



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

# POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

MODELOS DE MANEJO COOPERATIVO DE  
PARCELAS DE ALFALFA ATACADAS POR *SPHENARIUM*  
*PURPURASCENS* CON FINES DE RESTAURACIÓN DEL  
SUELO

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**(BIOLOGÍA AMBIENTAL)**

P R E S E N T A

**DIANA LUCÍA DÍAZ BEDOYA**

DIRECTOR DE TESIS: **DR. ZENÓN CANO-SANTANA**

MÉXICO, D. F.

JUNIO, 2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

**A Martín**

**A Manuel y Nicolás**

**A mi familia**

**A la UNAM**

**A México**

## AGRADECIMIENTOS

A los integrantes de mi comité tutorial por el respaldo brindado al tema de investigación abordado y por constituir una fuente valiosa de ideas y conocimiento que contribuyeron enormemente a mi crecimiento profesional y personal:

mi director de tesis, el Dr. Zenón Cano Santana, por el apoyo incondicional, apertura, guía, compromiso y paciencia que me brindó durante el desarrollo y culminación de este trabajo de investigación.

El Dr. Raúl García Barrios, su paciencia, estímulo y entusiasmo constante (y contagioso) fueron definitivos para culminar este trabajo especialmente todo lo relacionado con el capítulo de modelos y simulación.

Y la M.en C. Julia Carabias Lillo, por su apertura y comentarios oportunos durante las revisiones a las que fue sometido el documento.

También al Dr. Carlos Martorell Delgado y al Dr. Raúl Cueva del Castillo por su gran disposición y comentarios críticos durante la revisión del presente documento.

Al M.en C. René Cerritos, conecedor de la actividad chapulinera de los pobladores de Santa María Zacatepec (Pue.), por su importante participación al inicio del proyecto en temas de diseño, conocimiento de la zona de estudio, búsqueda de sitio de trabajo y todo lo relacionado con la parte de arrancar en campo con la investigación.

A los biólogos Germán Bonilla, Brian Urbano y Erick García por las horas de trabajo en campo y colecta de datos, su aporte y compañía fueron importantes.

También agradezco el apoyo en campo de Paola García, y con toma de fotografías Víctor Ávila y Oscar Salvatore.

Al Ing. Irineo Teniza por facilitar una de sus parcelas para desarrollar el estudio, y a su hijo Pablo Teniza por el apoyo en campo. También a las personas que facilitaron información, participaron en entrevistas y estuvieron dispuestos a colaborar de algún modo en las localidades donde se desarrolló el estudio: Jacobo García Cuenca, Carlos García Cuenca, Eugenia Cuenca, Edilberto García Cuenca, Gilberto García Cuenca, Miguel López, Tomás Rodríguez, Catalino Hernández, Ing. Miguel Omaña, Ing. Andrés María Ramírez, Ing. Miguel Ángel Quiroz.

Al M.en C. Iván Castellanos por su interés y compartir su conocimiento acerca de los chapulines al momento de iniciar el estudio.

A Georgina García Méndez del Instituto de Ecología por su invaluable apoyo en los aspectos administrativos que conlleva la culminación de una tesis.

A los integrantes del Laboratorio de Ecología de la Facultad de Ciencias por proporcionar un ambiente y un espacio propicios para la investigación.

Al Dr. James Montoya y al Dr. Elmer de la Pava de la Universidad del Valle, Colombia, por facilitarme el acceso a bibliografía pertinente.

A Agnès y René Marksitzer porque sin conocernos mucho estuvieron prestos a auxiliarme cuando a último momento un virus atacó a mi computadora.

Por el apoyo logístico, su buena disposición, comentarios y afable acogida para dar término al estudio en cuanto a todo lo administrativo, de todo corazón a Paula Meli y Octavio Sánchez. Por acogerme en Cuernavaca a Bernardo Sachman. También en esta fase de culminación por su tiempo y comentarios a Valdemar Díaz.

Con todo amor a mi familia que estando lejos, se encargó de hacerme sentir siempre su apoyo muy cerca.

A Walter y Christine por las horas que cuidaron de Manuel y Nicolas en la fase de culminación del estudio.

A tí Martin, por tu tiempo, por ser mi mejor apoyo en los momentos de mayor flaqueza y por tantas horas dedicadas a discutir aspectos del manuscrito. Por tus comentarios, ayuda técnica y sugerencias hechos a lo largo del desarrollo de este estudio. Por tu enorme paciencia y facilitar las condiciones necesarias para culminar esta investigación.

A ustedes, mis queridos Manuel y Nicolas por su risa contagiosa, por su cooperación y luz.

Gracias a todos, con sinceridad y afecto.

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Agrosistemas y Restauración Ecológica.....	1
1.2 El estado de Tlaxcala y el cultivo de alfalfa.....	3
1.3 Insectos comestibles y <i>Sphenarium purpurascens</i> .....	4
1.4 El control químico de <i>Sphenarium purpurascens</i> .....	6
<b>2. OBJETIVOS, HIPÓTESIS Y JUSTIFICACIÓN</b>	
2.1 Objetivos.....	9
2.2 Hipótesis.....	10
2.3 Justificación.....	10
<b>3. MÉTODO</b>	
3.1 La parcela bajo estudio.....	11
3.2 Aplicación de los tratamientos.....	12
3.3 Variables medidas.....	14
3.4 Entrevistas.....	14
3.5 Modelaje y parametrización.....	15
3.5.1 Modelo básico sin intervención.....	16
3.5.2 Modelo de manejo alfalfa y chapulín.....	18
<b>4. RESULTADOS</b>	
4.1 Condiciones Iniciales	
4.1.1 Biomasa aérea de alfalfa.....	20
4.1.2 Densidad y Biomasa de chapulines.....	21

4.2 Experimento en campo	
4.2.1 Biomasa aérea de alfalfa.....	23
4.2.2 Biomasa de chapulines.....	26
4.3 Entrevistas: Datos sociales y de mercado	
4.3.1 La actividad chapulinera.....	29
4.3.2 La actividad de los alfalferos.....	32
4.4 Modelaje.....	33
<b>5.    DISCUSIÓN</b>	
5.1 Biomasa de alfalfa y chapulines en campo.....	41
5.2 Datos económicos y sociales.....	46
5.3 Utilidad de modelos para el análisis del manejo de agrosistemas con importancia para la restauración ecológica.....	48
<b>6.    CONCLUSIONES</b> .....	52
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	54

## RESÚMEN

Este estudio analiza la sustentabilidad económica y ecológica de un agrosistema representativo del estado de Tlaxcala, determinada por la relación dinámica que guardan las poblaciones de alfalfa (*Medicago sativa*) y chapulín (*Sphenarium purpurascens*) Charpentier (Pyrgomorphidae) bajo un esquema de manejo no cooperativo donde dos tipos de agentes, alfalferos y chapulineros, consideran al chapulín o bien como la plaga más importante de la alfalfa, a ser combatida con la aplicación de insecticida, o bien como un recurso natural valioso cuya captura manual sirve para el consumo humano y como fuente de ingresos. La alfalfa es una leguminosa de gran importancia por su uso como forraje y la plaga más importante a la que hace frente es al chapulín de la especie *Sphenarium purpurascens*. El método principal para su control es el químico con la aplicación de insecticidas organofosforados como paratión y malatión. *S. purpurascens* es comestible y es explotado como tal en los estados de Puebla y Tlaxcala para su comercialización en el estado de Oaxaca. El objetivo general de este estudio es desarrollar y parametrizar, a partir de información cuantitativa-experimental y cualitativa generada en el campo, un modelo dinámico que permita determinar si la extracción manual del chapulín plaga *Sphenarium purpurascens* bajo un esquema cooperativo alfalfero-chapulinero puede constituir una acción que contribuya a la rehabilitación ecológica de los suelos al disminuir el impacto negativo del uso de insecticidas sin reducir el beneficio económico de estos agentes. Durante el período junio-diciembre 2002 se aplicaron cinco tratamientos distintos en una parcela de Nativitas (Tlaxcala) para el control del chapulín. Uno era el tratamiento control donde no se aplicó ningún tratamiento, otro recibió aplicación de insecticida y en los otros tres se capturó chapulín manualmente como lo hacen los chapulineros de Santa María Zacatepec (Puebla) en tres intensidades distintas definidas por frecuencia de captura (Alta, Media y Baja). También se cosechó alfalfa en dos fechas durante el estudio siguiendo el ritmo de manejo del agricultor. Se tomaron datos de biomasa seca de chapulines y de alfalfa. También se hicieron entrevistas y un modelaje del sistema alfalfero-chapulinero con el programa Stella 5.1.1. Se halló que aunque todos los tratamientos tuvieron un efecto en la biomasa de chapulines respecto al control, éste no fue significativo. El efecto positivo de los tratamientos de extracción manual para control de chapulín no se registró de manera evidente y significativa en la biomasa de alfalfa. La simulación del sistema alfalfero-chapulinero confirma que aunque con la aplicación de insecticida el alfalfero obtiene mayores ingresos estos no serían significativamente menores con una extracción manual del 80% del chapulín. Se podría lograr rehabilitación de suelos del agrosistema al lograr una negociación que lleve a la aplicación de menos insecticidas y mayor extracción manual. Con extracción manual del 80% del chapulín en días próximos a la cosecha de alfalfa (día 26), se ubicó el punto de mayor ingreso para ambos productores siendo éste el punto propicio para una negociación. Se logra llegar a la generación de hipótesis sólidas que podrán ser punto de partida para estudios futuros de este sistema de estudio.

## SUMMARY

This study analyzes the economic and ecological sustainability of an agrosystem that is representative for the state of Tlaxcala. We assess the dynamic relation between the populations of Lucerne (*Medicago sativa* L.) and grasshoppers (*Sphenarium purpurascens* Ch.) (Pyrgomorphidae) that prevails in a system of non-cooperative behavior of the two agents Lucerne grower (alfalfero) and grasshopper collector (chapulinero). While the former agent considers grasshoppers as the single most important plague of alfalfa plant and thus attempts to contain its population with insecticides they represent a source of income to the latter agent who sells them on the market for consumption purposes. We show that these conflicting objectives lead to economically and ecologically suboptimal behavior.

This study analyzes the economic and ecological sustainability of a agrosystem that is representative for the state of Tlaxcala. Specifically, we assess the dynamic relation between the populations of alfalfa (*Medicago sativa*) and grasshoppers (*Sphenarium purpurascens*) under a management model with non-cooperative behavior of the two players, the alfalfero and the chapulinero. While the former considers the grasshopper as the most important plague that needs to be contained with the use of insecticide it represent a valuable natural resource for the latter. Catching and selling *S. Purpurascens*, which is suitable for consumption, is a relevant source of income in the region.

*Medicago sativa* is a pulse and of great importance in the region as a forage crop. The main control method to respond to the grasshopper plague that challenges the production of alfalfa is the use of organophosphorus insecticides such as parathion and malathion. However, this practice impairs the ecological balance and the economic prospects for the chapulineros and creates socio-ambiental problems. The general objective of this study is thus to develop and parametrize a dynamic model that allows to determinate if the manual extraction of the grasshopper under a cooperative alfalfero-chapulinero framework could replace the use of insecticides as a viable method of plague control without reducing economic profits of the agents. In other words, while being economically attractive such an approach could contribute to the ecological recovery of the affected soils. We use both quantitative-experimental and qualitative field study data.

During the period from August to December 2002 we repeatedly applied five alternative treatments in an Lucerne plot in Nativitas (Tlaxcala) to contain the grasshopper plague. Besides the control group, we applied a standard treatment with insecticides and manual insect extractions at three different frequencies (high, medium, low). We performed the extraction according to the traditional method with traditional nets ("lanchas") used by the local chapulineros of Santa Maria Zacatepec (Puebla). In addition, we cut alfalfa twice during the sample period in the manner of the local farmers. We measure the effectiveness of the different methods of plague control using biomass data of dry grasshoppers on the basis of density figures in the field and biomass data of dry Lucerne.

Due to the large variation between the observations in the sample we note that the effect of the different treatments on the grasshopper population is not statistically significant. Hence, the slightly positive effect of the manual extraction did not produce a significant increase in the biomass of Lucerne. The simulation of the alfalfero-chapulinero system confirms that even if the gross income using insecticides might

appear to be slightly larger than at a manual extraction at first sight, the latter method does not necessarily underperform depending on the extraction rate. At an manual extraction rate of 80% of the grasshoppers during days prior to the alfalfa harvest, the income for both producers is even higher than applying insecticides. This opens room for negotiations between the agents, which may form the basis for sustainable production practices. The simulation results are thus a significant step forward in terms of ecological sustainability and for the recovery of the soils since they provide robust hypotheses that may represent a starting point for future research in this area.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Agrosistemas y Restauración Ecológica

Este estudio analiza la sustentabilidad económica y ecológica de un agrosistema representativo del estado de Tlaxcala, determinada por la relación dinámica que guardan las poblaciones de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y chapulín (*Sphenarium purpurascens* Ch.) bajo un esquema de manejo no cooperativo<sup>1</sup> donde dos tipos de agentes, alfalferos y chapulineros, consideran al chapulín o bien como la plaga más importante de la alfalfa a ser combatida con la aplicación de insecticida, o bien como un recurso natural valioso cuya captura manual sirve para el consumo humano y como fuente de ingresos. Varios aspectos de la dinámica poblacional y la comercialización del chapulín han sido considerados en estudios previos (Figueroa-Rodríguez, 2001 y Cerritos, 2002), pero el sistema alfalfero-chapulinerero como un todo y las relaciones de cooperación y conflicto que implica esta interacción no se han abordado. Tampoco ha sido analizada la perspectiva de contribuir a procesos de rehabilitación de suelos agrícolas desde la comprensión de dichas relaciones.

La resolución del reto de permitir el desarrollo económico sin poner en peligro la conservación de recursos naturales ha requerido y propiciado el acercamiento de varias disciplinas del conocimiento para proponer estrategias efectivas de solución a dicha disyuntiva. Actualmente, poco a poco, se habla cada vez más de la restauración ecológica

---

<sup>1</sup> **Manejo cooperativo** es un término genérico que reúne los derechos y responsabilidades compartidos por el gobierno y la sociedad civil (Plummer y Gibbon, 2004). Para efectos del presente trabajo debe entenderse como **colaboración** entre iguales.

como una estrategia de manejo que se nutre de varias disciplinas para lograr involucrar en su práctica elementos ecológicos y biológicos teóricos que lleven a la sustentabilidad.

La restauración ecológica es el proceso de asistir en la recuperación y manejo de la integridad ecológica, la cual incluye un intervalo crítico de variabilidad en la biodiversidad, los procesos y la estructura ecológicos, el contexto regional e histórico y las prácticas culturales sustentables (Van Diggelen *et al.*, 2001). Según Van Diggelen *et al.* (2001) existen básicamente tres niveles a los cuales la restauración ecológica puede ser llevada a cabo: (1) la “reclamación” o *recuperación*, que consiste en incrementar la biodiversidad en sitios altamente perturbados; (2) la *rehabilitación*, que consiste en la reintroducción de ciertas funciones a los ecosistemas; y (3) la *restauración* propiamente dicha, que es el nivel más ambicioso y consiste en la reconstrucción de un ecosistema mayor, que incluye no sólo el restablecimiento de funciones iniciales sino también el de las especies características, las comunidades y su estructura.

En cualquiera de sus niveles, la restauración es una actividad costosa que requiere mucho tiempo y gran esfuerzo de la sociedad directamente implicada. Los países en vías de desarrollo deben poner en marcha programas de manejo de recursos naturales que involucren a la población afectada en programas de rehabilitación y conservación preventiva, con el fin de evitar llegar a grados tales de deterioro ambiental que la recuperación o tratamiento de los ecosistemas sea aún más difícil y costosa.

