

Comparación de técnicas de muestreo de artrópodos depredadores en alfalfa y efecto de factores ambientales sobre sus estimaciones de abundancia

J.E. Gyenge, J.D. Edelstein y E.V. Trumper¹

Resumen. Se compararon las técnicas de muestreo mediante red de arrastre y observación directa durante seis minutos, analizando el efecto de condiciones ambientales en la estimación de la densidad de artrópodos depredadores en alfalfa (*Medicago sativa* L.). Los grupos de depredadores más abundantes fueron coccinélidos, arañas y hemipteros. Se obtuvieron relaciones lineales al compararse ambas técnicas con diferentes edades y especies de coccinélidos. Los factores que explicaron la variación de las abundancias fueron la humedad relativa, velocidad del viento y temperaturas máxima y mínima. Se concluye que el muestreo de artrópodos depredadores con redes de arrastre permitiría una estimación precisa de sus densidades poblacionales, principalmente de nábidos y larvas pequeñas de coccinélidos, aunque la observación directa resulta eficiente en varios grupos de insectos de interés. Para interpretar cambios poblacionales a partir de diferencias en la capacidad de captura de depredadores es importante considerar los factores ambientales que modifican la eficiencia de las técnicas utilizadas.

Palabras claves: Argentina, enemigos naturales, manejo de plagas, *Medicago sativa*.

Abstract. Two sampling techniques for estimating population abundance of predaceous arthropods in alfalfa, net sweeping and 6-minute visual inspection, were analyzed, with particular reference to the influence of environmental conditions. Coccinellids, spiders and hemipterans were among the most abundant predators. Linear equations were obtained relating densities of different development stages and species of coccinellids with both techniques. Relative humidity, wind speed and maximum and minimum temperatures were the climatic factors that best accounted for the variation in predator abundance. Net sweeping allowed for a precise estimation of the abundance of predaceous arthropods, particularly *Nabis* and small coccinellid larvae, although visual inspection was an efficient procedure for several groups of interest. In order to interpret population changes from differences in the capture ability of both techniques, the influence of environmental factors on the efficiency of these sampling techniques should be considered.

Key words: Argentina, *Medicago sativa*, natural enemies, pest management.

INTRODUCCION

Los áfidos y lepidópteros son las principales plagas que disminuyen la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Para el control de sus poblaciones, se han establecido umbrales de daño económico que en la mayoría de los casos sólo consideran la densidad poblacional de las plagas. Debido a la importancia de la acción reguladora de las poblaciones de insectos por enemigos naturales, sus dinámicas temporales y espaciales deberían ser también consideradas al momento de planificar las estrategias de control de insectos. Para ello resultaría necesario el perfeccionamiento de los sistemas de muestreo a aplicar en sus estimaciones de densidad poblacional.

La elección del método de muestreo es frecuentemente arbitraria o basada en criterios subjetivos. En términos estadísticos, para que un diseño experimental sea eficiente, debería considerar los costos individuales por unidad experimental y maximizar la precisión de los datos (Federer, 1955). Para la óptima selección de una técnica de recolección de datos se requiere información sobre la variabilidad del muestreo. Bechinski y Pedigo (1982, 1983), Lapchin *et al.*, (1987) y Buntin e Isenhour (1989) realizaron estudios para la evaluación de técnicas de muestreo de artrópodos depredadores examinando su eficiencia y precisión.

Algunas variables climáticas, como la temperatura y la humedad relativa, afectan la capacidad reproductiva y la

¹ INTA, Estación Agropecuaria Manfredi, Ruta Nacional No. 9, km 636, (5988) Córdoba, República de Argentina. E-mail: emanfre@inta.gov.ar

eficiencia de captura de presas de los depredadores (Kaddou, 1960; Gyenge *et al.*, 1995). En consecuencia, es necesario describir y cuantificar la influencia de los factores bioclimáticos sobre las técnicas de muestreo.

