



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

Estructura poblacional y factores de mortalidad en las  
poblaciones de *Schistocerca piceifrons piceifrons* y de  
*Schistocerca americana socoro* en Isla Socorro, México

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**B I Ó L O G A**

**P R E S E N T A:**

**JOCELYN DURÁN MURRIETA**



Director de tesis:

Dr. Zenón Cano Santana

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.

## Hoja de Datos del Jurado

<b>1. Datos del alumno</b> Durán Murrieta Jocelyn 56 83 43 35 Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ciencias Biología 098529180
<b>2. Datos del tutor</b> Dr. Zenón Cano Santana
<b>3. Datos del sinodal 1</b> Dra. Alicia Callejas Chavero
<b>4. Datos del sinodal 2</b> M. en C. Iván Israel Castellanos Vargas
<b>5. Datos del sinodal 3</b> Dra. Leticia Ríos Casanova
<b>6. Datos del sinodal 4</b> M. en C. Edgar Camacho Castillo
<b>7. Datos del trabajo escrito</b> Estructura poblacional y factores de mortalidad en las poblaciones de <i>S. piceifrons piceifrons</i> y de <i>Schistocerca americana socoro</i> en la Isla Socorro México 88 p 2006

## AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que participaron en el trabajo de campo ya sea en alguna de las expediciones a la isla o en la toma de los datos de las observaciones de laboratorio a Patricia García, al M. en C. Edgar Camacho, al Dr. Zenón Cano-Santana, al M. en C. Iván Castellanos, a Mauricio Mora, a Maribel Paniagua, a José Luis Castillo, a Sonia Juárez, a Marcos Flores, a Iván Baltazar, al Dr. Efraín Tovar, a Andrés Martínez y a Isael Victoria. En verdad muchísimas gracias, pues sin el trabajo y empeño de todos ustedes la realización de esta tesis hubiera sido imposible.

A mi Director de tesis el Dr. Zenón Cano Santana por su gran paciencia y amistad, por su pasión a su trabajo y su enorme cariño hacia sus alumnos. Pero por sobre todo por haberme invitado a participar en este emocionante proyecto gracias al cual conocí a ese esplendoroso cachito de tierra en medio del mar “La Isla Socorro”, junto con sus increíbles fenómenos naturales. Gracias Doc no sabe que afortunada me siento de haberlo tenido como director de tesis.

A mis sinodales, el M. en C. Iván Castellanos, la Dra. Alicia Callejas, la Dra. Leticia Ríos y al M. en C. Edgar Camacho, por su dedicación para que esta tesis mejorara.

A la CONABIO por haber financiado el proyecto BS-007, a cargo del Dr. Zenón Cano Santana, del cual forma parte esta tesis.

Al personal de la Secretaría de Marina del subsector de la isla Socorro por todo su apoyo y amabilidad, por que me hicieron cambiar mi manera de pensar sobre los marinos y por enseñarme que los prejuicios tan sólo son barreras para el conocimiento.

A la Dra. Guadalupe Vidal quien realizó la identificación de los hongos entomopatógenos, sin la cual yo me hallaba perdida entre una maraña de claves taxonómicas y pesimismo. A los compañeros del Laboratorio de Ecología, en especial al Biól. Marco Romero Romero por toda su ayuda en el manejo del equipo de cómputo.

A todos mis amigos a quienes adoro y quienes fueron parte de todo este proceso, a la chimichurris, a la chamaka, a Leticia, a la angelito, a la Adny, a Andrés, a Ezequiel, Paty, Tita, Ursula, Vale, Meli, Jorge, Liber, Suzete, Pablo Piña y Luna. Mis compañeros de búsqueda, mis jalones de oreja, mis piquetotes de abdomen y mis cosquillas de pies, mis diablos y mis ángeles, quienes me aterrizan pero a la vez me enseñan a volar y soñar... gracias por enseñarse tal cual son y por que de esta manera me he dado cuenta que no soy la única loca en este mundo jajajaja...

A mi familia... A mi papá por enseñarme a amar cada esquina de este mundo, por enseñarme a descubrirlo y a apasionarme con tal travesía. A mi madre por todo su amor e infinita confianza, por su gran fortaleza. A mi hermano Daniel por compartir mis pasiones, por hacerme partícipe de su vida, por mostrarme su luz en cada uno de sus actos. A mi otro hermano Rodolfo por escucharme, por que siempre ha estado ahí a mi lado dispuesto a ayudarme y por su enorme humildad y gran corazón. A mi hermana por enseñarme a ser mejor, por mostrarme con su ejemplo lo importante que es ser disciplinado para alcanzar nuestros objetivos. A mi tía Mary (quien como alguien un tanto sabio me dijo) es como mi

hada madrina cuasiparticular siempre dispuesta a ayudarme a cumplir mis deseos y sueños, quien me invita a imaginar, a deleitarme con la música, las hadas, los duendes, los unicornios y el amor de familia... ¡Gracias por todo tu amor y cariño!... Sí, gracias a todos ustedes por dejarme aprender de ustedes, por ayudarme a ser quien quiero ser ¡los adoro!