De especial importancia es el desarrollo de estudios que permitan abordar los procesos de organización social y manejo de agrosistemas para emprender actividades de rehabilitación de suelos agrícolas. Para Altieri y Nicholls (2002) la situación de la agricultura en América Latina ha empeorado por la falta de tecnología y la depreciación

de los productos agrícolas. Hay pocos estudios que midan el impacto ambiental y social de la intensificación agroquímica, pero se sospecha que la cifra sería superior a los 10 mil millones de dólares al año si se cuantificaran los costos ambientales y de la contaminación de aguas y suelos, daños a la vida silvestre y el envenenamiento de personas (Altieri y Nicholls, 2002).

La rehabilitación de suelos agrícolas a través de la comprensión de los fenómenos sociales y económicos asociados al manejo de agrosistemas cobra importancia en tanto que un agrosistema ha implicado una transformación del ecosistema original. Por tanto la degradación de dicho agrosistema se mide en la pérdida de calidad de sus propias características (suelo y agua, entre otros) y no en relación con el ecosistema original. Queda claro que aunque no se habla de restauración a nivel de un ecosistema mayor, sino particularmente de la rehabilitación de suelos agrícolas, el aporte se enmarca en los principios enunciados desde la práctica de la restauración ecológica. Zalidis *et al.* (2004) mencionan que entre los propósitos de la Agenda 2000 figura la voluntad de desarrollar mas prácticas agrícolas que sean amigables con el ambiente, y a través de la rehabilitación de suelos agrícolas se podría contribuir a este propósito.

## **1.2 El estado de Tlaxcala y el cultivo de alfalfa**

La alfalfa se encuentra entre los principales cultivos del estado de Tlaxcala, y constituye la especie de forraje más común en el mundo (Russi y Falcinelli, 1997). Es una leguminosa de gran importancia por su uso como forraje y es preferentemente una planta de siega, que es como generalmente se explota. Con frecuencia se le considera un forraje de excepcionales características para el ganado, como son: favorable composición

química, alto grado de apetecibilidad, alto contenido energético y proteico, y altos contenidos de ciertos minerales y vitaminas (Pozo, 1983). El cultivo es perenne y puede aprovecharse durante un período de 5 a 15 años.

Es conveniente en este momento mencionar que en cuanto a aspectos ambientales del estado de Tlaxcala, se puede decir que todos sus suelos se consideran degradados en alguna medida, principalmente afectados por erosión y contaminación, así como por la falta de agua (Espejel y Carrasco, 1999). Entre los problemas ambientales principales del estado de Tlaxcala se encuentran: erosión, deforestación, contaminación de cuerpos de agua y suelos y pérdida de biodiversidad causadas por actividades humanas como la agricultura (Espejel y Carrasco, 1999). En general se sabe que el uso intensivo de insecticidas y pesticidas contribuye al deterioro de suelos (Nigh y Ozuna-Salazar 1997; Espejel y Carrasco 1999; Gligo 2001; Altieri y Nicholls 2002; Gregory *et al.* 2002; Huasheng *et al.* 2002; Schjonning *et al.* 2002; Isik *et al.* 2005). Este tema se aborda en el apartado 1.4.

### **1.3 Insectos comestibles y *Sphenarium purpurascens***

Las plagas más importantes del cultivo de alfalfa en el estado de Tlaxcala son el pulgón manchado, el pulgón verde, el gusano verde de la alfalfa, el gusano soldado, las chicharritas, la diabrótica y los chapulines; en particular, en los últimos diez años, el chapulín de la especie *Sphenarium purpurascens* Charpentier (Pyrgomorphidae) se ha convertido en una de las plagas más importantes de este estado (INEGI, 1998).

*S. purpurascens* tiene importancia económica por ser una plaga importante y por ser explotado para consumo humano. Presenta cinco estadios ninfales; su ciclo de vida es

anual y la eclosión de sus huevos empieza en el mes de mayo cuando comienza la temporada de lluvias; los chapulines pasan el invierno en estado de huevo, los cuales se depositan como ootecas en el suelo quedando enterradas (Cano-Santana, 1994).

SARH (1992) reporta que las primeras infestaciones de la plaga de chapulines en el valle Puebla-Tlaxcala se reportaron en 1974 y se estima que ésta fue introducida del sureste de la República en los años 1970 a 1972. La presencia de los chapulines en el estado de Tlaxcala se detectó en 1988 en Atotonilco (localidad colindante con el estado de Puebla). Esta especie se distribuye en los estados de Coahuila, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Hidalgo, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas, y está registrada hasta Guatemala (Serrano-Limón y Ramos-Elorduy, 1989).

La ingestión de insectos se relaciona con muchos tipos de parámetros como los culturales, y para muchas culturas indígenas son otro recurso natural renovable que se puede aprovechar siendo sabroso, nutritivo, abundante y fácil de conseguir. En México y en otros países los insectos han formado y forman parte de los patrones alimenticios tradicionales, ya que se consumen, por ejemplo, abejas, hormigas mieleras, grillos, insectos acuáticos, otras hormigas, larvas de mariposa, termitas y langostas, entre otros (Ramos-Elorduy y Pino-Moreno, 1989).

*S. purpurascens* está registrado como comestible por los antiguos mexicanos y actualmente se sabe que contiene un 58.3% de proteínas, por lo que ésta y otras especies del género se comercializan principalmente en Oaxaca y Puebla (Ramos-Elorduy y Pino-Moreno, 1989). Actualmente ya está documentada la actividad de colecta de esta especie en los estados de Puebla y Tlaxcala para su comercialización; sin embargo, en el estado

de Tlaxcala aún no se practica a gran escala porque existe todavía resistencia por parte de los campesinos a utilizarlos para consumo (Alfaro, 1995), sin embargo los llevan a comercializar en Oaxaca donde son ampliamente aceptados.

#### **1.4 El control químico de *Sphenarium purpurascens***

El método principal para el control de *S. purpurascens* es el químico con la aplicación de insecticidas orgánicos. Aunque sin la intención de controlarlo, también se puede considerar el control mecánico que existe al capturar el insecto con fines de comercialización para el consumo humano (Alfaro, 1995; Figueroa-Rodríguez, 2001; Cerritos, 2002 ). El control químico se intensificó durante los últimos años logrando resultados momentáneos, pero el nivel poblacional de la plaga ha seguido incrementando y el costo ecológico del control es muy alto.

Según datos de la SARH-Tlaxcala y CESAVET citados en Alfaro (1995), en 1994 se registraron 30,330 ha infestadas por esta especie en la porción suroccidental del estado de Tlaxcala de las cuales 2,352 estaban siendo tratadas con aplicaciones por año de entre 850 y 1425 l de los insecticidas Folidol, Malatión y Foley. Al reconocer el efecto nocivo de este tipo de insecticidas se han llevado a cabo estudios tanto en laboratorio (Alfaro, 1995) como en campo (Mendez, 1992) para evaluar patogenicidad de bacterias y extractos vegetales respectivamente, para el control del chapulín.

En las localidades de Santa María Zacatepec (Pue.), Nativitas y Santa Isabel (Tlax.), los insecticidas más usados para el control de *S. purpurascens* son el paratión y el malatión (INIFAP, 2000). El paratión y el malatión son insecticidas organofosforados que irritan ligeramente la piel a las concentraciones usadas como insecticidas y son muy

tóxicos (Vargas, 1950). Estudios generales de residuos de insecticidas en el medio ambiente han mostrado que entre los más comúnmente detectados en los suelos de áreas cultivadas figura el paratión. Se han encontrado residuos de malatión y paratión en cultivos de alfalfa, aunque en una dosis baja (Watson y Brown, 1977). Los insecticidas organofosforados son neurotóxicos y han sido usados en muchos países del mundo durante los últimos 40 años para el control de mosquitos y plagas agrícolas (Pathiratne y George, 1998).

Una campaña contra un artrópodo puede estar enfocada sólo a reducir la población del artrópodo hasta cierto punto, pero también puede llevarse hasta el exterminio total. Vargas (1950) sugiere que para planear el combate de un artrópodo en general se requiere estudiar prioritariamente factores como la importancia económica del daño causado, los hábitos de vida del artrópodo, el ambiente en el que se desarrolla éste y los factores económicosociales, entre otros. Este mismo autor cita que cuando se requiere el uso masivo, intensivo y generalizado de los insecticidas, es señal de que se ha dado mucho énfasis al control químico y muy poca atención al control mecánico. El primero tiene la ventaja de que inmediatamente resuelve el problema de la depredación causada por el insecto, pero frecuentemente es sólo un paliativo y pronto se presenta la resistencia que obliga a intensificar la dosis y la frecuencia de aplicación del insecticida, llegando a un círculo vicioso contraproducente y costoso para el productor y para el ambiente. En general, se acepta que el control de insectos puede ser satisfactorio sin ser 100% efectivo y no debe depender de un sólo método. Según Roberts (1992), una combinación de métodos es preferible en la actualidad tanto para complementar los efectos de los agentes naturales de control donde estos ocurren, como para erradicar el uso de un solo método

para el control total que fue promovido en los años de la postguerra. El conocimiento de que un compuesto orgánico es muy tóxico para varias especies plaga no debe ser el único requisito para su aplicación inmediata a gran escala, sino que los daños a suelos, vegetación, insectos benéficos y vida silvestre en general deben ser considerados.

En las prácticas agrícolas de México, todavía existe como parte de programas gubernamentales el incentivo para que agricultores usen los métodos químicos para erradicación de plagas. En muchos casos, estos agricultores tienen una conciencia bastante clara de que el uso del insecticida no tiene efecto a largo plazo y en cambio contamina el agua y el suelo. El costo no es una preocupación para los productores pues, como se mencionó, el gobierno subsidia a los campesinos la adquisición de insecticidas. Pero en otros casos el habitante de los sectores rurales no le da importancia a que químicos como insecticidas afecten suelo y agua pues no lo perciben como un elemento prestador de servicios a largo plazo.

# 1. OBJETIVOS, HIPÓTESIS Y JUSTIFICACIÓN

## 2.1 Objetivos

El objetivo general de este estudio es desarrollar y parametrizar, a partir de información cuantitativa-experimental y cualitativa generada en el campo, un modelo dinámico que nos permita determinar si la extracción manual del chapulín plaga *Sphenarium purpurascens* bajo un esquema cooperativo alfalfero-chapulinerio (agentes) puede constituir una acción que contribuya a la rehabilitación ecológica de los suelos al disminuir el impacto negativo del uso de insecticidas sin reducir el beneficio económico de estos agentes.

Derivado del objetivo anterior se plantean los siguientes objetivos particulares:

1. Conocer, a través de estudios de campo experimentales y recopilación de información cualitativa, las condiciones actuales de la producción de alfalfa en Nativitas (Tlaxcala) y el impacto que sobre ella tiene la explotación de chapulines llevada a cabo por los pobladores de Santa María Zacatepec (Puebla).
2. Determinar si existen esquemas de cooperación entre los alfalferos y los chapulineros que hagan más eficiente la actividad económica de ambos y permitan, simultáneamente, disminuir o eliminar la aplicación de insecticida, contribuyendo así a la recuperación del suelo.

## 2.2 Hipótesis

Los procesos productivos de chapulín y alfalfa no se encuentran actualmente en condiciones que permitan el mantenimiento de la calidad del suelo de esa zona. Este

estudio generará, parametrizará y analizará un modelo de estos procesos para justificar racionalmente dos hipótesis centrales:

1. La relación alfalfero-chapulinerero funciona bajo condiciones económicas y ambientales subóptimas tanto para los productores como para el agroecosistema por falta de cooperación.
2. Se espera que la extracción cooperativa de chapulín constituya una causa de rehabilitación ecológica que disminuya el impacto negativo del uso de insecticida, sin reducir el beneficio económico tanto del agricultor como del chapulinerero.

### **2.3 Justificación**

Estudios como éste permiten analizar las condiciones necesarias para que los chapulineros y los alfalferos puedan llevar a cabo por sí mismos procesos de negociación que promuevan ingresos económicos para ambos, mediante procesos organizados de producción y medición de sus productos y, por otro lado, obtener ganancias ambientales al evitar prácticas que disminuyen la calidad de los servicios ambientales de la zona, tal como es el uso de pesticidas.

Para proponer un manejo de la tierra que conserve los servicios ambientales y facilite la acción de procesos de recuperación de suelo, es importante completar el marco de información alrededor de la actividad de extracción de *S. purpurascens* y de explotación de la alfalfa con uso de insecticida en este sistema para establecer si ambas actividades están en el óptimo de ingresos obtenidos.

### 3. MÉTODO

#### 3.1 La parcela bajo estudio

Para estimar la respuesta productiva de las parcelas de alfalfa sometidas a distinto manejo, estimar el rendimiento de la extracción manual del chapulín y las relaciones entre éstos, se seleccionó una parcela de alfalfa de  $167 \times 13$  m en Jesús Tepantepec (Nativitas, Tlaxcala), la cual se dividió en cinco subparcelas de  $31 \times 13$  m, las cuales recibieron los siguientes tratamientos, ubicados espacialmente en el orden que se escriben iniciando por el extremo oeste:

- 1) sin insecticida y sin extracción del chapulín, control (*C*),
- 2) sin insecticida y con extracción baja del chapulín (*B*),
- 3) sin insecticida y con extracción media del chapulín (*M*),
- 4) sin insecticida y con extracción alta del chapulín (*A*), y
- 5) con insecticida y sin extracción del chapulín (*I*).

La separación entre subparcelas con cada tipo de tratamiento fue de 3 m con el fin de tener un espacio de amortiguamiento entre cada una que permita evitar el flujo de chapulines en el gradiente de extracción. Para esto, se aplicó semanalmente el insecticida Malatión 1000 (un litro por 400 l de agua en 1 ha) en estas zonas de amortiguamiento (Fig. 3.1). La localidad donde se localizó la parcela se muestra en la Fig. 3.2 así como la localidad de los chapulineros (Santa María Zacatepec).

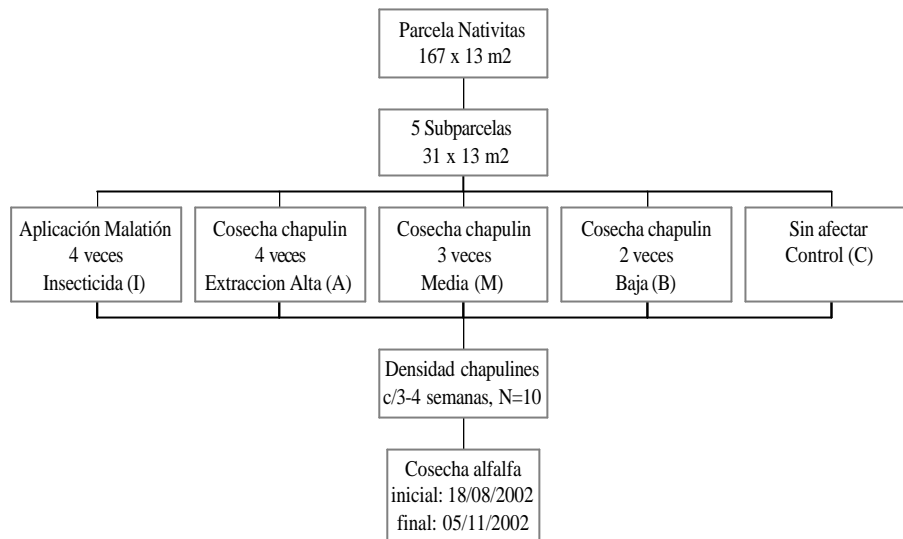


Figura 3.1. Método y variables medidas en campo.