En virtud de la necesidad de desarrollar estrategias de muestreo en alfalfa, este estudio presenta la relación entre la técnica de muestreo con red de arrastre y la observación directa y las compara en función de su eficiencia y precisión. Se analiza además, el efecto de la temperatura, la humedad relativa, la velocidad del viento y la densidad de áfidos, sobre las estimaciones de densidad de nábidos, geocóridos, coccinélidos y arañas.

MATERIALES Y METODOS

Los muestreos se llevaron a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria Manfredi (Provincia de Córdoba, Argentina), perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Los muestreos de insectos se realizaron en seis parcelas experimentales de dos variedades de alfalfa: Costera SP INTA y Monarca SP INTA, susceptible y altamente resistente, respectivamente, a las tres especies de áfidos más importantes (Spada, 1993), rodeado de alfalfa de diferentes variedades. Las muestras se extrajeron semanalmente, con excepción de la semana posterior al corte del cultivo, durante el período febrero - junio de 1995.

Técnicas de recolección de muestras

a) Red de arrastre: Se recogieron 10 muestras de cinco golpes de red por parcela, con una red de 35 cm de diámetro, a lo largo de transectas ubicadas al azar. Todos los insectos recogidos fueron colocados en bolsas plásticas y conservados en heladera hasta su identificación.

b) Observación directa: Consistió en la observación detallada de 10 sitios de 1.0 m² durante seis minutos, en cada parcela. El tiempo de observación fue el máximo período suficiente para un examen exhaustivo de la superficie de muestreo.

Una primera comparación de las técnicas de muestreo se plantea como una regresión lineal entre las mismas, donde la densidad de insectos registrados mediante red entomológica y observación directa constituyeron las variables dependiente (y) e independiente (x), respectivamente.

Mediante regresiones paso a paso (Canavos, 1988) se

analizó la asociación entre las estimaciones de densidad de depredadores y los factores climáticos (temperatura máxima, mínima y promedio, humedad relativa, velocidad del viento) y biológicos (densidad de áfidos por tallo de alfalfa). La información climatológica fue suministrada por la Estación Agrometeorológica de la E.E.A. Manfredi. La densidad de áfidos se estimó como el promedio de individuos/tallo/parcela, sin distinción de especies ni edades (Edelstein *et al.*, 1995).

Las variaciones en las estimaciones de abundancia de insectos resultan afectadas por factores biológicos como su capacidad intrínseca de crecimiento, fenómenos de mortalidad, migración, y sus recursos alimenticios; y por factores abióticos, principalmente la temperatura y el viento. Dado que el presente trabajo explora este segundo aspecto, los efectos correspondientes a los procesos de crecimiento poblacional se descartaron en los análisis de las variaciones de abundancia. Se establecieron relaciones entre las diferencias de densidad entre las fechas de muestreo sucesivas ($N_t - N_{t+1}$) y las condiciones ambientales presentes en el día del muestreo ($t+1$).

La variación relativa (VR) y la precisión relativa (PR) de cada técnica son definidas como:

$$VR = (E.E./media) \times 100 \quad PR = [1 / (\text{costo} \times VR)] \times 100 \quad [1]$$

donde el costo se mide en minutos de trabajo por hombre (Pedigo *et al.*, 1972). La variación relativa provee una medida inversa de la precisión media de muestreo estacional, la cual está expresada por el error estándar (E.E.) como un porcentaje de la densidad media, mientras que PR es un indicador directamente proporcional a la eficiencia de cada método y ofrece una evaluación más significativa de la eficiencia de muestreo (Bechinski y Pedigo, 1983). Estos indicadores fueron comparados mediante una prueba de t.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los grupos de artrópodos depredadores más abundantes fueron coccinélidos, (*Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville, *Eriopsis connexa* Germar y *Coccinella ancoralis* Germar), los cuales se separaron por clases etarias (larvas pequeñas, larvas grandes, pupas y adultos de cada especie), arañas y los hemípteros *Nabis* spp. y *Geocoris* sp.

