

# EL POTENCIAL DE LOS DEPREDADORES GENERALISTAS PARA CONTROL BIOLOGICO.

*Robert N. Wiedenmann \**

Para diseñar estrategias de control de plagas, se tiene que entender los factores que influyen en la población de plagas. Las poblaciones de plagas usualmente no son suficientemente altas para causar daños económicos, por eso no requieren ninguna intervención. Dentro de las razones por las cuales la población de plagas no alcanza altos niveles están los efectos de los enemigos naturales, como los artrópodos depredadores. Grandes cantidades de especies de depredadores aparecen en los cultivos, pero muchas de ellas son visitantes temporales; sólo unas pocas son encontradas regularmente. ¿Porqué vemos las mismas especies de depredadores constantemente? Puede ser que haya diferencias en la fisiología o el comportamiento entre las especies que pueden mantener sus poblaciones y aquellas que sólo son transitorias.

Si queremos aprovechar los efectos benéficos de los depredadores en el control de plagas, entonces ¿Qué tipo de preguntas debemos hacer? Primero, debemos preguntar ¿Cuántas presas puede atacar un depredador con relación a la densidad de la plaga, un concepto llamado la respuesta funcional? Segundo, ¿Cómo encuentra a su víctima el depredador, o sea como es su estrategia de búsqueda? Y por último, ¿Cómo es manifestada la relación entre la estrategia de búsqueda y la respuesta funcional en la historia de vida del depredador?

Quisiera discutir algunas investigaciones que el Dr. Robert O'Neil de Purdue University y yo (Wiedenmann & O'Neil 1990, 1992) hicimos sobre la adaptación del depredador *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae) en los cultivos, y después hacer algunos comentarios sobre las conclusiones de los resultados. Se encuentra *P. maculiventris* consistentemente en varios cultivos, donde ataca varias especies de presas, incluso el escarabajo mexicano del frijol, *Epilachna varivestis* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae). *Podisus maculiventris* también es

---

\*Department of Entomology, Texas A & M University, College Station, Texas, USA.

un buen ejemplo para ilustrar los atributos de muchos depredadores encontrados en los cultivos.

El primer punto para discusión es la medida de depredación por *P. maculiventris* a varias densidades de plagas en el campo. Para el porcentaje de ataques, desarrollamos un modelo que describe la estrategia de búsqueda y la de ataque que nos indica la magnitud de los beneficios que el depredador puede ofrecer. El segundo punto es la historia de vida del depredador que está medida en porcentajes realísticos de depredación. Ultimamente, concluiré por mencionar lo que estos resultados significan con respecto a los beneficios del depredador en los cultivos.

Estudios realizados anteriormente por O'Neil (1988) con *P. maculiventris* y *E. varivestis* mostraron que el número promedio de ataques por día es 0.5, y que es casi constante. El objetivo de los primeros años de nuestros estudios fue medir el número de ataques con densidades bajas de plagas en jaulas, para ver si el patrón de poca pero consistente cantidad de ataques sucedería. Usamos el número de ataques para entender como el depredador busca su presa.

Usamos jaulas que medían 1 m de ancho por 1 m de alto por 2 m de largo. Medimos el área total de las hojas de diez plantas del campo. El promedio del área por planta multiplicado por el número de plantas en cada jaula es igual al área total de la hojas por jaula. Este método determinó el área total en que el depredador pudo buscar. En los experimentos, se mantuvieron los depredadores hembras sin comida por 24 horas. Se depositó una cantidad fija de presas en las plantas, se liberaron los depredadores y se cerraron las jaulas. Después de 24 horas se abrieron las jaulas y se examinaron las plantas para contar los depredadores y las presas vivas.

La Figura 1 muestra el número de ataques como una función de la densidad de presas, donde la densidad de presas es el número de presas por  $1 \text{ m}^2$  de hojas. Los números de ataques fluctuaron entre 0 y 0.8 ataques por depredador por día, con un promedio de 0.47 ataques por día. Esta cifra significa que un depredador consume comida cada dos días. Aunque los números de ataques variaron, nótese que todas fueron menos de un ataque por día. Esto fue el mismo patrón de consistencia con pocos ataques que se determinaron en estudios anteriores por O'Neil (1988).