### 3.2 Aplicación de los tratamientos

Las intensidades de extracción consistieron en extraer chapulines con una “lancha” chapulinera tradicional en la temporada de agosto a diciembre 2002 (meses de colecta del chapulín), tres veces en la subparcela A (agosto 18, octubre 19, noviembre 5), dos en la M (agosto 18 y octubre 19) y una en la B (agosto 18) con un intervalo promedio de cada cuatro semanas. La “lancha” consiste en una red que puede variar en forma y dimensión según el colector, pero para el estudio fue utilizado un rectángulo de  $150 \times 50$  cm. Las extracciones se hicieron de la misma manera en que lo hace normalmente el “chapulinero”, que consiste en que dos personas agarran la “lancha”, una de cada extremo, y se hace un barrido del área definida. Se cuidó que el esfuerzo de captura en cada subparcela fuera el mismo realizando dos barridas consecutivas cada vez.

La subparcela con tratamiento de insecticida I recibió aplicación por aspersion del insecticida Malatión 1000 (un litro por 400 l de agua en 1 ha) con una frecuencia de tres veces (agosto 18, octubre 15 y noviembre 26) durante la temporada del estudio. Esta

aplicación fue llevada a cabo como el productor de alfalfa lo hace de manera habitual, por aspersión con pequeños tanques casi a ras de suelo en la plantación. Algunos lineamientos generales fueron tomados de Stewart (1998).

Los cortes (cosecha) de alfalfa se acogieron al manejo que el agricultor hace normalmente y en la temporada del estudio se realizó en dos ocasiones (agosto 18 y noviembre 5).

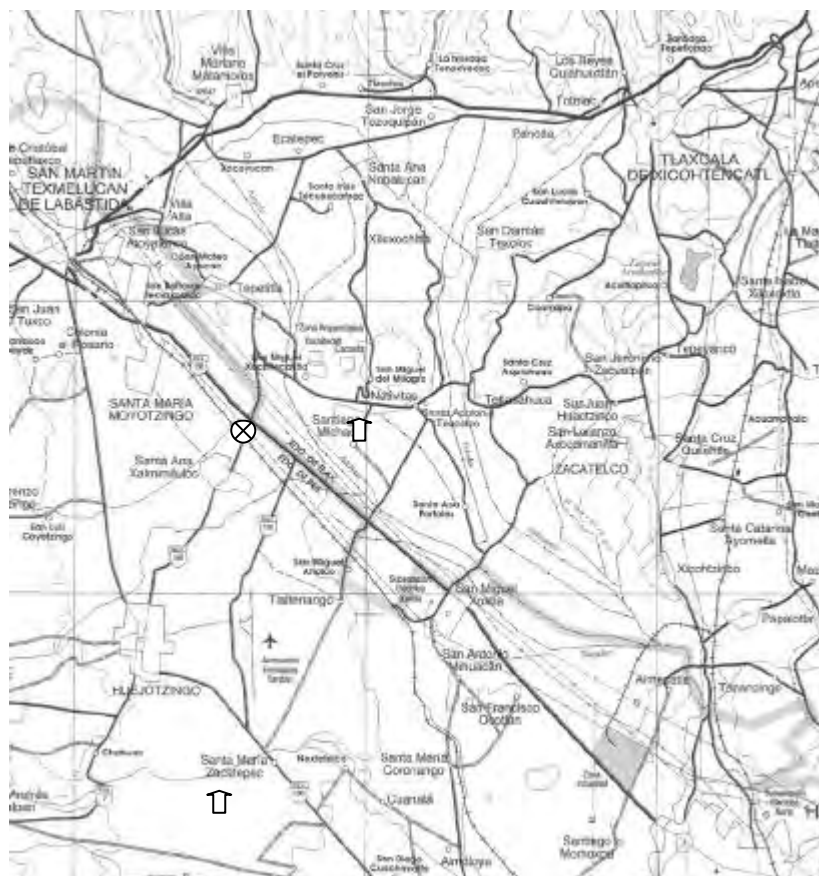


Figura 3.2. Localidades donde se llevó a cabo el estudio se señalan con flechas. La línea de mayor grosor que atraviesa la cruz encerrada en un círculo indica separación de los estados Puebla y Tlaxcala. Escala 1:150 000.

### 3.3 Variables medidas

Todas las muestras de chapulín fueron llevadas al laboratorio y pesadas en fresco y luego en seco, después de estar en un horno a 60°C por una semana. Durante el período de las

extracciones y antes de ser éstas llevadas a cabo, se midieron densidades del chapulín en diez cuadros de  $1 \times 1$  m seleccionados al azar dentro de cada subparcela contando número de individuos y registrando peso fresco y seco de una alícuota de 30 ejemplares seleccionados aleatoriamente de cada subparcela (Fig. 3.1).

También se colectaron muestras de alfalfa en dos ocasiones durante la temporada de las cinco subparcelas, de uno a seis días antes de la fecha de corte de alfalfa decidida por el agricultor. Se cosecharon ocho muestras de alfalfa en cuadros de  $50 \times 50$  cm ubicados al azar por tratamiento (*C, B, M, A e I*), las cuales fueron llevadas al laboratorio donde se secaron y se obtuvo su peso seco. Aspectos metodológicos de la medición de biomasa se pueden consultar en Chandrasekaran y Swamy (2002).

### **3.4 Entrevistas**

Para determinar el estado de la actividad de explotación del chapulín en Santa María Zacatepec como recurso alimenticio y de la alfalfa en Jesús Tepantepec bajo el actual manejo y las relaciones entre estas actividades, se realizaron encuestas con la técnica conocida como narrativa que arrojaron datos con los cuales se podrá concluir acerca de:

- a) relaciones de los productores y
- b) comportamiento del chapulín como producto en el mercado local.

Esta entrevista también permitió tener información histórica acerca del sistema.

### **3.5 Modelaje y parametrización**

Un **modelo** es una abstracción de la realidad, una descripción formal de los elementos más esenciales de un problema o del sistema de interés. La modelación de los sistemas biológicos, entre otros, generalmente se realiza mediante simulaciones numéricas

destinadas a imitar, describir paso a paso y predecir el comportamiento del sistema bajo estudio. Los modelos de simulación están compuestos de una serie de operaciones aritméticas y lógicas que, en conjunto, representan la estructura (el estado) y el comportamiento (el cambio de estado) del sistema de interés (Patten, 1971).

En términos básicos, la relación dinámica de herbivoría que guardan las poblaciones de alfalfa y chapulín en Tlaxcala puede modelarse a partir de los esquemas de depredación propuestos por Lotka-Volterra (Roughgarden, 1996). Se considera la presencia de competencia intra-específica en el crecimiento de la biomasa de alfalfa, y las características descritas para el ciclo anual de vida del chapulín, las ecuaciones de Lotka-Volterra para nuestro sistema toman la forma:

a) Cambio de biomasa en la alfalfa ( $Al$ )

$$Al'[t] = r_{Al} \times (1 - (Al/K)) \times Al - o \times Al \times Ch \quad (1)$$

b) Cambio de biomasa en el chapulín ( $Ch$ )

$$Ch'[t] = q \times Al \times Ch - (r_{Ch} + \emptyset t) Ch \quad (2)$$

Los parámetros que estarían definiendo la relación alfalfa-chapulín son:  $r_{Al}$ , tasa intrínseca de crecimiento de la biomasa de alfalfa;  $K$ , capacidad de carga de la alfalfa (en biomasa),  $r_{Ch}$ , tasa intrínseca de crecimiento de la biomasa de chapulín,  $o$  - capacidad de forrajeo de los chapulines,  $q$ , efecto del forrajeo sobre los chapulines y  $\emptyset$  - factor de senectud.

El comportamiento de este modelo fue evaluado numéricamente, para lo cual fue necesario calibrarlo mediante el ajuste de los valores de los parámetros del modelo. Esto

fue hecho a partir de los datos empíricos obtenidos de los experimentos realizados en el campo y las entrevistas cualitativas realizadas con los productores.

*3.5.1 Modelo básico sin intervención.* Se usó el programa Stella 5.1.1 para modelar la relación dinámica básica de las variables endógenas (biomasa de la alfalfa y del chapulín) y su relación con los parámetros mencionados en la introducción del apartado 3.5. El sistema de relaciones básicas se muestra en la Fig. 3.3 , donde el acervo de alfalfa (*Alf*) y el acervo de chapulines (*Chap*) determinan el flujo poblacional de cada uno de acuerdo a un modelo de herbivoría. Nótese que sólo la alfalfa esta sujeta a competencia intraespecífica.

Con las ecuaciones antes descritas y la programación de Stella, se obtuvo una gráfica que enseña el comportamiento de las dos poblaciones en condiciones ideales y sin manejo. (La alfalfa se comporta como una población permanente en capacidad de carga en ausencia de chapulines. Cuando los huevos de los chapulines eclosionan, la población aumenta rápidamente disminuyendo la biomasa de alfalfa. La población de chapulines alcanza su máximo para luego reducirse y concluir su ciclo de vida anual.) La Fig. 3.4 muestra la dinámica básica de las dos poblaciones en el tiempo.

Las Figs. 3.3 y 3.4 muestran el comportamiento de las dos poblaciones como si sólo la existencia de una estuviera definiendo el comportamiento poblacional de la otra y no existieran parámetros bióticos ni abióticos en el ambiente o parámetros de manejo humano que les determinaran. Es el sistema base del que parte el ejercicio de simulación.

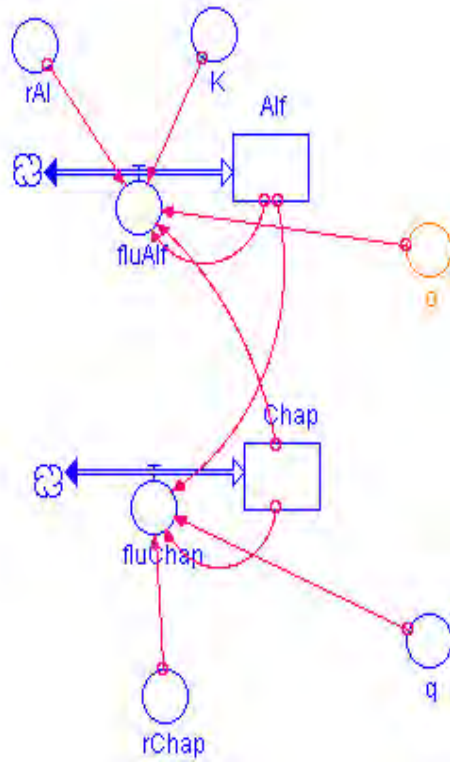


Figura3.3.Representación del sistema bajo estudio sin ser sometido a cosecha ni fumigación. Se señalan los parámetros que influyen en el flujo de chapulines y de alfalfa formando una red de interdependencia (rAlf= tasa intrínseca de crecimiento de la alfalfa, K= capacidad de carga de alfalfa, Alf= biomasa de alfalfa, fluAlf= flujo de alfalfa, o= capacidad de forrajeo de los chapulines, rChap= tasa intrínseca de crecimiento del chapulin, Chap= biomasa de chapulines, fluChap= flujo de chapulines y q= efecto del forrajeo sobre los chapulines) (Stella 5.1.1).

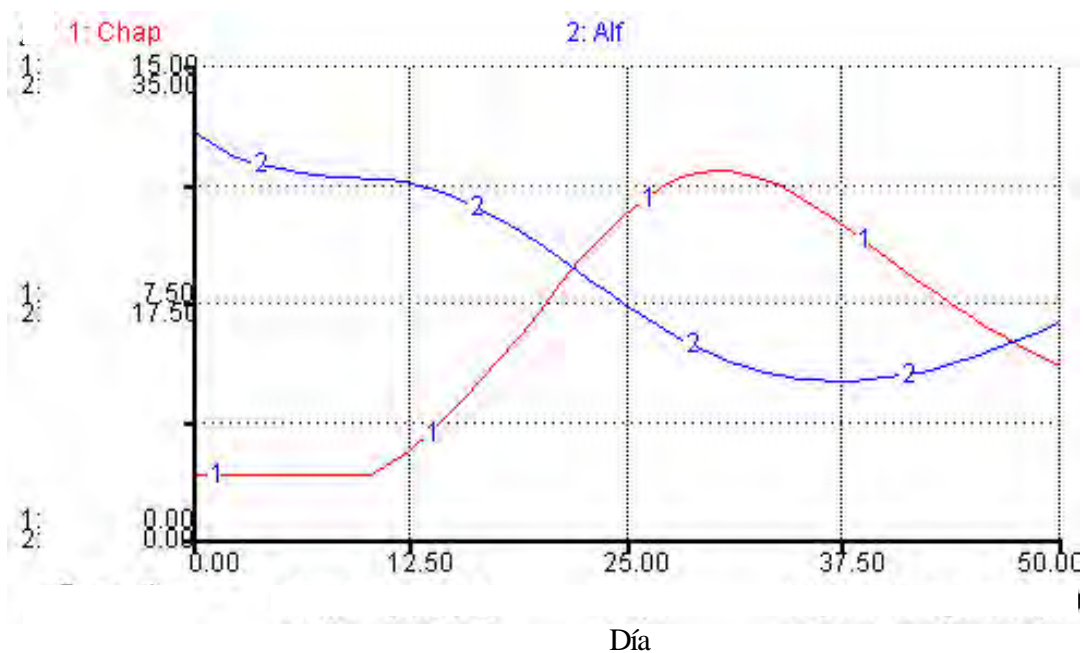


Figura 3.4. Oscilaciones de la biomasa de alfalfa y chapulines en un sistema básico sin manejo en un período de 50 días. Biomasa en eje Y. (Chap= chapulines y Alf= alfalfa).

3.5.2 *Modelo de manejo alfalfa y chapulín.* Ya que la información que a la fecha se tiene sobre el sistema de interés aún es incompleta, en la primera parte de este estudio se genera parte de esa información. La información directa no disponible se podría calcular a partir de datos conocidos. Una vez se tiene la información básica disponible (biomasa de chapulines y alfalfa y su variación en el tiempo, frecuencia de captura manual y frecuencia de aplicación de insecticida) se procede a desarrollar un modelo conceptual preliminar. Se proponen esquemas de cosecha y aplicación de insecticida y con base en este modelo conceptual se hace la simulación de lo que pasa con el sistema para explorar en qué punto se producirá una biomasa de alfalfa y chapulín mayor a la obtenida en el marco del esquema actual de manejo y por tanto mayores ingresos.

La simulación inicia con la introducción de un operador (alfalfero) que decide qué cantidad cosechar y en qué momento. El sistema se va completando de la misma manera

al ir introduciendo mas elementos como un segundo operador (chapulinero) y luego la aplicación de insecticida, entre otros necesarios para hacer la simulación.

Manipulando nuestros instrumentos control: cosecha de chapulines (cantidad y tiempo) e insecticida (tiempo), pasamos a generar el espacio de negociación donde se puedan obtener los ingresos de alfalferos vs. chapulineros y hallar un concepto de eficiencia cooperativa para este sistema en particular. Esto se hizo al introducir las tres intensidades de captura de chapulín (20%,50% y 80%) en la variable **IntensidadCosecha** en diez posibles días (cada dos días a partir del día 10) lo que genera una nube de puntos (ver apartado 4.4) con ingresos para alfalferos y chapulineros bajo dichos tratamientos. Lo mismo se hizo con aplicación de insecticida en los mismos días en lugar de la extracción, modificado en la variable **tiempofumigaciónchapulín** del modelo (Fig.4.7). Es importante mencionar aquí que los ingresos registrados a partir del modelo no se compararon en forma directa con la información de ingresos obtenida en las entrevistas, sino que para su interpretación leímos la magnitud de los cambios producidos en esos ingresos teóricos del modelo para identificar el punto de mayor ingreso conjunto.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Condiciones Iniciales

4.1.1 *Biomasa aérea de alfalfa.* Al momento de iniciar el estudio se hallaron diferencias de rendimiento de biomasa aérea de alfalfa entre las subparcelas donde se aplicaron los distintos tratamientos. La biomasa aérea de alfalfa  $B_{AI}$  observada al inicio del experimento el 18/08, antes de iniciar la aplicación de los tratamientos se muestra en la Fig. 4.1.

