

8 00377



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

POSGRADO EN CIENCIAS  
BIOLÓGICAS

---

FACULTAD DE CIENCIAS

MÉTODO MECÁNICO COMO ALTERNATIVA EN EL  
CONTROL DE PLAGAS: EL CASO DE *Sphenarium*  
*purpurascens* EN EL VALLE DE PUEBLA-TLAXCALA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)

P R E S E N T A  
RENÉ / CERRITOS FLORES

DIRECTOR DE TESIS: Dr. ZENÓN CANO SANTANA

MÉXICO D.F.

DICIEMBRE 2002



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



# POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS COORDINACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez  
Director General de Administración Escolar, UNAM  
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 14 de octubre de 2002, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental) del alumno(a) **Cerritos Flores René**, con número de cuenta 88231574, y número de expediente 0, con la tesis titulada: "**Método mecánico como alternativa en el control de plagas: El caso de *Sphenarium purpurascens* en el Valle de Puebla-Tlaxcala**", bajo la dirección de la **Dr. Zenón Cano Santana**.

Presidente:	Dra. Julieta Ramos Elorduy
Vocal:	Dr. Juan Núñez Farfán
Secretario:	Dr. Zenón Cano Santana
Suplente:	Dra. María del Carmen Mandujano Sánchez
Suplente:	Dr. Raúl Cueva del Castillo

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, D.F., a 14 de noviembre de 2002

Dra. Tila María Pérez Ortiz  
Coordinadora del Programa

c.c p. Expediente del interesado

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.  
NOMBRE: René Cerritos Flores

FECHA: 22-11-02

FIRMA:

A Bernardo y a su linda  
madre, Gely

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco al CONACyT por la beca otorgada para llevar a cabo mi proyecto de tesis de maestría.

Un especial reconocimiento a mi director de tesis, el Dr. Zenón Cano Santana por haber aceptado este proyecto que en un principio se veía bastante nebuloso. Finalmente se pudo obtener un trabajo de calidad, el cual, como teníamos pensado, los conocimientos generados pueden ser aplicados de manera directa al problema planteado

De igual manera, el Dr. Juan Núñez Farfán y la Dra. María del Carmen Mandujano Sánchez fueron esenciales para la culminación de este proyecto, sobre todo en lo que respecta a los análisis estadísticos y las bases de ecología de poblaciones.

A la Dra. Julieta Ramos-Elorduy por sus atinados comentarios, sobre todo en el tema de Insectos comestibles, el cual, ella maneja a la perfección

Al Dr. Raul Cueva del Castillo por sus sugerencias en la parte estadística y de redacción del escrito, asimismo, las ideas a futuro de este proyecto son muy valiosas.

Al Dr. Manuel Pino, quien reviso el escrito haciendo buenos comentarios

Este trabajo no se hubiera llevado a cabo sin la participación de la señora Eugenia Cuenca y todos sus Hijos, en especial, Jacobo y Beto. Asimismo, Miguel fue parte importante en el reconocimiento de las localidades estudiadas.

El trabajo más arduo de esta tesis, es decir, el conteo de huevos y la obtención de las ootecas no se hubiera llevado a cabo sin la ayuda de Ana Pasapera, muchas gracias. También, aunque trabajando lento, German Bonilla, Erick García y Brian Urbano merecen mi agradecimiento

En general al laboratorio de Ecología por las condiciones y los recursos que recibí de todos sus integrantes.

Obviamente a mi mamá, la Señora Agustina Flores, a mi hermana Claudia, a mi papá el señor Honorio Cerritos y a Lula.

## INDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
Algunas características poblacionales de los insectos	2
Insectos plaga y su control	3
<i>Sphenarium purpurascens</i> como plaga	5
<i>Sphenarium purpurascens</i> como insecto comestible	7
Análisis del tamaño y estado poblacional en Insectos	9
<b>OBJETIVOS, HIPÓTESIS Y JUSTIFICACIÓN</b>	<b>11</b>
Objetivos	11
Hipótesis	11
Justificación	12
<b>SITIO DE ESTUDIO</b>	<b>13</b>
<b>BIOLOGÍA DEL CHAPULÍN</b>	<b>15</b>
<b>MÉTODOS</b>	<b>17</b>
Selección del sitio	17
Densidad de ootecas	17
Tratamiento de ootecas y los huevos	19
Obtención de las tasas reproductivas	19
Relación entre R y densidad de huevos	20
<b>RESULTADOS</b>	<b>21</b>
Densidad de ootecas	21
Densidad de huevos	25
Número de huevos por ooteca	29
Tasas reproductivas por localidad	32
Análisis de densodependencia	33
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>34</b>
Densidad de ootecas y de huevos	34
Control por insecticida vs Control mecánico	35
Numero de huevos por ooteca	38
Efecto teórico de la densodependencia inversa y sus implicaciones	39
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>41</b>
<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>42</b>

## RESUMEN

El Valle de Puebla-Tlaxcala es una región donde predomina el cultivo de maíz, frijol y alfalfa. La totalidad de los cultivos son atacados por *Sphenarium purpurascens*, un ortóptero de la familia Pyrgomorphidae que se alimenta de una gran cantidad de especies de plantas y oviposita sus huevos en el suelo. La forma tradicional de combatir esta plaga es por medio del uso de insecticidas, principalmente organofosforados como el malatión; sin embargo, su uso conlleva a una gran cantidad de efectos negativos, tanto a las especies asociadas a los cultivos, como a la salud humana. En contraste, los pobladores de Santa María Zacatepec, Puebla capturan al chapulín principalmente en cultivos de alfalfa para después comercializarlo como producto alimenticio en algunos estados del centro de México. En el presente trabajo se evaluó el efecto que tiene el tratamiento por insecticida, y el tratamiento por captura para consumo humano, sobre la tasa reproductiva (**R**) de este insecto en nueve parcelas de alfalfa; asimismo, se determinó la densidad de huevos y de ootecas en dos hábitats: dentro del cultivo y en los bordes de éstos. Finalmente, se hizo una regresión lineal entre **R** y la densidad de huevos para probar la posible existencia de densodependencia en las poblaciones estudiadas. Se realizaron dos muestreos anuales consecutivos en tres parcelas con tratamiento por insecticida (Huejotzingo, Tepetitla y Moyotzingo), tres parcelas con tratamiento por captura (Nativitas, Panotla y Huejotzingo) y tres parcelas sin ningún tipo de control (Atotonilco, San Jorge y Xocoyucan). En cada parcela se tomaron al azar 60 muestras de suelo del interior del cultivo y 60 en el borde para determinar el número de ootecas/m<sup>2</sup>. En el laboratorio se determinó el número de huevos/m<sup>2</sup> y el número de huevos/ooteca. Se realizaron ANDeVA de tipo anidado para determinar el efecto del tratamiento, de la parcela y del hábitat sobre la densidad de huevos, la densidad de ootecas y el número de huevos/ooteca; asimismo, se calculó la tasa reproductiva para cada parcela. Finalmente, se realizó un ajuste para conocer la relación entre **R** y la densidad de huevos. Los resultados obtenidos demuestran que hay un efecto significativo del tratamiento, de la parcela y del hábitat (interior vs. borde) sobre la densidad de huevos y de ootecas, encontrando el mayor No. de huevos/m<sup>2</sup> en el hábitat de la parcela Atotonilco del año 2002 (18,755 ± 1,650), mientras que la densidad más baja se encontró en el interior del cultivo de la parcela Xocoyucan del año 2001 (15 ± 11). Las tasas reproductivas para todas las parcelas del tratamiento control fueron mayores que 1, en cambio, en las parcelas del tratamiento con insecticida y con captura este índice fue menor que 1. El valor de número de huevos/ooteca es el más alto que se haya reportado para esta especie (39.5). Con respecto a la relación entre **R** y densidad de huevos, se encontró que la poblaciones pudieran estar sometidas a un efecto densodependiente inverso. Con base en estos resultados se puede afirmar que la aplicación del tratamiento por captura en el Valle de Puebla-Tlaxcala puede reducir la densidad poblacional de *S. purpurascens* y por lo tanto, la formalización de un método mecánico de control puede sustituir al método químico, lo cual conlleva una ventaja adicional: se puede obtener un segundo producto benéfico para las poblaciones humanas

## ABSTRACT

The Puebla-Tlaxcala valley is a region where the corn, bean and lucerne are the main cropping. The totality of these cropping are attack by *Sphenarium purpurascens*, a Pyrgomorphidae family orthopter, wich feed a big amount of plant species and deposit its eggs in the soil. The most common form to fight against this pest is by the insecticide use, mainly organophosphorus like malation. However, the nsecticide use generate a lot of negative effects in the cropping associated species and in the human healt. By other way, the Santa María Zacatepec, Puebla founder capture the grasshopper in the lucerne cropping mainly, and then they sell them like edible product in some mexican center states. In this study I evaluated the effect with the insecticide and with the capture for the human consumption treatments, envelope the reproductive rate (**R**) in nine lucerne plots, likewise, I determinated the pods and eggs density in two habitat between each plot; indoors and borders cropping. Finally I analized the relation between **R** and the eggs density for test a posible density dependence effect in the estudy populations. I realized 2 consecutive annual sampling in three plots with insecticide treatment ( Huejotzingo, Tepetitla and Moyotzingo), other three plots with capture treatment (Nativitas, Panotla and Huejotzingo) and other three plots without treatment kind (Atotonilco, San Jorge and Xocoyucan). In each plot I worked with 60 random soil sampling in the indoors and an other 60 in the border cropping for determinated the pods/m<sup>2</sup> number. In the laboratory I determinated the eggs/m<sup>2</sup> number an the eggs/pod number. I realized an AneVA nested for determinate the plot and habitat treatment effect in the eggs and pods density and the eggs/pod number, in the same way, I caluced the reproductive rate for each plot. Finally I made a lineal regression between **R** and the eggs density. The result shown a significant effect of the plot and habitat (indoor and border) treatment on the eggs and pods density, consequently I found the biggest eggs/m<sup>2</sup> in the Atotonilco plot of the 2002 year (18,755 ± 1650) while the lowest density was in the Xocoyucan indoors plot of the 2001 year (15 ± 11). The reproductive rate for all control plots were biggest than one, by other way, in the insecticide plots treatment this value was least than one. The eggs/pod value was the biggest number reported for this specie (39.5). The realtion between **R** and the eggs density, I found an inverse dense-dependency effect. With these result I can affirm that the capture treatment aplication in Puebla-Tlaxcala Valley can reduced the *S. purpurascens* population density, therefore the formalitation of the mechanic control method can replace the chemical method, and we have an additional advantage; we can get a second beneficent product for the human population.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Algunas características poblacionales de los insectos

Los insectos representan cerca del 60% de toda la diversidad de especies existentes en el planeta (Strong *et al.*, 1984; Purvis y Hector, 2000; Gibbs, 2001). Se calcula que un 26% (361,000) de todas las especies existentes en el planeta son insectos fitófagos, mientras que un 31% (430,000 especies) son saprófagos y depredadores (Strong *et al.*, 1984).

La mayoría de las poblaciones de insectos se caracterizan por tener una reproducción temprana, con poco crecimiento en talla, por tener un solo evento reproductivo a lo largo de su ciclo de vida (*i.e.*, son semélparos) con una progenie pequeña en tamaño y una gran asignación de recursos a la reproducción (Borror *et al.*, 1992). Asimismo, en general, no existe un cuidado parental (Daly *et al.*, 1978) y las especies tienen que producir una gran cantidad de descendientes para mantener estable el tamaño de la población (Huffaker *et al.*, 1984). En muchos casos las poblaciones de insectos son discretas, es decir, no existe un traslape de generaciones (Begon *et al.*, 1996a).

Las poblaciones de insectos pueden ser reguladas cuando fuerzas ambientales o intrínsecas modifican su sobrevivencia, su reproducción o su migración (Berryman, 1987). La depredación, la competencia y la disponibilidad de recursos, tales como el espacio y el alimento son factores que pueden regular la población (Price, 1984). Si estos factores se activan en relación a la densidad y a la tasa de incremento poblacional se considera que la población está siendo regulada por un proceso de densodependencia (Varley *et al.*, 1973; Price, 1984). Por otro lado, factores externos tales como el clima o el tipo de suelo pueden regular a la población de manera independiente de la densidad, en cuyo caso se habla de factores densoindependientes (Price, 1984).

Huffaker y Rabb (1984) mencionan que las poblaciones de insectos son reguladas básicamente por las relaciones ecológicas que ellas mantienen, siendo la depredación y el parasitismo las de mayor relevancia. En este sentido, cuando los enemigos naturales de las especies de insectos son eliminados puede haber un incremento acelerado de sus poblaciones.

## 1.2. Insectos plaga y su control

Cualquier organismo que cause pérdidas económicas a cultivos y/o animales domésticos, o que sea perjudicial para la salud humana, constituye una plaga (Speight *et al.*, 1999). Como regla general una especie necesita ser abundante para que se le considere como tal; además, casi de manera general las plagas son consecuencia de las actividades humanas (Uvarov, 1964), ya que estas especies en hábitats silvestres tienen una baja densidad, pero aumentan drásticamente en número al presentarse condiciones favorables (Domínguez, 1992). Leyva e Ibarra (1992) definen como plaga a un organismo que ocasiona un daño económico al hombre al perjudicar su alimento, su vivienda y su vestido. Además, ellos mencionan que en la naturaleza no existen plagas, por tanto este término no tiene validez biológica estricta ya que se relaciona con valores humanos de salud, economía, comodidad y estética.

Las causas por las cuales se originan las plagas se deben principalmente a (Uvarov, 1964; Leyva e Ibarra, 1992; Speight *et al.*, 1999):

1. *Incremento de recursos.* Las actividades humanas proveen a las especies de insectos de mejores recursos, los cuales son ilimitados. Un claro ejemplo son las grandes extensiones de monocultivos los cuales proporcionan a estas especies gran cantidad de alimento.
2. *Eliminación de enemigos naturales.* Muchos parásitos, parasitoides y depredadores regulan las poblaciones de insectos fitófagos, además de restringir su distribución.
3. *Introducción de especies.* Cuando se introduce una especie en una nueva región, ésta puede multiplicarse rápidamente ya que se encuentra en ausencia de sus enemigos naturales

Existen varios métodos en el control de plagas, siendo el químico y el biológico los más utilizados en la actualidad. Otros métodos son el uso de extractos de plantas, la selección de plantas resistentes a los herbívoros y la creación de plantas genéticamente resistentes por medio de inserción de genes.

El uso de agentes químicos en las especies de insectos funcionan como moléculas inhibitoras de algún proceso bioquímico, provocándole la muerte a los individuos (Metcalf *et al.*, 1988). Estos agentes químicos para el control de plagas ofrecen un enorme beneficio en términos de producción de alimento y reducción de enfermedades, sin embargo frecuentemente se crean problemas colaterales.

Generalmente todos los pesticidas son moléculas no específicas, lo que acarrea que un gran número de especies muera junto con la especie plaga, incluyendo las especies que son sus enemigos naturales (Speight *et al.*, 1999). Al aplicar estos agentes químicos, las especies plaga pueden resurgir de manera muy rápida; asimismo, muchas especies que anteriormente no presentaban un problema con la aspersión del insecticida se transforman en plaga (Dempster, 1975).

Durante las últimas décadas las poblaciones de muchas especies de insectos han adquirido resistencia a algún tipo de insecticida (Farnham, 1973; Robb, 1989; Liu y Scott, 1995; Siqueira *et al.*, 2000; Jensen, 2000). Georghiou (1990) reporta que, hasta la publicación de su trabajo, se habían registrado unas 500 especies de insectos resistentes a algún pesticida.

