

# Diseño de planes de muestreo de artrópodos depredadores en alfalfa con niveles fijos de precisión

J.E. Gyenge, E.V. Trumper y J.D. Edelstein<sup>1</sup>

**Resumen.** El objetivo de este trabajo fue estudiar la distribución espacial de los depredadores más abundantes en el cultivo de alfalfa, y diseñar planes de muestreo (número mínimo de muestras y muestreos secuenciales) con niveles fijos de precisión. Las muestras se tomaron en dos cultivares (Costera SP y Monarca SP) en la Estación Experimental Agropecuaria Manfredi del INTA (Córdoba, Argentina), durante el período febrero - mayo de 1995. El muestro de depredadores fue realizado con una red de arrastre. Los depredadores se clasificaron en arañas, *Nabis* sp., *Geocoris* sp., y los coccinélidos como larvas pequeñas o grandes, y la especie de los adultos capturados. Mediante análisis de regresión, se ajustaron los modelos de Taylor e Iwao para el estudio de la distribución espacial. El número mínimo de muestras aumenta con el grado de agregación de la población. Se calcularon los planes de muestreo secuencial en base a los métodos de Kuno y Green. El método desarrollado por Kuno demandó el mayor esfuerzo en el muestreo.

**Palabras claves:** Argentina, manejo de plagas, muestreo secuencial, patrón espacial.

**Abstract.** The spatial pattern of predaceous arthropods was studied in two alfalfa cultivars, Costera SP and Monarca Sp. The study was carried out from February to May, 1995, in the Manfredi Agricultural Experimental Station, Argentina. This information was used to design sampling programs with fixed precision levels. Samples were collected with a sweep net. The arthropods studied were spiders, adults, small and large larvae of coccinellids, and the predaceous hemipterans *Nabis* spp. and *Geocoris* spp. The slopes of Taylor's power law and Iwao's equations fitted to the data of most of the groups of arthropods, indicate aggregated spatial patterns. Minimum number of samples and sequential sampling plans were calculated for each arthropod group and two precision levels, according to the methods of Kuno and Green. Among these, Kuno's method demanded the greatest sampling effort.

**Key words:** Argentina, Pest management, sequential sampling, spatial pattern.

## INTRODUCCION

Los coccinélidos, hemípteros depredadores y arañas constituyen el grupo de depredadores de mayor abundancia en cultivos como maíz (Javier y Peralta, 1975a, b), soja (Vernetti, 1983; Nasca y Lazaro, 1991; Bercellini y Malacalza, 1994), algodón (Luttrell *et al.*, 1994), alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Edelstein *et al.*, 1995). La mayor parte de estos insectos tienen una amplia preferencia de presas, consumen áfidos, huevos y larvas de lepidópteros, miembros de su misma especie, otros artrópodos, y jugos vegetales y polen (Tamaki y Weeks, 1972; Vernetti, 1983; Salto *et al.*, 1986). En la alfalfa, diversos autores estudiaron la capacidad de respuesta de estos enemigos naturales a los cambios poblacionales de las plagas, resaltando la importancia de su capacidad depredadora.

Milne y Bishop (1987) destacan su papel como reguladores de las poblaciones de áfidos durante ciertos períodos del año en alfalfares australianos. Neuenschwander *et al.*, (1975) mencionan a los coccinélidos y hemerobíidos como los principales agentes bióticos de mortalidad en las poblaciones de áfidos en California, y resaltan la presencia de los hemípteros en aquellos períodos en que los primeros se encuentran inactivos. En Argentina, Salto *et al.*, (1986) y Villata (1993) detallan su importancia como depredadores de lepidópteros y áfidos.

La implementación exitosa de los programas del manejo integrado de plagas (MIP) depende en gran medida del desarrollo y validación de los procedimientos de muestreo. Los planes secuenciales de muestreos permiten estimar la densidad de una población con una cierta precisión, la cual depende de los objetivos planteados (estudios de dinámicas

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

poblacionales o tomas de decisión de control). En la actualidad, el diseño de planes de muestreo se apoya en la caracterización cuantitativa del patrón espacial de cada población que se necesite estudiar. Numerosos autores han contribuido al desarrollo de un marco teórico y metodológico sólido para el diseño de planes de muestreo de poblaciones (Taylor, 1984; Hutchison *et al.*, 1988; Kuno, 1991).