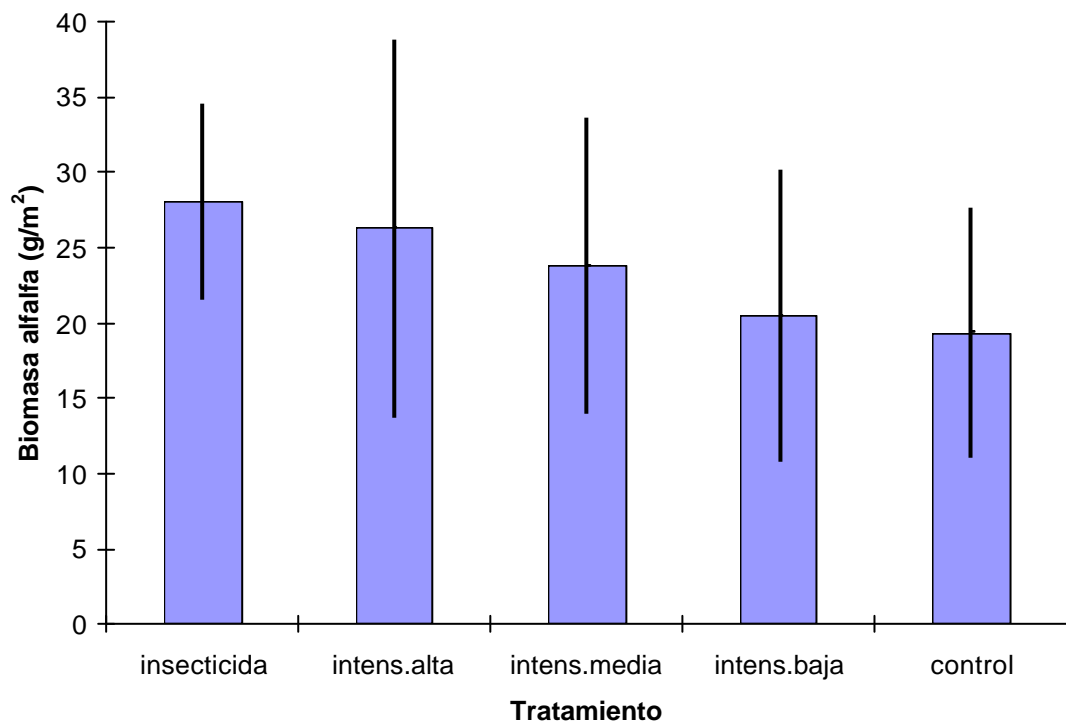


Figura 4.1. Biomasa aérea de alfalfa ( $\pm$ e.e.) el 18/08/02 cuando se tomaron las primeras muestras antes de ser aplicados los tratamientos.

Lo que indica esta figura es que la parcela bajo estudio presentaba condiciones de heterogeneidad al momento de iniciar el muestreo de manera que para evitar sesgos y no

sobreestimar datos obtenidos del tratamiento aplicado en la subparcela con mejor calidad, se hizo una corrección teórica a partir de los datos obtenidos en campo para proceder a hacer los análisis, de la siguiente manera:

(a) Se corrigieron los datos de alfalfa con un factor de corrección  $FC$  para cada tratamiento  $x$ , calculado como sigue:

$$FC_{Alx} = B_{Alx0} / B_{Alc0} \quad (3)$$

donde  $B_{x0}$  es la biomasa inicial ( $t = 0$ ) en el tratamiento experimental  $x$ , y  $B_{c0}$  es la biomasa de alfalfa inicial en la parcela control. Supusimos que la variación de la biomasa inicial es debida principalmente a características del suelo. Aplicando  $FC$  a los datos durante el estudio suponemos implícitamente que la disparidad en la calidad del suelo es constante y proporcional durante el experimento. Para un terreno de calidad homogénea se obtendría un  $FC_{Alx} = 1$ . La Fig. 4.1 demuestra que no es el caso y que en la subparcela control la biomasa aérea de alfalfa fue inferior a la de aquellas donde se aplicarían los diferentes tratamientos. En la parcela donde se aplicaría el tratamiento insecticida ( $I$ ) se obtuvo el mayor rendimiento en biomasa.

*4.1.2 Densidad y biomasa de chapulines.* La densidad de chapulines observada al inicio del experimento y antes de aplicar tratamientos se muestra en la Fig. 4.2. Debido a la heterogeneidad de la parcela bajo estudio, los datos de densidad de chapulines obtenidos en campo debieron ser corregidos de la misma manera antes expuesta ya que la disponibilidad y distribución de la alfalfa afecta la presencia y abundancia de los mismos. Ya que usamos la densidad para luego hallar biomasa de chapulines hicimos la corrección en densidad de chapulines.

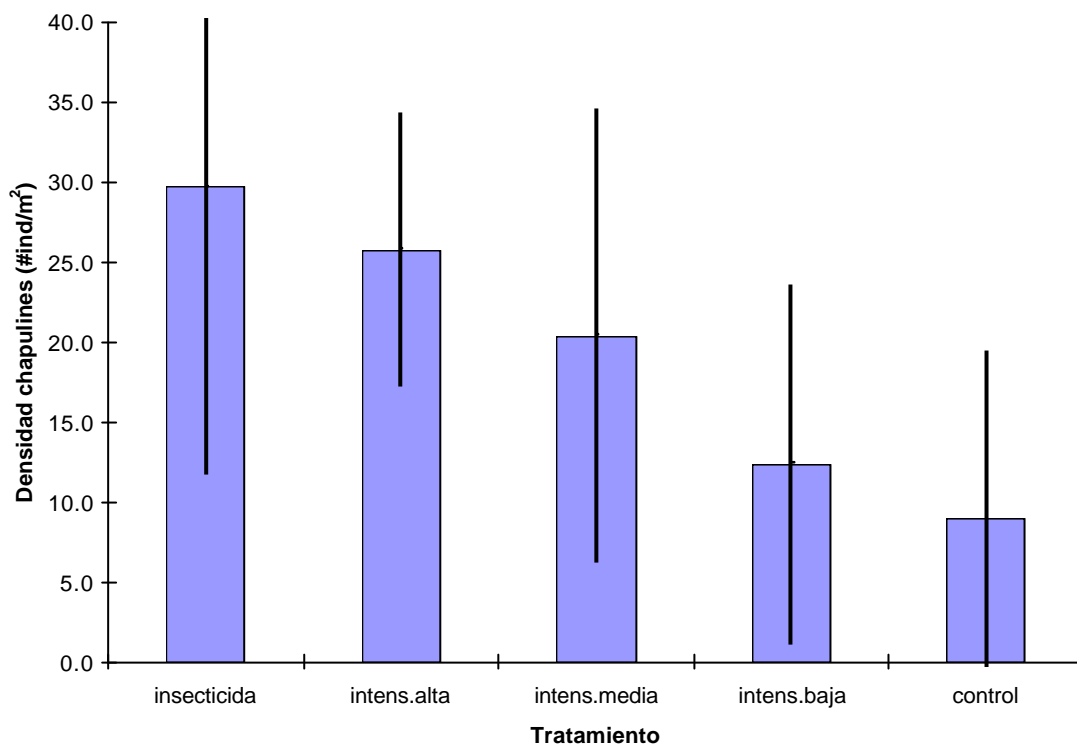


Figura 4.2. Densidad de chapulines ( $\pm$ e.e.) el 18/08/02 cuando se tomaron las primeras muestras antes de ser aplicados los tratamientos.

Como era de esperar los datos de densidad corresponden a la parcela que se mostró heterogénea y cuyos datos de alfalfa debieron ser corregidos, estos datos también se corrigieron con un factor de corrección para cada tratamiento, calculado como sigue:

$$FC_{Dx} = D_{x0} / D_{C0} \quad (4)$$

donde  $D_{x0}$  es la densidad de chapulines inicial ( $t = 0$ ) en el tratamiento experimental  $x$ , y  $D_{C0}$  es la densidad de chapulines inicial en la parcela control. También se observó que el peso promedio de los chapulines no varió entre tratamientos.

## 4.2. Experimento en campo

4.2.1 *Biomasa aérea de alfalfa.* Se hallaron diferencias de rendimiento de biomasa aérea de alfalfa entre los distintos tratamientos a lo largo del período muestreado. Sin embargo,

se obtendrían resultados sesgados si no se tomaran en cuenta los efectos del carácter heterogéneo del terreno observados inicialmente (ver sección 4.1). A partir de los datos de biomasa obtenidos en el grupo control y aplicando el  $FC$ , se obtuvieron valores esperados de biomasa de alfalfa  $\hat{B}_{Alxt}$  que consideran la heterogeneidad del terreno:

$$\hat{B}_{Alxt} = FC_{Alx} \times B_{AlCt} \quad (5)$$

Para determinar el rendimiento porcentual de la biomasa obtenida con respecto a la esperada  $\%B_{Alxt}$  se aplicó la siguiente ecuación:

$$\%B_{Alxt} = [(B_{Alxt} - \hat{B}_{Alxt}) / \hat{B}_{Alxt}] \times 100 \quad (6)$$

Los valores de biomasa de alfalfa el 5 de noviembre del 2002 se presentan en la Fig. 4.3a. Se observa que hubo un rendimiento más alto en todas las subparcelas donde se aplicaron tratamientos con respecto al control siendo el mayor el del tratamiento con insecticida ( $I$ ). Esta diferencia en rendimiento de todos los tratamientos con respecto al control está dentro del intervalo de confianza de 95% por lo que no se puede afirmar que el tratamiento de la plaga con insecticida tiene un efecto significativo superior al de la extracción manual puesto que ninguno lo tuvo con respecto a la subparcela donde se aplicó el tratamiento control.

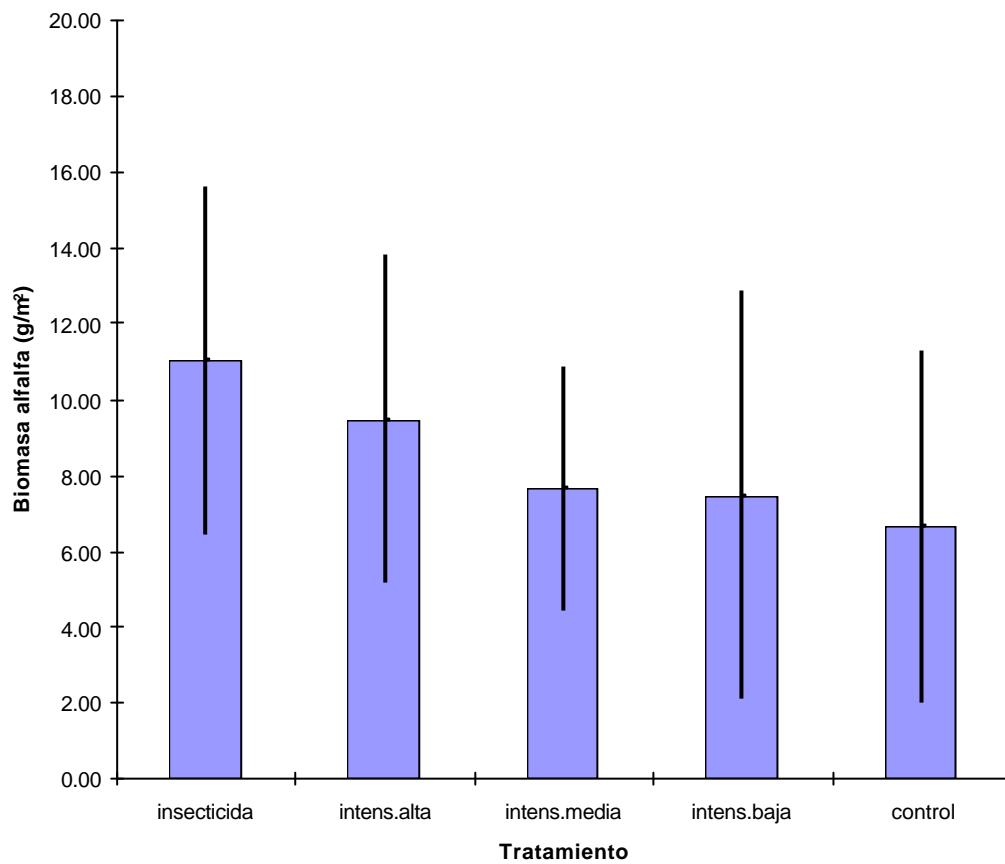


Figura 4.3a. Biomasa aérea de alfalfa el 05/11/02, datos observados.

Los valores de biomasa observados fueron mayores que los esperados como era de esperarse (Fig.4.3b) si no se hubiera aplicado el respectivo tratamiento en cada subparcela, excepto en la subparcela sometida al tratamiento medio (*M*) de extracción del chapulín.

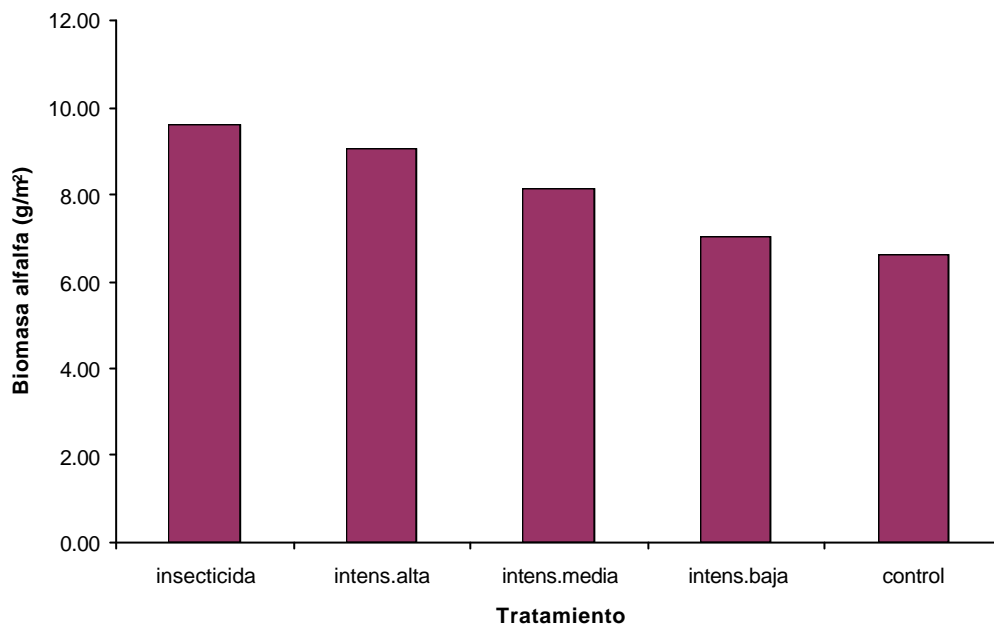


Figura 4.3b. Biomasa aérea de alfalfa el 05/11/02, esperados con el factor de corrección

En la Tabla 4.1 se reporta el rendimiento de la biomasa de alfalfa como variable económicamente relevante. Se halló que la diferencia negativa de la biomasa de alfalfa en la subparcela donde se aplicó el tratamiento de extracción manual de chapulín con intensidad media no es significativa. Así como con los demás tratamientos, esto era de esperarse dado que también los resultados para la densidad de chapulines no fueron significativos.