El control biológico se refiere a la utilización de enemigos naturales para la erradicación de las especies plaga. Depredadores, parásitos y patógenos han sido usados en el control de plagas animales, mientras que herbívoros y patógenos han sido usados para el control de plantas (Dempster, 1975).

En la mayoría de los casos el control biológico no ha tenido buenos resultados, sobre todo por la falta de conocimiento en la ecología de las poblaciones de las especies interactuantes (Louda, 1997; Jhonson y Stiling, 1998; Thomas y Willis, 1993). Esto ocasiona que la especie plaga no sean erradicadas y en muchas ocasiones las especies control se transformen en plaga, atacando muchas veces a las especies nativas (Dempster, 1975; Thomas y Willis, 1993; Louda, 1997; Jhonson y Stiling, 1998; McEvoy, 1999). Además, el control biológico elimina y crea de manera artificial interacciones ecológicas tales como la depredación y la competencia (Godfray, 1994; Louda, 1997).

Entre las estrategias alternativas que se han venido proponiendo fuertemente en los últimos años, destaca el uso de insecticidas naturales extraídos de plantas. Los aceites esenciales de muchas plantas aromáticas son los candidatos que más propiedades presentan en el control de insectos que son plagas (Regnault-Roger, 1995). Las moléculas aleloquímicas de las plantas ejercen un amplio ámbito de influencia en los insectos: aquellas pueden ser repelentes, pueden inhibir la digestión, aumentar el grado de polinización, incrementar la oviposición o, por el contrario, disminuir la sobrevivencia por efectos larvicidas u ovicidas. Estas moléculas actúan generalmente de manera específica, por tanto no tienen efecto alguno sobre los mamíferos (Regnault-Roger, 1997). Estos compuestos se conocen comúnmente como metabolitos

secundarios, entre los que se encuentran los alcaloides, los polifenoles, los terpenos y los isoprenoides (Strebler, 1989). Actualmente se están realizando una gran cantidad de pruebas tanto en laboratorio como en campo tratando de encontrar los efectos que estos aceites esenciales pudieran tener en el control de insectos (Kolemba, 1993; Regnault-Roger *et al.*, 1993; Regnault-Roger, 1997).

El método más novedoso en el tratamiento de especies de insectos que son plaga se basa en la modificación genética de las plantas, a las cuales se les insertan determinados genes que expresan una gran variedad de proteínas con propiedades insecticidas (Betz *et al.*, 2000). La mayoría de estos genes se obtienen de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt). Esta bacteria ha sido comercialmente usada por cerca de 40 años en el control de plagas, ya que de ella se obtienen muchos agentes insecticidas (Baum *et al.*, 1999). Estudios sobre toxicología demuestran que estas plantas no presentan ningún grado de toxicidad para mamíferos y humanos, así los productos obtenidos a partir de plantas manipuladas genéticamente, son de la misma calidad que los de las plantas convencionales (McClintock *et al.*, 1995). Este tipo de proteínas que se expresan en los cultivos modificados presentan un alto grado de especificidad y únicamente los insectos que ingieren cualquier tipo de tejido de estas plantas son afectados por estos agentes (McClintock *et al.*, 1995). Actualmente algunos estudios se están llevando a cabo con cultivos susceptibles a insectos que presentan resistencia a una gran cantidad de insecticidas (Farnham, 1973; Robb, 1989; Liu y Scott, 1991; Pannetier, 1997).

El chapulín *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) es una de las especies plaga más importantes del país (SARH-DGSV, 1991) y el combate de las poblaciones se realiza por medio de insecticidas, control biológico y extractos naturales (Méndez, 1992; Alfaro, 1995; Rojas, 1994).

### **1.3. *Sphenarium purpurascens* como plaga**

El chapulín de la especie *Sphenarium purpurascens* es una de las plagas más importantes de México, siendo los estados de Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Oaxaca y Estado de México, los más afectados (SARH-DGSV, 1991). El Valle de Puebla-Tlaxcala presenta uno de los más altos índices de infestación por esta especie. Los primeros reportes se registraron en el año de 1974 y ya para 1990 se estimaban una

25,795 ha infestadas (Méndez, 1992). En el Estado de Tlaxcala, para antes de 1995, se habían reportado unas 30,339 ha con distintos grados de infestación (CESAVETLAX, 1995). Los cultivos más afectados en esta región son maíz, frijol, alfalfa, calabaza y haba, aunque también se ha reportado que pueden alimentarse de malezas y plantas silvestres que se encuentran en los bordes de los cultivos (SARH-Tlaxcala, 1993; CESAVETLAX, 1995).

Los métodos de control para erradicar esta plaga es por medio del uso de insecticidas, principalmente el paratión metílico y el malatión (Méndez, 1992). Las aspersiones de estos insecticidas se llevan a cabo de manera intensiva desde 1982 (SARH-DGSV, 1988); sin embargo, desde de 1990 las campañas de erradicación no se llevan a cabo (M. Omaña, com. pers.). Para el año de 1984 se tenían reportadas unas 24,000 ha infestadas, de las cuales sólo 8,795 ha fueron asperjadas con 15,460 l de paratión metílico y malatión. En 1990 sólo se asperjaron 10,000 ha con 9,000 l de paratión metílico de un total de 25,795 ha infestadas (SARH-DGSV, 1991). En el año de 1996 se efectuaron aspersiones aéreas y terrestres en 14,000 ha, con 21,000 l de paratión metílico y foxim. Para el año de 1987 se realizaron muestreos para determinar la cantidad de ootecas en zonas asperjadas, encontrando de 30 a 40 ootecas/m<sup>2</sup>, mientras que en zonas donde no se aplicó insecticida, se encontraron de 50 a 70 ootecas/m<sup>2</sup> (SARH-DGSV, 1991).

Otros métodos alternativos para combatir esta plaga se están aplicando directamente en los cultivos y otros se encuentran en fase experimental. Alfaro (1995) realizó un trabajo para determinar la patogenicidad de *Beauveria bassiana* en *S. purpurascens* en laboratorio, encontrando que al menos una cepa de esta especie de hongo presentó algunas características para controlar esta plaga. M. Omaña (com. pers.) sostiene que este patógeno ya se ha aplicado en algunas regiones de Tlaxcala sin mucho éxito debido a la irregularidad de su empleo y la falta de seguimiento de permanencia de las cepas. Méndez (1992) realizó un trabajo sobre el efecto que tienen las sustancias y extractos vegetales sobre el control de *S. purpurascens*, encontrando que todos los lotes con aplicación de infusiones vegetales evaluadas tuvieron un menor porcentaje de daño foliar con respecto al testigo, sin embargo, no mostraron diferencias significativas entre ellos. Rojas (1994) evaluó el efecto de ciertas frecuencias sonoras sobre la erradicación de *S. purpurascens* de los cultivos; sin embargo, encuentra que de las frecuencias probadas, ninguna tuvo un efecto significativo sobre la dinámica de esta plaga.

Otra forma de controlar las poblaciones de *S. purpurascens*, aunque formalmente no constituye un método de control, es por medio de la captura para consumo humano. Álvarez (1981) planteó la posibilidad de controlar al chapulín por medio de la captura para el consumo humano, no obstante, esta idea aun no ha sido concretada. La mayoría de los pobladores de Santa María Zacatepec, en el estado de Puebla, de los meses de mayo a diciembre tienen como actividad principal la de "chapulinear", es decir, la captura del chapulín para su venta (obs. pers.). La forma de captura es por medio de redes de arrastre y de golpeo y posteriormente se lleva a cabo su preparación. Cada familia puede obtener aproximadamente de 50 a 70 kg semanalmente y se estima que al menos existe una extracción de 75 a 100 toneladas de chapulín al año (R. Cerritos, datos no pub.). La mayoría del producto se comercializa en el estado de Oaxaca (obs. pers.)

Una alternativa para el control de esta especie pudiera ser la captura para consumo humano de manera sistémica y controlada de tal manera que pueda constituir realmente un método de control. Los insectos que son plaga pueden ser explotados de tal manera que la población pueda ser regulada y, por otro lado, constituya un recurso útil para las poblaciones humanas. Las especies de insectos que son plaga generalmente tienen grandes tamaños poblacionales, razón por la cual es muy difícil erradicarlas con los métodos anteriormente descritos; de esta manera, si el tamaño de la población pudiera ser regulado al punto donde estas especies no causen daños a los cultivos y así mismo utilizar la fracción de la población que se extrajo, esto podría tener consecuencias favorables en la producción y en la economía de los pobladores.

Los costos para controlar una especie plaga por medio de agentes químicos, en nuestro país parecería no ser redituable, sobre todo porque se carece de tecnología para hacer más eficientes los campos de cultivo, además de que en su mayoría los suelos utilizados para esta actividad pertenecen a pequeños productores (Méndez, 1992).

#### **1.4. *Sphenarium purpurascens* como insecto comestible**

Diversos estudios han comprobado que el valor nutritivo de los insectos es muy alto, teniendo una proporción considerable de proteínas y, en casos particulares, grasas y carbohidratos, así como vitaminas y minerales (Ramos-Elorduy, 1987; Metcalf *et al.*, 1988; Ramos-Elorduy y Pino, 1990). La cantidad de proteína que contiene el chapulín

*S. purpurascens* va desde 51.1 a 75.3% en base seca (Ramos-Elorduy *et al.*, 1982). Además, la digestibilidad *in vitro* de proteínas en esta especie es del 85% (Ramos-Elorduy *et al.*, 1981). La alta cantidad de proteínas así como su alto grado de digestibilidad hace de los insectos un alimento que puede superar considerablemente a cualquier tipo de fuente proteica que actualmente se consume por la población humana (Ramos-Elorduy y Pino, 1990). Particularmente, en México se ha reportado que la mayor parte de la población sufre de un déficit proteínico-calórico, el cual podría ser resuelto con proteínas a base de insectos (Ramos-Elorduy, 1997)

Otra ventaja importante que presentan los insectos comestibles es que la conversión de materia consumida en biomasa por insectos comparada con animales usados para consumo humano es más eficiente (Begon *et al.*, 1996a). Esta ventaja tiene repercusiones tanto económicas como ecológicas debido a que los insectos pierden menos energía en los procesos metabólicos, tales como respiración y termorregulación.

Posiblemente uno de los principales problemas en la aceptación de los insectos comestibles en la dieta humana es el condicionamiento aversivo que se le tiene al grupo. Ramos-Elorduy (1987) señala la necesidad de la realización de estudios psicosociológicos para la adaptación del individuo a una alimentación a base de insectos.

*Sphenarium purpurascens* es sin duda uno de los insectos comestibles de mayor importancia en el centro y sureste de México (obs. pers.). Históricamente el consumo de insectos comestibles en este país tuvo su auge en las culturas prehispánicas, principalmente entre los aztecas (Sahagún, 1829). Posteriormente, muchas de estas costumbres fueron prohibidas durante la colonia (Dávalos, 1965). El chapulín, aunque actualmente se comercializa de manera masiva casi exclusivamente en el estado de Oaxaca, su consumo se extiende a varias regiones, entre los que se incluye el Valle de México y el Valle de Puebla-Tlaxcala (obs. pers.). El comercio de este insecto presenta aspectos interesantes, siendo el principal, que la mayor parte de los chapulines que se venden y consumen en Oaxaca provienen del Valle de Puebla-Tlaxcala (R. Cerritos, datos no publ.). Los pobladores de esa región señalan que la explotación del chapulín ha ido en decremento y sin duda la extracción en todos los estadios ninfales además de los adultos ha repercutido en el tamaño de las poblaciones. Actualmente, las zonas de cultivos de alfalfa son las que se utilizan para extraer estos insectos (obs. pers.).

La necesidad de saber el estado de las poblaciones de *S. purpurascens* en aquellos sitios en donde se lleva a cabo la extracción para consumo humano es

importante, ya que aunque esta especie es considerada una plaga, se podrían realizar planes de manejo para seguir explotando este recurso de manera sostenida y al mismo tiempo, regular las poblaciones que puedan estar afectando los cultivos.

### 1.5. Análisis del tamaño y estado poblacional en insectos

El tamaño de la población está determinado por la relación de los nacimientos contra las muertes, así como por la salida (emigración) y la entrada (inmigración) de nuevos individuos en esa población. Los índices de nacimientos y muertes determina si una población incrementa, decrece o se mantiene estable bajo un determinado periodo de tiempo (Ebert, 1999).

Generalmente se utilizan tablas de vida para registrar los índices de nacimientos y sobrevivencia de los integrantes de la población (Begon *et al.*, 1996b). Una tabla de vida es un registro de probabilidades de eventos que experimentan individuos con atributos particulares (Ebert, 1999). Asimismo, estas probabilidades pueden ser incluidas en una matriz, teniendo la ventaja de poder predecir el comportamiento de la población en un tiempo y espacio dado (Gotelli, 1995).

Los índices de nacimientos y muertes en plantas y animales pueden ser muy variados debido al ciclo de vida que estos presentan (Ebert, 1999). En el caso de los insectos el ciclo de vida se divide en diferentes estadios y tanto el índice de sobrevivencia, como su contribución reproductiva depende más del estadio en el que se encuentra que de la edad (Gotelli, 1995).

El patrón de crecimiento poblacional de los insectos que, en su mayoría tienen generaciones discretas, se conoce a través del cálculo de la tasa reproductiva neta ( $R_o$ ), la cual se define como el número de descendientes producidos por cada individuo de una generación particular (Rabinovich, 1984), por lo cual resulta ser un indicador del cambio poblacional de una generación a otra. La forma de obtener  $R_o$  es por medio de la sumatoria de la proporción de sobrevivientes en cada estadio  $x$  ( $l_x$ ) multiplicado por el número de huevos producidos por individuo en cada estadio  $x$  ( $m_x$ ), esto es,

$$R_o = \sum l_x m_x.$$

De esta manera, si  $R_0$  es mayor que 1 hay un crecimiento en el tamaño poblacional, si éste es igual que 1 el tamaño de la población permanece constante y si este parámetro es menor que 1 hay un decremento en el tamaño de la población.

Una manera sencilla de conocer el estado de las poblaciones es por medio de los índices de crecimiento poblacional tales como  $\lambda$ , el cual se obtiene a partir del resultado de dividir el número de individuos al tiempo  $t+1$  con el número de individuos al tiempo  $t$  (Ebert, 1999).

$$N_{t+1} = N_t \lambda^t \qquad \lambda^t = N_{t+1}/N_t$$

$$\lambda = N_{t+1}/N_t$$

De igual manera, si se conoce el número de individuos al tiempo  $N_{t+1}$  y el número inicial de la población  $N_t$ , se puede obtener el factor de incremento de esa población. Este factor de multiplicación poblacional es comúnmente llamado tasa reproductiva y se denota como  $R$  (Begon *et al.*, 1996b). Se asume que este factor puede caracterizar la reproducción de la totalidad de la población en todas las ocasiones; además, se asume que la reproducción es equivalente a los nacimientos menos las muertes. Por tanto,  $R$  es una tasa de incremento o una tasa reproductiva neta como se puede apreciar en la ecuación 1.

$$R = \frac{N_{t+1}}{N_t}$$

Ecuación 1.1 Tasa reproductiva, donde  $N$  es el número de individuos y  $t$  es el tiempo

Al igual que  $R_0$ , si  $R$  es mayor a 1 la población está creciendo, pero si el valor es menor o igual a 1 la población decrece o se mantiene estable respectivamente.

Una gran variedad de modelos pueden ser usados para explorar los índices de reproducción y sobrevivencia de determinada especie. Estos modelos pueden proveer datos para propuestas prácticas tales como el manejo de los recursos naturales, la conservación de especies raras o predecir el comportamiento de especies plaga.