El objetivo de este trabajo fue estudiar la distribución espacial de los depredadores más abundantes en el cultivo de alfalfa, y desarrollar planes de muestreo (número mínimo de muestras y muestreos secuenciales) con niveles fijos de precisión.

## MATERIALES Y METODOS

**Muestreo:** Se obtuvieron muestras en 11 fechas durante el periodo del estudio. Las muestras se tomaron en tres parcelas de 400 m<sup>2</sup> en los cultivos Costera SP y Monarca SP, en la Estación Experimental Agropecuaria Manfredi del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Provincia de Córdoba, Argentina), durante el periodo febrero-mayo de 1995. El muestreo de depredadores fue realizado con una red de arrastre de 35 cm de diámetro. En cada parcela se tomaron aleatoriamente 10 muestras de cinco golpes de red cada una. El conjunto de los insectos recogidos en cada muestra fue colocado en bolsas plásticas que se conservaron a 4 °C, hasta su procesamiento. Los depredadores se clasificaron en arañas, *Nabis* sp., *Geocoris* sp., y los coccinélidos en larvas pequeñas, grandes, y la especie de los adultos capturados.

Las muestras se efectuaron semanalmente, a excepción de la semana siguiente al corte de la alfalfa o durante el periodo de heladas. El lote fue cultivado sin presión de pastoreo y las fechas de corte se determinaron según la altura de las plantas, para una máxima producción de heno.

## Análisis de datos

**a) Distribución espacial:** La determinación del tipo de distribución espacial de los depredadores se basó en dos métodos que relacionan la varianza ( $s^2$ ) con la media ( $m$ ). Una de ellas fue la Ley de Potencia de Taylor (Taylor, 1984), la cual establece la relación

$$s^2 = a m^b \quad [1],$$

cuya linealización produce la ecuación

$$\log s^2 = \log a + b \log m \quad [2],$$

donde  $b$  es la pendiente de la recta que es una medida del grado de agregación de la población en estudio y  $\log a$  es la ordenada al origen en la versión linealizada. Según  $b$  sea mayor, igual o menor a 1, la distribución espacial se caracteriza como agregada, aleatoria o uniforme, respectivamente. El valor de  $b$  depende de la interacción entre especies, el comportamiento y el ambiente (Taylor, 1984).

Con el modelo de regresión de Iwao (Iwao, 1977) se estableció la relación lineal entre  $m^*$  (agrupamiento medio de Lloyd) y  $m$  (media muestral) de cada fecha y parcela según la siguiente ecuación

$$m^* = \alpha + \beta m \quad [3]$$

Los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  representan el índice de contagio o agrupamiento básico y el coeficiente de agrupamiento dependiente de la densidad, respectivamente (Taylor, 1984; Kusmayadi, 1990; Kuno, 1991).

Lloyd (1967) define al agrupamiento medio ( $m^*$ ), correspondiente a cada fecha de muestreo como

$$m^* = m + [(s^2 / m) - 1] \quad [4]$$

**b) Planes de muestreo:** Todas las ecuaciones se desarrollaron para un nivel de precisión ( $Do$  = error estándar (E.E.)/ $m$ ; Ward *et al.*, 1985) de 0.1 y 0.25. El menor nivel es el indicado para estudios de dinámicas poblacionales, y el segundo para la toma de decisión en el marco de la filosofía del manejo integrado de plagas (Southwood, 1978).

**Número mínimo de muestras:** El número mínimo de muestras dependiente de la densidad de individuos se obtiene según

$$n = a m^{b-2} / Do^2 \quad [5],$$

donde  $a$  y  $b$  son los parámetros de la regresión de la Ley de Potencia de Taylor (ecuaciones 1 y 2) y  $m$  es la media muestral. Dicho enfoque no se ve limitado por la restricción de que algún índice de agregación deba ser constante.

