lo general, la tolerancia se expresa como un crecimiento compensatorio al ataque de los áfidos (Castro *et al.* 2001). Este crecimiento se sustenta en que el contenido de clorofila no sufre cambios y en que la actividad fotosintética no resulta afectada o se incrementa

(Koch *et al.* 2016). Por lo contrario, en los cultivares susceptible se detecta una reducción en el contenido de clorofila y en la actividad fotosintética (Koch *et al.* 2016). En cultivares tolerantes a las tres especies de áfidos se observó un aumento en la actividad fotosintética y un crecimiento compensatorio como respuesta al ataque de estas especies (Kamphuis *et al.* 2013a, b).

#### Índice de resistencia y tolerancia

De los 23 cultivares evaluados, los cultivares Armona y CW 830 presentaron altos niveles de

**Tabla 6.** Parámetros demográficos ( $\pm$ E.S.) de *T. trifolii* en diferentes cultivares de alfalfa. *Mort*: mortalidad;  $r_m$ : tasa intrínseca de crecimiento natural;  $R_0$ : tasa neta de reproducción;  $T$ : tiempo generacional medio;  $\lambda$ : tasa finita de incremento. Valores seguidos por la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente (DMS,  $p \geq 0,05$ ).

Cultivar	<i>Mort</i> (%)	$r_m$ (♀/♀/ día)	$R_0$ (♀/♀/ generación)	$T$ (días)	$\lambda$ (♀/♀/ día)
ACA 605	2,27	0,308 $\pm$ 0,004 n	54,510 $\pm$ 2,443 j	12,941 $\pm$ 0,249 cde	1,360 $\pm$ 0,005 m
ACA 903	16,66	0,286 $\pm$ 0,008 lm	32,442 $\pm$ 2,319 efg	12,204 $\pm$ 0,448 abc	1,331 $\pm$ 0,010 kl
Armona	62,95	0,148 $\pm$ 0,005 bc	15,517 $\pm$ 2,218 bcd	19,709 $\pm$ 0,364 m	1,156 $\pm$ 0,008 ab
Brava	70,78	0,133 $\pm$ 0,006 ab	11,203 $\pm$ 1,558 abc	19,665 $\pm$ 0,503 lm	1,141 $\pm$ 0,007 a
Carmina	26,66	0,229 $\pm$ 0,008 fg	39,230 $\pm$ 2,691 ghi	16,160 $\pm$ 0,346 k	1,258 $\pm$ 0,010 fg