## II. OBJETIVOS, HIPÓTESIS Y JUSTIFICACIÓN

### 2.1 Objetivos

Con base en lo anterior, se plantean una pregunta central: ¿de qué manera está siendo afectado el tamaño poblacional de *Sphenarium purpurascens* en parcelas donde se usan agentes químicos y donde se realizan extracciones para el consumo humano con respecto a parcelas que no están sometidas a estas presiones?

Los objetivos particulares, que se derivan de la anterior, son los siguientes:

1. Determinar el efecto de los métodos de manejo sobre la densidad de ootecas y huevos de *Sphenarium purpurascens* en cultivos de alfalfa.
2. Determinar la relación entre **R** y la densidad de huevos como un indicador de densodependencia.
3. Conocer la densidad de ootecas y de huevos dentro de las zonas de cultivo y en los bordes de éstas.
4. Conocer cómo afectan la localidad, la posición de los sitios de oviposición respecto a la parcela y el tipo de manejo sobre el número de huevos por ooteca.

### 2.2. Hipótesis

1. El manejo de los cultivos por uso de insecticida y extracción afecta de manera negativa al crecimiento poblacional de *S. purpurascens*, por tanto, se espera encontrar en estas localidades tasas reproductivas bajas y una menor densidad de huevos, tal como se ha registrado en otros estudios (Speight *et al.*, 1999).
2. El tamaño de las poblaciones de *S. purpurascens* es independiente de la tasa reproductiva por lo tanto no existirá densodependencia. Esto se sustenta en el hecho de

que en la literatura se han corroborado pocos casos de competencia en insectos herbívoros (Whitham, 1986; Ohgushi, 1992; Hunter *et al.*, 1997) y en la teoría de Hairston *et al.* (1960) y de Lawton y Strong (1981) quienes sustentan que los herbívoros son controlados por depredación más que por competencia, ya que su recurso alimenticio raramente es reducido significativamente en su disponibilidad.

3. La densidad de huevos será mayor en el hábitat de borde. En un estudio realizado en la Reserva del Pedregal de San Angel (Castellanos, 2001) se encontró que hay una mayor densidad de ootecas en zonas perturbadas, asociadas a distintas malezas. Por otro lado Metcalf *et al.*, (1988), señalan que las hembras de ortópteros que presentan un problema de plaga tienen preferencia por ovipositar bajo la superficie de los bordes de los cultivos.

### **2.3 Justificación**

La importancia de saber las tasas reproductivas en cada una de las localidades estudiadas es básicamente porque a partir de éstas se puede conocer cómo diferentes tipos de manejo están afectando a las poblaciones y, con base en estos datos, se pueden proponer algunas estrategias en el uso de este recurso. Aunado a esto, conociendo las densidades de ootecas y por lo tanto, de huevos en el borde e interior del cultivo, así como los posibles factores que lo estén determinando se espera poder predecir la potencialidad de cierta región como reservorio y control de esta especie. Se espera que la aplicación de insecticidas afecte de manera negativa a los tamaños poblacionales de este insecto que es considerado como una plaga; no obstante, los costos económicos y sobre todo ecológicos de este tipo de manejo son muy altos, por ello, una posible solución a este problema sea el aprovechamiento de manera sostenida de *Sphenarium purpurascens* en localidades donde sea una plaga, evitando así el uso de insecticidas y sobre todo abriendo una fuente potencial de alimentación.

### III. SITIO DE ESTUDIO

El trabajo de campo se llevó a cabo en el Valle de Puebla-Tlaxcala. Este Valle se ubica entre los 19° 00' y 19° 30' N y 98° 00' y 98° 30' O, cubriendo una superficie aproximada de 185 786 ha (Fig. 3.1). El uso que se le da al suelo en esta zona es en su totalidad agrícola, siendo el maíz (*Zea mays*) el principal producto que se cultiva, además del frijol (*Phaseolus vulgaris*), la alfalfa (*Medicago sativa*), la espinaca (*Spinacea oleracea*), la coliflor (*Brassica oleracea botrytis*), el rábano (*Raphanus sativa*), la zanahoria (*Daucus carota*) y el haba (*Vicia faba*), en ese orden, son los de mayor importancia económica (CESAVETLAX, 1995). Existe una pequeña zona dentro del Valle donde se presenta un bosque de pino-encino, el cual colinda con la región de la Sierra Nevada. Además, en este Valle están enclavadas las ciudades de Puebla, Cholula y San Martín Texmelucan las cuales son de gran importancia industrial y en los últimos veinte años han crecido hasta ocupar cerca del 32.5% de este Valle (Ortiz *et al.*, 1999).

Este Valle está limitado al N por la ciudad de Tlaxcala, al NE por la región meridional, al SO por el Valle de Izúcar de Matamoros y Chiautla, al E por el Volcán de la Malinche y al O por la Sierra Nevada. En la región prevalece un clima templado subhúmedo con lluvias en verano y con una temperatura media anual que varía entre los 12 y 18°C, en tanto que la precipitación total anual varía entre los 700 y 1500 mm y el porcentaje de lluvia invernal es menor de 5 mm (INEGI, 1999). La altitud oscila entre los 2100 y los 2250 m. El tipo de suelo en este Valle es muy variada, siendo los regosoles, fluvisoles, cambizoles y chernozem los más característicos (INEGI, 1999). El Valle de Puebla-Tlaxcala está considerado como una región agrícola de riego y potencialmente, una región agrícola mecanizada (INEGI, 1999), pero contrario a esto, una parte considerable del Valle la agricultura es de temporal (obs. pers.).



#### IV. BIOLOGÍA DEL CHAPULÍN

*Sphenarium purpurascens*, conocido comúnmente como el chapulín de milpa, presenta una distribución que va desde el centro y zona sureste de la República Mexicana hasta Guatemala (Kevan, 1977). Este ortóptero de la familia Pyrgomorphidae tiene un ciclo de vida anual, los huevos eclosionan en el mes de mayo cuando comienza la temporada de lluvias (Cano-Santana, 1994), y se han registrado cinco estadios ninfales, tanto en el D.F., como en Puebla y Tlaxcala (Serrano-Limón y Ramos-Elorduy, 1990; Alfaro, 1995). Alfaro (1995) observó que la emergencia de las primeras ninfas de chapulines en Puebla y Tlaxcala principia en las primeras semanas de mayo y finaliza hasta mediados de octubre, siendo la mayor emergencia durante los meses de mayor precipitación (junio, julio y agosto). Los primeros adultos los registró en la segunda semana de agosto, por lo que el tiempo total en estado de ninfa duró aproximadamente 80 días. Las duraciones de cada etapa de desarrollo registradas por este autor fueron 123.5 días para el huevo, de 11 a 13 días para cada uno de los estadios I a IV, 15 días para el estadio V y 103 días para los adultos. Serrano-Limón y Ramos-Elorduy (1990) reportan que el ciclo de vida de esta especie dura aproximadamente 252 días en promedio, desde la eclosión del huevo hasta la muerte del adulto.

Como muchos ortópteros, *S. purpurascens* oviposita sus huevos bajo la superficie del suelo introduciendo la totalidad del abdomen y quedando a una profundidad aproximada de 3 cm (Serrano-Limón y Ramos-Elorduy, 1990). Los huevos quedan adheridos entre sí por una sustancia cementante; asimismo, esta misma sustancia forma una barrera entre el medio y el agregado de huevos. A cada uno de estos agregados se le conoce como ooteca

El número de huevos en promedio por ooteca que cada hembra produce es de 29 y el número promedio de ootecas por hembra es de 1.5 (Serrano-Limón y Ramos-Elorduy, 1990). Por otro lado, Márquez (1962) reporta que el número de huevos que puede contener una ooteca varía de 15 a 20 huevos y que cada hembra sólo puede producir una ooteca. Castellanos (2001) encuentra que el número de huevos por ooteca varía de acuerdo al ambiente, mientras que en sitios perturbados hay 40.3 huevos por ooteca, en las grietas el número es de 13.3.

Se ha reportado que las poblaciones de *S. purpurascens* en el Pedregal de San Ángel se alimentan al menos de treinta especies de plantas, considerándoseles como un

consumidor generalista (Cano-Santana y Oyama, 1994). Mendoza y Tovar (1996) proponen que la vegetación no solo es usada como alimento, sino también como sitio de resguardo, termorregulación o apareamiento. En el Valle de Puebla-Tlaxcala se ha visto que se puede alimentar de una gran variedad de malezas presentes en los bordes de los cultivos, así como de la mayoría de las plantas cultivables (SARH-DGSV, 1988; SARH-Tlaxcala, 1993).

## V. MÉTODOS

### 5.1. Selección del sitio

Se seleccionaron nueve localidades en donde se disponía de una parcela de alfalfa de entre 1 y 1.5 ha. Tres de estas parcelas son sometidas a insecticida, tres a captura para consumo humano y las tres restantes no se aplica insecticida ni tampoco se cosechan insectos (Tabla 5.1). La forma de aprovechamiento de la alfalfa es por medio del corte de las partes verdes y tiernas, cada año puede haber de seis a doce cortes y las plantas pueden permanecer en la parcela de dos hasta diez años.

Este trabajo de investigación se llevó a cabo exclusivamente en cultivos de alfalfa debido a que estas parcelas son las únicas donde las poblaciones de *S. purpurascens* están sometidas a las dos presiones de selección antropogénicas: la aplicación de insecticidas y la captura para consumo humano. Los cultivos de maíz, que en su mayoría cubren las superficies de este Valle, muy raramente se les aplica insecticida y la frecuencia de captura para consumo humano es sumamente baja ya que la forma del cultivo impide el uso de las redes de golpeo, indispensables para la colecta.

Las localidades seleccionadas con parcelas sometidas a captura de chapulines fueron Huejotzingo 1, Panotla y Nativitas; las sometidas a insecticida fueron Huejotzingo 2, Moyotzingo y Tepetitla; mientras que las localidades control (sin extracción de chapulines y sin aplicación de insecticidas) fueron San Antonio Atotonilco, San Jorge y San Diego Xocoyucan. En la Tabla 5.1 se anexan algunas características físicas importantes de cada una de las localidades (altitud, latitud, tipo de suelo y tipo de riego) así como su ubicación geográfica. Las localidades muestreadas se encuentran tanto en el estado de Puebla como de Tlaxcala presentando variaciones de altitud entre ellas no mayores a los 100 m.

### 5.2. Densidad de ootecas

De cada una de las parcelas se extrajeron 120 muestras de suelo, de las cuales 60 fueron de borde del cultivo y las 60 restantes del interior de éste. Para obtener las 60 muestras del interior del cultivo en cada una de las nueve localidades, se trazó una línea de 15 m

en la parte central de la parcela. Después, sobre la línea ya trazada se tomaron tres puntos con 5 m de separación uno de otro. En cada uno de estos tres puntos se trazó una línea perpendicular de 30 metros en relación a la de 15 m, tomando 20 puntos de manera aleatoria para cada una de ellas. Para el caso de las 60 muestras de borde se tomaron al azar tres de los cuatro posibles lados de la parcela a unos 2 m del límite del cultivo. En cada uno de estos tres lados se trazó una línea de 30 m y por cada una de ellas se tomaron de manera aleatoria 20 muestras. La escala que se usó para tomar los puntos al azar en todas las localidades fue en dm.

Tabla 5.1. Localización, características y tipo de tratamiento de las nueve parcelas estudiadas (UNAM, 1990; INEGI, 1999).

Tratamiento	Localidad	Estado	Altitud (m)	Latitud/ longitud	Tipo de Suelo	Tipo de Cultivo*
Control	Atotonilco	Tlaxcala	2250	19°23'N/98°27'O	Cambizol	T
	San Jorge	Tlaxcala	2200	19°13'N/98°15'O	Chernozem	T
	Xocoyucan	Puebla	2150	19°18'N/98°23'O	Cambizol	R
Captura	Huejotzingo I	Puebla	2250	19°09'N/98°25'O	Regosol	T
	Panotla	Tlaxcala	2200	19°19'N/98°19'O	Cambizol	R
	Nativitas	Tlaxcala	2150	19°12'N/98°19'O	Fluvisol	T
Insecticida	Huejotzingo II	Puebla	2250	19°09'N/98°25'O	Regosol	R
	Moyotzingo	Puebla	2150	19°14'N/98°22'O	Fluvisol	R
	Tepetitla	Puebla	2200	19°16'N/98°22'O	Cambizol	R

\*T: temporal; R: riego

Para obtener las muestras de suelo se usó un marco de alambre de 30 x 30 cm<sup>2</sup>, el cual se utilizó para marcar el área de extracción de los veinte puntos seleccionados al azar por cada una de las líneas. Con el uso de una pala se removió la tierra a aproximadamente 5 cm de profundidad (4500 cm<sup>3</sup>). Cada una de las muestras de suelo fueron cernidas, usando para ello un tamiz rectangular de 80 x 50 cm y con una abertura de malla de 5 mm. Posteriormente, sobre el tamiz se colectaron todas las ootecas que se encontraban en esa muestra de suelo. Aisladas las ootecas, se llevó a cabo el conteo de éstas y se almacenaron en frascos de plástico o en bolsas de papel

debidamente etiquetados. Las colectas fueron almacenadas en un lugar libre de humedad para evitar la eclosión de los huevos y el ataque por hongos y bacterias.

Este tipo de muestreo se llevó a cabo durante dos años consecutivos, el primero de ellos se efectuó en marzo del 2001 y el segundo se efectuó en marzo del 2002.

### **5.3. Tratamiento de las ootecas y los huevos**

De cada ooteca obtenida se realizó un conteo de los huevos. El conteo de los huevos se realizó de manera directa, eliminando la cubierta de la ooteca y separando manualmente cada uno de los huevos.

Para este grupo de datos se aplicaron ANdeVA anidados de un nivel, para verificar el efecto del tratamiento, de la parcela y del hábitat (borde vs. interior) sobre la densidad de ootecas, de huevos y el número de huevos/ooteca. La variable hábitat (borde, interior) se anidó en la localidad, mientras que la variable tratamiento se analizó de manera independiente con respecto al anidamiento. Para aplicar estos análisis, los datos del número de huevos y de ootecas se corrigieron como  $\sqrt{x+0.5}$  con la finalidad de estandarizarlos (Zar, 1999).

Los ANdeVA anidados se llevaron a cabo en el programa JMP 3.1 6.2. (SAS Institute, 1998).

### **5.3. Obtención de las tasas reproductivas**

Para determinar el crecimiento poblacional de *S. purpurascens* en cada una de las parcelas se calculó la tasa reproductiva (**R**). La tasa reproductiva (Begon *et al.*, 1996b) se obtiene a partir del resultado de dividir el número de huevos en el año 2002 ( $N_{t+1}$ ) respecto al número de huevos en la generación anterior ( $N_t$ ), en nuestro caso en el 2001, tal y como se muestra en la ecuación 1.1.

#### 5.4. Relación de $R$ y densidad de huevos

Para probar la posible existencia de densodependencia en las poblaciones estudiadas se hará un análisis de regresión entre  $N_t$  (*i. e.*, la densidad de huevos en el 2001) y  $R$ . Una regresión no significativa (*i. e.*, con pendiente de cero) indica que no existe un efecto de densodependencia, una pendiente negativa indica que las poblaciones están sometidas a un efecto de densodependencia y una pendiente positiva denota un efecto de densodependencia inversa.