**Planes secuenciales:** Se calcularon utilizando dos fórmulas. Kuno (1969) desarrolló la siguiente ecuación:

$$Tn = (\alpha + 1) / [Do^2 - (\beta - 1) / n] \quad [6],$$

donde  $Tn$  es el número de individuos que se acumula al progresar el muestreo,  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros de la regresión de Iwao (1977), (ecuación 3),  $Do$  es el nivel de precisión requerido por el investigador, y  $n$  es el número de muestras.

Green (1970) desarrolló un plan secuencial dependiente de los parámetros de la Ley de Potencia de Taylor. La línea crítica se calcula según

$$Tn = (a n^{1-b} / Do^2)^{(1/(2-b))} \quad [7],$$

donde  $Tn$ ,  $n$  y  $Do$  tienen el mismo significado explicado en el párrafo anterior, y  $a$  y  $b$  son parámetros de la Ley de Taylor (ecuaciones 1 y 2).

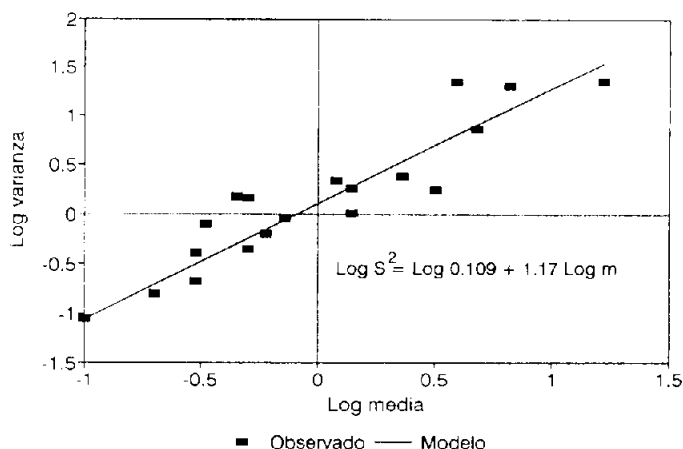
## RESULTADOS Y DISCUSION

Las especies de coccinélidos de mayor abundancia fueron *Eriopis connexa* Germar e *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville (Cuadro 1).

**a) Disposición espacial:** En el Cuadro 1 se detallan los valores de los parámetros de las regresiones obtenidas para todos los grupos de depredadores estudiados. Las pendientes ( $b$ ) de regresión obtenidas aplicando las Ecuaciones 2 y 3 para los grupos de larvas pequeñas de coccinélidos, adultos de *E. connexa*, conjunto de coccinélidos (sin distinción de especies) y *Geocoris* sp. son significativamente mayores a 1 ( $P < 0.01$ ) (Cuadro 1) (Taylor, 1984; Iwao, 1977), indicando que se distribuyen en forma agregada. Para las larvas grandes de coccinélidos, sólo en la regresión de la Ley de Potencia de Taylor la pendiente es significativamente mayor a 1 ( $P = 0.0092$ ) (Cuadro 1). Ambos análisis proveen índices de dispersión aplicables a un alto rango de densidades poblacionales (Hutchison *et al.*, 1988). A modo de ejemplo, en las

Figuras 1 y 2 se grafican los ajustes de regresión lineal en base a las ecuaciones de Taylor (1984) e Iwao (1977) (Ecuaciones 2 y 3, respectivamente) para el grupo de larvas grandes de coccinélidos.