El áfido *Therioaphis trifolii* Monel fue el más frecuente durante todo el estudio, aunque también se registraron esporádicamente densidades variables de *Acyrtosiphon pisum* Harris, *Acyrtosiphon kondoi* Shinji y *Aphis* spp.

Relación lineal entre técnicas: Con los grupos de coccinélidos se obtuvieron relaciones lineales entre los resultados de ambas técnicas, inclusive al agrupar todas las especies de coccinélidos adultos ($P < 0.05$; Cuadro 1). Las rectas estimadas representaron del 51 al 82% de la variación de los datos recolectados con red en todos los grupos. Una excepción a lo anterior fueron las pupas de coccinélidos, con un R^2 de 0.38.

La pendiente de la recta de regresión indicaría la sensibilidad de una técnica de muestreo con respecto a la otra, ante un cambio de la densidad poblacional. Según sea mayor o menor que 1, la sensibilidad de la técnica de red de arrastre en relación a la de observación directa sería mayor o menor, respectivamente. La pendiente de la ecuación que relaciona ambas técnicas para los grupos de larvas y la mayoría de los adultos de coccinélidos es superior a 1, indicando que la observación directa tendría menor sensibilidad que la red. El grupo de larvas pequeñas de coccinélidos presenta la mayor pendiente de regresión ($b = 3.63 \pm 0.39$). Estas, debido a su coloración mimética, movilidad y tamaño pequeño, son difícil de observar. En larvas grandes de coccinélidos, los adultos de *H. convergens*, adultos de *C. ancoralis* y todos los coccinélidos adultos tomados en conjunto, las pendientes de regresión variaron entre 1.3 y 1.9, indicando una menor diferencia en los incrementos de las estimaciones de

poblaciones por golpes de red y los registros por observación directa. Por el contrario, las pupas están representadas por una ecuación con una pendiente menor a la unidad ($b = 0.08 \pm 0.02$). Al encontrarse las pupas adheridas al envés de las hojas, se haría difícil su recolección con la red, mientras que al tener una coloración pardo-anaranjada, se facilitaría su visualización al inspeccionar el sustrato por observación directa.

Regresión paso a paso: Los factores que explicaron la variación de las diferencias de densidad de individuos capturados entre dos fechas de muestreo fueron la humedad relativa ambiental, velocidad del viento, temperatura máxima y mínima y densidad de la presa (Cuadros 2 y 3). Las estimaciones de densidad de arañas por medio de red tuvieron una alta asociación con la velocidad del viento y las temperaturas mínimas ($R^2 = 0.65$). La densidad de áfidos por tallo de alfalfa explicó más la variación de coccinélidos. Estos respondieron de manera positiva a los cambios de densidad de la presa, concordando con lo descrito en la bibliografía al respecto (Neuenschwander *et al.*, 1975; Frazer y Gilbert, 1976; Milne y Bishop, 1987; Evans y Youssef, 1992).

En segundo lugar, las temperaturas máximas resultaron positivamente relacionadas con las densidades de coccinélidos adultos. La explicación de estos resultados se basa en que los coccinélidos varían su comportamiento de búsqueda en relación a diversas variables como la temperatura y la densidad de presa (Frazer y Gilbert, 1976; Frazer y Gill, 1981; Hemptinne *et al.*, 1996).

Cuadro 1. Parámetros (\pm EE) estimados para las ecuaciones de regresión lineal ($y = a + bx$) entre las densidades estimadas por las dos técnicas de muestreo ($P < 0.01$).