## VI. RESULTADOS

### 6.1. Densidad de ootecas

Se encontró un efecto significativo del tratamiento ( $F_{2,12}= 12.76$ ,  $P \ll 0.001$ ), de la parcela ( $F_{2,12}= 4.85$ ,  $P \ll 0.001$ ), y del hábitat ( $F_{2,12}= 40.93$ ,  $P \ll 0.001$ ) sobre la densidad de ootecas (Tabla 6.1) en el año 2001. En relación al muestreo realizado en el año 2002 también se encontró un efecto significativo del tratamiento ( $F_{2,12}= 94.23$ ,  $P \ll 0.001$ ), de la parcela ( $F_{2,12}= 15.13$ ,  $P \ll 0.001$ ) y del hábitat ( $F_{2,12}= 13.05$ ,  $P \ll 0.001$ ) sobre la densidad de ootecas (Tabla 6.1).

En todas las parcelas y en ambos años las mayores densidades de ootecas se encontraron en el borde del cultivo (Fig. 6.1). En las parcelas agrupadas dentro del tratamiento con insecticida no se encontraron diferencias entre hábitats en la densidad de ootecas. Por otro lado, en el interior del cultivo no se encontraron diferencias entre parcelas en la densidad de ootecas en ambos años. En el borde de las parcelas la mayores densidades de ootecas se registraron en Atotonilco ( $155.5 \pm 39$  e.e. ootecas/m<sup>2</sup> y  $450.4 \pm 74.7$  ootecas/m<sup>2</sup> en 2001 y 2002 respectivamente). Las menores densidades se encontraron en las localidades sometidas a insecticidas donde se registró en 2001,  $5.2 \pm 2$  ootecas/m<sup>2</sup> y en 2002,  $2.4 \pm 0.9$  ootecas/m<sup>2</sup> en Tepetitla; mientras en Moyotzingo se encontraron  $30.1 \pm 5.7$  ootecas/m<sup>2</sup> en 2001 y  $28.7 \pm 4.8$  ootecas/m<sup>2</sup> en 2002. Con densidad intermedia en 2001 se encontraron todas las parcelas tratadas con captura de chapulines, así como la parcela San Jorge. La densidad de ootecas en estas parcelas en 2001 varió de  $41.9 \pm 10$  ootecas/m<sup>2</sup> en Panotla, hasta  $65 \pm 21.6$  ootecas/m<sup>2</sup> en San Jorge, en tanto, en el año 2002 las parcelas con densidades intermedias fueron Moyotzingo, Nativitas y Panotla con  $28.7 \pm 4.8$  ootecas/m<sup>2</sup>,  $36.6 \pm 6.3$  ootecas/m<sup>2</sup> y  $56.6 \pm 16.3$  ootecas/m<sup>2</sup>, respectivamente.

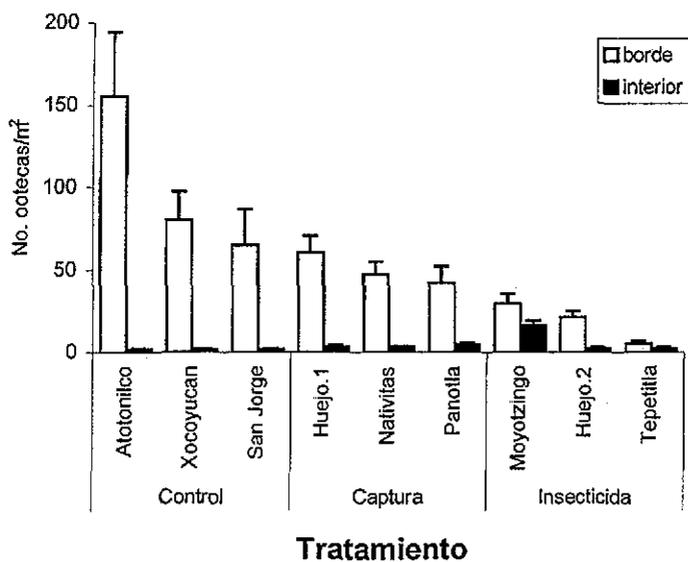
Para el año 2002 las densidad de ootecas del hábitat de borde de las parcelas con tratamiento control se incrementaron considerablemente, con respecto a los registros de 2001: con  $450 \pm 74.7$  ootecas/m<sup>2</sup> en Atotonilco,  $307.59 \pm 62.7$  ootecas/m<sup>2</sup> en San Jorge y  $127.7 \pm 30.3$  ootecas/m<sup>2</sup> en Xocoyucan (Fig 6.1).

Tabla 6.1. Análisis de varianza anidado de un nivel para determinar el efecto del tratamiento, de las parcelas y el hábitat sobre la densidad de ootecas de *S. purpurascensen* en cultivos de alfalfa en el Valle de Puebla-Tlaxcala en el año 2001 y 2002.

Fuente	SC	gl	CM	F	P
<b>2001</b>					
Tratamiento	30.16	2	15.08	12.76	<<0.001
Parcelas	22.96	4	5.74	4.85	<<0.001
Hábitat	234.92	1	234.97	40.93	0.003
<b>2002</b>					
Tratamiento	470.38	2	335.18	94.23	<<0.001
Parcelas	151.06	4	37.76	15.13	<<0.001
Hábitat	492.83	1	492.98	13.05	0.025

En general, el borde de cultivo fue sensible al tratamiento (Fig. 6.2). Las mayores densidades de ootecas se registraron en las parcelas control, las intermedias en las parcelas sometidas a captura y las más bajas se registraron en las parcelas sometidas a insecticida. En la Fig. 6.2 se observa que solo en las parcelas control las mayores densidades de ootecas se encontraron en el borde del cultivo. Por otro lado, en el interior del cultivo no se encontraron diferencias entre tratamientos en la densidad de ootecas. En contraste, cuando se analiza la densidad de ootecas en el borde del cultivo en las parcelas control este parámetro fue más alto que en el tratamiento con insecticida. La densidad de ootecas en el borde de las parcelas con captura no difirieron con el borde de las parcelas sometidas a los tratamientos restantes. Para el año 2002, la densidad de ootecas del tratamiento control dentro del hábitat de borde fue casi tres veces mayor al encontrado en 2001 con  $295.1 \pm 35.32$  ootecas/m<sup>2</sup> y  $100.5 \pm 16.2$  ootecas/m<sup>2</sup>, en tanto, en los tratamientos de captura e insecticida las densidades en el segundo año de muestreo fueron más bajas con relación al 2001.

(a) 2001



(b) 2002

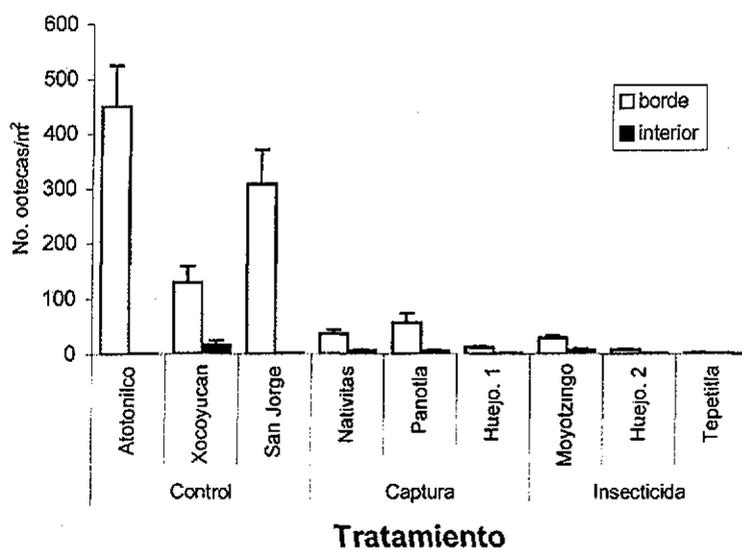
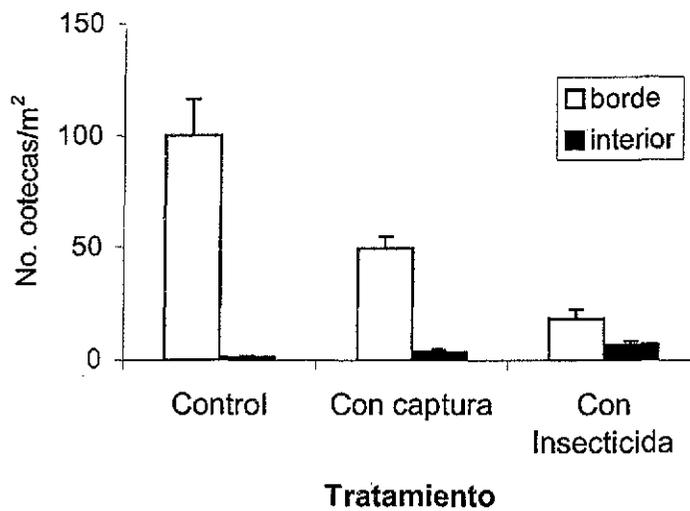


Fig. 6.1. Densidad de ootecas de *S. purpurascens* ( $\pm$  e.e.) en parcelas de alfalfa de nueve localidades del Valle de Puebla-Tlaxcala en el año 2001 (a) y 2002 (b) que manejan diferencialmente el cultivo: control, captura e insecticida. Se presentan los datos de dos hábitats del agrosistema.

(a) 2001



(b) 2002

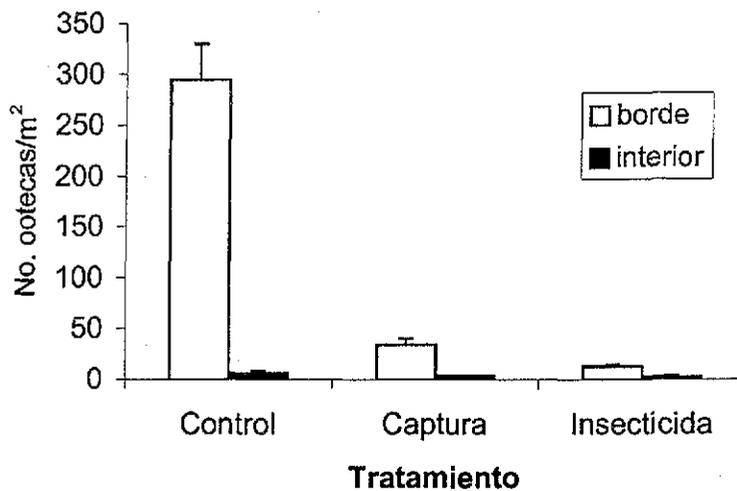


Fig. 6.2. Densidad de ootecas de *S. purpurascens* ( $\pm$  e.e.) en parcelas de alfalfa del Valle de Puebla-Tlaxcala sometidas a tres tratamientos: control, captura e insecticida. Se detallan las densidades en dos hábitats del agrosistema: borde y cultivo en el 2001 (a) y 2002 (b).

## 6.2 . Densidad de huevos

Se encontró un efecto significativo del tratamiento ( $F_{2,12}= 9.0, P \ll 0.001$ ), de la parcela ( $F_{2,12}= 6.9, P \ll 0.001$ ) y del hábitat ( $F_{2,12}= 31.9, P 0.004$ ) sobre la densidad de huevos en el año 2001 (Tabla 6.2). Con respecto al año 2002 también se encontró un efecto significativo del tratamiento ( $F_{2,12}= 64.5, P \ll 0.001$ ), de la parcela ( $F_{2,12}= 15.8, P \ll 0.001$ ) y del hábitat ( $F_{2,12}= 98.9, P= 0.004$ ) sobre la densidad de huevos. (Tabla 6.2).

En general, tanto en el año 2001 como en el 2002, el borde de las parcelas presentó una alta densidad de huevos en comparación con el interior del cultivo, excepto en Tepetitla y Moyotzingo (parcelas sometidas a insecticida). La densidades más altas de huevos en el hábitat de borde se encontraron en las parcelas de Atotonilco con  $6733.1 \pm 1693$  huevos/m<sup>2</sup> para el año 2001 y  $18, 122 \pm 2100$  huevos/m<sup>2</sup> para 2002, Xocoyucan con  $3543 \pm 734$  huevos/m<sup>2</sup> en 2001 y  $5771 \pm 1113$  huevos/m<sup>2</sup> para 2002 y finalmente, San Jorge con  $2362.3 \pm 396$  huevos/m<sup>2</sup> año 2001 y  $10,701 \pm 1992$  huevos/m<sup>2</sup> en 2002, las cuales pertenecen al tratamiento control. Las más bajas se encontraron en las parcelas sometidas a insecticida, mientras que las densidades intermedias de huevos se registraron en las parcelas sometidas a captura de chapulines.

Al comparar las densidad de huevos en los dos años de muestreo consecutivo se observó que en el año 2002, las localidades control en el hábitat de borde presentan una mayor densidad que en el 2001 (Fig. 6.3); sin embargo, en las localidades con tratamiento de captura e insecticida presentaron una relación inversa, encontrando una mayor densidad de huevos en el primer año de muestreo.

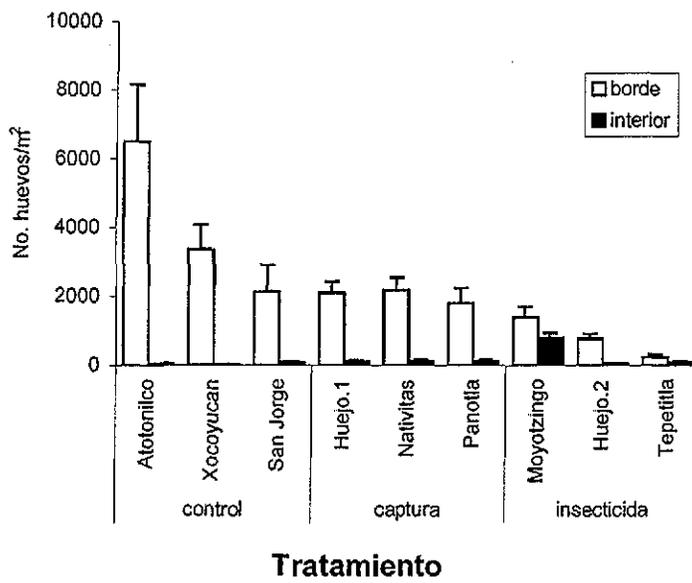
En los dos años de muestreo se encontró una alta densidad de huevos en el borde de las parcelas control (Fig. 6.3 y 6.4). En el interior del cultivo, en todos los tratamientos se observaron las densidades de huevos más bajas en comparación con el hábitat de borde. El tratamiento con insecticida no mostró diferencias entre hábitats en la densidad de huevos. Cuando se analiza la densidad de ootecas en el borde del cultivo en los tres distintos tratamientos se observa que éstos son diferentes a los observados cuando se analiza la densidad de huevos.

Haciendo una comparación entre los dos años de muestreo (Fig. 6.4) se observa que en el tratamiento control del hábitat de borde hay una mayor densidad en el año 2002 ( $11, 100 \pm 1232$ ), mientras que en los otros dos tratamientos restantes la densidad de huevos es mayor en el año 2001.

Tabla 6.2. Análisis de varianza anidado de un nivel para determinar el efecto del tratamiento, las parcelas y el hábitat sobre la densidad de huevos de *S. purpurascens* en cultivos de alfalfa en el Valle de Puebla-Tlaxcala en el año 2001 y 2002.