A mi maestro Fernando Dergal por toda su paciencia y sus consejos silenciosos, por enseñarme a respirar y a escucharme, a encontrarme dentro de este gran mitote.

A los que están aquí sin parecerlo... Gracias... A mi tío Quiko quien ya no está pero que me acompañó con su música en una gran parte de la escritura de esta tesis...

A mis sobrinos, cuya aparición en este mundo me ha llenado de alegría y de amor; quienes me han recordado lo que es reír y descubrir cualquier cosa incluso el pequeño salto de una gota desde un charco, o el agua entintada de rojo o el sonido de las hojas secas mientras las apretamos con las manos, el aprendizaje de nuevas palabras... Gracias por recordarme que todo esto es maravilloso por ser personas con quienes puedo compartir mis más grandes secretos (como el de ser muuuuuuy simple)... Por ser tan especiales... Los amo... A ustedes tres: Gerardo,

## ÍNDICE

RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Invasión de especies exóticas a islas.....	3
1.2. Manejo de especies exóticas y de plagas.....	4
1.3. Protección de especies endémicas de insectos.....	6
1.4. Biología y ecología de acridoideos.....	8
1.5. La invasión de <i>Schistocerca piceifrons piceifrons</i> a isla Socorro...11	
1.6. Justificación.....	12
II. OBJETIVOS.....	13
III. SITIO DE ESTUDIO.....	14
3.1. Localización.....	14
3.2. Clima.....	14
3.3. Orografía.....	15
3.4. Hidrografía.....	15
3.5. Vegetación.....	16
3.6. Fauna.....	21
3.7. Factores de disturbio.....	21
IV. SISTEMA DE ESTUDIO.....	23
4.1. El género <i>Schistocerca</i> .....	23
4.2. <i>Schistocerca piceifrons piceifrons</i> .....	23
4.3. <i>Schistocerca americana socoro</i> .....	28
V. MÉTODOS.....	29
5.1. Calendario de visitas a Isla Socorro.....	29
5.2. Historia natural.....	29

5.3. Niveles de mortalidad por enemigos naturales.....	32
5.4. Densidad de adultos.....	33
5.5. Proporción sexual.....	36
5.6. Densidad y patrón de distribución espacial de ootecas.....	36
5.7. Densidad y patrón de distribución espacial de ninfas.....	37
VI. RESULTADOS.....	39
6.1. Historia natural.....	39
6.2. Niveles de mortalidad por enemigos naturales.....	52
6.3. Densidad de adultos.....	58
6.4. Proporción sexual.....	63
6.5. Densidad y patrón de distribución espacial de ootecas.....	65
6.6. Densidad y patrón de distribución espacial de ninfas.....	66
VII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	68
7.1. Fenología.....	68
7.2. Densidad y hábitat.....	70
7.3. Proporción sexual.....	73
7.4. Niveles de mortalidad por enemigos naturales.....	74
7.5. Propuesta de control.....	76
LITERATURA CITADA.....	78
APÉNDICE.....	88

Durán M., J. 2006. Estructura poblacional y factores de mortalidad en las poblaciones de *Schistocerca piceifrons piceifrons* y de *Schistocerca americana socoro* en Isla Socorro, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M, México. 86 p.

## RESUMEN

*Schistocerca piceifrons piceifrons* es una especie considerada como plaga en el territorio mexicano debido a que causa daños de importancia económica en 13 estados es por esto que existen varios estudios relacionados con la biología y ecología de esta especie en sus poblaciones continentales. Se sabe que *S. p. piceifrons* se encuentra presente en el Archipiélago de Revillagigedo desde 1925; sin embargo, se desconoce cuando arribó a la isla Socorro. Por otro lado *Schistocerca americana socoro* es una especie endémica de la isla Socorro de la cuál se desconoce su biología y ecología. El objetivo de este trabajo es conocer la historia natural de ambas especies así como la variación espacial y temporal en la densidad de sus poblaciones, la variación en la proporción sexual y la variación espacial y temporal en los niveles de mortalidad que ocasionan los parasitoides y los hongos entomopatógenos a las ninfas y adultos de ambas especies en un esfuerzo por conocer el estatus de las poblaciones de ambas especies en la Isla.