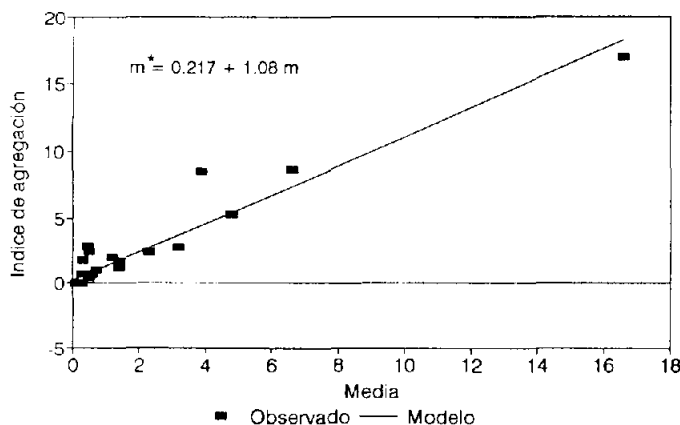
Ninguno de los valores de  $\alpha$  (Ecuación 3, Cuadro 1) fueron significativamente mayores que cero ( $P > 0.01$ ). Esto sugiere que el componente básico de la población en dicha unidad muestral es un individuo ( $\alpha + 1$ ) (Iwao, 1977; Taylor, 1984).



**Figura 1.** Relación entre el logaritmo de la varianza y el logaritmo de la densidad media de larvas grandes de coccinélidos capturados con red entomológica en alfalfa.

**Cuadro 1.** Parámetros estimados ( $\pm EE$ ) de los ajustes de regresión de la varianza sobre la media de la densidad de depredadores en alfalfa, en base a las ecuaciones  $\log S^2 = \log a + b \log m$  (Taylor, 1984) y  $m^* = \alpha + \beta m$  (Iwao, 1977).  $n$  = número de muestras en que se basan los análisis de regresión; \*\* pendiente significativamente  $> 1$  ( $P < 0.01$ ).

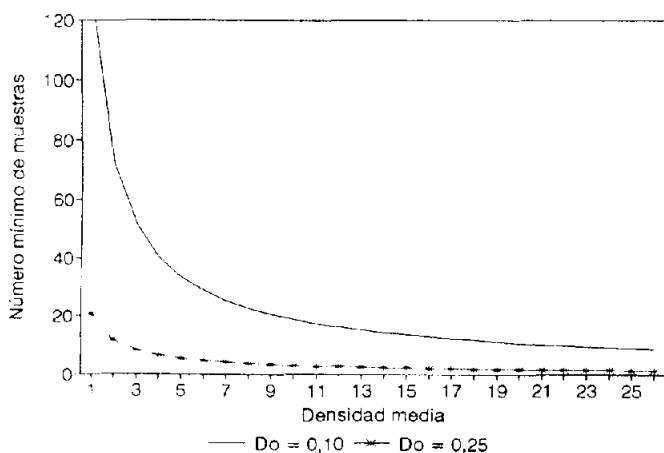
|                              | n  | TAYLOR              |                      |                | IWAO                 |                       |                | rango de captura |
|------------------------------|----|---------------------|----------------------|----------------|----------------------|-----------------------|----------------|------------------|
|                              |    | a                   | b                    | R <sup>2</sup> | $\alpha$             | $\beta$               | R <sup>2</sup> |                  |
| <b>Coccinélidos</b>          |    |                     |                      |                |                      |                       |                |                  |
| Larvas pequeñas              | 37 | 0.1335 $\pm$ 0.0474 | 1.344 $\pm$ 0.0695** | 90.02          | -0.0997 $\pm$ 0.1218 | 1.4557 $\pm$ 0.095**  | 87.03          | 0-4.6            |
| Larvas grandes               | 36 | 0.1088 $\pm$ 0.0405 | 1.166 $\pm$ 0.0603** | 91.67          | 0.217 $\pm$ 0.1819   | 1.0812 $\pm$ 0.056    | 91.67          | 0-16.6           |
| <b>Adultos de</b>            |    |                     |                      |                |                      |                       |                |                  |
| <i>Eriopis connexa</i>       | 42 | 0.1689 $\pm$ 0.0405 | 1.342 $\pm$ 0.066**  | 91.18          | -0.0694 $\pm$ 0.14   | 1.4796 $\pm$ 0.132**  | 75.84          | 0-2.2            |
| <i>Hippodamia convergens</i> | 44 | 0.0534 $\pm$ 0.0319 | 1.102 $\pm$ 0.0515   | 91.59          | 0.0761 $\pm$ 0.1084  | 1.0776 $\pm$ 0.0697   | 85.04          | 0-6.4            |
| Conjunto de Coccinélidos     | 53 | 0.4973 $\pm$ 0.0365 | 1.342 $\pm$ 0.0376** | 96.16          | 0.1897 $\pm$ 0.1264  | 3.2418 $\pm$ 0.1811** | 86.27          | 0-3.25           |
| Araneae                      | 53 | 0.0414 $\pm$ 0.0428 | 1.109 $\pm$ 0.0634   | 85.72          | 0.2292 $\pm$ 0.1577  | 1.0297 $\pm$ 0.0275   | 96.50          | 0-12.4           |
| <i>Geocoris</i> sp.          | 46 | 0.0447 $\pm$ 0.0267 | 1.177 $\pm$ 0.0531** | 91.76          | 0.0187 $\pm$ 0.1035  | 1.1162 $\pm$ 0.0353** | 95.78          | 0-9.8            |
| <i>Nabis</i> sp.             | 53 | 0.0089 $\pm$ 0.0355 | 1.098 $\pm$ 0.072    | 81.87          | -0.0236 $\pm$ 0.1077 | 1.08 $\pm$ 0.03       | 96.22          | 0-10.1           |