Fuente	SC	gl	CM	F	P
<b>2001</b>					
Tratamiento	1116.6	2	558.3	9.0	<<0.001
Parcelas	1728.5	4	432.2	6.9	<<0.001
Hábitat	13812.19	2	13812.9	31.9	0.004
<b>2002</b>					
Tratamiento	2319.2	2	1159.4	64.5	<<0.001
Parcelas	1728.5	4	432	15.8	<<0.001
Hábitat	12178.1	1	12178.1	98.9	<<0.001

(a) 2001



(b) 2002

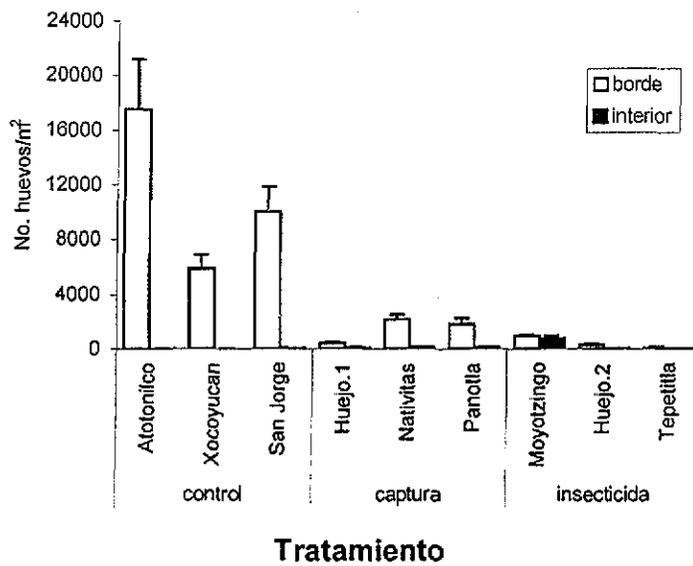
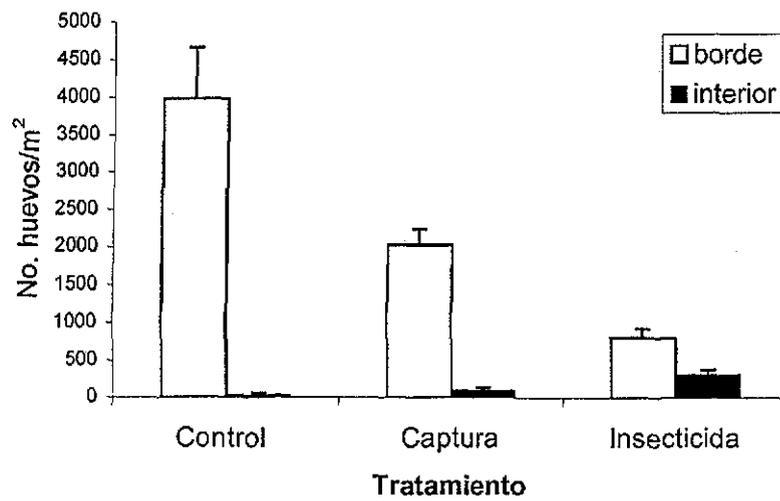


Fig. 6.3. Densidad de huevos de *S. purpurascens* ( $\pm$  e.e.) en parcelas de alfalfa del Valle de Puebla-Tlaxcala que manejan diferencialmente el cultivo: control, captura e insecticida. Se presentan los datos de dos hábitats del agrosistema: borde y cultivo en el 2001 (a) y 2002 (b).

a) 2001



b) 2002

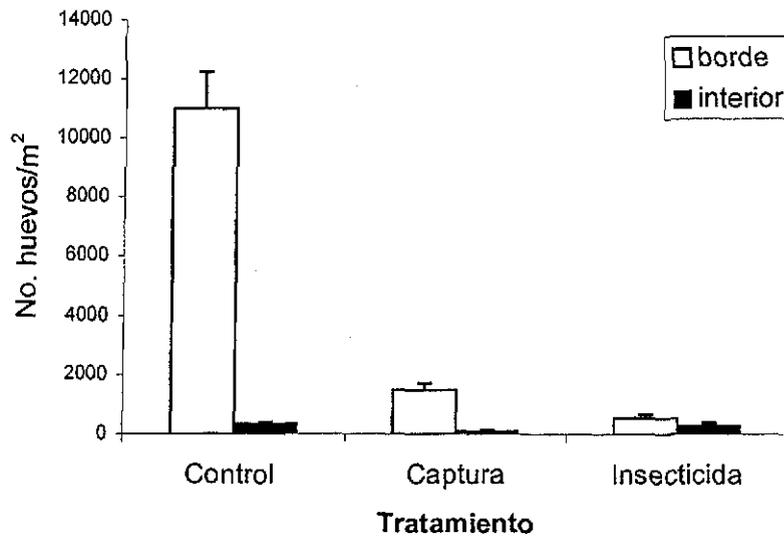


Fig. 6.4. Densidad de huevos de *S. purpurascens* ( $\pm$  e.e.) del Valle de Puebla-Tlaxcala con tres distintos tratamientos, en dos años de muestreo consecutivos, 2001 (a) y 2002 (b). Se presentan los datos de dos hábitats del agrosistema: borde y cultivo.

### 6.3. Número de huevos por ooteca

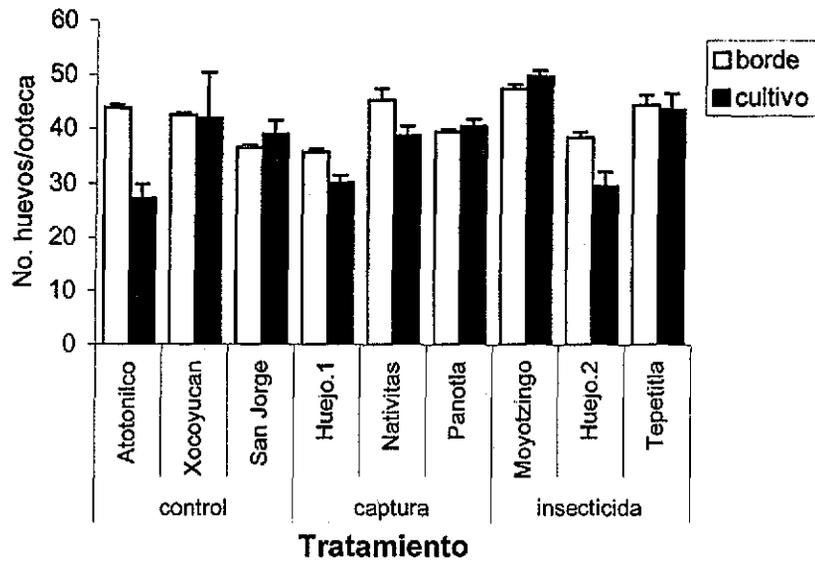
Se encontró un efecto significativo del tratamiento ( $F_{2,12}= 16.8$ ,  $P \ll 0.0001$ ) y de la parcela ( $F_{2,12}= 37.9$ ,  $P 0.001$ ), en cambio, el hábitat mostró no tener un efecto ( $F_{2,12}= 0.1$ ,  $P \ll 0.68$ ) sobre el número de huevos/ooteca en el año 2001. Asimismo, se encontró un efecto significativo del tratamiento ( $F_{2,12}= 17.3$ ,  $P \ll 0.0001$ ) y de la parcela ( $F_{2,12}= 13.9$ ,  $P 0.001$ ), pero no del hábitat ( $F_{2,12}= 0.1$ ,  $P 0.91$ ) sobre el número de huevos/ooteca en el año 2002 (Tabla 6.3).

El mayor número de huevos por ooteca se encontró en el hábitat interior de la parcela de Moyotzingo del año 2001 ( $49.3 \pm 1.1$ ), mientras que en el interior del cultivo de la parcela de Atotonilco del año 2001 se encontró el menor número de huevos por ooteca en relación a las restantes parcelas estudiadas ( $29.5 \pm 0.8$ ). En las parcelas de Atotonilco y Nativitas el borde del cultivo presentó mayor número de huevos por ooteca que el interior. Por otro lado, en el borde de las parcelas Huejotzingo 1 y 2 del año 2001 tuvieron un bajo número de huevos por ooteca en relación con las otras parcelas. Considerando solo el interior del cultivo Atotonilco, Huejotzingo 1 y Huejotzingo 2 presentaron bajo número de huevos por ooteca (Fig. 6.5). El tratamiento por captura en el hábitat interior fue el que presentó un mayor número de huevos por ooteca tanto en el año 2001 como en el 2002 en relación a los demás tratamientos, asimismo, el menor número de huevos por ooteca se presentó en el tratamiento control en el hábitat interior tanto en el año 2001 como en el 2002 (Fig. 6.6).

Tabla 6.3. Análisis de varianza anidado de un nivel para determinar el efecto del tratamiento, las localidades y el hábitat (interior y borde del cultivo) sobre el número de huevos por ooteca de *S. purpurascens* en cultivos de alfalfa dentro del Valle de Puebla-Tlaxcala en el 2001 y 2002.

Fuente	SC	gl	CM	F	P
<b>2001</b>					
Tratamiento	24.4	2	12.2	16.8	$\ll 0.0001$
Parcela	110.2	4	27.5	37.9	$\ll 0.0001$
Hábitat	1.25	1	1.2	0.1	0.6860
<b>2002</b>					
Tratamiento	32.2	2	16.1	17.3	$\ll 0.0001$
Parcela	51.8	4	12.9	13.9	$\ll 0.0001$
Hábitat	0.07	1	0.07	0.01	0.9103

(a) 2001



(b) 2002

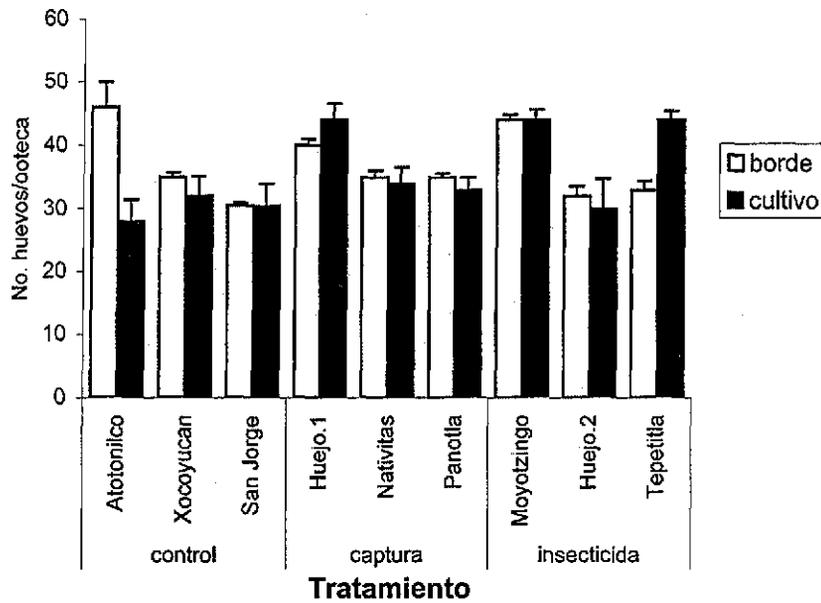
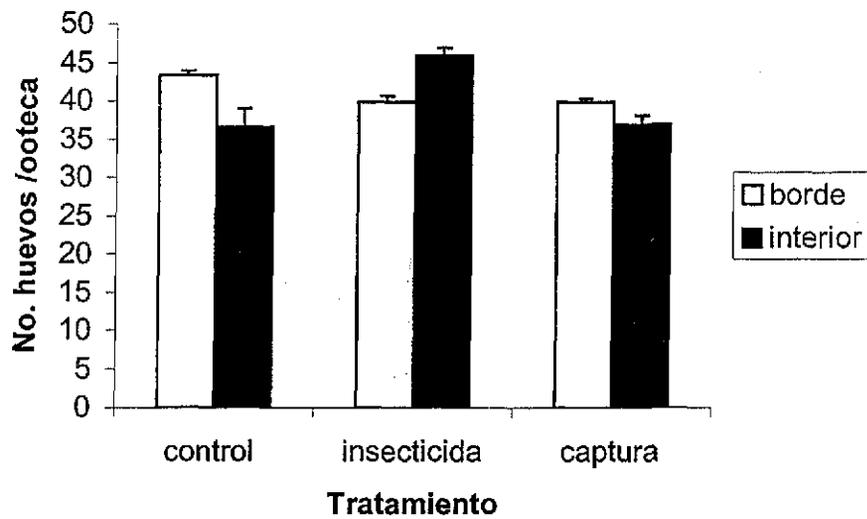


Fig. 6.5. Número de huevos/ooteca de *S. purpurascens* ( $\pm$  e.e.) en parcelas del Valle de Puebla-Tlaxcala en 2001 (a) y 2002 (b) que manejan diferencialmente el cultivo: control, captura e insecticida . Se presentan los datos de dos hábitats del agrosistema: borde y cultivo.

a) 2001



b) 2002

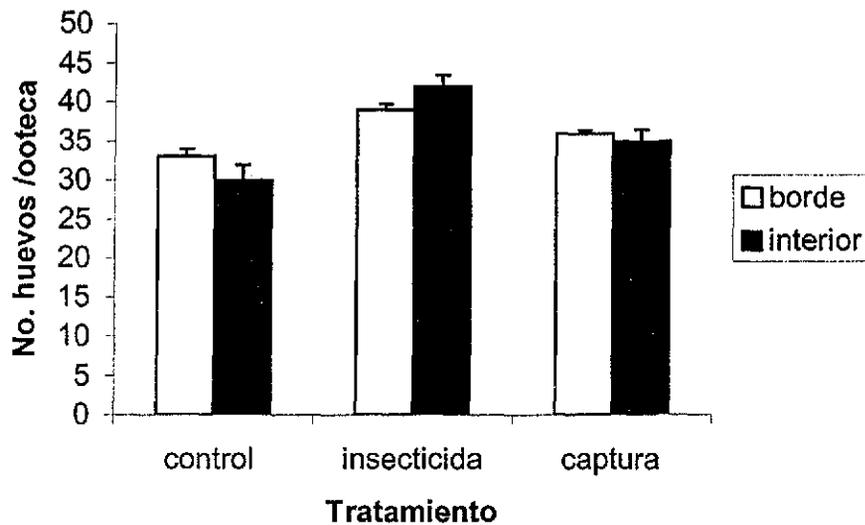


Fig. 6.6. Número de huevos/ooteca de *Sphenarium purpurascens* ( $\pm$  e.e.) en el Valle de Puebla-Tlaxcala con tres distintos tratamientos: control, insecticida y captura. Se presentan dos hábitat en el agrosistema: interior y borde en 2001 (a) y 2002 (b).

#### 5.4. Tasas reproductivas por localidad

En todas las parcelas pertenecientes al tratamiento control se encontraron valores de **R** mayores a 1, lo que indica que las poblaciones en estas parcelas están incrementando. La parcela de San Jorge presentó el valor más alto con una **R** de 4.88, mientras que en Xocoyucan esta tasa fue la mas baja dentro de este tratamiento con una **R** de 1.74. Por otro lado, las parcelas del tratamiento captura presentaron valores de **R** por debajo de 1: Panotla con 0.98; Nativitas con 0.93 y Huejotzingo 1 con 0.21, indicando un decremento en el tamaño poblacional. En las tres parcelas agrupadas dentro del tratamiento insecticida, los valores de **R** fueron menores a 1 variando de 0.77 en Moyotzingo a 0.38 en Huejotzingo 2. La localidad que presentó el valor de **R** más bajo fue Huejotzingo 1 con 0.21, lo cual indica que la población decrece a un ritmo del 80% anual. Sin embargo, en la localidad de Tepetitla aunque el valor de **R** es de 0.48 las densidades anuales de huevos son las más bajas en relación a todas las parcelas. En este sentido, todas las parcelas del tratamiento insecticida presentan las densidades anuales mas bajas de huevos, así como las tasas reproductivas más bajas con respecto a las parcelas restantes. En contraste, las localidades del tratamiento control presentan tanto las densidades anuales mas altas de huevos así como las tasas reproductivas al compararlas con las demás parcelas (Tabla 6.4).