Tabla 4.1. Rendimientos de biomasa de alfalfa en parcelas sometidas a distintos tratamientos el 05/11/02: *I*: aplicación de insecticida, *A*: extracción alta de chapulines (tres veces en la temporada), *M*: extracción media de chapulines (dos veces en la temporada), *B*: extracción baja de chapulines (una vez en la temporada), *C*: Control.  $B_x$  denota la biomasa observada,  $\hat{B}_x$  la biomasa esperada utilizando el factor de corrección.

Tratamiento ( $x$ )	$B_x$ (g/m <sup>2</sup> )	$\hat{B}_x$ (g/m <sup>2</sup> )	$?B_x\%$ (g/m <sup>2</sup> )
I	11.03	9.65	14.30
A	9.48	9.04	4.79
M	7.66	8.17	-6.18
B	7.49	7.03	6.53
C	6.65	6.65	0

4.2.2 *Biomasa de chapulines.* Se calcularon los valores esperados de densidad de chapulines en cada subparcela experimental  $\hat{D}_{xt}$  esperados si no se hubiese aplicado el tratamiento, como sigue:

$$\hat{D}_{xt} = FC_{Dx} \times D_{ct} \quad (7)$$

Para determinar el rendimiento porcentual ( $?D_{xt}\%$ ) de cada tratamiento respecto al control se aplicó la siguiente ecuación:

$$?D_{xt}\% = [(D_{xt} - \hat{D}_{xt}) / \hat{D}_{xt}] \times 100 \quad (8).$$

Los valores de densidad de chapulines durante el resto de las fechas del estudio de campo se presentan en la Fig. 4.4 y los esperados de las mismas fechas, en la Fig. 4.5.

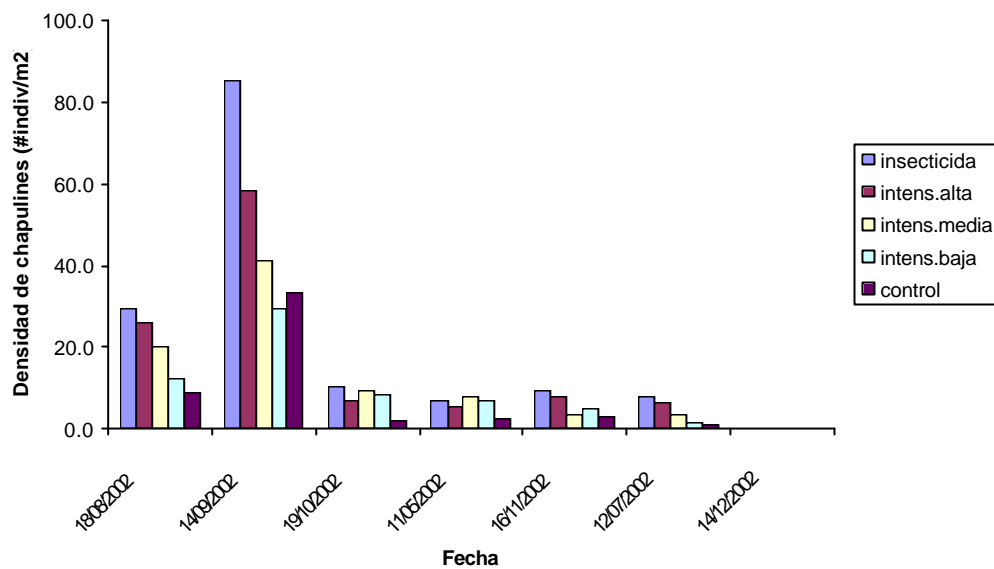
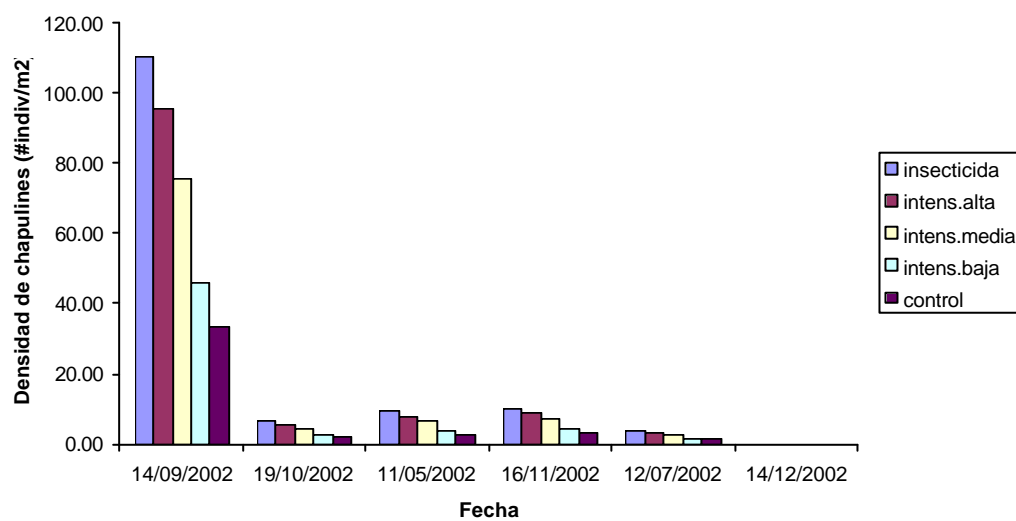


Figura 4.4. Densidad de chapulines durante la temporada 2002, datos observados.



Fig

Figura 4.5. Densidad de chapulines durante la temporada 2002. Datos esperados con el factor de corrección

(ver ecuación (7))<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Nótese al comparar las dos figuras, que por tratarse de datos esperados, no se hace necesario considerar la fecha 18/08/2002 en la Fig. 4.5.

A partir de los datos de densidad y de peso seco individual promedio, se obtuvieron los datos de biomasa seca de chapulines. Como se mencionó, el comportamiento de los datos entre los tratamientos es similar al de las densidades ya que el peso promedio del chapulín no varía entre los tratamientos.

No se obtuvo un patrón particular en el rendimiento de biomasa de chapulín como era de esperarse con base en los resultados anteriores (Tabla 4.2) Aunque los rendimientos son considerables en valores absolutos no fueron significativos.

Tabla 4.2. Rendimientos de biomasa de chapulín (g/m<sup>2</sup>) en parcelas sometidas a distintos tratamientos durante el período 2002.: *I*: aplicación de insecticida, *A*: extracción alta de chapulines (tres veces en la temporada), *M*: extracción media de chapulines (dos veces en la temporada), *B*: extracción baja de chapulines (una vez en la temporada), *C*: Control.

Fecha	Tratamiento (x)													
	I			A			M			B			C	
	$B_x$	$\hat{B}_x$	? $B_x\%$	$B_x$	$\hat{B}_x$	? $B_x\%$	$B_x$	$\hat{B}_x$	? $B_x\%$	$B_x$	$\hat{B}_x$	? $B_x\%$	$B_x$	$\hat{B}_x$
18/08/2002	1.79			1.51			1.34			0.84			0.68	
14/09/2002	8.30	11.14	-25.5	7.20	10.16	-29.1	4.93	8.99	-45.2	3.18	5.65	-43.7	4.20	4.20
19/10/2002	1.39	0.86	61.6	1.11	0.79	40.5	0.89	0.69	29.0	0.80	0.44	83.3	0.32	0.32
05/11/2002	1.16	1.26	-7.9	0.88	1.15	-23.5	1.54	1.01	52.5	1.32	0.64	106.9	0.47	0.47
16/11/2002	1.85	1.21	52.9	1.34	1.10	21.8	0.58	0.97	-40.2	0.64	0.61	4.5	0.46	0.46
07/12/2002	1.35	0.57	136.8	1.15	0.52	121.2	0.62	0.46	34.8	0.29	0.29	0.7	0.21	0.21
14/12/2002	0.00	0.00	--	0.00	0.00	--	0.00	0.00	--	0.00	0.00	--	0.00	0.00

Los resultados podrían significar que la extracción manual de chapulín, con las intensidades planteadas en el experimento, no resultó en una reducción significativa de biomasa de éste. De lo cual podría deducirse que la actividad del chapulinero se encuentra en un punto fuera del óptimo dado que la biomasa extraída se reemplaza pronto

en el tiempo siendo posible una intensidad más alta de extracción. También cabe notar que la cantidad de alfalfa no se redujo por la presencia del chapulinero.

En el apartado 4.4 se hace un ejercicio de simulación donde se plantean distintas intensidades de extracción de chapulín para, a partir de ahí, hacer una exploración de ingresos posibles par alfalferos y chapulineros.

### **4.3 Entrevistas: Datos sociales y de mercado**

*4.3.1 La actividad chapulinera.* En Santa María Zacatepec (Pue.) existe una organización espontánea de los chapulineros, no explícita ni formalmente declarada. Según la memoria colectiva, la captura de chapulines con fines comerciales empezó en la zona hace aproximadamente 15 años. No se llevan registros en el pueblo sobre cuántas personas exactamente se dedican a esta actividad pues suele ser muy variable. Durante los meses en que no se encuentran chapulines, entre enero y junio, las personas se dedican a actividades lucrativas de diverso tipo predominando la manufactura de ladrillo (o tabique).

La captura de los chapulines se lleva a cabo a muy tempranas horas de la mañana cuando aún está obscuro, pues a bajas temperaturas el chapulín está inmóvil debido a procesos de termorregulación corporal lo que hace más fácil su captura con la llamada "lancha", invento de los que se dedican a la actividad y que se describió en el capítulo de métodos.

Los chapulineros se desplazan en camioneta, caminando o en bicicleta y tienen un radio de acción de varios kilómetros y pueden llegar hasta Nativitas y localidades aledañas (llamado Valle Puebla-Tlaxcala) donde se encuentran los mejores cultivos de

alfalfa. El tiempo dedicado a la preparación del chapulín puede ser muy variable, contando desde su captura hasta su venta. En algunos casos todos los pasos de la cadena son desarrollados por la misma persona. En su mayoría los pobladores de Santa María se dedican a la captura, preparación y venta al por mayor en su principal plaza de ventas que es Oaxaca, en donde hay 90 plazas asignadas a los chapulineros de Santa María (chapulineros con plaza). Pero no todas las personas que se dedican a la captura de chapulines para venta tienen una plaza en Oaxaca (chapulineros sin plaza).

Los martes tienen permiso de vender en Oaxaca 45 personas, a cada una de las cuales se le permite llevar 60 kg (peso fresco) y los jueves otras 45 a quienes se les permite llevar un bulto por persona pero cuyo peso no se verifica (los comerciantes calculan que son bultos de entre 50 y 80 kg).

El precio del chapulín varía según su tamaño corporal por lo que en una temporada normal se habla de temporada alta (junio-agosto) y temporada baja (septiembre-noviembre). Durante la temporada alta se captura un promedio de 30 kg por hora de trabajo mientras que en la baja 8 kg. Dependiendo de las condiciones climáticas y de si es temporada alta o baja, un día de trabajo se refiere a un tiempo efectivo de captura de 2-3 horas. En cuanto al precio, en temporada alta el chapulinero vende el chapulín en promedio a \$100/kg (pesos mexicanos; lo que quiere decir chapulín chico al inicio de su ciclo de vida) y al final de la temporada en promedio a \$50/kg de chapulin (lo que quiere decir chapulin adulto al final del ciclo de vida).

Tabla 4.3. Fluctuación de precio de venta del chapulín en Sta. María Zacatepec según la temporada. En marzo y abril se vende chapulín almacenado.

Temporada	Colectores sin plaza (\$/kg)	Colectores con plaza (\$/kg)
Junio-Julio	30	100-120
Agosto-Septiembre	10	40-50
Diciembre	20	70
Octubre-Noviembre	12	100
Marzo-Abril		100

Los colectores sin plaza venden chapulín fresco y no almacenan por lo que entre los meses de marzo y abril no se reporta precio. Cada vez entran mas personas de Sta. María al negocio del chapulín pero por no tener plaza (en el mercado de Oaxaca que es el mayor centro de comercialización del chapulín) lo venden a aquellos que sí la tienen a un precio de \$12/kg fresco. Aunque se cita al mes de junio como el inicio de la temporada, hay que decir que en el semestre de realización del estudio la colecta inicio particularmente tarde a principios de agosto.

Con base en estos datos así como en aquellos de los precios de implementos necesarios para la captura y preparación del chapulín y otros costos en que incurren, se encontró que un chapulinero de Santa María Zacatepec tiene un ingreso promedio de \$162,000 pesos mexicanos por temporada, colectando un promedio de 1600 kg de chapulín durante la temporada alta y 400 kg en la baja. Para el cálculo, con base en las observaciones durante los 148 días que duró el presente estudio, se tomaron 4 días de trabajo por semana y una temporada efectiva de 13 semanas lo que daba 52 días de trabajo efectivo en la actividad. Luego los primeros 26 días se tomaron como temporada alta y los otros 26 como baja. Los gastos en los que incurren los chapulineros por temporada se calcularon aproximadamente en \$15,000 por chapulinero.

*4.3.2 La actividad de los alfalferos.* El ejido cuenta con 87 ejidatarios. Son los dueños de la tierra y aunque también realizan actividades de subsistencia de naturaleza variada, mantienen sembrados de alfalfa como forraje para alimentar ganado lechero y venden la leche a queseros de Santa Isabel. Algunos siembran la alfalfa Moapa pero la más vendida es la conocida como Alfalfa Atlixqueña, que se vende a \$70/kg de semilla. Se recomienda sembrar 30 kg de semilla/ha y dicen que les es útil entre 3 y 5 años. El valor aproximado de una melga (6 × 160 m) de alfalfa en fresco es de \$400 y afirman que una hectárea de cultivo les sirve para sostener a un promedio de diez vacas (1 ha = 9 melgas) y que de una melga cosechan en promedio 2 ton pf (peso fresco) de alfalfa grande o 1 ton pf si no ha crecido mucho. Cada ejidatario tiene una hectárea de tierra para cultivo. La parcela bajo estudio equivalía aproximadamente a dos melgas y si se hacen cortes cada 40 días en promedio (nueve cortes por año), el ingreso por año por la venta de la alfalfa sería de aproximadamente \$7,200.00. Tienen sistema de riego que es vigilado por tres jueces que se rotan cada año. Ellos mismos construyen las compuertas del riego y quien no participa con trabajo o dinero recibe un castigo. En proyecto se encuentra la construcción de una presa derivadora con canales en concreto para las localidades de Concordia, Santa Isabel, Santa Ana, Portales y Jesús Tepantepec. Los ingresos mencionados para alfalferos deben ser estudiados con mas detalle ya que no se lograron incluir todas las variables económicas, por lo que se recomienda cautela en la lectura especialmente si se pretenden hacer comparaciones de los ingresos de ambos productores. Esto constituye una aproximación preliminar.

Los insecticidas más comprados para el control de plagas son el paratión metílico 720, el malatión 1000 (cuya popularidad ha decrecido por considerar que ya se ha desarrollado resistencia) y el tamaron (dimetil fósforo amidotiado 49%) de venta restringida por su alta toxicidad. Además de los insecticidas que aplican, a veces los mezclan con otros productos como cloro y detergente para lavar ropa. El frasco de Malatión 1000 de 20 l suele tener un costo de \$1,200.00 en el mercado, pero los alfareros lo consiguen a \$600.00 por estar subsidiado por el gobierno. Las especies de chapulín que atacan la alfalfa son *Melanoplus* sp. y *S. purpurascens* siendo ésta última la plaga más importante. Hay quienes han abandonado el sembrado de alfalfa por los chapulines.

Tanto alfareros como chapulineros reconocen que se hace algún daño a la alfalfa al entrar a capturar chapulines.