Utilizando el número de ataques para inferir el área en que los depredadores buscan, se usa una ecuación que relaciona el número de ataques al área de búsqueda:

$$\frac{S}{A} = \frac{N_a}{N} \quad (1)$$

donde  $N$  es la cantidad de presas,  $N_a$  es la cantidad de presas atacadas,  $A$  es el área total de las hojas y  $S$  es el área inferida de búsqueda. Esta ecuación significa que la proporción del área de búsqueda es igual a la proporción de presas atacadas. Por ejemplo, si la mitad de las presas fueron atacadas, la ecuación significa que los depredadores examinaron la mitad del área de las hojas. La ecuación asume que los depredadores examinaron las plantas al azar, y que los depredadores atacaron a todas las víctimas que encontraron. Puesto que  $N$  y  $A$  fueron conocidos y se midió  $N_a$ , se puede arreglar la ecuación para estimar el área de búsqueda:

$$S = \frac{N_a * A}{N} \quad (2)$$

Cuando se representa el área de búsqueda como una función de la densidad de presas (Figura 2), se ve que el área de búsqueda disminuye mientras que la densidad de presas aumenta. Sería interesante someter esta información a un análisis de regresión para predecir el área que sería examinada a una densidad alta. Sin embargo, la variación de las densidades de presas es inadecuada para hacer esa inferencia. Realizando una regresión lineal nos forzaría llegar a la conclusión que a altas densidades de presas, el área de búsqueda del depredador llegaría a cero o a números negativos, lo cual es biológicamente imposible. Lo que se necesita es información sobre el número de ataques cuando las densidades de presas son muy altas.

En el tercer año, usamos densidades de presas hasta 43 presas por  $m^2$  (densidades similares a las que se encuentran en el campo) para determinar si el número de ataques cambia cuando la densidad de presas es alta. Los resultados de las densidades bajas y de las densidades altas se presentan separadamente. A densidades bajas (Figura 3), el número de ataques fue 0.5 ataques por día, y se mantuvo casi constante cuando la densidad se incrementó. La estimación anterior del número de ataques con esta variación de densidad de presas fue 0.47 ataques por día, virtualmente lo mismo en el tercer año. A densidades altas (Figura 4), el número de ataques se incrementó casi linealmente a medida que la densidad de presas aumentó.

Usando la relación entre el número de ataques y el área de búsqueda (Ecuación 1), se obtuvieron estimaciones del área de búsqueda (Fi-

gura 5). Para describir esta figura, se pone un modelo exponencial negativo de la siguiente forma:

$$S = (C_1 * e^{-(C_2 * N/A)}) + C_3 \quad (3)$$

donde  $C_3$  es el área de búsqueda mínima a altas densidades;  $C_1$  es el área de búsqueda más grande que  $C_3$  cuando la densidad es 0; y  $C_2$  es una medida de la forma de la curva. Nótese que  $C_1 + C_3 =$  el área de búsqueda máxima cuando densidad = 0.

Se usó el análisis de mínimos cuadrados de regresión no lineal, el cual dio la aproximación de los parámetros para el modelo de búsqueda:

$$S = (0.44 * e^{-(0.45 * N/A)}) + 0.055 \quad (4)$$

Así es que a densidades altas de presas el modelo de búsqueda predijo que los depredadores buscarían efectivamente en un área de 0.55 m<sup>2</sup> o aproximadamente cinco hojas completas. A densidades bajas los depredadores buscarían un poco más de 0.5 m<sup>2</sup>, o aproximadamente el área de una planta completa.

Insertando densidad en Ecuación 4 y trazando la curva se muestra la estructura del modelo de búsqueda (Figura 5). Hay diferentes puntos que notar en la curva. Primero, a densidades altas, el área de búsqueda es baja, pero mayor de zero. Esto es razonable porque los depredadores que no buscan no encuentran presas. A medida que la densidad de las presas disminuye, el área de búsqueda aumenta. Esto tiene sentido, porque mientras que las presas escasean los depredadores tendrán que buscar en una área más grande para encontrar presas. También es razonable porque hay una área máxima de búsqueda debido a ciertas limitaciones, como tiempo o energía.

Para ver que tan bien el modelo de búsqueda describe el número de ataques medido en el campo, se regresa a la relación entre la cantidad de presas atacadas y el tamaño del área de búsqueda (Ecuación 1). Luego se reordena la relación y se inserta la estimación del área de búsqueda para obtener la estimación del número de ataques (Figura 6). Este modelo muestra el número de ataques como una función de la densidad de presas, con el número de ataques estimado de la ecuación de búsqueda indicada en la línea. Este muestra que el área de búsqueda estimada puede ser usada para estimar el número de ataques. Se nota también que el número de ataques aumenta casi linealmente a altas densidades. Con estas grandes cantidades de presas, mayores que los niveles

de daño económico, el número de ataques es solamente dos ataques por día.