Se encontró que las poblaciones de *S. p. piceifrons* de la Isla son univoltinas y que los adultos solitarios de esta especie habitan en sitios abiertos donde alcanzan densidades de entre 0.010 y 0.692 ind/m<sup>2</sup>; las ninfas de esta especie se encontraron en general en los sitios de baja altitud de la Isla en densidades de entre 0.06 y 91.96 ind/m<sup>2</sup>. Las ootecas de *S. p. piceifrons* se encontraron únicamente en la pradera de *Senna* y en el matorral de *Croton* del sur de la Isla en densidades de entre 2.22 y 253.56 ootecas/m<sup>2</sup>. Las mangas de *S. p. piceifrons* fueron observadas en todas las comunidades vegetales y durante todos los meses del año, excepto en octubre. Se encontró que éstas alcanzan densidades de entre 40.85 y 72.5 ± e.e. 5.2 ind/m<sup>2</sup> abarcando extensiones de 9.3 ha constituidas por entre 6.77 ± 0.49 y 36.25 ± 2.6 millones de individuos. Las bandas se encontraron entre agosto y octubre registrándose en la mayoría de los casos en los sitios de baja altitud de la Isla donde se encontraron en densidades de entre 1267 a 2016 ind/m<sup>2</sup> abarcando un área de hasta 336 m<sup>2</sup> constituidas por entre 55, 277 y 677, 376 individuos. La proporción sexual de las poblaciones de *S. p. piceifrons* solitarias y de las mangas estudiadas no resultó ser significativamente diferente de la razón 1:1. Se registraron más de 14 especies de enemigos naturales para *S. p. piceifrons* tres de las cuales son parasitoides aún no identificados y dos hongos entomopatógenos, *Beauveria bassiana* y *Metarhizum anisopliae anisopliae*. Se encontraron adultos de *S. p. piceifrons* con parasitoides durante todo el año de estudio, en niveles de entre 2.60 y 72.7%. Se registraron mayores niveles de parasitoidismo en los adultos solitarios con respecto a los gregarios. Los niveles de parasitoidismo en las distintas poblaciones de las ninfas registraron una amplia variación (de 0 a 54%) incrementándose los niveles de infestación conforme las ninfas se aproximan a la edad adulta. *Beauveria bassiana* se encontró infestando a los adultos de esta langosta en una mayor proporción (1.3 a 11.1% de individuos infestados por población o manga), mientras que *M. a. anisopliae* se registró sólo infestando al 5% de los individuos de una manga. Las ninfas de segundo estadio fueron las únicas que se encontraron infestadas por *B. bassiana*.

Se encontró que *Schistocerca americana socoro* es univoltina. El apareamiento y oviposición de esta especie ocurre de entre tres a cinco meses después de que ocurren estos eventos para *S. p. piceifrons* esto es desde finales de octubre a principios de enero.

*Schistocerca americana socoro* al parecer prefiere hábitats cerrados donde se encuentra en densidades de entre 0.05 y 6.38 ind/100 m<sup>2</sup>. Esta especie fue registrada en seis comunidades vegetales en cuatro de las cuales se encuentra junto con *S. p. piceifrons* donde esta última por lo general es más abundante. Las ninfas de *S. a. socoro* se encontraron entre octubre y febrero en densidades muy bajas y en tan solo tres comunidades vegetales. La proporción sexual machos/hembra de sus poblaciones fue de 1:1. Para la especie endémica sólo se registraron dos enemigos naturales un parasitoide no identificado y un entomopatógeno (*Metarhizum anisopliae anisopliae*).

Los adultos de *S. a. socoro* colectados resultaron parasitados en un 4.23% ( $N = 71$ ), mientras que las ninfas resultaron parasitadas en un 4.35% ( $N = 23$ ). *M. a. anisopliae* fue registrado en sólo uno de los adultos colectados. En las ninfas no se encontraron hongos entomopatógenos.

Se recomienda no controlar a *S. p. piceifrons* debido a que, al parecer, no representa ninguna amenaza para la especie endémica y a que no representa un peligro para el ecosistema insular, según los datos registrados en esta tesis.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Invasión de especies exóticas a islas

A las especies no nativas se les ha llamado: exóticas, alienígenas, no indígenas o introducidas y si éstas se expanden agresivamente dentro de una comunidad, se les llama invasoras (Dybas, 2004). Las especies invasoras o colonizadoras son aquellas que fácilmente cruzan barreras con o sin la ayuda de los humanos y que rápidamente se establecen expandiendo su espectro y número (Ehrlich, 1986).