Cuf 101	28,69	0,244 $\pm$ 0,006 ghij	28,766 $\pm$ 3,098 e	13,893 $\pm$ 0,129 efg	1,276 $\pm$ 0,008 ghi
CW 194	59,61	0,153 $\pm$ 0,008 c	7,359 $\pm$ 1,061 a	13,455 $\pm$ 0,396 def	1,164 $\pm$ 0,009 bc
CW 620	38,78	0,277 $\pm$ 0,002 kl	32,201 $\pm$ 1,676 ef	12,853 $\pm$ 0,342 bcde	1,318 $\pm$ 0,004 jk
CW 830	62,87	0,180 $\pm$ 0,003 d	13,347 $\pm$ 2,709 abcd	14,215 $\pm$ 0,513 fgh	1,196 $\pm$ 0,003 d
CW 1010	62,96	0,165 $\pm$ 0,008 cd	8,870 $\pm$ 1,827 ab	13,510 $\pm$ 0,420 def	1,177 $\pm$ 0,009 bcd
EBC 90	56,66	0,152 $\pm$ 0,003 c	8,363 $\pm$ 0,392 a	14,877 $\pm$ 0,326 ghi	1,164 $\pm$ 0,003 bc
Esperanza	36,11	0,222 $\pm$ 0,010 ef	36,669 $\pm$ 4,929 fgh	16,547 $\pm$ 0,365 k	1,248 $\pm$ 0,013 ef
Garufa	9,37	0,249 $\pm$ 0,006 hij	33,325 $\pm$ 2,437 efg	14,043 $\pm$ 0,071 fgh	1,283 $\pm$ 0,008 hi
Gateado	36,90	0,211 $\pm$ 0,010 e	11,337 $\pm$ 1,985 abc	11,836 $\pm$ 0,538 ab	1,234 $\pm$ 0,012 e
Medina	1,19	0,292 $\pm$ 0,001 lmn	62,596 $\pm$ 2,469 k	14,171 $\pm$ 0,174 fgh	1,339 $\pm$ 0,002 klm
Monarca	63,46	0,159 $\pm$ 0,006 c	17,469 $\pm$ 2,451 cd	18,622 $\pm$ 0,534 l	1,172 $\pm$ 0,008 bc
P 5939	33,33	0,297 $\pm$ 0,006 mn	43,155 $\pm$ 4,236 hi	12,623 $\pm$ 0,221 abcd	1,345 $\pm$ 0,008 lm
Pampa Flor	19,04	0,238 $\pm$ 0,003 fghi	43,390 $\pm$ 1,566 hi	16,022 $\pm$ 0,151 jk	1,268 $\pm$ 0,005 fgh
Río Grande	22,91	0,259 $\pm$ 0,008 jk	19,812 $\pm$ 1,648 d	11,700 $\pm$ 0,303 a	1,296 $\pm$ 0,010 ij
Sirosal	78,72	0,130 $\pm$ 0,005 a	10,084 $\pm$ 0,634 ab	19,077 $\pm$ 0,525 lm	1,138 $\pm$ 0,006 a
SPS 6550	32,14	0,233 $\pm$ 0,003 fgh	36,708 $\pm$ 2,893 fgh	15,731 $\pm$ 0,512 ijk	1,262 $\pm$ 0,004 fgh
Venus	56,38	0,166 $\pm$ 0,004 cd	27,465 $\pm$ 1,317 e	21,019 $\pm$ 0,413 n	1,180 $\pm$ 0,004 cd
Victoria	10,22	0,255 $\pm$ 0,002 ij	46,053 $\pm$ 2,197 i	15,001 $\pm$ 0,121 hij	1,291 $\pm$ 0,002 i