**Figura 2.** Relación entre el índice de agrupamiento medio  $m^*$  (Lloyd, 1967) y la densidad media de larvas grandes de coccinélidos capturados con red entomológica en alfalfa.

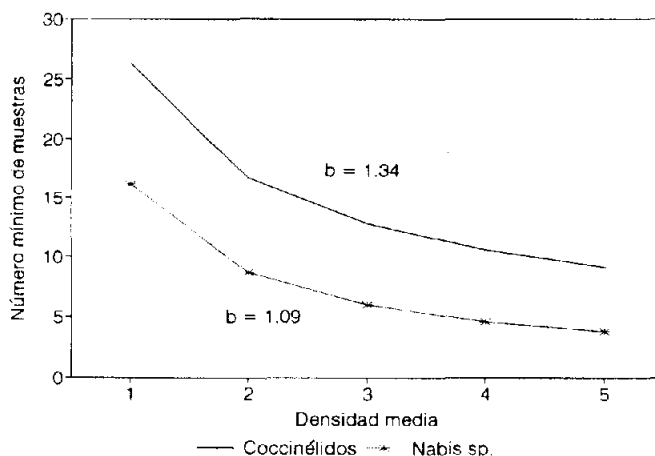
#### b) Planes de muestreo

**Número mínimo de muestras:** El tamaño mínimo de muestra (cantidad de unidades muestrales) es inverso a la cantidad de individuos promedio por muestra (Figura 3).



**Figura 3.** Número mínimo de muestras para estimar la densidad poblacional de larvas grandes de coccinélidos en el cultivo de alfalfa en base al ajuste de la ecuación 5 ( $n = 1.285 m^{(1.17-2)}/Do^2$ ) con dos niveles de precisión ( $Do = 0.10$  y  $0.25$ ).

También se verifica que al disminuir el nivel de precisión, con iguales medias de densidad, aumenta el número mínimo de muestras requeridas (Figura 3). El número mínimo de muestras requerido depende directamente de la agregación de los individuos. Por ejemplo, en la Figura 4 se observa que para el muestreo de coccinélidos (distribución espacial agrupada, Cuadro 1) es mayor la cantidad de muestras que para *Nabis* sp. (distribución espacial aleatoria, Cuadro 1).