Grupos analizados	a	b	R^2	Probabilidad
Larvas pequeñas de coccinélidos	-0.041 (± 0.087)	3.632 (± 0.385)	0.82	0.0010
Larvas grandes de coccinélidos	-0.051 (± 0.112)	1.312 (± 0.167)	0.76	0.0010
Pupas de coccinélidos	0.00595 (± 0.02)	0.076 (± 0.022)	0.38	0.0027
<i>Hippodamia convergens</i> (Adultos)	-0.420 (± 0.306)	1.995 (± 0.354)	0.63	0.0010
<i>Coccinella ancoralis</i> (Adultos)	0.018 (± 0.018)	1.906 (± 0.308)	0.67	0.0010
Adultos de coccinélidos	-0.750 (± 0.581)	1.635 (± 0.367)	0.51	0.0010

Cuadro 2. Ajuste de ecuaciones de regresión múltiple de la estimación de abundancia poblacional de depredadores mediante observación directa.

Grupos analizados	Modelo (constante + coeficientes de las variables explicativas)	Error estándar	R ²	Probabilidad
Pupas de coccinélidos	$8.284 + -0.129_{(HR)} + 0.28_{(V)}$	0.499	0.49	0.0017
<i>Nabis</i> spp.	$-0.909 + 0.064_{(TM)}$	0.288	0.42	0.0017
<i>Geocoris</i> sp.	$-0.151 + 0.103_{(DA)}$	0.372	0.29	0.0096
Arañas	$-6.710 + 0.081_{(HR)}$	0.557	0.27	0.0125
<i>Hippodamia convergens</i> (Adultos)	$-2.521 + 0.077_{(TM)}$	0.434	0.17	0.045

Tm: Temperatura mínima

TM: Temperatura máxima

DA: Densidad de áfidos

HR: Humedad relativa

V: Velocidad del viento.

Cuadro 3. Ajuste de ecuaciones de regresión múltiple de la estimación de abundancia poblacional de depredadores mediante red de arrastre.

Grupos analizados	Modelo (constante + coeficientes de las variables explicativas)	Error estándar	R ²	Probabilidad
<i>Nabis</i> spp.	$16.038 - 0.243_{(HR)} + 0.446_{(V)}$	2.642	0.28	0.0008
<i>Geocoris</i> sp.	$15.252 - 0.230_{(HR)} + 0.399_{(V)}$	2.456	0.28	0.0010
Arañas	$-0.399 - 0.461_{(TM)} + 0.764_{(V)}$	2.091	0.65	0.0010
Coccinélidos adultos	$3.47 - 0.113_{(HR)} + 0.14_{(TM)} + 0.14_{(DA)} + 0.12_{(V)}$	1.317	0.33	0.0012
<i>Hippodamia convergens</i> (Adultos)	$4.629 - 0.072_{(HR)} + 0.08_{(DA)} + 0.092_{(V)}$	0.778	0.25	0.0040
<i>Eriopsis connexa</i> (Adultos)	$-2.328 + 0.077_{(TM)} + 0.043_{(DA)}$	0.573	0.23	0.0033

Tm: Temperatura mínima

TM: Temperatura máxima

DA: Densidad de áfidos

HR: Humedad relativa

V: Velocidad del viento

La eficiencia de ambas técnicas está influida por otros factores y limitada por el error inherente a cada observador y el estado de desarrollo de las plantas (Frazer y Raworth, 1985; Lapchin *et al.*, 1987). Por ejemplo, cuando la alfalfa se encuentra recién cortada es posible observar directamente un mayor número de artrópodos que cuando la alfalfa se encuentra próxima al corte, debido a que en el último caso los tallos obstaculizan la tarea.

Precisión y eficiencia: El tiempo promedio por operador, necesario para realizar el muestreo (recolección y análisis de la muestra) en cada parcela, fue de 70 minutos en observación directa (tiempo total de trabajo en el campo) y 90 minutos con red (30 minutos en el campo + 60 minutos en laboratorio). En la consideración de la eficiencia de las técnicas de observación directa, no se tuvo en cuenta el esfuerzo del operador por efecto de la exposición a

temperaturas extremas y viento, lo que podría incrementar el costo y disminuir la eficiencia de aplicación de una técnica de muestreo.