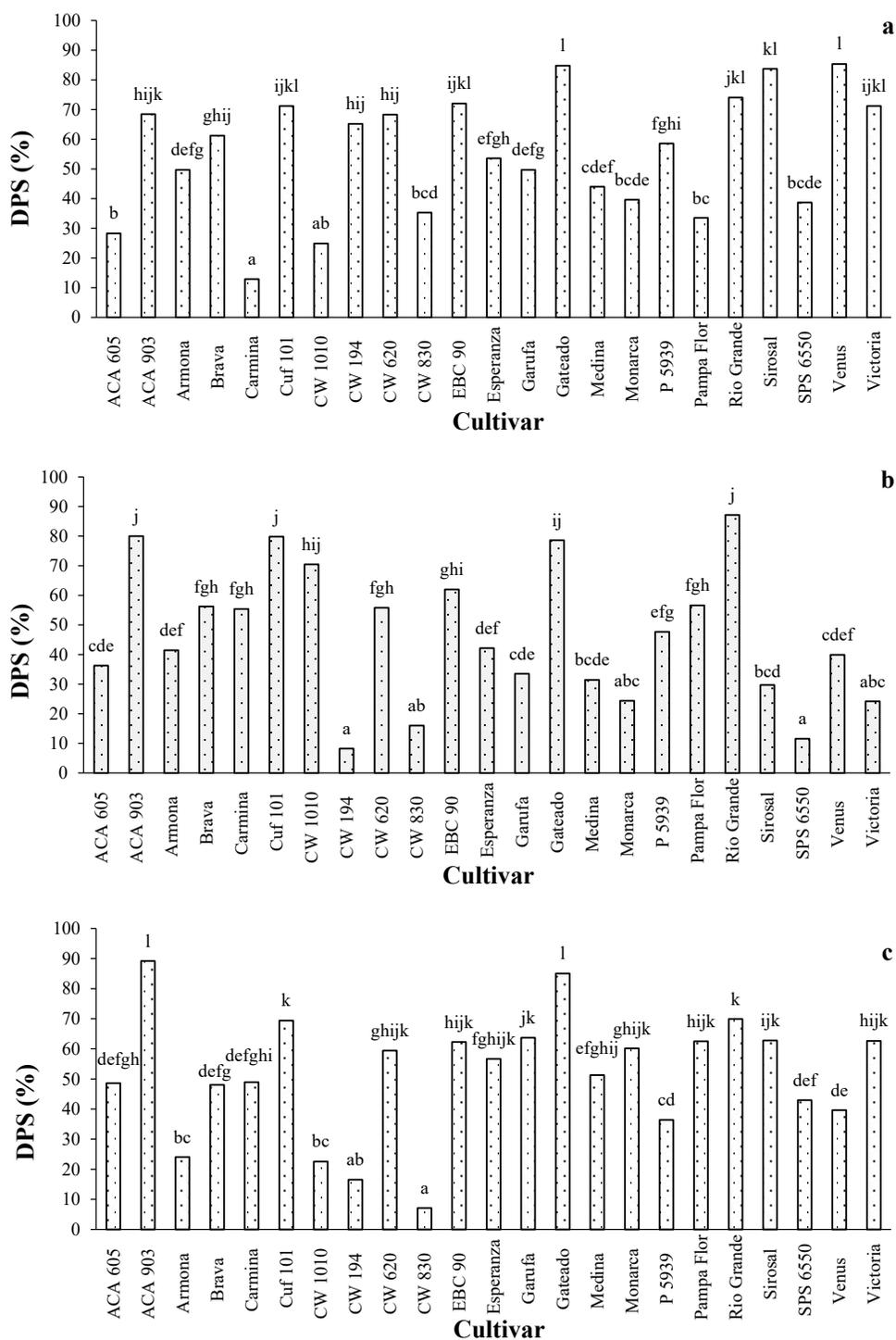
resistencia y tolerancia para las tres especies de áfidos (Tabla 7). El cultivar Armona fue más antibiótico que CW 830 para los áfidos *A. craccivora* y *T. trifolii*, mientras que CW 830 fue más antibiótico para el áfido *A. pisum* y más tolerante para *A. craccivora* que el cultivar Armona. Por su parte, los cultivares CW 1010 y Venus fueron únicamente susceptibles por tolerancia al áfido *A. craccivora* y al áfido *A. pisum*, respectivamente. Los cultivares ACA 903, Río Grande, Gateado y P 5939 resultaron ser los cultivares más susceptibles.