Tabla 6.4. Valores de las tasas reproductivas (**R**) por parcela, así como la densidad de huevos de *Sphenarium purpurascens* en dos años consecutivos en cultivos de alfalfa del Valle de Puebla-Tlaxcala.

Parcela	No. de huevos/m <sup>2</sup> año 2001	No. de huevos/m <sup>2</sup> año 2002	Tasa reproductiva ( <b>R</b> )
<b>Control</b>			
Atotonilco	6561	18,961	2.89
Xocoyucan	3365	5855	1.74
San Jorge	2210	10,784	4.88
<b>Captura</b>			
Nativitas	2309	2147	0.93
Panotla	1939	1826	0.98
Huejotzingo 1	2190	459	0.21
<b>Insecticida</b>			
Moyotzingo	2202	1695	0.77
Huejotzingo 2	863	327	0.38
Tepetitla	352	151	0.43

### 5.5. Análisis de densodependencia

Se encontró una relación positiva entre el número de huevos/m<sup>2</sup> y la tasa reproductiva (Fig. 6.5). La pendiente resultante de la regresión fue positiva (0.0001) es decir, conforme aumenta la densidad de huevos, los valores de R también aumentan. Las parcelas del tratamiento control presentaron las densidades más altas de huevos; asimismo, las tasas reproductivas netas fueron las más altas en comparación con las parcelas de los dos tratamientos restantes. El punto más alejado de la línea de ajuste (Fig. 6.7) fue la parcela de San Jorge, la cual presenta un valor muy alto de R (4.8) en relación con la densidad de huevos/m<sup>2</sup> (10 758), en cambio, en la localidad de Atotonilco el valor de R (2.8) es menor en relación a lo esperado por la línea de ajuste con respecto al número de huevos/m<sup>2</sup> (18,961).

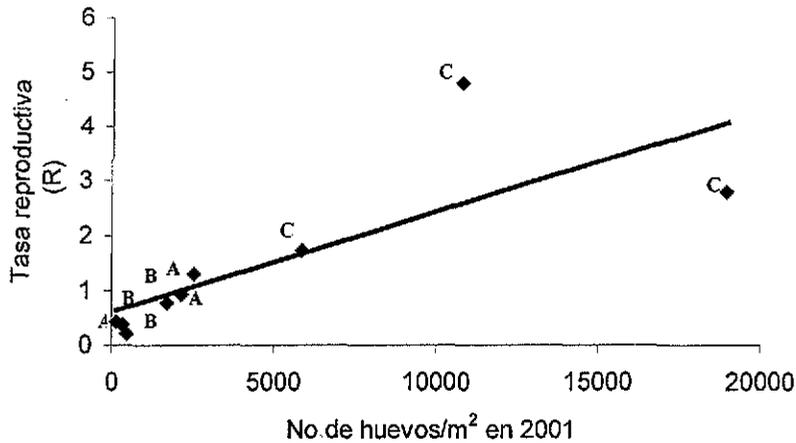


Fig. 6.7. Regresión entre el número de huevos/m<sup>2</sup> y la tasa reproductiva (R) de *S. purpurascens* en nueve parcelas del Valle de Puebla Tlaxcala ( $R= 0.0001N+0.607$ ,  $r^2=0.609$  (A: captura; B: insecticida; C: control).

## VII. DISCUSIÓN

### 7.1. Densidad de ootecas y de huevos

Los análisis de varianza mostraron que los bordes de los cultivos presentan mayor densidad de ootecas y huevos al compararlos con el interior del mismo en los dos años consecutivos de muestreo. Las dos únicas excepciones se encontraron en dos de las tres localidades sometidas a insecticida del año 2001 (Fig. 6.1). En este caso, la densidad de ootecas en el borde disminuye considerablemente, de hecho, en el borde de la localidad de Tepetitla se encuentra el menor número de ootecas por área en relación al borde de las otras ocho parcelas. A su vez, en Moyotzingo se encontró la densidad más alta de ootecas dentro del cultivo. Estas diferencias se podrían explicar como un efecto del tipo de suelo. Posiblemente en esta localidad no exista diferencias en el tipo de suelo dentro del cultivo y en los bordes y por lo tanto, las hembras pueden ovipositar indistintamente en estos dos tipos de sitios. Kennedy (1959) sugiere que la exploración inicial de la superficie del suelo por la hembra, al momento de ovipositar, es usando sus antenas, palpos y abdomen, los cuales le sirven para encontrar y determinar la naturaleza de la superficie. En *Locusta* sp. se ha observado que la hembra sólo oviposita en sitios donde los suelos son suaves. Castellanos (2001) demostró que la textura y la humedad del suelo son importantes para la elección del sitio de oviposición en *Sphenarium purpurascens*.

Existen muchas hipótesis sobre cómo es que las hembra eligen el sitio de oviposición y sobre todo qué factor o serie de factores son más relevantes en este proceso para esta clase de ortópteros. Una de las más difundidas señala que la hembra elige los sitios húmedos y suaves pero de consistencia cohesiva, esto se sustenta en el proceso de formación de la ooteca la cual debe conservar cierta forma y evitar el colapso, así como una posible ruptura, lo cual provocaría la muerte de los huevecillos (Uvarov, 1977). Además se señala que para algunas especies de ortópteros (*Locusta* sp., *Schistocerca* sp. y *Nomadacris* sp.) las propiedades físicas ya mencionadas son importantes en el proceso de excavación, sin embargo, sólo con la presencia de agua, actuando como un posible estimulante químico se puede llevar a cabo la oviposición (Popov, 1958; Kennedy, 1959; Woodrow, 1965).

Choudhuri (1956) estudió los efectos de la compactación de la arena en la oviposición en *Locusta* sp. y encontró que el sondeo por parte de la hembra decrece,

mientras que el proceso de oviposición incrementa conforme incrementa la compactación. En *Schistocerca* sp. se encuentra que en los campos donde el suelo está menos compactado hay mayor número de ootecas, pero cuando no existe un lugar con estas características pueden ovipositar en suelos muy compactados (Popov, 1965). Uvarov (1977) señala que la importancia de las propiedades físicas del suelo en la elección de la oviposición está determinada por la especialización del ovipositor en especies ecológicamente conectadas con cierto tipo de suelo.

En el Valle de Puebla-Tlaxcala, es probable que las características físicas del suelo sean muy contrastantes entre el borde y el interior del cultivo. En el interior del cultivo, se espera que haya una mayor compactación del suelo debido a la acción de remoción de la tierra (actividad conocida como labranza), así como a la siembra. Además, la humedad de los suelos puede ser homogénea a lo largo del año, debido al riego constante de los cultivos, lo cual provocaría que los huevos fueran parasitados por hongos o bacterias. En cambio, el borde de los cultivos presentaría una heterogeneidad temporal con respecto a la humedad, asimismo la compactación del suelo sería menor con respecto al interior del cultivo. Por otro lado, la presencia de malezas en los bordes podría favorecer la oviposición. Castellanos (2001) encuentra la mayor densidad de ootecas de *S. purpurascens* en sitios asociados al pasto *Pennisetum clandestinum* dentro en la Reserva del Pedregal de San Angel. En el Valle de Puebla –Tlaxcala una gran cantidad de ootecas obtenidas se encontraron adheridas a las raíces de los pastos.

Una opción para controlar el tamaño poblacional de *S. purpurascens* puede ser por medio del manejo sistemático del borde de los cultivos, por una lado, reduciendo su área y por otro lado, haciendo remociones periódicas del suelo. Price (1991) sostiene que la distribución de las puestas por los insectos herbívoros es un componente crucial en la estabilidad de la población. En el caso de las especies plaga, el conocimiento de la conducta y los sitios de oviposición pueden ser importantes para su control, sobre todo cuando se tiene la posibilidad de reducirlos o modificarlos (Floater y Zalucki, 2000).

## **7.2. Control por insecticida vs control mecánico**

Es obvio que cuando se aplican insecticidas en los agrosistemas se presenta una disminución en el tamaño poblacional de las especies plaga (Speight *et al.*, 1999). En este caso, se encontró que las densidades más bajas de ootecas se encuentran en las

localidades donde se aplica algún tipo de insecticida, asimismo, el manejo por captura para la alimentación también fue significativamente diferente a las parcelas Control. De manera general, las localidades de mayor abundancia de ootecas fueron aquéllas que no están siendo sometidas a insecticidas y a captura, siguiendo las localidades donde se colecta y como tercer lugar en abundancia de ootecas, están las localidades sometidas a insecticidas. Por su parte, las tasas reproductivas (**R**) señalan que las poblaciones de *S. purpurascens* de parcelas sometidas al tratamiento por captura e insecticida presentan un decremento en el número de individuos (Tabla 6.4). Lo anterior sugiere que el control de esta plaga por el método mecánico de captura tiene la misma eficiencia neta con respecto al método por insecticida, sin embargo, las repercusiones negativas que tienen los insecticidas en el ambiente son mayores con respecto al control por captura.

El uso de agentes químicos en la mayoría de las especies de insectos funcionan como moléculas inhibidoras de algún proceso metabólico, provocándole la muerte e infertilidad a los organismos. Estos agentes químicos para el control de plagas resulta tener un enorme beneficio en términos de producción de alimento y reducción de enfermedades; sin embargo, en la mayoría de los casos se crean muchos problemas. (Dempster, 1975).

Sin duda alguna, uno de los problemas en la persistencia de especies que son plaga es debido a la resistencia que estas presentan a determinados insecticidas (Jensen, 2000). Diversos estudios han demostrado la resistencia de insecticidas en una gran cantidad de especies de insectos (Georghoiu, 1990; Flanders *et al.*, 1997; Mendoza, 1999; Ribeiro *et al.*; 2002 Wool y Front, 2002). Según Georghoiu (1990) se han registrado unas 500 especies de insectos resistentes a uno o más insecticidas. Un trabajo realizado por Mendoza (1999) comprueba la resistencia de *Sitophilus seamaiz* a distintos insecticidas en cultivos de maíz de varios estados de la República Mexicana. En el Valle de Puebla-Tlaxcala, aunque aún no se ha realizado estudios sobre resistencia de *S. purpurascens* a los insecticidas a las que son sometidas las poblaciones, los campesinos señalan que las dosis administradas han aumentado de manera gradual en los últimos años. El control mecánico difícilmente podría modificar las características bioquímicas y morfológicas de los insectos que fomente la resistencia hacia este método y por tal motivo, la eficiencia de este método de control se mantendría estable a través del tiempo.

En los campos de cultivo, además de las especies plaga, se ha reportado la presencia de diversas especies de insectos con densidades poblacionales bajas, que muy

difícilmente podrían a crear un problema en los cultivos (Hoestra, 1997; Lockwood, 1998). La aplicación de insecticidas, además de eliminar las especies plaga, eliminan diversas especies, siendo algunas endémicas. Stewart (1998) señala que al aplicar insecticidas en los cultivos ocurre la eliminación de diversas especies endémicas de chapulines en Sudáfrica al tratar de controlar a la langosta *Locustana pardalina*. En la región del Valle de Puebla-Tlaxcala se han reportado varias especies de acrididos asociados a los cultivos que pueden tener un área de distribución restringida, las cuales pueden estar siendo afectadas por la aplicación de insecticidas (R. Cerritos, datos no publ.). En los últimos años ha crecido la preocupación por la implementación de programas de conservación hacia el grupo de los insectos. En el caso de las especies asociadas a cultivos, se sabe de algunas especies de ortópteros que están amenazadas o que se han extinguido (IUCN, 1996; Hoestra, 1998; Lockwood, 1998; Lockwood y Sergeev, 2000). Lockwood y Debrey (1990) señalan que una de las primeras especies de ortópteros extinta a causa del uso de insecticidas fue *Melanoplus spretus* en el siglo XIX. Lockwood (1998) señala que las ventajas que tiene el control mecánico frente al control químico, es el efecto directo que este método tiene frente a la especie plaga, a diferencia del método químico el cual, actúa no sólo sobre la especie plaga, sino además, sobre otras especies de ortópteros, sus depredadores y parasitoides. En el caso del Valle de Puebla-Tlaxcala, el aplicar control mecánico sobre *S. purpurascens* ayudaría a proteger especies asociadas a los cultivos; además, se promovería una regulación de las densidades poblacionales de la especie más que la extinción local. Pfadt (1994) señala que *Melanoplus sanguinipes* en altas densidades puede ser una especie devastadora para los cultivos; sin embargo, a densidades bajas esta especie puede ser benéfica al preferir alimentarse de malezas. Asimismo, una gran cantidad de estudios demuestran el efecto que tienen los insecticidas, principalmente organofosforados como el malatión, en diversos organismos que no necesariamente tienen un contacto directo e inmediato con estos químicos (Thi *et al.*, 1997; Lahr, 1998; Boleas *et al.*, 1999; Peveling, 1999a,b; Abu y Dunia, 2001; Cortet *et al.*, 2002). Lahr (1998) menciona que la aplicación de insecticidas para el control de la langosta *Schistocerca gregaria* ocasiona un almacenamiento de residuos organofosforados en cuerpos de agua que afecta de manera directa a una gran cantidad de especies.

En el Valle de Puebla-Tlaxcala la aspersión en los cultivos de los insecticidas organofosforados como el malatión se lleva a cabo de manera directa y sin protección por parte de los agricultores. Diversos trabajos han analizado los efectos que

los insecticidas tienen en la salud humana (Yemaneberhan *et al.*, 1997; Banerjee *et al.*, 1998; Thompson *et al.*, 1998; Waliszewski *et al.*, 1998; Giri *et al.*, 2002; Liu y Pleil, 2002), principalmente en organofosforados como el malatión. Bos y Kilibarda (1998) demuestran la presencia de desordenes respiratorios ocasionados por el contacto con malatión, asimismo, Giri *et al.* (2002) demostraron el efecto genotóxico y citotóxico del malatión, al producir aberraciones cromosómicas y un aumento en anomalías de espermatozoides. Además, en diversos trabajos se ha documentado la presencia de organofosforados en alimentos (Jury *et al.*, 1983; Soliman, 2001; Amer *et al.*, 2002). Mathies *et al.* (1991) señalan que la vía más frecuente de exposición a los insecticidas es a través de la ingestión de alimentos de origen animal y por inhalación de aire contaminado. En el Valle de Puebla-Tlaxcala, la mayoría de la alfalfa que se produce es utilizada para la alimentación del ganado en la producción de carne y leche. Una gran cantidad de esa alfalfa es asperjada con insecticidas como el malatión, siendo muy probable que los residuos de organofosforados estén presentes en concentraciones no permisibles.

La aplicación del control mecánico sobre *S. purpurascens* en el Valle de Puebla-Tlaxcala puede tener una ventaja extra, además de las ya mencionadas con respecto al control químico. La captura del chapulín representa para los pobladores de Santa María Zacatepec la principal fuente de ingreso durante seis meses. Ellos venden este producto principalmente en Oaxaca, Puebla, Morelos y D.F., obteniendo una ganancia anual aproximada de \$30,000 pesos por familia (R. Cerritos, datos no publ.). En contraste, la aplicación de insecticidas representa un costo adicional para el mantenimiento del cultivo. Se calcula que el costo anual por la aplicación de insecticidas en una parcela de 1 ha es de aproximadamente \$1,000 pesos. En la actualidad, la captura del chapulín para consumo humano se lleva a cabo de manera semiclandestina, es decir, los chapulineros muchas veces capturan a *S. purpurascens* en parcelas sin el permiso de los agricultores. Los resultados obtenidos en este trabajo pueden ayudar a promover y hacer de esa captura clandestina una captura sistemática que culmine en un método de control mecánico.