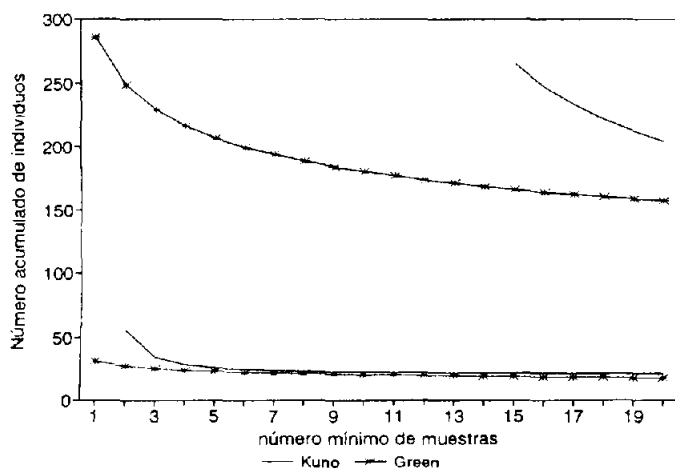
**Figura 4.** Número mínimo de muestras necesarios para estimar la densidad poblacional de coccinélidos y *Nabis* sp. en el cultivo de alfalfa en base los ajustes de la ecuación 5 ( $n = am^{(1-b-2)}/Do^2$ ) con un nivel de precisión ( $Do = 0.25$ ). a y b: antilogaritmo de la ordenada al origen y pendiente de regresión, respectivamente, de la versión linealizada de la Ley de Taylor. Los correspondientes ajustes de regresión se detallan en el Cuadro 1.

**Planes secuenciales de muestreo:** En los planes secuenciales se relacionan las cantidades acumuladas de individuos y su correspondiente cantidad de muestras ( $n =$  cinco golpes de red). El muestreo se continúa hasta que la cantidad acumulada de individuos capturados iguala o supera la línea crítica calculada. De esta manera, se logra una estimación de la población con una precisión preestablecida. Para una determinada densidad media, cuanto mayor es la precisión requerida mayor es el número de muestras que se deben recoger (Barney y Legg, 1988; Baddenhauser, 1996).

Es importante recalcar las diferencias en la densodependencia de cada método (expresado por  $T_n$ ), en especial a bajas densidades poblacionales. El método de Green requiere menores cantidades de muestras a igual densidad poblacional y con iguales niveles de precisión, en coincidencia con las investigaciones de Barney y Legg (1988), en especial cuando el grupo de depredadores muestra una alta agregación (Figura 5). Dichas diferencias reflejan distintos valores predichos por cada método en la relación  $s^2/m$  (Hutchison *et al.*, 1988).

El criterio de elección del plan de muestreo que se propone se basa en utilizar el plan secuencial de muestreo basado en aquellas regresiones con mayor  $R^2$ . De esta manera, para estimar la densidad poblacional del grupo de coccinélidos (larvas y adultos) podría utilizarse el plan descrito por Green (Ecuación 7), y para las arañas y hemípteros depredadores el plan descrito por Kuno (Ecuación 6). Utilizando los valores resumidos en Cuadro 1 y las Ecuaciones 6 y 7, se podrán desarrollar los distintos planes de muestreos.

Los planes secuenciales presentados en este artículo pueden ser útiles para estimar las densidades poblacionales de las especies de interés con un determinado nivel de precisión. Dicho nivel de precisión varía según el objetivo del trabajo (estudios de dinámica depredador-presa, o tomas de decisiones dentro de un modelo de umbral económico).



**Figura 5.** Plan secuencial de muestreo para larvas grandes de coccinélidos en alfalfa basados en los modelos de Kuno (1969) y Green (1970), con dos niveles de precisión ( $Do = 0.10$  y  $0.25$ ).