## Conclusión

Los cultivares CW 194 y CW 1010 resultaron antibióticos para *A. pisum* y *A. craccivora* y el cultivar Sirosal para *A. pisum* y *T. trifolii*.

Los cultivares ACA 605, Armona, CW 830 y SPS 6560 resultaron tolerantes a las tres especies de áfidos evaluadas.

Por medio del IRT se halló que los cultivares Armona y CW 830 presentan niveles de resistencia y tolerancia a las tres especies de áfidos. En áreas con altas infestaciones de *A. pisum*, *A. craccivora* y *T. trifolii* se recomienda la



**Figura 1.** A Porcentaje de disminución de peso seco (DPS) de los cultivares de *M. sativa* frente al áfido *A. pisum* (a), *A. craccivora* (b) y *T. trifolii* (c). Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente (DMS,  $p \geq 0,05$ ).

**Tabla 7.** Índice de resistencia y tolerancia de los áfidos a los 23 cultivares de alfalfa. **SRAx**: subíndice de resistencia por antixenosis; **SRAb**: subíndice de resistencia por antibiosis; **ST**: subíndice de tolerancia. **IRT**: índice de resistencia y tolerancia.

Cultivar	<i>A. pisum</i>				<i>A. craccivora</i>				<i>T. trifolii</i>			
	SRAx	SRAb	ST	IRT	SRAx	SRAb	ST	IRT	SRAx	SRAb	ST	IRT
ACA 605	0,355	0,855	0,302	0,504	0,205	0,356	0,385	0,315	0,044	0,962	0,517	0,508
ACA 903	0,777	0,886	0,731	0,798	0,307	0,602	0,849	0,586	0,444	0,893	0,949	0,762
Armona	0,222	0,551	0,531	0,435	0,333	0,385	0,440	0,386	0,311	0,463	0,255	0,343
Brava	0,355	0,533	0,654	0,514	0,333	0,611	0,597	0,514	0,044	0,416	0,511	0,324
Carmina	0,377	0,742	0,137	0,419	0,512	0,324	0,588	0,475	0,222	0,716	0,521	0,486
Cuf 101	0,222	0,247	0,761	0,410	0,205	0,526	0,848	0,526	0,200	0,762	0,739	0,567
CW 1010	0,222	-0,144	0,265	0,114	0,333	-0,053	0,748	0,342	0,444	0,516	0,240	0,400
CW 194	0,111	0,146	0,697	0,318	0,923	-0,043	0,087	0,322	0,488	0,478	0,176	0,381
CW 620	0,222	0,792	0,730	0,581	0,359	0,594	0,592	0,515	0,266	0,865	0,632	0,588
CW 830	0,444	0,327	0,377	0,382	0,512	0,486	0,16a	0,389	0,222	0,563	0,075	0,286
EBC 90	0,155	0,343	0,770	0,423	0,435	-0,023	0,658	0,357	0,222	0,476	0,663	0,453
Esperanza	0,444	0,684	0,572	0,567	0,333	0,389	0,447	0,390	0,200	0,693	0,603	0,499
Garufa	0,333	0,869	0,531	0,578	0,410	0,360	0,355	0,375	0,555	0,780	0,678	0,671
Gateado	0,311	0,867	0,906	0,694	0,282	0,919	0,835	0,678	0,244	0,659	0,905	0,603
Medina	0,355	0,831	0,470	0,552	0,205	0,200	0,333	0,246	0,844	0,913	0,546	0,767
Monarca	0,355	0,733	0,423	0,504	0,256	0,464	0,259	0,326	0,266	0,498	0,640	0,468
P 5939	0,266	0,966	0,626	0,619	0,205	0,970	0,506	0,560	0,644	0,928	0,387	0,653
Pampa Flor	0,222	-0,064	0,358	0,171	0,307	0,701	0,601	0,536	0,177	0,743	0,665	0,529
Río Grande	0,311	0,980	0,791	0,694	0,435	0,796	0,926	0,719	0,400	0,811	0,744	0,651
Sirosal	0,266	-0,086	0,894	0,358	0,384	0,506	0,315	0,402	0,422	0,406	0,668	0,498
SPS 6560	0,355	0,709	0,413	0,492	0,846	0,407	0,122	0,458	0,288	0,729	0,457	0,492
Venus	0,577	-0,131	0,912	0,452	0,410	0,494	0,423	0,442	0,488	0,519	0,422	0,476
Victoria	0,288	0,775	0,761	0,608	0,307	0,436	0,256	0,333	0,422	0,798	0,666	0,629

utilización de estos cultivares dentro de un manejo integrado de plaga con el fin de reducir la aplicación de insecticidas sintéticos y disminuir las pérdidas en materia seca debido a la herbivoría.

### Agradecimientos

A SECyT-UNS por el financiamiento.

### Literatura citada

ALI K, LOUW SM, SWART WJ. 2005. Components and mechanisms of resistance in selected field pea *Pisum sativum* lines to the pea aphid *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae). *Pest Management Journal of Ethiopia*, 9: 17-27. <https://doi.org/10.1079/ijet200566>

ARAGÓN JR, IMWINKELRIED JM. 2007. Manejo integrado de plagas de la alfalfa. En: Basigalup DH, editor. El cultivo de la alfalfa en la Argentina. Buenos Aires (Argentina): Ediciones INTA. p 165-197.

ARMSTRONG JS, MBULWE L, SEKULA-ORTIZ D, VILLANUEVA RT, ROONEY WL. 2017. Resistance to *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) in forage and grain sorghums. *Journal of Economic Entomology*, 110 (1): 259-265. <http://dx.doi.org/10.1093/jee/tow261>

AZNAR-FERNÁNDEZ T, RUBIALES D. 2018. Identification and characterisation of antixenosis and antibiosis to pea aphid (*Acyrtosiphon pisum*) in *Pisum* spp. germplasm. *Annals of Applied Biology*, 172 (3): 268-281. <https://doi.org/10.1111/aab.12417>