### 7.3. Número de huevos por ooteca

Con respecto al número promedio de huevos/ooteca, en todo el Valle de Puebla Tlaxcala se obtuvo un valor de 39.8 para el año 2001 y para el 2002 un valor de 36.6.

Estos valores son diferentes al encontrado por Serrano y Ramos-Elorduy (1990), al trabajar con poblaciones de Oaxaca y la Reserva del Pedregal de San Angel donde se promedió un valor de 29. Asimismo, Alfaro (1995), al trabajar en algunas localidades del Valle de Puebla Tlaxcala encuentra un valor de 31 huevos/ooteca. Márquez (1962) reporta que una ooteca puede contener entre 15 y 20 huevos.

Posiblemente, el número de descendientes que cada hembra aporta a la siguiente generación ha aumentado en este Valle debido a las presiones de selección antropocéntricas, principalmente por uso de insecticidas y por otro lado al tener recursos ilimitados dentro de estos agrosistemas. Cuando promediamos las medias de las localidades dentro de sus respectivos tratamientos se encuentra que el valor más alto se encuentra en el tratamiento de insecticida del año 2001 con un promedio de 42 huevos/ooteca.

#### **7.4. Efecto teórico de la densodependencia inversa y sus implicaciones**

Al graficar la relación entre  $R$  y densidad de huevos (Fig. 11) se obtuvo una pendiente positiva: conforme aumenta la densidad de huevos la tasa reproductiva se incrementa. Teóricamente, cuando se observa una relación con pendiente negativa se dice que la población esta siendo sometida a una regulación densodependiente, mientras que si la pendiente es cero la población es siendo regulada por un efecto densoindependiente (Begon *et al.*, 1996a; Speight *et al.*, 1999). Sin embargo, en algunos casos se han observado relaciones con pendiente positiva, efecto que se conoce como densodependencia inversa (Varley *et al.*, 1973). La densodependencia inversa se ha registrado por un efecto de parasitoides sobre las poblaciones de palomillas de invierno, provocando un efecto de inestabilidad en la población (Varley *et al.*, 1973).

En el presente trabajo, aunque se encontró una pendiente positiva, es improbable que las poblaciones de *S. purpurascens* estén siendo reguladas por un efecto densodependiente inverso, sobre todo tratándose de una especie plaga que es controlada por métodos químicos. Se ha reportado que cuando se aplican insecticidas a los cultivos, las poblaciones de depredadores y parasitoides de la especie plaga son reducidas, muchas veces llegando a la extinción, provocando un resurgimiento de las plagas (Uvarov, 1964; Speight *et al.*, 1999). Además, varios autores señalan que las poblaciones de insectos son reguladas por eventos densoindependientes (Andrewarta y Birch, 1954; Milne, 1957 en Speight *et al.*, 1999; Den Boer, 1991).

Una explicación más cercana a lo que ocurre con las poblaciones de *S. purpurascens* en el Valle de Puebla-Tlaxcala con respecto a la relación entre  $R$  y la densidad de huevos en cada una de las localidades (Fig. 11) sería que el tratamiento está influyendo de manera determinante sobre estas dos variables. Por un lado, las parcelas de tratamiento control, mostrarían siempre una pendiente positiva (hasta que ocurra algún evento densoindependiente), debido a la falta de depredadores, parásitos, parasitoides y competencia intra e interespecífica. Por otro lado, si únicamente se grafican los puntos de las parcelas sometidas a tratamiento por insecticidas y tratamiento por captura se esperaría obtener una pendientes negativa, debido al efecto que tienen los insecticidas y la captura sobre las poblaciones de *S. purpurascens*.

En algunos casos se ha documentado que la captura puede tener un efecto favorable en el crecimiento del tamaño de la población. Nicholson (1954) sostiene que cuando aumenta la tasa de recolección de adultos de *Lucilia cuprina*, la producción de pupas y la emergencia de adultos aumenta, asimismo, la tasa de mortalidad de los adultos disminuye, ocasionando una reducción de competencia intraespecífica, así como un aumento en la supervivencia y fecundidad. En el presente estudio se observó que la captura de *S. purpurascens* no provoca un efecto favorable en el tamaño poblacional; sin embargo, posiblemente la fecundidad y la sobrevivencia en los siguientes estadios, incluyendo el estado adulto se vean beneficiados, aunque no necesariamente se vea reflejado en la  $R$  obtenida a partir de la densidad de huevos.

En el presente trabajo sólo se analizó el estadio de huevo como parámetro para conocer el comportamiento de la población; sin embargo, la falta de un conocimiento de la estructura de la población provoca que los valores de  $R$  encontrados no sean tan representativos, sobre todo si es el caso de que para cada estadio se obtenga un valor de  $R$  distinto, con respecto al encontrado tomando en cuenta la densidad de huevos en cada una de las parcelas.

## VIII. CONCLUSIONES

1. El tratamiento afecta significativamente la densidad de huevos y ootecas, así como la tasa reproductiva de *Sphenarium purpurascens* y por lo tanto, el método mecánico puede ser efectivo en el control del chapulín. Las ventajas que el control mecánico tiene con respecto al método químico es que actúa de manera directa sobre la especie plaga minimizando problemas de resistencia, de eliminación de otras especies y de problemas de salud humana.
2. La aplicación del control mecánico en el Valle de Puebla-Tlaxcala para reducir la densidad poblacional de *S. purpurascens* tiene dos beneficios extras, por un lado, la captura para el consumo humano es una fuente importante de ingresos para los pobladores de esas regiones y por otro lado, el consumo del chapulín aporta una gran cantidad de proteínas.
3. La densidad de huevos y de ootecas es significativamente mayor en los bordes de las parcelas, comparadas con el interior de éstas. Esta diferencia puede deberse al tipo de suelo (principalmente compactación y humedad) que hay en estos dos sitios, al manejo diferencial que se le da a estos dos hábitats, así como a la presencia de malezas en el borde.
4. El número promedio de huevos/ootecas encontrado en el presente trabajo es de 39.8, el cual, es el valor más alto que se ha registrado para esta especie. Posiblemente, la presencia de recursos ilimitados, así como las actividades antropogénicas han contribuido en el aumento de este valor.
5. Las tasas reproductivas (**R**) y la densidad de huevos indican que las parcelas del tratamiento control no están siendo reguladas por algún factor densodependiente, en cambio, en las parcelas restantes la regulación de las poblaciones de *S. purpurascens* es causada por un efecto de los respectivos tratamientos.

## LITERATURA CITADA

- Abou-Arab, A. y Donia, A. 2001. Pesticide residues in some Egyptian spices and medicinal plants as affected by processing. *Food Chemistry* **72**: 439-445.
- Álvarez, J. 1981. ¿Estamos matando a la comida? Distrito de temporal III, Cholula. SARH-Puebla, 1: 12-14
- Alfaro, A.L. 1995. Biología de *Sphenarium purpurascens* Charpentier (Orthoptera: Acrididae) y patogenicidad de *Beauveria bassiana* en laboratorio. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, Méx.
- Amer, S.; Fahmy, M.; Aly, M. y Farghaly, A. 2002. Cytogenetic studies on the effect of feeding mice with stored wheat grains treated with malatión. *Mutation Research* **513**: 1-10.
- Andrewartha, H.G. y Birch, L. C. 1954. *The Distribution and Abundance of Animal*. University of Chicago Press, Chicago.
- Baum, J.; Jhonson, T. y Carlton, B. 1999. *Bacillus thuringiensis* natural and recombinant bioinsecticide products. En *Methods in Biotechnology*, Vol 5. *Biopesticides: Use and Delivery*. Humana Press, Totowa, NJ.
- Banerjee, B.D.; Seth, B.; Bhattacharya, A.; Chakraborty, A. K. y Pasha, S.T. 1998. Oxidatives stress in human poisoning cases following malatión and propoxur ingestion. *Toxicology Letters* **95**: 58.
- Begon, M.; Harper, J. y Townsend, C. 1996a. *Ecología, Individuos, Poblaciones y Comunidades*. Omega, Barcelona. 1147 pp.
- Begon, M.; Mortimer, M.; y Thompson, D. 1996b. *Population Ecology, A Unified Study of Animals ans Plants*. Blackwell Science, Oxford. 247 pp.
- Berryman, A. 1987. Populations dynamics of the fir engraver, *Scolytus ventralis* (Coleoptera: Scolytidae). I. Analysis of population behavoir and survival from 1964 to 1971. *Canadian Entomologist* **105**: 1465-88.
- Betz, F S.; Hammond, B.C. y Fuchs, R.L. 2000. Safety and advantages of *Bacillus thuringiensis*. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* **32**: 156-173.
- Boleas, S.; Carbonell, G.; Fernández, C.; Carballo, M.; Ortiz, J. y Tarazona J. 1998. Comparation between stress response and toxicant exposure biomarkers in Gilthead Sea Bream, *Sparus aurata* L., Exposed to Cadmiun, malatión and/or arochlor 1254. *Marine Enviromental Research* **46**: 122-123.

- Borror, D.J.; Triplehorn C.A. y Johnson N.F.. 1992. *An Introduction to the Study of Insects*. Saunders College, Fort Worth. 875 pp.
- Bos, I. y Kilibarda, T. 1998. Characteristics of respiratory disorders in acute poisoning with organophosphorous insecticides. *Toxicology Letters* **95**: 142.
- Cano-Santana, Z. 1994. Flujo de energía a través de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae) y productividad primaria neta aérea en una comunidad xerófila. Tesis doctoral. Centro de Ecología, UNAM, México.
- Cano-Santana, Z. y Oyama, K. 1994. Ambito de hospederos de tres especies de insectos herbívoros de *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae). *Southwest. Entomol.* **19**:167-172.
- Castellanos, V. I. 2001. Ecología de la oviposición de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en la reserva del Pedregal de San Ángel, México, D.F. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M, México.
- CESAVETLAX, Comité Estatal de Sanidad Vegetal en Tlaxcala. 1995. Informe técnico del Comité Estatal de Sanidad Vegetal en Tlaxcala. Campaña contra el Chapulín, Tlaxcala, México.
- CESAVETLAX, Comité Estatal de Sanidad Vegetal en Tlaxcala. 1996. Informe técnico del Comité Estatal de Sanidad Vegetal en Tlaxcala. Campaña contra el Chapulín, Tlaxcala, México.
- Choudhuri, J.C.B. 1956. Observations on the oviposition behaviour of the Moroccan Locust (*Diciostaurus maroccanus*) in Cyprus. *Saugar Univ. J.* **11**:23-39.
- Cortet, J.; Gillen, D.; Joffre, R.; Ourcival, J-M. y Poinso-Balanguer, T. 2002. Effects of pesticides on organic matter recucling and microarthropods in a maize field: use and discussion of the litterbag methodology. *European Journal of Soil Biology*. En prensa.
- Daly, V.H.; Doyen J.T. y Ehrlich, P.R. 1978. *Introduction to Insect Biology and Diversity*. McGraw-Hill, Tokio. 564 pp.
- Dempster, T. 1975. *Animal Population Ecology*. Academic Press, Londres. 155 pp.
- Den Boer, P.J. 1991 Seeing the trees for the wood- random-walks or bounded fluctuations of population- size. *Oecologia* **86**: 489-91
- Domínguez, R.R. 1992. *Plagas Agrícolas*. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.
- Ebert, A. T. 1999. *Plants and Animal Populations*. Academic Press, San Diego. 312 pp.
- Farnham, A.W. 1973. Genetics of resistance of Pyrethroid-selected houseflies *Musca domestica*. L. *Pestic. Sci.* **4**:513.

- Flanders, L.K.; Radcliffe, B.E. y Hawkes, G.J. 1997. Geographic distribution of insect resistance in potatoes. *Euphytica* **93**: 201-221.
- Floater, G.J. y Zalucki, M.P. 2000. Habitat structure and egg distributions in the processionary caterpillar *Ochogaster lunifer*: lessons for conservation and pest management. *Journal of Applied Ecology* **37**: 87-99.
- Georghiou, G. P. 1990. Overview of insecticide resistance, managing resistance to agrochemicals: from fundamental research to practical strategies; pp. 18-41. American Chemical Society, Washington, D.C.
- Gibbs, W.W. 2001. On the termination of species. *Scientific American* **34**: 28-37.
- Giri, S.; Prasad, S.; Giri, A. y Sharma, G. 2002. Genotoxic effects of malathion: an organophosphorus insecticide, using three mammalian bioassays in vivo. *Mutation Research* **514**: 223-231.
- Godfray, H.C.J. 1994. *Parasitoides. Behavioural and Evolucionary*. Princeton University Press, Princeton. 234 pp.
- Gotelli, J. N. 1995. *A Primer of Ecology*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. 206 pp.
- Hairston, N.; Smith, F. y Slobodkin, L. 1960 Community structure, population control, and competition. *American Naturalist* **44**: 421-5.
- Hoekstra, J. 1998. Conserving Orthoptera in the wild: lessons from *Trimerotropis infantilis* (Oedipodinae). *Journal of Insect Conservation* **2**: 179-185.
- Huffaker, C.B.; Berryman, A.A. y Laing, E.J. 1984. Natural Control of Insects Populations. pp.359-398. En: Huffaker, C.B. y L.R. Rabb (eds.) *Ecological Entomology*. John Wiley and Sons, Carolina del Norte.
- Hunter, M.D.; Varley, G. C. y Gradwell, G. R. 1997. Estimating the relative roles of top-down and bottom-up forces on insect herbivore populations: a classic study revisited. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **94**: 9176-81.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1999. Información Geográfica del Estado de Puebla y Tlaxcala. México, D.F.
- IUCN. 1996. 1996 *IUCN Red List of Threatened Animal*. Gland, Suiza.
- Jensen, S.T. 2000. Insecticide resistance in the western flower thrips, *Franklinella occidentalis*. *Integrated Pest Management Reviews* **5**:131-146.
- Jhonson, D.M. y Stiling, P.D. 1998. Distribution and dispersal of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera:Pupalidae), an exotic opuntia-feeding moth in Florida. *Fla. Entomol.* **81**:12-22.

- Jury, W.; Spencer, W. y Farmer, W. 1983. Use of models for assessing relative volatility, mobility and persistence of pesticides and the other trace organics in soils systems. En: *Hazard Assessment of Chemical*. Academic Press, San Diego.
- Kennedy, J.S. 1959. A preliminary analysis of oviposition behaviour by *Locusta migratoria* in relation to moisture. *Proc. R. Ent. Soc. Lond.* **24**:83-9.
- Kevan, D.K. 1977. The American Pyrgomorphidae. *Rev. Soc. Ent. Argentina* **36**: 3-28.
- Kolemba, D.G. 1993. Analysis of essential oils: Influence of Insect. *Pestycydy* **2**:31-40.
- Krishnarajah, S.R. 1985. Repelency and toxicity of some plant oils and their terpene components to *Sitotroga cerealella*. *Tropical Science*. **2**: 23-32
- Lahr, J. 1998. An ecological assessment of the hazard of eight insecticides used in Desert Locusts control, to invertebrates in temporary ponds in the Sahel. *Aquatic Ecology* **32**: 153-162.
- Lawton, J. y Strong, D. 1981. Community patterns and competition in folivorous insects. *American Naturalist* **118**: 317-38.
- Leyva, V.J. e Ibarra, R.J. 1992. *II Curso de Control Biológico*. Carrera de Ingeniería Agrícola Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM..
- Liu, N. y Scott, G.J. 1995. Genetics of Resistance to Pyrethroid Insecticides in the House Fly, *Musca domestica*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **52**:116-124.
- Liu, S. y Pleil, J. 2002. Human blood and environmental media screening methods for pesticides and polychlorinated biphenyl compounds using liquid extraction and gas chromatography-mass spectrometry analysis. *Journal of Chromatography* **769**: 155-167.
- Lockwood, J.A. y DeBrey. 1990. A solution for the sudden and unexplained extinction of the Rocky Mountain Locust, *Melanoplus spretus* (Walsh). *Environ. Entomol.* **19**: 1194-205.
- Lockwood, J.A. 1998. Management of orthopteran pest: a conservation perspective. *Journal of Insect Conservation* **2**: 253-261.
- Lockwood, J.A. y Sergeev, G.M. 2000. Comparative biogeography of grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) in North America and Siberia: Applications to the conservations of biodiversity. *Journal of Insect Conservation* **4**: 161-172.
- Louda, J.M. 1997. Ecological effect of an insect introduced for the biological control of weeds. *Science* **277**:1088-1990.
- McClintock, J., Schaffer, C. y Sjoblad, R. 1995. A comparative review of the mammalian toxicity of *Bacillus thuringiensis*- based pesticides. *Pestic Sciences* **45**: 95-105.