Así es que a bajas densidades el número de ataques es 0.5 ataques por día, y queda casi constante, como es de esperarse si es que el área de búsqueda disminuye con el incremento en la densidad de presas. El número de ataques constante significa que los depredadores encuentran sus presas en una forma regular, inclusive cuando las presas son muy escasas. A densidades altas, el número de ataques aumenta linealmente con la densidad de presas, lo cual es consistente con los depredadores buscando en un área constante. Por lo tanto, el modelo de búsqueda puede ser usado para predecir el número de ataques sobre un rango de densidades de presas.

¿Cómo afecta el número de ataques a la vida del depredador? Si *P. maculiventris* puede sobrevivir en cultivos cuando las presas son escasas, se podría esperar ver características de la historia de vida del depredador que conservarían y equilibrarían las demandas de competencia como supervivencia y reproducción. Porque el número de ataques es baja y aun se encuentra *P. maculiventris* en el campo, podemos hipotetizar que a medida que la comida es limitada, los depredadores responden por mantener su supervivencia. Sin embargo, como hay un costo fisiológico por mantenerse vivo, podemos hipotetizar que los depredadores reducirían su reproducción. Para probar las hipótesis, se realizó un experimento en el laboratorio para medir la supervivencia y la respuesta numérica a concentraciones bajas de presas. En vez de dar a los depredadores varias comidas por día, se les dio una presa en intervalos largos. Se aislaron las nuevas hembras de *P. maculiventris* y se asignaron a uno de cinco tratamientos, los cuales consistieron de una presa dada 1, 2, 3, 4, 8, 6 16 días.

La primera hipótesis fue que los depredadores mantendrían su supervivencia mientras que la comida se limitaba. Figura 7 muestra la supervivencia por tratamiento. Los depredadores vivieron alrededor de 50 días sin hacer caso de los intervalos de alimentación. Los depredadores que se alimentaron cada 16 días, o sea tres o cuatro veces en toda su vida, la supervivencia fue como para los depredadores que se alimentaron cada día.

La segunda hipótesis fue que si se mantuvo su supervivencia, entonces la reproducción disminuiría cuando la comida se limitó. Aunque *P. maculiventris* sobrevivió largos períodos sin comida, lo hizo a expensa de la reproducción. La cantidad de huevos puestos por día disminuyó sig-

nificativamente a medida que los intervalos de alimentación aumentaron (Figura 8).

¿Porqué un depredador debe buscar menos en áreas con densidades altas de presas? Se cree que es debido al proceso de balancear los costos y los beneficios de la búsqueda. Buscar en áreas menores mientras que la densidad de presas aumenta no incrementa los encuentros con presas cuando hay grandes densidades de la misma, pero si minimiza el costo energético o el riesgo de ser presa de otro depredador. Entonces, ¿porque no busca en áreas menores cuando hay pocas presas? Buscar presas en un área pequeña reduce los riesgos y costos, pero en este caso la cantidad de ataques sería tan baja que la ganancia energética no sería suficiente para el metabolismo, y menos para la reproducción. Así es que buscar en un área más grande con densidades bajas de presas puede ser un riesgo, pero puede ser la única manera de obtener suficiente energía para persistir.

Para resumir el estudio con *P. maculiventris*, el depredador tiene una estrategia de búsqueda con la cual encuentra en una forma consistente presas que son escasas. El número de ataques es bajo y casi constante cuando la densidad de presas es baja. Cuando se encuentran presas en grandes densidades, la respuesta funcional incrementa linealmente. Se encuentra un balance entre supervivencia y reproducción cuando las presas son escasas. Además se tiene un modelo que permite predecir en forma exacta el número de ataques a través de la fluctuación de la cantidad de presas, desde niveles endémicos hasta niveles epidémicos. Hay un eslabón entre los atributos como la respuesta funcional, la respuesta numérica y la estrategia de búsqueda. Todo determina el éxito de los depredadores en los cultivos.