#### **4.4 Modelaje**

Para iniciar la simulación de aplicación de insecticida para control del chapulín y las intensidades de extracción de éste que darían lugar a ingresos máximos tanto para alfareros como para chapulineros, establecimos un modelo básico como punto de partida. Para generarlo tuvimos en cuenta un corte de alfalfa realizado a finales de julio por lo que en la Fig. 4.6 se vé que la biomasa de alfalfa empieza en cero. Además, en los primeros días al iniciar el estudio se tiene una biomasa de alfalfa que no ha sido afectada por el chapulín ya que hasta ese momento el chapulín está en el estado de huevo en su ciclo de vida. Pocos días antes de iniciar el estudio (coincidiendo con el corte en el mes de julio de la alfalfa) es cuando el chapulín empieza a eclosionar de modo que al momento de la toma de datos (día 1 = agosto 18) ya se tiene una población inicial del

mismo. Cuando la población de chapulín empieza a aumentar por el día 12 se enfatiza la disminución en biomasa de alfalfa alcanzando su mínimo por el día 35 mientras casi al mismo tiempo el chapulín ha alcanzado su máximo en biomasa. Después de este momento la población de chapulín empieza a decrecer por la falta de alimento y hacia el día 50, cuando la biomasa de chapulines sigue decreciendo, empieza a aumentar de nuevo la biomasa de alfalfa (Fig. 4.6) Se tiene una disminución drástica en biomasa de alfalfa del día 1 porque a finales de julio el dueño del cultivo hizo un corte de alfalfa. Y la segunda caída drástica de alfalfa refleja otro corte que el alfalfero realizó en septiembre de forma repentina y sin que se hubieran podido tomar datos de biomasa esa fecha. De todas formas se reporta por ser una información útil al momento de la simulación y la comprensión de la dinámica del sistema.

A partir de aquí se empezó a construir el modelo definitivo agregando los elementos que intervienen en el sistema (Fig. 4.7). Una vez obtenido este modelo conceptual cuantitativo definitivo, se corrieron simulaciones de la siguiente manera: ya que el corte hecho por el alfalfero en septiembre (día 30 de muestreo) coincidió con la mayor biomasa de chapulín para esta temporada. Se establecieron seis posibles días de control del chapulín con la aplicación de insecticida o con captura manual (Tiempo fumigación chapulín= día de aplicar el insecticida) antes de el día 30 de muestreo. Esos días fueron el día 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 ó 28.

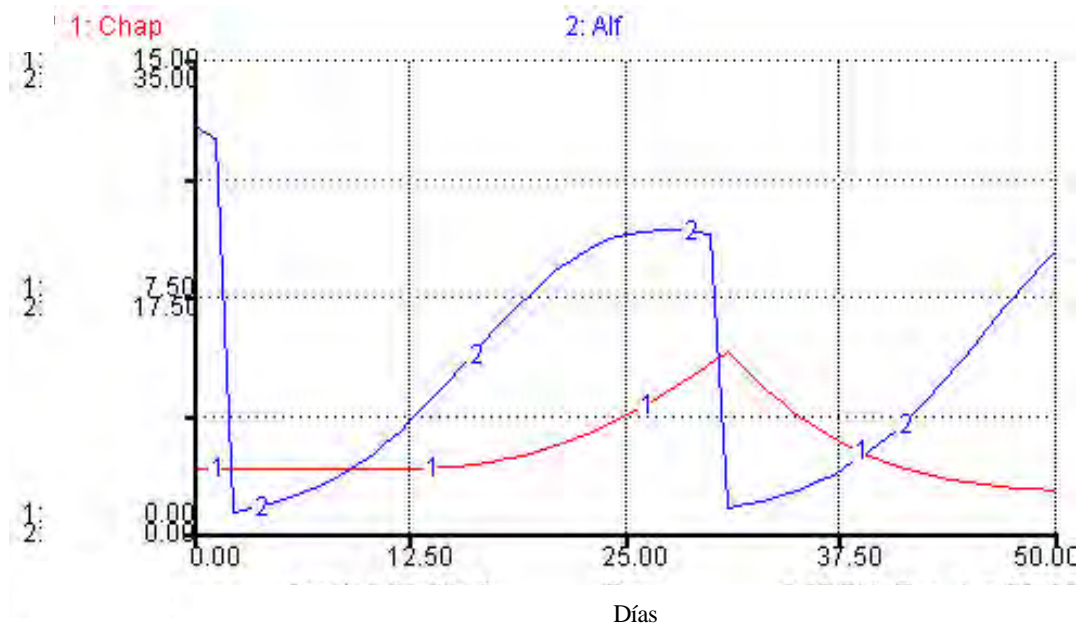


Figura 4.6. Biomasa de alfalfa y de chapulines con la intervención humana (cosecha de alfalfa) y sin control de chapulines. 1: biomasa de chapulines; 2: biomasa de alfalfa.

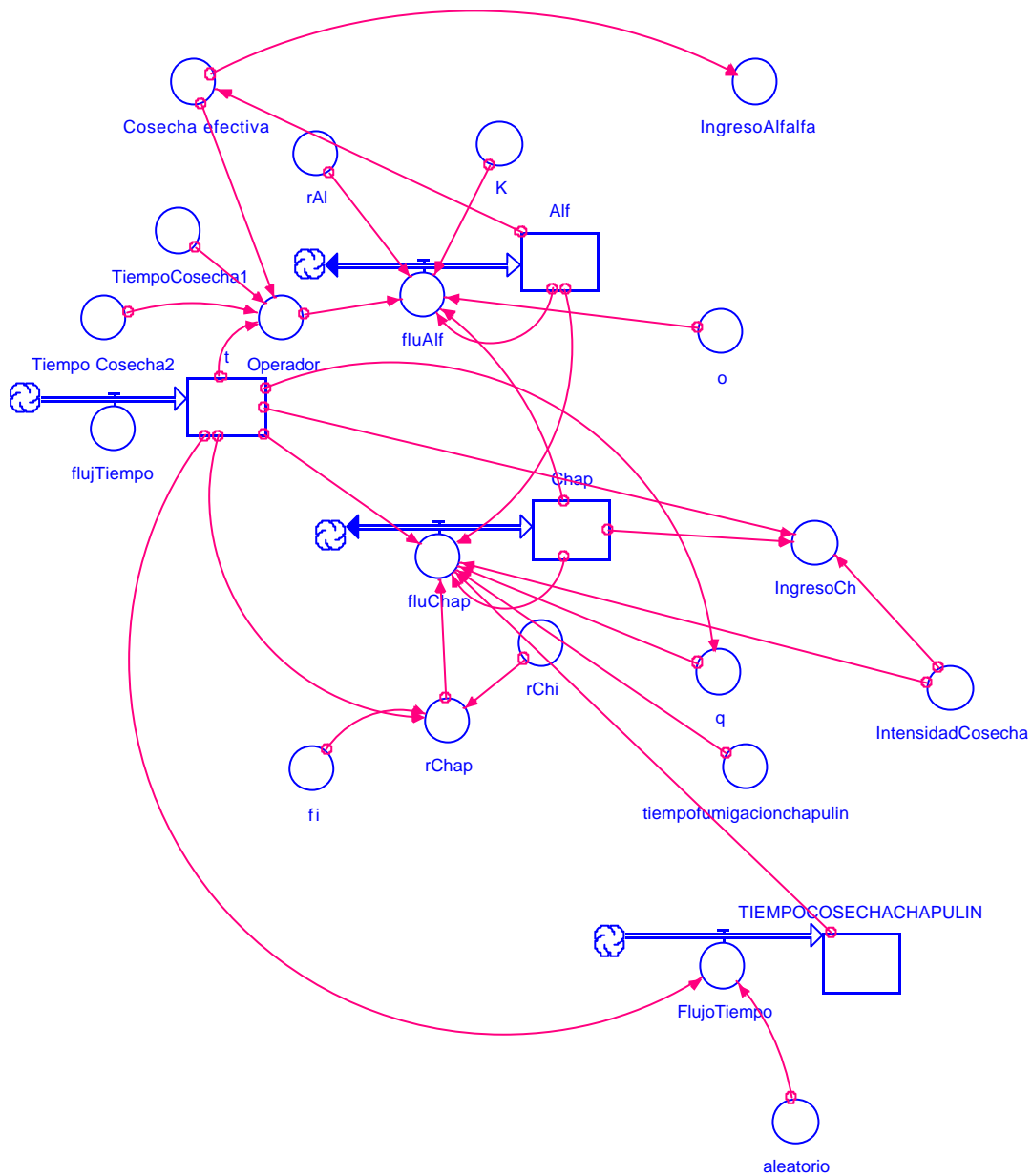


Figura 4.7. Modelo conceptual definitivo del sistema alfero-chapulinerero que relaciona los elementos que determinan el flujo de alfalfa y chapulin y los ingresos de cada producto.

Se hicieron simulaciones hasta el día 40 comprobándose que a partir del día 28 no se registraba ningún cambio importante en los ingresos de ningún productor por lo que estas no fueron tenidas en cuenta. Se hicieron simulaciones que consistieron en aplicar en

alguno de estos diez días insecticida y luego de extraer el chapulín con una intensidad del 80%, del 50% y del 20% en esos mismos días. Los datos obtenidos de estas simulaciones se reportan en la Fig. 4.8.

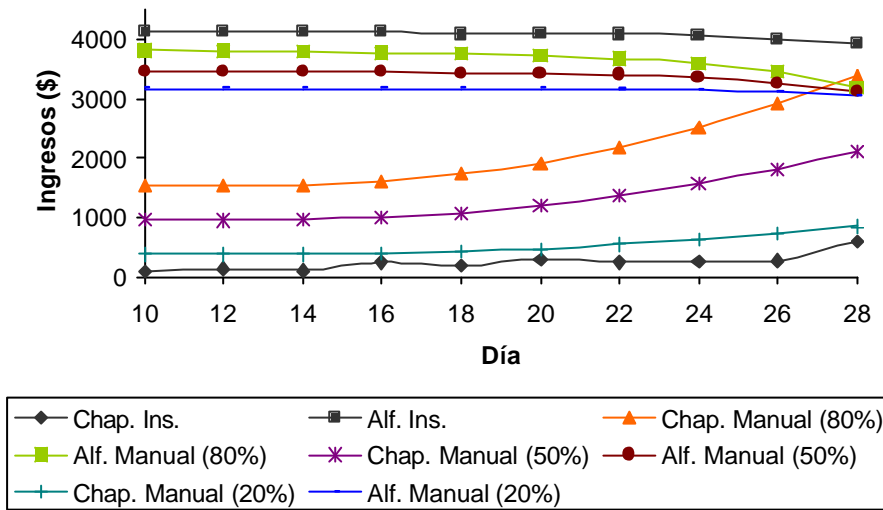


Figura 4.8 Ingresos de chapulineros y de alfalferos modificando el día de control de chapulín. (Chap.Ins y Alf.Ins=ingreso del chapulinero y del alfalfero respectivamente, con aplicación de insecticida, Chap.Manual (80%) y Alf.Manual (80%)=ingreso del chapulinero y del alfalfero respectivamente, capturando chapulín con intensidad de 80%, Chap.Manual (50%) y Alf.Manual(50%)=ingreso del chapulinero y del alfalfero respectivamente, capturando chapulin con intensidad de 50% y Chap.Manual (20%) y Alf.Manual (20%)=ingreso del chapulinero y del alfalfero respectivamente, capturando chapulin con intensidad de 20%.)

Para todos los experimentos se encontró que el día 26 es el día óptimo de aplicar algún tipo de control del chapulín pues ya que es un día muy cercano al día de corte de alfalfa (día 30), se tiene la mayor biomasa de ambos productos. Con respecto a la aplicación del insecticida para el control del chapulín, se obtuvo que el alfalfero llega a tener ingresos por arriba de seis veces mayores que el chapulinero. Con el 80% de extracción manual del chapulín el alfalfero logra un ingreso 15% menor que el logrado con el insecticida mientras el chapulinero logra un ingreso siete veces mayor al logrado durante la aplicación del insecticida.

Realizando un control manual del chapulín con intensidad del 50%, tanto alfalferos como chapulineros logran ingresos significativos pero inferiores a los logrados con la intensidad del 80%. La extracción con intensidad del 20% no mostró ser suficientemente beneficiosa para ninguno. El alfalfero tiene su mayor ingreso con la aplicación de insecticida.

Manipulando los parámetros mencionados en el apartado 3.5.1 se buscó determinar una relación óptima que logre maximizar ingresos y usar la extracción manual del chapulín como alternativa al manejo químico.

En las figuras 4.9 a 4.12 se muestran las nubes de puntos obtenidas en un campo de ganancias posibles a partir del manejo del chapulín como plaga. Se nota la situación de conflicto a la que se ven enfrentados ya que cuando con determinado método un productor tiene altos ingresos el otro ve los suyos disminuir. En la Fig. 4.10 la flecha señala el punto óptimo de ingresos para ambos productores, que si bien representa un ingreso menor para el alfalfero, como ya se señaló, representa justamente el punto donde se puede iniciar la negociación para distribuir los ingresos y lograr que el alfalfero acepte usar menos el insecticida y estar abierto a la negociación y distribución de ingresos diferenciados con el chapulinero. Este punto representa el máximo de ganancia conjunta (que podrá ser negociada o no) para alfalfero y chapulinero de todos los puntos generados en las cuatro gráficas. Cada punto representa los ingresos si el tratamiento hubiera sido aplicado ese día (diez días mencionados en el apartado 4.4).

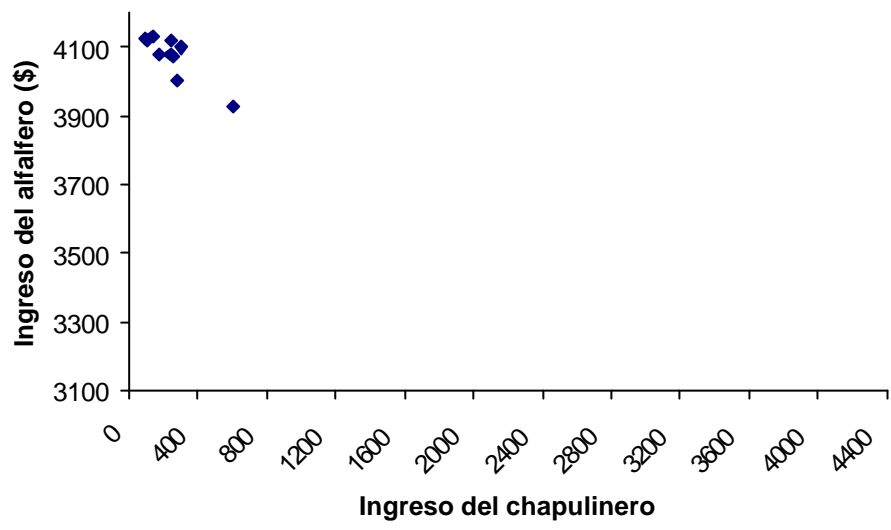


Figura 4.9. Ingresos de chapulineros y alfalferos con aplicación de insecticida para control del chapulín.