La observación directa resultó más precisa y eficiente para la estimación de la densidad de *Nabis* sp. Para las larvas pequeñas de coccinélidos, esta técnica resultó más precisa pero igualmente eficiente (Cuadro 4). En el resto de los grupos de artrópodos, no se encontraron diferencias significativas en la precisión de sus estimaciones de abundancia, aunque para *E. connexa*, *H. convergens*, arañas y *Geocoris* sp., la observación directa fue más eficiente.

La adopción de la red entomológica como herramienta de muestreo para los trabajadores rurales en Argentina ha resultado relativamente sencilla, ya que posibilita la observación del estado sanitario del lote simultáneamente con otras tareas de campo.

Cuadro 4. Promedios (\pm EE) de la variación relativa y precisión relativa de las dos técnicas de muestreo utilizadas.

Grupos analizados	Método	Variación relativa			Precisión relativa		
		Promedio	E.E.	Valor de t	Promedio	E.E.	Valor de t
Larvas pequeñas de coccinélidos	obs.	45.151	\pm 10.696	2.7927	0.007	\pm 0.002	1.2951
	red	87.716	\pm 10.859		0.009	\pm 0.001	ns
Larvas grandes de coccinélidos	obs.	54.713	\pm 11.409	1.1303	0.008	\pm 0.002	1.2823
	red	76.463	\pm 15.495	ns	0.006	\pm 0.001	ns
Pupas de coccinélidos	obs.	43.709	\pm 10.241	1.4423	0.007	\pm 0.002	2.2698
	red	23.562	\pm 9.499	ns	0.003	\pm 0.001	ns
<i>Eriopsis connexa</i> (Adultos)	obs.	97.917	\pm 4.341	0.0389	0.015	\pm 0.001	5.2525
	red	97.472	\pm 10.594	ns	0.009	\pm 0.001	
<i>Hippodamia convergens</i> (Adultos)	obs.	79.692	\pm 8.571	0.4066	0.012	\pm 0.001	2.4548
	red	85.388	\pm 11.081	ns	0.008	\pm 0.001	
<i>Coccinella ancoralis</i> (Adultos)	obs.	19.035	\pm 8.747	1.3292	0.003	\pm 0.001	0.9035
	red	37.539	\pm 10.831	ns	0.004	\pm 0.001	ns
Total de arañas	obs.	104.828	\pm 5.316	0.9828	0.014	\pm 0.001	5.0883
	red	111.790	\pm 4.681	ns	0.010	\pm 0.0004	
Total de <i>Geocoris</i> sp.	obs.	98.477	\pm 6.627	0.7993	0.014	\pm 0.001	3.0973
	red	106.303	\pm 7.207	ns	0.010	\pm 0.0008	
Total de <i>Nabis</i> spp.	obs.	90.091	\pm 6.027	2.6240	0.015	\pm 0.001	4.0702
	red	110.656	\pm 5.010		0.011	\pm 0.0005	

obs.: Método de observación directa

red: Técnica de muestreo con red de arrastre

ns: Diferencias no significativas ($P > 0.05$).

CONCLUSIONES

El muestreo de artrópodos depredadores con red de arrastre permitiría una estimación precisa de las densidades poblacionales de coccinélidos, *Geocoris* sp. y arañas. No se debería descartar la observación directa por cortos períodos, debido a su mayor eficiencia como aporte para estudios de dinámica poblacional y en planes de manejo de plagas de insectos. Para interpretar cambios en las densidades poblacionales a partir de diferencias en la capacidad de captura de depredadores es importante considerar los factores ambientales que modifican la eficiencia de las técnicas utilizadas.

Agradecimientos: Agradecemos al director de la E.E.A. Manfredi (INTA), Ing. Agr. Emilio Severina, por autorizar el desarrollo de este proyecto en el marco de las pasantías de investigación ad honorem de JEG y JDE.