BERGMAN DK, DILLWITH JW, ZARRABI AA,

- CADDEL JL, BERBERET RC. 1991. Epicuticular lipids of alfalfa relative to its susceptibility to spotted alfalfa aphids (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 20 (3): 781-785. <https://doi.org/10.1093/ee/20.3.781>
- BIRCH LC. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *The Journal of Animal Ecology*, 17(1):15-26. <http://dx.doi.org/10.2307/1605>
- BIZET TUROVSKY JAJ, SÁNCHEZ CHOPA C, DESCAMPS LR. 2017. Comportamiento de pulgones en cultivares de alfalfa en la región del sudoeste bonaerense. *AgroUNSA*, 14 (28): 9-11.
- BRITTON NF. 2003. Essential mathematical biology. London (United Kingdom): Springer Science y Business Media. 335 p.
- CASTRO AM, RAMOS S, VASICEK A, WORLAND A, GIMENEZ D, CLÚA AA, SUAREZ E. 2001. Identification of wheat chromosomes involved with different types of resistance against greenbug (*Schizaphis graminum*, Rond.) and the Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*, Mordvilko). *Entomofauna*, 118 (3): 321-330. <https://doi.org/10.1023/A:1017503828952>
- CHAUDHARY CJ. 2012. Morphological and biochemical basis of resistance against aphid, *Therioaphis maculata* (Buckton) (Aphididae: Homoptera) infesting lucerne, *Medicago sativa* Linnaeus. [Tesis de Grado]. Anand: Universidad Agrícola de Anand, Depto de Entomología Agrícola. 130 p.
- DEGHANI-SAMANI A, MADRESEH-GHAHFAROKHI S, DEGHANI-SAMANI A, PIRALI-KHEIRABADI K. 2015. Acaricidal and repellent activities of essential oil of *Eucalyptus globulus* against *Dermanyssus gallinae* (Acari: Mesostigmata). *Journal of Hermed Pharmacology*, 4 (3): 81-84.
- DESCAMPS LR, SÁNCHEZ CHOPA C. 2011. Population growth of *Rhopalosiphum padi* L. (Homoptera: Aphididae) on different cereal crops from the semiarid pampas of Argentina under laboratory conditions. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71 (3): 390-394. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392011000300007>
- DI RIENZO JA, CASANOVES F, BALZARINI MG, GONZALEZ L, TABLADA M, ROBLEDO CW. 2017. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- DIXON AGO, BRAMEL-COX PJ, REESE JC, HARVEY TL. 1990. Mechanisms of resistance and their interactions in twelve sources of resistance to biotype E greenbug (Homoptera: Aphididae) in sorghum. *Journal of Economic Entomology*, 83 (1): 234-240. <https://doi.org/10.1093/jee/83.1.234>
- DORYANIZADEH N, MOHARRAMIPOUR S, HOSSEININAVEH V, MEHRABADI M. 2016. Effect of eight *Cucumis* genotypes on life table and population growth parameters of melon aphid: an approach to assess antibiosis resistance. *Journal of Agriculture, Science and Technology*, 18 (7): 1819-1832.
- FERGUSON S, SORENSEN EL, HORBER EK. 1982. Resistance to the spotted alfalfa aphid (Homoptera: Aphididae) in glandular-haired *Medicago* species. *Environmental Entomology*, 11 (6): 1229-1232. <https://doi.org/10.1093/ee/11.6.1229>
- GAO LL, KLINGLER JP, ANDERSON JP, EDWARDS OR, SINGH KB. 2008. Characterization of pea aphid resistance in *Medicago truncatula*. *Plant Physiology*, 146 (3): 996-1009. <https://doi.org/10.1104/pp.107.111971>
- GOŁAWSKA S, ŁUKASIK I, WÓJCICKA A, SYTYKIEWICZ H. 2012. Relationship between saponin content in alfalfa and aphid development. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 54 (2): 39-46. <https://doi.org/10.2478/v10182-012-0022-y>
- GOŁAWSKA S, KRZYŻANOWSKI R, ŁUKASIK I. 2010. Relationship between aphid infestation and chlorophyll content in Fabacea species. *Acta Biologica Cracoviensia. Series Botanica*, 52 (2): 76-80, 2010. <https://doi.org/10.2478/v10182-010-0026-4>
- HE CG, ZHANG XG. 2006. Field evaluation of lucerne (*Medicago sativa* L.) for resistance to aphids in northern China. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57: 471-475. <https://doi.org/10.1071/AR05255>
- JOHNSON KJ, SORENSEN EL, HORBER EK. 1980a. Resistance in glandular-haired annual *Medicago* species to feeding by adult alfalfa weevils (*Hypera postica*). *Environmental Entomology*, 9 (1): 133-136. <https://doi.org/10.1093/ee/9.1.133>
- JOHNSON KJ, SORENSEN EL, HORBER EK. 1980b. Resistance of glandular-haired *Medicago* species to oviposition by alfalfa weevils (*Hypera postica*). *Environmental Entomology*, 9 (2): 241-244. <https://doi.org/10.1093/ee/9.2.241>
- KAMPHUIS LG, GAO L, SINGH KB. 2012. Identification and characterization of resistance to cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch) in *Medicago truncatula*. *BioMed Central Plant Biology*, 12 (1): 101-112. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-12-101>
- KAMPHUIS LG, LICHTENZVEIG J, PENG K, GUO SM, KLINGLER JP, SIDDIQUE KHM, GAO LL, SINGH KB. 2013a. Characterization and genetic dissection of resistance to spotted alfalfa aphid (*Therioaphis trifolii*) in *Medicago truncatula*. *Journal of Experimental Botany*, 64 (16): 5157-5172. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert305>
- KAMPHUIS LG, ZULAK K, GAO LL, ANDERSON J, SINGH KB. 2013b. Plant-aphid interactions with a focus on legumes. *Functional Plant Biology*, 40(12): 1271-1284. <http://dx.doi.org/10.1071/FP13090>
- KINDLER SD, KEHR WR, OGDEN RL. 1971. Influence of pea aphids and spotted alfalfa aphids on the stand,