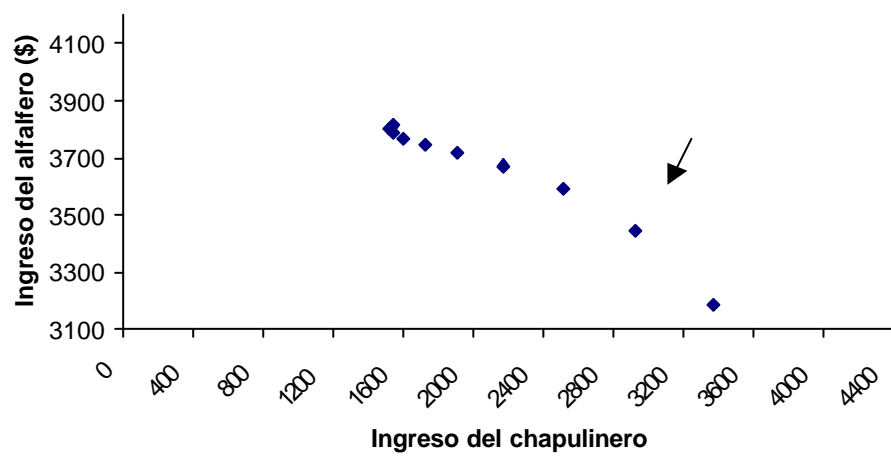


Figura 4.10. Ingresos de chapulineros y alfalferos con una extracción manual de chapulín del 80%

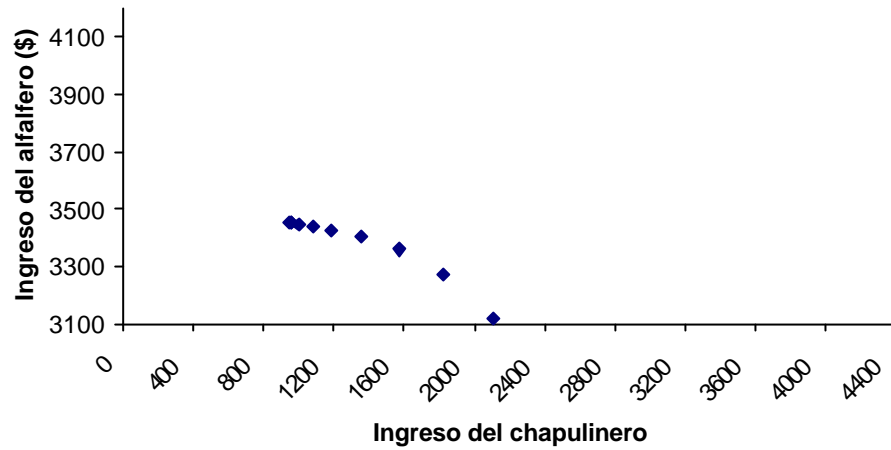


Figura 4.11. Ingresos de chapulineros y alfalferos con una extracción manual de chapulín del 50%

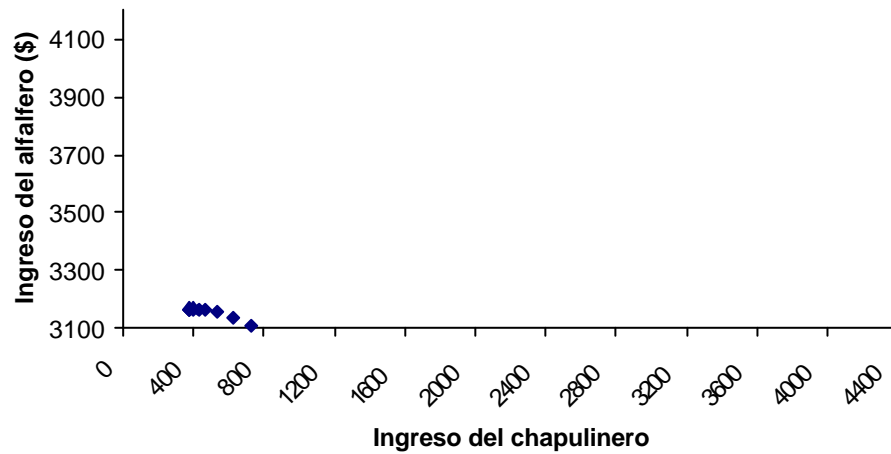


Figura 4.12. Ingresos de chapulineros y alfalferos con una extracción manual de chapulín del 20%

Esto representa el resultado de la búsqueda de la eficiencia del sistema alfalferos – chapulineros por medio de la maximización de cosecha para ambos de manera que se logre un estado de negociación con ganancias económicas y ambientales.

Se demostró en el campo que la situación actual del sistema alfalfero-chapulinerero es subóptima y descoordinada.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1 Biomasa de alfalfa y chapulines en campo

Se obtuvo un rendimiento positivo de alfalfa en tres de las cuatro subparcelas con respecto al control lo que podría sugerir un efecto positivo de los métodos evaluados para el control del chapulín. El mayor rendimiento se obtuvo en la subparcela sometida a aplicación de insecticida lo que estaría sugiriendo un mejor control de este método sobre la extracción manual coincidiendo con lo reportado por Cerritos (2002) en un estudio de densidad de ootecas de *S. purpurascens* en el Valle de Puebla-Tlaxcala, quien registró que las densidades más bajas de ootecas se encontraban en las localidades donde se aplicaba insecticida comparando con aquellas sometidas a extracción manual del chapulín. Sin embargo, en este estudio estos rendimientos no fueron significativos por lo que aún no se pueden formular conclusiones definitivas. Por otro lado, la alfalfa es la especie forrajera más común en el mundo. En algunos países como Italia es el cultivo más importante para la restauración de la fertilidad del suelo y para la agricultura de bajo impacto (Russi y Falcinelli, 1997), contrario a lo que se ha encontrado en Tlaxcala donde el manejo de dicho cultivo lejos de representar una opción agrícola amigable con el suelo ha generado una situación de abuso en el uso de agroquímicos.

Es probable que, a pesar de aplicar un factor de corrección para corregir la condición de heterogeneidad de la parcela bajo estudio, no se hayan logrado superar totalmente las diferencias iniciales entre subparcelas encontradas en campo. También fue determinante el corte de alfalfa que hizo el agricultor en septiembre fuera de las fechas programadas, hecho de forma desigual y durante la ejecución del estudio por lo que no se pudo obtener un patrón de rendimiento en biomasa a partir de los resultados obtenidos. Con una sola cosecha en noviembre coincidiendo con la llegada del invierno es difícil concluir de manera rotunda sobre el rendimiento de alfalfa en esta subparcela para la temporada agosto-diciembre 2002 pero se obtuvo información básica suficiente para la realización de la simulación. A pesar de ser un cultivo perenne, las mediciones debían ser llevadas en la misma época de aparición del chapulín.

Se sospecha que el daño hecho por pisar la alfalfa al extraer chapulines podría ser equivalente al efecto positivo del tratamiento de extracción manual pero este aspecto no se puede responder desde este estudio. Sin embargo cabe mencionar que es precisamente el daño hecho por los chapulineros uno de los argumentos que origina el comportamiento no-cooperativo del agricultor.

En cuanto a la biomasa de chapulines, no se pudo registrar coincidencia con lo hallado por Cerritos (2002) para ootecas de la misma especie de chapulín, quien reportó que la extracción manual reduce significativamente las densidades de huevos y ootecas y reduce la tasa de incremento poblacional ( $R_0$ ). Hay algunos detalles metodológicos que pudieron interferir en los resultados obtenidos y que deberían tomarse en cuenta para futuros estudios de este sistema. Pudo ser que la banda de amortiguamiento de 3 m entre las subparcelas donde se aplicaron los tratamientos no logró impedir de manera

importante la migración y flujo de los chapulines, a pesar de la aspersión con insecticida, pudiendo indicar que los efectos de la migración fueron superiores a los de la extracción. Haber tenido los tratamientos distribuidos en parcelas lejanas y no contiguas parecía teóricamente una solución, pero la homogeneidad entre cultivos de distintos propietarios, la edad de la parcela y manejo del agricultor no hubiera podido ser garantizada por lo que para los efectos de este estudio el método así propuesto fue en su momento la mejor opción. También es probable que la frecuencia de extracción que definía cada tratamiento haya sido baja por lo que se sugiere experimentar en campo una extracción más intensiva en cada tratamiento y con mayor diferencia entre intensidades de extracción. Un chapulinero no sigue rutas descritas cuando sale a coleccionar chapulines ni lleva el control sistemático de lo extraído en cada parcela a donde llega. Intentan llegar a los cultivos mejor mantenidos y lejanos para evitar cruzarse con otros chapulineros. Al llegar no siempre saben si alguien ya estuvo en los días pasados o no, ni si se ha aplicado insecticida o no, aunque dicen que por el olor pueden saberlo. Ya que los cultivos de alfalfa son tan abundantes no se sabe dónde está el margen de la sustentabilidad de su acción ni el impacto que ejercen en el control de la plaga.

Los datos reportados de biomasa de alfalfa y chapulín en este estudio constituyen un aporte a considerarse como punto de partida para abordar esta temática y para la formulación de hipótesis de trabajo. Se usaron como información básica para la simulación y la formulación de hipótesis acerca de las relaciones sociales entre productores y las ganancias obtenidas por sus productos.

Lo que se puede concluir con certeza con base en los datos obtenidos de biomasa de alfalfa y chapulines es que el argumento de los agricultores de que los chapulineros

ejercen un efecto negativo en sus plantaciones es infundado ya que no se reporta un efecto negativo significativo de la extracción manual sobre la alfalfa. Ya que los tratamientos no llevaron a una reducción significativa de la plaga, se demuestra que la frecuencia de extracción manual como se planteó en este estudio es sustentable para el chapulinerero. Con base en los resultados se sospecha que la aplicación de insecticida tampoco es una opción determinante en la reducción de la plaga y parecen confirmar las afirmaciones de los agricultores de que *S. purpurascens* viene desarrollando resistencia ante los insecticidas usados en la actualidad. Además, los riesgos de efectos secundarios al aplicar insecticidas suelen aumentar por que éstos suelen ser menos efectivos de lo esperado: la eliminación rápida de una gran proporción de una población plaga no garantiza necesariamente el fin del problema, al contrario, la eliminación total de la plaga es usualmente imposible y no es lógico esperar que aplicaciones individuales eliminen el problema de forma permanente (Moriarty, 1983).

Cerritos (2002) en un estudio sobre tasas reproductivas de *S. purpurascens* en Tlaxcala (donde se incluye Nativitas) halló las menores densidades de ootecas en las localidades sometidas a insecticida, densidades intermedias halló en las parcelas tratadas con captura de chapulín. Dado que la textura y humedad del suelo son importantes para la elección del sitio de oviposición para *S. purpurascens* (Castellanos, 2001; Cerritos, 2002), es muy probable que la heterogeneidad inicial en calidad y biomasa de alfalfa asumida como heterogeneidad en calidad del suelo haya representado una influencia importante en las densidades del chapulín. Por otro lado, la ubicación espacial de la parcela pudo ser un elemento que acentuó el efecto de la calidad del suelo, puesto que su

lado oeste colindaba con plantación de maíz y en el oriente con bordes de plantas silvestres de predilección para el chapulín (Cerritos, 2002).

En el presente estudio se logró hacer un tratamiento de la parcela lo más cercano posible a la manera como los agricultores y chapulineros lo hacen para diagnosticar el estado de sus actividades y aumentar el marco de información acerca del sistema con base en estudios experimentales

## **5.2 Datos económicos y sociales**

La actividad de extraer chapulines existe en Nativitas porque el recurso es abundante y lucrativo, y hay un mercado de chapulines establecido (Figuroa-Rodríguez, 2001) que no existiría si los chapulineros no lo encontraran rentable.

El caso de los chapulineros y alfalferos parecería confirmar la afirmación de Olson (1965) acerca de la dificultad de lograr que los individuos persigan su bienestar común, en contraste con el bienestar individual, aunque la teoría de conjuntos dice que individuos con intereses comunes actuarían de manera voluntaria para intentar promover dichos intereses (Bentley, 1949 y Truman, 1958, citados en Ostrom, 2000). En el caso de Santa María Zacatepec no se aplica esta teoría ya que estamos hablando de dos grupos con intereses distintos, pues chapulineros y alfalferos usan recursos distintos. Aunque vale la pena mencionar que ambos se benefician de los mismos recursos suelo y agua (servicios ambientales de uso común), sin los cuales ninguna de ambas actividades podría llevarse a cabo. Es importante recordar que recientemente la ley considera a un ejidatario como dueño de su terreno y depende de él las actividades que realice. Surge la pregunta de por qué el ejidatario dueño de la tierra (alfalfero) no es el que cosecha el chapulín o

renta su terreno para la extracción del recurso que se genera en su parcela. En las entrevistas llevadas a cabo los alfalferos manifestaron no tener ningún interés en realizar actividades de captura de chapulín pues con frecuencia los agricultores suelen dedicarse a las labores que por años y tradición familiar se han desarrollado en sus parcelas. Este punto, que podría estar relacionado con asuntos de derechos de propiedad, no se aborda desde el análisis de este estudio pero podría ser un aspecto importante en estudios futuros.

Los dueños de los cultivos consideran que la práctica de captura de chapulines con fines de comercialización también les beneficiaría pues se muestran descontentos por la presencia del insecto plaga en sus cultivos. Sin embargo, queda de manifiesto que el recurso suelo no factura en las cuentas de ningún productor. No está siendo tomado en cuenta como prestador de un servicio fundamental y como la base para que la actividad agrícola y productiva en la zona persista, y no se contabiliza al momento de tomar decisiones acerca de cómo aplicar los insecticidas y en qué cantidades, o de recurrir a otros métodos de control como el mecánico ejercido por los chapulineros. Por el contrario los costos siguen aumentando para todos, pues según las entrevistas y un estudio realizado por Figueroa-Rodríguez (2001), los alfalferos han montado redes de vigilancia para evitar la entrada de chapulineros en sus parcelas y estos últimos suelen pagar para ser liberados. La provisión de beneficio colectivo en la relación alfalfero-chapulinero es menor que el óptimo no por el hecho de que algunos actores quieran cooperar mientras otros no, si no más bien por que cada uno percibe su actividad como independiente de la del otro. No se perciben unos a otros como usuarios de un mismo recurso: el suelo. Y aquí cabe mencionar que el daño causado a suelos por aplicación de insecticidas no afecta

sólo a los agrosistemas sino a ecosistemas aledaños y salud humana debido al arrastre por suelo, agua y aire (Espejel y Carrasco, 1999; Altieri y Nicholls, 2002)

Por eso las reglas coercitivas de las que habla Ostrom (2000) no existen en el caso de Santa María y la interdependencia de las actividades no parece evidente. El problema que enfrentan es de organización, así como de la manera en la que adoptan estrategias coordinadas para obtener mejores beneficios económicos y para inducir rehabilitación del suelo en sus terrenos.

### **5.3 Utilidad de modelos para el análisis del manejo de agrosistemas con importancia para la restauración ecológica**

La sospecha inicial de que ambas actividades están fuera del óptimo, y que las ganancias para ambos productores (en términos de ingresos económicos) y para la sociedad podrían ser mayores si se reemplaza la aplicación de insecticida por la extracción manual, se exploró haciendo ejercicios de simulación. Aunque ya se ha mencionado, quisiera hacer énfasis en que se mencionan beneficios para la sociedad en tanto que con la disminución o desuso de insecticidas se logra un beneficio en la calidad del recurso suelo, su conservación y rehabilitación, como prestador de servicios ambientales básicos para la mantención del agrosistema mismo y de la vida en general. Sigue persistiendo el hecho de que con la aplicación de insecticida el que mayores ingresos obtiene es el alfarero, quedando excluida toda oportunidad de prácticas tradicionales benéficas y de aprovechamiento del recurso chapulín por parte de los chapulíneros con los consecuentes beneficios ambientales. Pero explorando tres intensidades de extracción de chapulín teóricas se comprueba que efectivamente este método de control tiene un efecto en la

población de chapulines y genera ingresos mayores para los chapulineros que cuando se aplica insecticida. Si bien con la extracción del 80% del chapulín, que resultó ser la más benéfica para ambos productores, el alfalfero registra un ingreso menor al obtenido con aplicación de insecticida se halló que éste no era significativamente menor. Este es el punto que se señala como óptimo hacia el que el sistema debería desplazarse para lo cual se harían necesarios elementos de organización, voluntad y cooperación. Una opción sería que el chapulinero pagara algún tipo de renta al alfalfero de modo que éste recupere los ingresos perdidos al no aplicar insecticida. Hay ganancias debidas a la aplicación de los tratamientos que podrían ser distribuídas generando así un espacio de negociación.