¿Cómo se metería esta información sobre el éxito de los depredadores con la estrategia del control de plagas? El modelo de búsqueda permite predecir en forma exacta el número de ataques, reconociendo que los depredadores persisten en el cultivo, y que la respuesta funcional y la respuesta numérica se muestran con una densidad realística de presas. Esta combinación implica como el impacto de depredadores varía con diferentes densidades de plagas. La combinación de la respuesta funcional y la respuesta numérica a altos niveles de presas significa que, cuando la densidad de plagas es alta, estos depredadores no pueden eliminar todas las plagas, entonces el control biológico no funcionaría. ¿Quiere decir que los depredadores como *P. maculiventris* no tienen cabida en el manejo integrado de plagas? La respuesta es no. Aunque los depredadores no pueden suprimir poblaciones de plagas que están arriba de los niveles de daño económico, el beneficio de los depre-

dadadores consiste en prevenir que las poblaciones de plagas no alcancen el estatus de plaga económica. Por vivir en el cultivo, especialmente temprano en la temporada, los depredadores pueden retardar o prevenir el incremento de las poblaciones de plagas. Este es el beneficio que ellos ofrecen.

Para concluir, se está por el camino adecuado para formular una mejor forma de usar insectos depredadores en el control biológico. Es claro que se tendrá que pensar en una forma diferente acerca de depredadores en general, que de parásitos especializados, por ejemplo. ¿Se pueden usar depredadores en el control biológico? La respuesta es si, pero es un si condicional. No se puede usar depredadores para reducir las poblaciones de plagas una vez que el daño económico ha ocurrido. Sin embargo, la conservación de las poblaciones de depredadores existentes puede mantener las poblaciones de plagas a niveles que no causan daño económico. Se necesitarán medidas exactas del impacto verdadero que los depredadores ofrecen, no solamente declaraciones vacías y generales de que los depredadores son buenos. ¿Se puede aprovechar el control biológico, o sea depredadores y parasitoides, exclusivamente en todas los cultivos, sin químicos contemporáneos o métodos culturales? Todavía no. Para diferentes agroecosistemas, se necesita un mejor entendimiento de la interacción entre la planta y la plaga, antes que el control biológico sea práctico. Se tendrá que convencer a los agricultores que el control biológico es una alternativa práctica en varios agroecosistemas, y que el control biológico debe ser la primera táctica utilizada en vez de ser la última. Una vez que se tiene la información suficiente, se puede hacer del control biológico una de las estrategias más sostenibles para el control de plagas.

## LITERATURA CITADA

- O'NEIL, R.J. 1988. Predation by *Podisus maculiventris* (Say) on Mexican bean beetle, *Epilachna varivestis* Mulsant, in Indiana soybeans. *Can. Entomol.* 120:161-166.
- WIEDENMANN, R.N. & R.J. O'NEIL. 1990. Effects of low rates of predation on selected life-history characteristics of *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae). *Can. Entomol.* 122: 271-283.
- WIEDENMANN, R.N. & R.J. O'NEIL. 1992. Searching strategy of the predator *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae). *Environ. Entomol.* 21(1): 1-9.

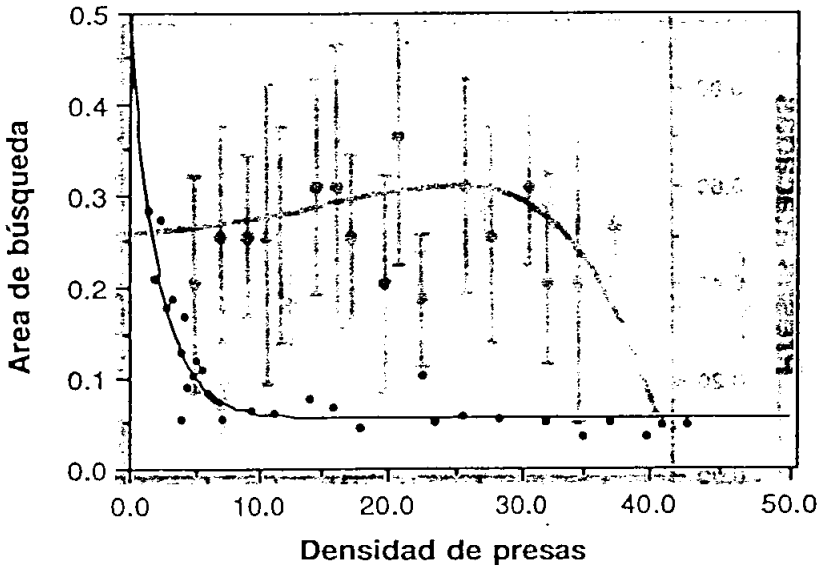


Figura 5. Área de búsqueda ( $m^2$ ) como una función de la densidad de presas por  $m^2$  en 1988, como estimada por Ecuación 2. La curva representa el modelo de búsqueda (Ecuación 4).