- yield of dry matter, and chemical composition of resistant and susceptible varieties of alfalfa. *Journal of Economic Entomology*, 64(3): 653-657. <https://doi.org/10.1093/jee/64.3.653>
- KLINGAUF FA. 1987. Host plant finding and acceptance. En: Minks AK y Harrewijn P, editor. *Aphids: their biology, natural enemies and control*. Amsterdam (Netherlands): Elsevier. p 209-223.
- KLOSTER AM, ZANIBONI CM. 2007. Manejo y utilización de pasturas de alfalfa en producción de carne. En: Basigalup DH, editor. *El cultivo de la alfalfa en la Argentina*. Buenos Aires (Argentina): Ediciones INTA. p 277-301.
- KOCH KG, CHAPMAN K, LOUIS J, HENG-MOSS T, SARATH G. 2016. Plant tolerance: a unique approach to control hemipteran pests. *Frontiers in Plant Science*, 7: 1-12. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2016.01363>
- MAC LEAN PS, BYERS RA. 1983. Ovipositional preferences of the alfalfa blotch leafminer (Diptera: Agromyzidae) among some simple and glandular-haired *Medicago* species. *Environmental Entomology*, 12 (4): 1083-1086. <https://doi.org/10.1093/ee/12.4.1083>
- MAFFEI M. 2018. *Plant Bioactive Molecules*. Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing. 432 p.
- MEYER JS, INGERSOLL CG, McDONALD LL, BOYCE MS. 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: jackknife vs. bootstrap techniques. *Ecology*, 67(5): 1156-1166. <https://doi.org/10.2307/1938671>
- MAZZUFERI VE, MAIDANA A, FICHETTI P, HANSEN LG, AVALOS DS. 2011. Abundancia y riqueza específica de pulgones (Hemiptera: Aphididae) y sus parasitoides en diferentes genotipos y estados fenológicos del garbanzo. *Agriscientia*, 28 (2): 99-108. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v28.n2.2787>
- MILOŠEVIĆ D, MILENKOVIĆ S, PERIĆ P, STAMENKOVIĆ S. 2014. The effects of monitoring the abundance and species composition of aphids as virus vectors on seed potato production in Serbia. *Journal Pesticides and Phytomedicine*, 29(1): 9-19. <https://doi.org/10.2298/PIF1401009M>
- MITRA P, MOBARAK SH, DEBNATH R, BARIK A. 2019. The role of *Lathyrus sativus* flower surface wax in short-range attraction and stimulant for nymph laying by an adult viviparous aphid. *Bulletin of Entomological Research* 1-11. <https://doi.org/10.1017/S0007485319000531>
- PAINTER RH. 1951. *Insect resistance in crop plants*. New York (USA): The Macmillan Company 492 p.
- PETER AJ, SHANOWER TG, ROMEIS J. 1995. The role of plant trichomes in insect resistance: a selective review. *Phytophaga*, 7: 41-63.
- QUISENBERRY SS, NI X. 2007. Feeding Injury. En: van Emden HF, Harrington R, editores. *Aphids as Crops Pest*. London (United Kingdom): Cabi. p 331-352. <https://doi.org/10.1079/9780851998190.0331>