**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

- Badenhausser, I. 1996. Sequential sampling of *Brachycaudus helichrysi* (Homoptera: Aphididae) in sunflower fields. *Journal of Economic Entomology*, 89(6):1460-1467.
- Barney, R. J. y D. E. Legg. 1988. Development and validation of sequential sampling plans for alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae) larvae using a six-stem, 100-square-meter subsampling method. *Journal of Economic Entomology*, 81(2):658-662.
- Bercellini, N. y L. Malacalza. 1994. Plagas y depredadores en soja en el noroeste de la provincia de Buenos Aires (Arg.). *Turrialba* 44(4):244-254.
- Edelstein, J. D., J. E. Gyenge y V. E. Trumper. 1995. Interacción de tres niveles tróficos: cultivos de alfalfa - áfidos - enemigos naturales. Resúmenes de IX Jornadas Fitosanitarias Argentinas, Mendoza, Argentina. 13, 14 y 15 de Noviembre de 1995.
- Green, R. H. 1970. On fixed precision level sequential sampling. *Researches on Population Ecology*, 12:249 - 251.
- Hutchison, W. D.; D. B. Hogg; M. A. Poswal; R. C. B. y G. W. Cuperus. 1988. Implications of the stochastic nature of Kuno's and Green's fixed-precision stop lines: sampling plans for the pea aphid (Homoptera : Aphididae) in alfalfa as an example. *Journal of Economic Entomology*, 81(3):749-758.
- Iwao, S. 1977. The  $m-m$  statistics as a comprehensive method for analyzing spatial patterns of biological populations and its application to sampling problems, pag. 21-46. In: M. Morisita [ed.], *Studies on Methods of Estimating Population Density*. Tokio Press, Japan.
- Javier, G.T. y T. S. Peralta. 1975a. Evaluación cuantitativa del control biológico en tres cultivos del Valle Mantaro. *Revista Peruana de Entomología*, 18(1):69-71.
- Javier, G.T. y T. S. Peralta. 1975b. Tendencias del control biológico en tres sistemas del cultivo de maíz "choclo". *Revista Peruana de Entomología*, 18(1):72-76.
- Kuno, E. 1969. A new method of sequential sampling to obtain population estimates with a fixed level of precision. *Researches on Population Ecology*, 11:127-136.
- Kuno, E. 1991. Sampling and Analysis of Insect Populations. *Annual Review of Entomology*, 36:285-304.
- Kusmayadi, A; E. Kuno y H. Sawada. 1990. The spatial pattern of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål (Homoptera:Delphacidae) in west Java, Indonesia. *Researches on Population Ecology*, 32:67-83.

- Lloyd, M. 1967. "Mean Crowding". *Journal of Animal Ecology*, 36:1-30.
- Luttrell, R. G., G. P. Flitt; F. S. Ramalho; y E. S. Sugonyaev. 1994. Cotton Pest Management: Part 1. A Worldwide Perspective. *Annual Review of Entomology*, 39:517-526.
- Milne, W. M. 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.
- Nasca A. J. y H. O. Lazaro. 1991 - 93. Manejo integrado de plagas de soja en el noroeste argentino. CIRPON, Revista de Investigación, 9(1-4):77-89.
- Neuenschwander, P.; K. S. Hagen y R. F. Smith. 1975. Predation on aphids in California's alfalfa fields. *Hilgardia*, 43(2):53-78.
- Salto, C. E.; I. A. Berra; J. M. Imwinkelried y J. E. Frana. 1986. Preferencia en la alimentación de: II. *Coleomegilla quadrifasciata* var. *octodecimpostulata* Mulsant (Coleoptera:Coccinellidae). Informe Técnico Nro. 21. E.E.A. INTA Rafaela: 12pp.
- Southwood, T.R.E. 1978. Ecological methods, with particular reference to the study of insect populations. Chapman and Hall, London.
- Tamaki, G. y R. E. Weeks. 1972. Efficiency of three predators, *Geocoris bullatus*, *Nabis americanoferus*, and *Coccinella transversoguttata*, used alone or in combination against three insect prey species, *Myzus persicae*, *Ceramica picta*, and *Mamestra configurata*, in a greenhouse study. *Environmental Entomology*, 1(2):258-263.
- Taylor, L.R. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect population. *Annual Review of Entomology*, 29:321-357.
- Vernetti, F.J. 1983. Soja planta, clima, plagas molestias e invasoras. F. Cargill 1: 463p.
- Villata, C.A. y A.M. Ayassa. 1993. Manejo Integrado de Plagas en soja. Agro de Cuyo, Manuales, Fascículo 7. INTA Centro Regional Cuyo. 72 p.
- Ward, S.A.; R. Rabbinge y W.P. Pimentel. 1985. The use of incidence count for estimation of aphid population. 1. minimum sample size for required accuracy. *Netherland Journal of Plant Pathology*. 91:93-99.