- Mathies, M.; Behrendt, H. y Trapp, S. 1991. Modeling and model validation for exposure assessment of the terrestrial environment. *Pesticide Chemistry*. Nueva York
- McEvoy, P.B. 1999. Biological control of plants invaders: regional patterns, field experiments, and structured populations models. *Ecol. Appl.* **9**:387-461.
- Márquez, M.C. 1962. Estudio de las especies del género *Sphenarium* basado en su genitalia (Acrididae, Orthoptera), con la descripción de una nueva especie. *Ann. Inst. Biol. Univ. Mex.* **33**: 247-258.
- Méndez, D.R. 1992. Uso de sustancias y extractos vegetales como una alternativa de control del chapulín *Sphenarium purpurascens* Charpentier (Orthoptera: Acrididae) en maíz (*Zea mays*) en Huejotzingo, Puebla. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.
- Mendoza, P. C. y Tovar, E. 1996. Ecología del forrajeo de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae) en la reserva del Pedregal de San Angel, México, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México. 97 pp.
- Mendoza, P.J. 1999. Survey of insecticide resistance in Mexican populations of maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research* **35**: 107-115.
- Metcalf, C.L.; Flint W.P. y Metcalf, R.L. 1988. *Destructive and Useful Insects*. McGraw-Hill, Nueva York. 1087 pp.
- Nicholson, A. 1954. Compensatory reactions of populations to stress, and their evolutionary significance. *Australian Journal of Zoology* **2**: 1-8.
- Ohgushi, T. 1992. resource limitation on insect herbivore populations. En: *Effects of Resource Distributions on animal-Plants Interactions*. Academic Press, San Diego.
- Pannetier, C. 1997. Introduction of new traits into cotton through genetic engineering: Insect resistance as example. *Euphytica* **96**:163-166.
- Pérez, N.L.M. y Gil, G.L. 1998. Evaluación del consumo foliar de tres variedades de maíz por *Sphenarium purpurascens* durante su ciclo biológico en condiciones de laboratorio. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala. 65 pp.
- Peveling, R.; Attignon, S.; Langewald, J. y Ouambama, Z. 1999a. An assesement of the impact of biological and chemical grasshopper control agents on ground-dwelling arthropods in Niger, based on presence/absence sampling. *Crop Protection* **18**: 323-339.
- Peveling, R.; Rafanomezantsoa, J.; Razafinirina, R.; Tovonkery, R. y Zafimaniry. 1999b. Enviromental impact of the locust control agents fenitrothion, fenitrothion-esfebvalerate and triflumuron on terrestrial arthropods in Madagascar. *Crop Protection* **18**: 659-676.

- Pfadt, R.E. 1994. Field guide to the common western grasshoppers. *J. Econ. Entomol.* **73**:548-51.
- Popov, G. B. 1958. Ecological studies on oviposition by swarm of the Desert Locust (*Schistocerca gregaria*) in eastern Africa. *Anti-locust Bull.* **31**: 1-72.
- Popov, G.B. 1965. The Sahelian Tree Locust (*Anacridium melnorhaodon*) *Anti-Locust Mem.* **9**: 45 pp.
- Price, P. 1984. *Insect Ecology*. Wiley-Interscience, Nueva York.
- Price, P. 1991. The plant vigor hypothesis end herbivore attack. *Oikos* **62**: 244-251.
- Purvis, A. y Hector, A. 2000. Getting the measure of biodiversity. *Nature* **405**: 212-219.
- Rabinovich, J.E. 1984. *Introducción a la Ecología de Poblaciones Animales*. Continental, México. 313 pp.
- Ramos-Elorduy, J.; Pino, M. J. y González, M. O. 1981. Digestibilidad *in vitro* de algunos insectos comestibles en México. *Folia Entomol. Mex.* **49**: 141-154.
- Ramos-Elorduy, J.; R. Bourges y Pino, M. 1982. Valor nutritivo y calidad de la proteína de algunos insectos comestibles en México. *Folia Entomol. Mex.* **58**:111-118.
- Ramos-Elorduy, J. 1987. *Los Insectos como Fuente de Proteínas en el Futuro*. Limusa México. 147 pp.
- Ramos-Elorduy, J. y Pino, M. J. 1990. Contenido calórico de algunos insectos comestibles de México. *Soc. Quím. Méx.* **2**: 56-68.
- Ramos-Elorduy J. 1997. Insect: A sustainable source of food. *Ecology of food and nutrition* **36**:247-276
- Regnault-Roger, C.; Hamraoui, A.; Holeman, M.; Theron, E. y Pinel, R. 1993. Insecticidal effect of essential oils from mediterranean aromatic plants upon *Acanthoscelides obtectus* Say Coleoptera, bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Chemical Ecology* **19**: 1233-44.
- Regnault-Roger, C. 1995. Insecticidal effect of essential oils from mediterranean aromatics plants upon *Acanthoscelides obtectus*. *Journal of Chemical Ecology*. **14**:1233-1244.
- Regnault-Roger, C. 1997. The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integrated Pest Management Reviews* **2**:25-34.
- Ribeiro, B.M.; Guedes, N.C.; Oliveira, E.E. y Santos J.P. 2002. insecticide resistance and synergism in brazilian populations of *Sitophilus zea maiz* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*. En prensa.
- Robb, K.L. 1989. Analysis of *Franklinella occidentalis* (Pergande) as a pest of floricultural crops in California greenhouses. University of California, Riverside.

- Rojas, R. S. 1994. Control del chapulín (Orthoptera: Acrididae) en maíz (*Zea mays*) por sonidos de alta y baja frecuencia. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 65 pp.
- Sahagún, F.B. 1829. *Historia General de las Cosas de Nueva España*. Porrúa (1992), México. 1093 pp.
- Soliman, K.M. 2001. Changes in concentration of pesticide residues in potatoes during washing and home preparation. *Food and Chemical Toxicology* **39**: 887-891.
- Stong, D. R.; Lawton, J. H. y Southwood, S. R. 1984. *Insect on Plants, Community Patterns and Mechanisms*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 389 pp.
- SARH-DGSV, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1988. Manual técnico operativo de la campaña emergente contra chapulines: *Melanoplus* sp., *Sphenarium* sp. y *Brachistola* sp. Dirección general de sanidad vegetal, México. 12 pp.
- SARH-DGSV, Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1991. Manual técnico operativo de la campaña emergente contra chapulines: *Melanoplus* sp., *Sphenarium* sp. y *Brachistola* sp. Dirección General de Sanidad Vegetal, México. 35 pp.
- SARH-Tlaxcala, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1992. Evaluación de la Campaña contra los Chapulines de Tlaxcala en el Ciclo Primavera Verano 1992-92. Subdelegación de Agricultura, Programa de Sanidad Vegetal, México. 12 pp.
- SARH-Tlaxcala, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1993. Evaluación de la Campaña contra los Chapulines en Tlaxcala en el ciclo Primavera-Verano 1993-93. Subdelegación de Agricultura. Programa de Sanidad Vegetal, México. 10 pp.
- Scott, G.J. 1991. *Insecticide Resistance in Insects*. Handbook of Pest Management **2**: 633 pp.
- Siqueira, A.A.H.; Narciso, R.C. y Picanco, C.M. 2000. Insecticide resistance in populations of *Futa absoluta* (Lepidoptera:Gelechiidae). *Agricultural and Forest Entomology* **2**: 147-153
- Serrano-Limón, G. y Ramos-Elorduy, J. 1990. Biología de *Sphenarium purpurascens* Charpentier y algunos aspectos de su comportamiento (Orthoptera: Acrididae). *An. Inst. Biol. UNAM, Ser. Zool.* **59** (2):139-152.
- Soliman, K. M. 2001. Changes in concentration of pesticide residues in potatoes during washing and home preparation. *Food and Chemical Toxicology* **39**: 887:891
- Speight, M.; Hunter, M. y Watt, A. 1999. *Ecology of Insects, Concepts and Applications*. Blackwell Science, Oxford. 349 pp.
- Stewart, D. 1998. Non-targed grasshoppers as indicators of the side-effect of chemical locust control in the Karoo, South Africa. *Journal of Insect Conservation* **2**: 263-276.

- Streblor, G. 1989. Les Médiateurs Chmiques: Leur incidence sur la bioécologie des animaux. Techniques et Documentation Lavoisier.
- Thi, H.; Adriaens, D. y Janssen, C. 1997. Morphological abnormalities in african catfish (*Clarias gariepinus*) larvae exposed to malati3n. *Chemosfere* **35**: 1475-1486.
- Thomas, M.B. y Willis, A.J. 1993. Biocontrol-riskybut necessary. *Trends Ecol. Ecol.* **13**:325-329.
- Thompson, N.J. 1984. Insect diversity and the trophic structure of communities. En: Huffaker, C.B. y L.R. Rabb. *Ecological Entomology*. John Wiley and Sons, Carolina del Norte.
- Thompson, T.; Treble, R.; Maglicco, A.; Roettger, J. y Eichhorst, J. 1998. Case study: fatal poisoning by malation. *Forensic Science International* **95**: 89-98.
- Trumble, J.T. 1998. Overcoming conflicts in adaption. *Integrated Pest Management Reviews*. **3**:195-207.
- UNAM. 1990. Mapa topogr3fico del estado de Puebla y Tlaxcala, escala 1:250, 000. Instituto de Geografia, UNAM, M3xico D.F.
- Uvarov B.P. 1964. Locust research and control. *A Review of Colonial Research 1940-1960* pp.191-205.
- Uvarov, B.P. 1977. *Grasshoppers and Locust*. Centre for Overseas Pest Research, University Press, Cambridge. 613 pp.
- Van Dresch, R.G. y Bellows, T.S. 1996. *Biological Control*. Chapman and Hall, Nueva York. **5**:249-252.
- Varley. G.; Gradwell, G. y Hassell, M. 1973. *Insects Population Ecology*. Blackwell Science, Oxford.
- Waliszewski, S.; Aguirre, A.; Infanz3n, R.M.; Rivera, J. e Infanz3n, R. 1998. Time trend of organochlorine pesticide residues in human adipose tissue in Veracruz, M3xico: 1988-1997 survey. *The Science of the Total Environment* **221**: 201-204.
- Whitham, T.G. 1986. Cost and benefits of territoriality: Behavioural and reproductive release by competing aphids. *Ecology* **67**: 139-47
- Woodrow, D.F. 1965. Laboratory analisis of oviposition behaviour in the red Locust, *Nomadacris septemfasciata*. *Bull. Ent. Res.* **55**:733-45
- Wool, D. y Front, L. 2002. Esterase variation in *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae): Genetic analisis of interstrain crosses in relation to malati3n resistance. *Journal of Stored Products Research*. En prensa.

Yemaneberhan, H.; Bekele, Z.; Venn, A.; Lewis, S.; Parry, E. y Britton, J. 1997. Prevalence of wheeze and asthma and relation to atopy in urban and rural Ethiopia. *The Lancet* **350**: 85-90.

Zar, J. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey

## AGRADECIMIENTOS ALTERNATIVOS

Hoy en día ya nadie se atreve a redactar unos buenos agradecimientos, sera por la rapidez con que se pasa de un nivel a otro, o tal vez, por la represión que existe en todo el mundo, desde la promoción de atacar Irak por parte de Bush, hasta la madre que obliga a su hijo a tomarse la leche para que se duerma y no moleste. En este momento me vienen a la memoria algunas tesis que lei en donde el autor deja a un lado los lineamientos protocolarios para agradecer emprendiendo un viaje a sus momentos pasados. En este sentido me acuerdo de Rodolfo Salas, el cual le dedica su tesis doctoral a una paleloca, justificandose como: "mi espejo personal". También, es imposible olvidarse de la tesis de licenciatura de Leon Martínez que con singular alegría le agradece a la persona que invento las tortas de tamal ya que gracias a ellas, pudo entender los análisis estadísticos de tipo anidado, "la carne esta anidada en el tamal y el tamal esta anidado en el bolillo". Una amiga llamada Rocio Ponce de leon que aún no se titula, comenta que le gustaria agradecerle a su maestro de bacterias todo lo que aprendio de insectos comestibles. Contrario a todo esto, recuerdo una gran cantidad de antiagradecimientos vertidos en muchas tesis. La más significativa es la que se puede leer en la tesis doctoral del Dr. Zenón Cano, esta dice así: un especial reconocimiento a todas aquellas personas que han leído mi tesis de licenciatura. Otra, la de Carmina Jasso y Angela Arango, ellas argumentan que le daban gracias a todas las arañas y microartropodos que "sacrificaron" para que su estudio resultara, pero, malditas aquellas que habian logrado escaparse.

Estilos para dedicar y agradecer por via de una tesis hay muchos, pero sin duda el más colorido por la expresión del lenguaje es el texto escrito por Claudia González, este tenia un 50% de palabras no gratas, un 45% de albures y un 5% de articulos, conectores, nombres propios, sustantivos, verbos, entre otros. O la de Paty e Irene que les daban gracias al jengibre por haberles quitado algunos pesares, esto en gramos. O la de Eduardo Pérez que maldice a Fernando Fernández por copiar su look.

Personalmente considero que un buen estilo para reconocer el tiempo que alguna persona a estado contigo, ya sea quitandotelo o ayudandote, seria imaginarte como seria la situación ideal de cada uno de ellos. Así, a Julio Campo lo imagino corriendo dos horas y media de lunes a viernes, todos los meses del año; a Marcia Tambutti la proyecto a futuro como una persona relajada, nada olvidadiza y con mejor gusto al vestirse y al calzarse; a lula me la imagino de vuelta; a Eugenio Mancera lo visualizo como a una persona que no le averguenza su estatus de burgues y como un jugador de futbol que se caracterizan por su falta de educación (saludos a Cuauthemoc blanco) y a Dolores la imagino totalmente recuperada. Espero que todo esto suceda pronto.

Finalmente quiero agradecer a todas las personas que ayudaron a que esta tesis se lograra: a Marcos por los problemas en computo; a todos los trabajadores de la UNAM, en su mayoría unos flojos, que con su mal ejemplo paradójicamente me ayudan a no ser como ellos; a Dulce Figueroa por su libro que tanto me sirvió y que me quiero robar; a la señora que nose como se llama pero que vende cacahuates por mi casa; a casi todos los alumnos que he tenido, por su entusiasmo y claro, por su no entusiasmo; a Mary por las conversaciones en Frances que jamás tuvimos pero que algún día tampoco tendremos; a Liliana lo mismo con la Guitarra; a la calabaza blanca por dejarme tirado tantas veces; a mis camaras, la pentax 1, la pentax 2, la pentax 3 y la kiev por sacar las fotos que yo quiero; a David Linch por hacer menos monotono el cine y a Bjök por la canción de Bernardo (Venus as a boy).