LITERATURA CITADA

- Bechinski, E. J. y L. P. Pedigo. 1982. Evaluation of methods for sampling predatory arthropods in soybeans. *Environmental Entomology* 11(3):756-761.
- Bechinski, E. J. y L. P. Pedigo. 1983. Development of a sampling program for estimation of pupal densities of green cloverworm (Lepidoptera:Noctuidae) in soybeans and evaluation of alternative sampling procedures. *Environmental Entomology* 12:96-100.
- Buntin, G. D. y D. J. Isenhour. 1989. Comparison of sweep-net and stem-count techniques for sampling Pea Aphids in alfalfa. *Journal of Entomological Science* 24(3):344-347.
- Canavos, G. C. 1988. Probabilidad y estadística. Aplicación y métodos. Mc Graw Hill / Interamericana de México S.A. de C.V., Madrid, España. 651 p.
- Edelstein, J. D.; J. E. Gyenge y E. V. Trumper. 1995. Interacción de tres niveles tróficos: Cultivares de alfalfa - áfidos - enemigos naturales. Comunicación. Resúmenes. IX Jornadas Fitosanitarias Argentinas. Mendoza, Argentina. 137 p.

- Evans, E. W. y N. N. Youssef. 1992. Numerical responses of aphids predators to varying prey density among Utah alfalfa fields. *Journal of the Kansas Entomological Society* 65(1):30-38.
- Federer, W. T. 1955. *Experimental design. Theory and Application.* The Macmillan Company. New York. 544 p.
- Frazer, B. D. y N. Gilbert. 1976. Coccinellids and aphids: A quantitative study of adult ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae) preying on field populations of pea aphids (Homoptera: Aphididae). *Journal of the Entomological Society of British Columbia* (73):33-56.
- Frazer, B. D. y B. Gill. 1981. Hunger, movement, and predation of *Coccinella californica* on pea aphids in the laboratory and in the field. *Canadian Entomologist* 113:1025-1033.
- Frazer, B. D. y D. A. Raworth. 1985. Sampling for adult coccinellids and their numerical response to strawberry aphids (Coleoptera: Coccinellidae - Homoptera: Aphididae). *Canadian Entomologist* 117:153-161.
- Gyenge, J. E., J. D. Edelstein y C. E. Salto. 1995. Requerimientos térmicos para el desarrollo de *Eriopsis connexa* (Germar). XVII Reunión Argentina de Ecología. Resúmenes. Mar del Plata, Bs.As. Argentina. 17 p.
- Hemptinne, J. L., A. F. G. Dixon y G. Lognay. 1996. Searching behavior and mate recognition by males of the two-spot ladybird beetle, *Adalia bipunctata*. *Ecological Entomology* 21:165-170.
- Kaddou, I. K. 1960. The feeding behaviour of *Hippodamia quinquesignata* (Kirby) larvae. *Univ. of California Publications in Entomology.* 181-228 p.
- Lapchin, L.; A. Ferran, G. Iperri, J. M. Rabasse y J. P. Lyon. 1987. Coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae) and syrphids (Diptera: Syrphidae) as predators of aphids in cereal crops: a comparison of sampling methods. *Canadian Entomologist* 119:815-822.
- Milne, W. N. y A. L. Bishop. 1987. The role of predators and parasites in the natural regulation of lucerne aphids in eastern Australia. *Journal of Applied Ecology* 24:893-905.
- Neuenschwander, P.; K. S. Hagen y R. F. Smith. 1975. Predation on aphids in California's alfalfa fields. *Hilgardia* 43(2):53-78.
- Pedigo, L. P.; G. L. Lentz; J. D. Stone y D. F. Cox. 1972. Green cloverworm populations in Iowa soybean with special reference to sampling procedure. *Journal of Economic Entomology* 65:414-421.
- Spada, M. C. 1993. Avances en alfalfa ensayos territoriales. EEA (INTA) MANFREDI, Año 3(3).