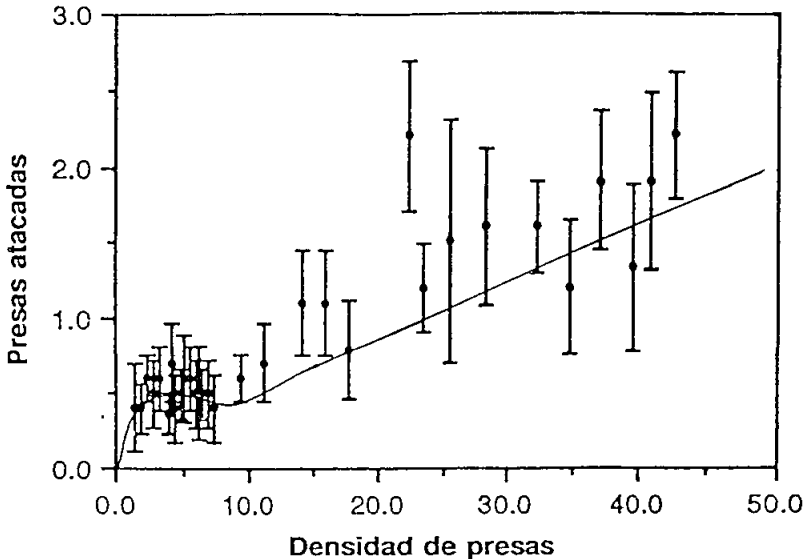


Figura 6. Número de ataques como una función de la densidad de presas por  $m^2$ , cuando el número de ataques es estimado por Ecuación 1.



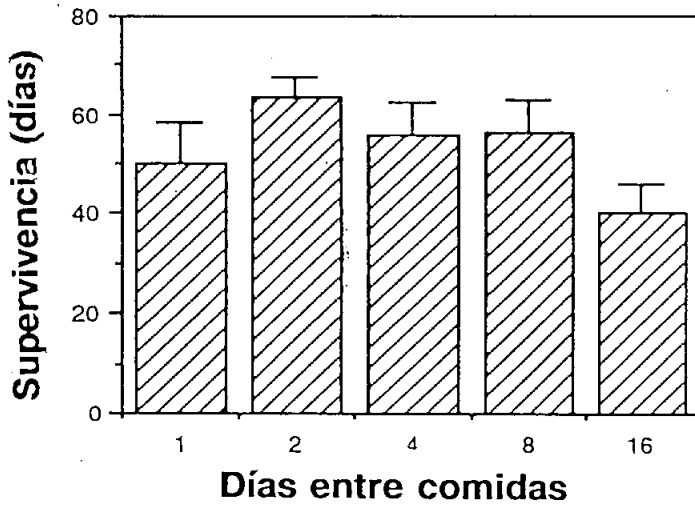


Figura 7. Supervivencia (en días) de *Podisus maculiventris* por intervalo de alimentación con una presa.

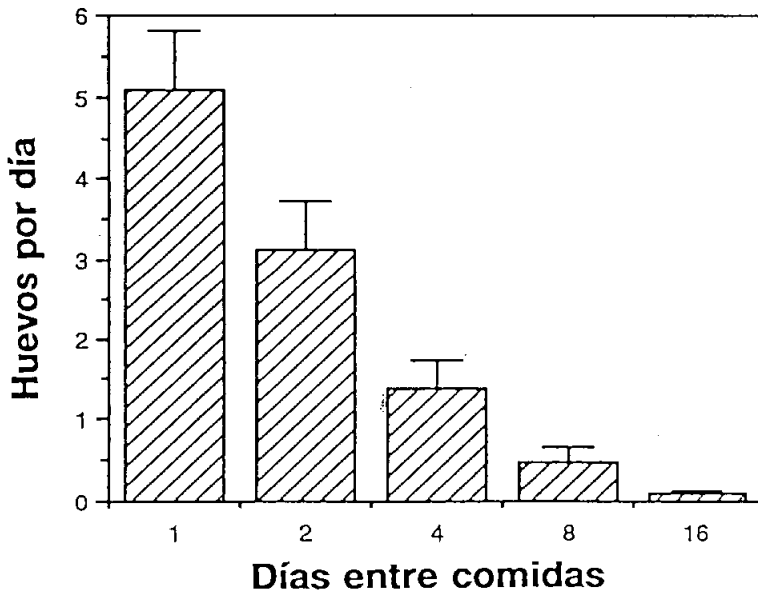


Figura 8. Cantidad de huevos por día por intervalo de alimentación con una presa.