- RANGER CM, BACKUS EA, WINTER REK, ROTTINGHAUSGE, ELLERSIECK MR, JOHNSON DW. 2004. Glandular trichome extracts from *Medicago sativa* deter settling by the potato leafhopper *Empoasca fabae*. *Journal of Chemical Ecology*, 30 (5): 927-943. <https://doi.org/10.1023/B:JOEC.0000028459.45035.90>
- SADEK RZ, ELBANNA SM, SEMIDA FM. 2013. Aphid-host plant interaction. *Open Journal of Animal Sciences*, 3 (2):16-27. <http://dx.doi.org/10.4236/ojas.2013.32A003>
- SÁNCHEZ ÁLVAREZ I, LÓPEZ ARES S. 1998. Optimización con Solver. *Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*, Actas 6(1): 29
- SHADE RE, KITCH LW. 1983. Pea aphid (Homoptera: Aphididae) biology on glandular-haired *Medicago* species. *Environmental Entomology*, 12 (1): 237-240. <https://doi.org/10.1093/ee/12.1.237>
- SHADE RE, DOSKOCIL MJ, MAXON NP. 1979. Potato Leafhopper Resistance in Glandular-Haired Alfalfa Species. *Crop Science*, 19 (2): 287-289. <https://doi.org/10.2135/cropsci1979.0011183X001900020028x>
- SOIL SURVEY STAFF. 1999. *Soil Taxonomy; a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*, 2nd Ed. USDA. Washington (USA): Government Printing Office 886 p.
- SATHE TV, GOPHANE A, SHENDAGE N. 2015. Colour attractivity and occurrence of some cell sap sucking pests on crop plants. *Biolife*, 3(2): 540-546. <http://dx.doi.org/10.17812/blj2015.32.28>
- SOROKA J, OTANI J. 2011. Arthropods of Legume Forage Crops. En: Floate, KD, editor. *Arthropods of Canadian Grasslands (Volume 2): Inhabitants of a Changing Landscape*. Ottawa (Canada): Biological Survey of Canada. p 239-264. doi:10.3752/9780968932155.ch10
- SOUTHWOOD TRE, HENDERSON PA. 2000. *Ecological methods*, 3<sup>rd</sup> Ed. London (United Kingdom): Blackwell Science Ltd. 575 p.
- SUMMERS CG. 1998. Integrated pest management in forage alfalfa. *Integrated Pest Management Reviews*, 3: 127-154. <https://doi.org/10.1023/A:1009654901994>
- WÓJCICKA A. 2015. Surface waxes as a plant defense barrier towards grain aphid. *Acta biologica Cracoviensia. Series Botanica*, 57 (1): 95-103. <https://doi.org/10.1515/abcsb-2015-0012>
- ZHANG L, KAMPHUIS LG, GUO Y, JACQUES S, SINGH KB, GAO LL. 2020. Ethylene is not essential for R-gene mediated resistance but negatively regulates moderate resistance to some aphids in *Medicago truncatula*. *International journal of molecular sciences*, 21 (13): 4657. <https://doi.org/10.3390/ijms21134657>
- ZÜST T, AGRAWAL AA. 2016. Population growth and sequestration of plant toxins along a gradient of specialization in four aphid species on the common milkweed *Asclepias syriaca*. *Functional Ecology*, 30(4): 547-556. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12523>