Los dueños de la tierra frecuentemente se basan en modelos mentales o construcciones de la mente para tomar decisiones acerca de los recursos lo que da lugar a decisiones ineficientes o variables en el caso de ecosistemas complejos (Gutrich *et al.* 2005). Costanza y Ruth (1998) señalan además que con frecuencia los humanos basan dichos modelos mentales en relaciones cualitativas en lugar de cuantitativas, pensadas en términos de relaciones lineales, perdiendo de vista factores espacio-temporales y el equilibrio del sistema, y abordando los sistemas como problemas aislados sin relación con su contexto por lo que no se logra llegar a un punto de negociación y mucho menos de cooperación. Es muy probable que esto sea lo que sucede a los productores del sistema estudiado y a las instituciones que se relacionan con ellos. El presente estudio puede estar aportando datos cuantitativos importantes relacionados con el sistema bajo estudio y proporcionando, con herramientas de modelaje, las bases para una formulación de hipótesis sólidas de trabajos futuros. El modelaje es una herramienta cuya funcionalidad no termina con la construcción de escenarios desde modelos computacionales, sino que

se requiere usar efectivamente estos modelos para lograr consenso acerca de la forma como se apropian sus supuestos y resultados y, por tanto, promover un alto grado de conciliación entre los problemas ambientales y la toma de decisiones (Costanza y Ruth, 1998).

Lo que no se debe perder de vista es que los ingresos derivados de las actividades descritas a veces son menores a corto plazo pero podrían ser mayores a largo plazo. Mientras los apropiadores de los recursos se mantengan descoordinados no podrán lograr una ganancia conjunta. Los productores de Tlaxcala no están en choque por el uso de un mismo recurso, pero su acción desorganizada afecta un recurso de uso común: el suelo.

Sabemos lo difícil que puede resultar la predicción de un sistema ecológico considerado simple y con buena base de datos. Se debe destacar que comprender el comportamiento de cada una de las partes de un sistema como una unidad funcional necesita un enfoque efectivo para comprender la complejidad generada por las partes del sistema y su interacción. Grant *et al.* (2001) citan que las preguntas más críticas a las que se enfrentan ecólogos y administradores de recursos naturales se relacionan con sistemas complejos. Dicen que al encontrar un problema determinado, además de considerar las interacciones entre los factores físicos, biológicos y ecológicos, también se deben abordar factores económicos, culturales y legales. El caso de Tlaxcala, aunque no es un sistema complejo, es un problema complicado que no se había abordado desde la perspectiva de la cooperación y la organización social partiendo de intereses económicos y efectos de rehabilitación en suelos. La perspectiva de análisis de sistemas usando herramientas de simulación encajan con lo enunciado, entre otros, por Clark (1997): “la restauración ecológica debe posicionarse tanto en escenarios académicos como de análisis costo-

efectividad, y las raíces de esto se hallan en consideraciones de entendimiento mutuo y comunicación entre varios sectores de la sociedad involucrados”. Tucker *et al.* (1998) registran dos categorías de costos asociados a la degradación local: el costo del daño y el costo de la rehabilitación. En nuestro sistema, el costo que el alfalfero asume para mantener su biomasa óptima de alfalfa es el mismo que usa para causar un daño al suelo. Entre mayores sean los esfuerzos por rehabilitar el suelo menor será el nivel de daño causado a éste.

La atención en temas ambientales de actualidad se centra en servicios ambientales, con énfasis en suelo y agua por su papel clave para la vida. Para Bradshaw (1997) es importante tener siempre presente que sin suelo los procesos ecosistémicos no pueden llevarse a cabo y que el funcionamiento de estos procesos es clave para el desarrollo de ecosistemas. El autor lo considera como un aspecto crítico para la restauración ecológica, y la manera de como se aborde la ve como el primer problema a ser tratado en temas de restauración. Partiendo de premisas como ésta se justifica todo esfuerzo por proteger y restaurar suelos agotados como los que se encuentran en muchos agrosistemas del mundo. Las prácticas agrícolas tienen una influencia directa en las características del suelo por el manejo intensivo de este con la aplicación de insecticidas y fertilizantes. Reconocer, recuperar, conocer y estimular prácticas productivas que contribuyan con el buen uso del suelo son objetivos que se pueden insertar en un marco amplio de restauración de suelos ya que revertir las causas de la degradación ambiental y de ecosistemas es un punto de interés en la práctica de la restauración ecológica tanto como promover la organización social y el reconocimiento cultural en esas prácticas.

## 6. CONCLUSIONES

Para el chapulinero ha quedado expuesto el hecho de que su potencial de extracción de chapulines no representa el umbral de disminución significativa del chapulín, lo que significa que la tasa reproductiva de los chapulines parece ser lo suficientemente alta como para compensar la biomasa extraída. En nuestro caso el punto en el que aumenta la biomasa de alfalfa por la reducción significativa de la plaga no se registró.

La generación de los datos de campo, a pesar de las limitantes metodológicas, fue crucial para la construcción de un modelo que ha confirmado la sospecha de que alfalferos y chapulineros podrían obtener mayores ingresos si se organizan para reemplazar la aplicación de insecticidas por la extracción sistemática de los chapulines en los cultivos de alfalfa. Con las simulaciones se encontró que con intensidad de extracción del 80% los productores estarían en condiciones de iguales para negociar. El hecho de que el alfalfero es el dueño de la tierra es un aspecto delicado que no se aborda en el presente estudio y que debe considerarse en futuros estudios.

La restauración ecológica se está perfilando como un componente esencial tanto del manejo de sistemas productivos como de conservación de biodiversidad. Esta actividad debería formar parte de una estrategia general para el manejo regional y local de la tierra en vez de tener lugar independientemente. Se requiere un conocimiento de las prácticas culturales y las condiciones sociales locales para proponer estrategias sustentables de manejo de recursos naturales. En este sentido, el presente estudio además de tener importancia biológica aporta al conocimiento de la organización social que subyace en la

práctica de colecta manual de chapulín para consumo humano en Tlaxcala y explora las posibilidades teóricas de fortalecer esta práctica como reemplazo o complemento de la aplicación de insecticidas en agrosistemas con el objetivo principal de la rehabilitación de suelos sin desatender los intereses económicos de los productores necesarios para su bienestar. Un estudio de rehabilitación de suelos sin la base fundamental de las características sociales y económicas del sistema de interés tiene muy pocas posibilidades de éxito a largo plazo.

## LITERATURA CITADA

- ALFARO, A.L. 1995. Biología de *Sphenarium purpurascens* Ch y patogenicidad de *Beauveria bassiana* en laboratorio. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.
- ALTIERI M.A. y C.I. NICHOLLS. 2002. Una perspectiva Agroecológica para una agricultura ambientalmente sana y socialmente mas justa en la América Latina del siglo XXI. Pp. 281-304, **In**: Leff, E., E. Ezcurra, I. Pisanty y P. Romero (comps.). *La transición hacia el desarrollo sustentable, Perspectivas de América Latina y el Caribe*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Universidad Autónoma Metropolitana, Organización de las Naciones Unidas y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, México.
- 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.
- CASTELLANOS, 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, UNAM, México.
- CERRITOS, R. 2002. Método mecánico como alternativa en el control de plagas: el caso de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en el Valle de Puebla-Tlaxcala. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- CHANDRASEKARAN, S. y P.S. SWAMY. 2002. Biomass, litterfall and aboveground net primary productivity of herbaceous communities in varied ecosystems at Kodayar in the western ghats of Tamil Nadu. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88: 61-71.

- CLARK, M.J. 1997. Ecological restoration- the magnitude of the challenge: An outsider's view. Pp. 353-377, **In:** Urbanska, K.M, N.R Webb y P.J Edward. *Restoration Ecology and Sustainable Development*. Cambridge University Press., Cambridge.
- COSTANZA, R. Y M. RUTH. 1998. Using dynamic modeling to scope environmental problems and build consensus. *Environmental Management* 22(2):183-195.
- ESPEJEL, A Y G. CARRASCO. 1999. El deterioro ambiental en Tlaxcala y las políticas de desarrollo estatal 1988-1999. Pp. 41-52, **In:** Gaceta Ecológica Número 52. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1996. *México: informe nacional para la conferencia técnica internacional de la FAO sobre los recursos fitogenéticos*. INIFAP, México. 34 pp.
- FIGUEROA-RODRÍGUEZ, K.A. 2001. Estudio de comercialización en la ciudad de Oaxaca, Oaxaca y la comunidad de Santa María Zacatepec, Puebla; de Chapulín (*Sphenarium* spp.) industrializado. Tesis de maestría. Instituto de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, Colegio de Postgraduados, México.
- GIBBONS, R. 1992. *A primer in game theory*. Harvester Wheatsheaf, Hertfordshire. 267 pp.
- GLIGO, N. 2001. *La dimensión ambiental en el desarrollo de América Latina*. Ed. Naciones Unidas y Comisión Económica para América Latina y el Caribe-CEPAL, Santiago de Chile, Chile. 265 pp.
- GRANT, W.E, S.L MARÍN y E.K PEDERSEN. 2001. *Ecología y Manejo de Recursos Naturales. Análisis de sistemas y simulación*. Ed. Agroamérica, San José, Costa Rica. 340 pp.
- GREGORY, P.J., J.S.I. INGRAM, R. ANDERSSON, R.A. BETTS, V. BROVKIN, T.N. CHASE, P.R. GRACE, A.J. GRAY, N. HAMILTON, T.B. HARDY, S.M. HOWDEN, A. JENKINS, M.

- MEYBECK, M. OLSSON, I. ORTIZ-MONASTERIO, C.A. PALM, T.W. PAYN, M. RUMMUKAINEN, R.E. SCHULZE, M. THIEM, C. VALENTIN y M.J. WILKINSON. 2002. Environmental consequences of alternative practices for intensifying crop production. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88: 279-290.
- GUTRICH, J., D. DONOVAN, M. FINUCANE, W. FOCHT, F. HITZHUSEN, S. MANOPIMOKE, D. McCAULEY, B. NORTON, P. SABATIER, J. SALZMAN Y V. SASMITAWIDJAJA. 2005. Science in the public process of ecosystem management: lessons from Hawaii, Southeast Asia and the US Mainland. *Journal of Environmental Management* 76: 197-209.
- HANSON, A.A. 1988. *Alfalfa and alfalfa improvement*. American Society of Agriculture, E.U.A. 1084 pp.
- HUASHENG, Z.Z.H, W. XINHONG, L. JIANQING, C.WEIQI y X. LI. 2002. Determination and load of organophosphorus and organochlorine pesticides at water from Jiulong River Estuary, China. *Marine Pollution Bulletin* (En prensa)
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1998. *Monografía: municipio de Santa Isabel Tetlatlahuca*. México, Estado de Tlaxcala. 80 pp.
- INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pesqueras. 2000. Campo experimental Tlaxcala, software. México.
- ISIK, M., D. HUDSON y K.H. COBLE. 2005. The value of site-specific information and the environment: Technology adoption and pesticide use under uncertainty. *Journal of Environmental Management* 76: 245-254.
- MENDEZ-TOLENTINO, 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* L.) en Huejotzingo, Puebla. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.

- MORIARTY, 1983. *Ecotoxicology: The study of pollutants in Ecosystems*. Academic Press, London. 289 pp.
- NIGH, R.B. y S. OZUNA-SALAZAR. 1997. Cambio tecnológico y cambio político: la propuesta de la agricultura orgánica para el campo mexicano. Pp. 57-68, **In:** Paré, L., D.B Bray, J. Burstein y S. Martínez-Vázquez (comps.). *Semillas para el campo en el campo: medio ambiente, mercados y organización campesina*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Sociales, Sociedad de Solidaridad Social, Servicios de Apoyo Local al Desarrollo de Base en México, México.
- OLSON, M. 1965. *The logic of collective action. Public goods and the theory of groups*. Harvard University Press, Cambridge. 313 pp.
- OSTROM, E. 2000. *El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva*. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias y Fondo de Cultura Económica, México. 395 pp.
- PATHIRATNE, A. y S.G. GEORGE. 1998. Toxicity of malathion to nile tilapia, *Oreochromis niloticus* and modulation by other environmental contaminants. *Aquatic Toxicology* 43: 261-271.
- PATTEN, B.C. 1971. *A primer for ecological modeling and simulation with analog and digital computers*. **In** Patten, B.C. ed. *Systems Analysis and Simulation in Ecology*, New York, Academic Press. Vol. 1.
- PLUMMER R. y J.F GIBBON. 2004. Some observations on the terminology in co-operative environmental management. *Journal of Environmental Management* 70: 63-72.
- POZO-IBANEZ, M. 1983. *La alfalfa: su cultivo y aprovechamiento*. Mundi-prensa, Madrid. 317 pp.
- RAMOS-ELORDUY, J. y J.M. PINO-MORENO. 1989. *Los insectos comestibles en el México antiguo*. A.G.T. Editor, S.A, México. 108 pp.

- RUSSI, L. y M. FALCINELLI. 1997. Characterization and agronomic value of Italian landraces of lucerne (*Medicago sativa*). *Journal of Agricultural Science* 129: 267-277.
- SARH, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1992. *Evaluación de la campaña contra los chapulines de Tlaxcala en el ciclo primavera verano 1992*. Subdelegación de Agricultura, Programa de Sanidad Vegetal, México.
- SCHJONNING, P., S. ELMHOLT, L.J. MUNKHOLM y K. DEBOSZ. 2002. Soil quality aspects of humid sandy loams as influenced by organic and conventional long-term management. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88: 195-214.
- SERRANO-LIMÓN, G. y J. RAMOS-ELORDUY. 1990. Biología de *Sphenarium purpurascens* Ch. y algunos aspectos de su comportamiento. *An. Inst. Biol. UNAM, Ser. Zool.* 59 (2):139-152.
- STEWART, D.A.B. 1998. Non-target grasshoppers as indicators of the side-effects of chemical locust control in the Karoo, South Africa. *Journal of Insect Conservation* 2: 263-276.
- TUCKER, J.L., D.B. RIDEOUT y R.B. SHAW. 1998. Using linear programming to optimize rehabilitation and restoration of injured land: an application to US army training sites. *Journal of Environmental Management* 52: 173-182.
- VAN DIGGELEN, R., A.P. GROOTJANS y J.A. HARRIS. 2001. Ecological Restoration: State of the Art or State of the Science? *Restoration Ecology* 9 (2):115-118.
- VAN WILGEN, B.W., R.M. COWLING y C.J. BURGERS. 1996. Valuation of ecosystem services. *Bioscience* 46:184-189.
- VARGAS, L. 1950. *Indicaciones médicas y sanitarias de algunos de los insecticidas modernos más usuales*. Insurgentes S. de R.L, México. 92 pp.
- WATSON, D.L. y A.W. BROWN. 1977. *Pesticide development management regulation and resistance*. Academic Press Inc., Nueva York. 638 pp.

ZALIDIS, G.C., M.A. TSIAFOULI, V. TAKAVAKOGLU, G. BILAS y N. MISOPOLINOS. 2004. Selecting agri-environmental indicators to facilitate monitoring and assessment of EU agri-environmental measures effectiveness. *Journal of Environmental Management* 70: 315-321.