Ehrlich (1986) menciona siete características de las especies invasoras que las hacen exitosas en la conquista de un nuevo hábitat: (1) son abundantes en su lugar de origen, (2) son polípagas, (3) presentan generaciones cortas, (4) las hembras una vez fertilizadas tienen alta capacidad de colonización, (5) son más grandes que la mayoría de las especies emparentadas, (6) se encuentran asociadas a poblaciones humanas y (7) son capaces de sobrevivir en una gran variedad de condiciones físicas.

La presencia de una especie no nativa en un área de conservación se considera generalmente perjudicial ya que éstas pueden alterar propiedades ecológicas fundamentales como la dominancia de las especies en una comunidad, los ciclos biogeoquímicos y la productividad primaria (Mack *et al.*, 2000).

Las islas son los ecosistemas más propensos a presentar invasiones en comparación con los ecosistemas continentales similares, donde la severidad de las invasiones se incrementa al aumentar el aislamiento de la isla (D'Antonio y Dudley, 1995). Esto se debe a que las comunidades insulares tienen una baja riqueza específica y a que sus especies presentan un alto grado de especialización lo cual se refleja en la presencia de redes tróficas pequeñas, comunidades no saturadas, en una menor habilidad competitiva de las especies insulares en contra de las especies introducidas y en la existencia de nichos vacantes dentro de las comunidades insulares (Carlquist, 1974).

Las especies exóticas de animales y plantas pueden romper el balance en la estructura trófica de las comunidades de invertebrados. Los vertebrados introducidos en muchos casos han causado la extinción o el declive de muchas especies de invertebrados por depredación o por la alteración de la vegetación natural debida al sobrepastoreo (Wells *et al.*, 1983). Las especies de invertebrados alienígenas son una amenaza debido a la competencia por recursos alimenticios y por el hábitat o bien por la probabilidad de hibridación con las especies nativas (Wells *et al.*, 1983). Recientemente ha habido mucho interés por la extinción de invertebrados en islas, sin embargo, existen pocos datos cuantitativos al respecto (D'Antonio y Dudley, 1995). En las islas Guam y Galápagos se atribuyó la extinción de varias especies de insectos a especies alienígenas, asimismo en otras islas del Pacífico como en las islas de Hawai y Samoa, la extinción de varias especies de Hymenoptera se relacionó con la introducción de avispas y hormigas (Gillespie y Roderick, 2002).

## **1.2. Manejo de especies exóticas y plagas**

El manejo de las especies alienígenas invasoras se ha enfocado en las especies que afectan a la agricultura, la pesca, la silvicultura y a las actividades humanas (Odour, 1999), es decir, al manejo de plagas ya que una especie que recibe este estatus, es cualquier organismo que lastima, daña o incomoda al hombre, sus animales, cultivos o posesiones (Hill, 1983). Recientemente se han realizado programas para el manejo de especies invasoras en áreas naturales protegidas con el objeto de proteger a las especies ahí existentes, así como a la estabilidad ecosistémica (Odour, 1999).

De acuerdo con Wittenberg y Cock (2001), cuando se quiere llevar a cabo un programa de manejo se necesita conocer la extensión y calidad del área que se quiere proteger así como la situación de la especie invasora y de la especie o especies nativas amenazadas. El manejo de una especie invasora conlleva costos, es por esto que se tiene que evaluar su

aplicación. Generalmente se decide actuar con base a una lista de prioridades así, las especies con mayor prioridad para controlarse serían aquéllas cuyas poblaciones se encuentren en números muy bajos, especies que puedan alterar los procesos ecosistémicos, las especies que matan, parasitan, hibridizan o eliminan por competencia a las especies nativas, las especies que se encuentren en áreas de un alto valor de conservación y aquéllas que según la información recabada, tengan posibilidades de ser controladas. En la toma de decisiones nunca se tendrá un conocimiento completo ni de la situación actual de las especies involucradas o del funcionamiento del ecosistema, ni mucho menos de todos los posibles efectos adversos que un programa de manejo podría acarrear sin embargo, se debe de tomar en cuenta que la alternativa de no actuar también podría traer riesgos medioambientales mayores al permitir que la especie invasora continúe con sus efectos negativos (Carruthers, 2003).

Wittenberg y Cock (2001) mencionaron cuatro estrategias principales en el manejo de especies invasoras las cuales son la erradicación, la contención, el control y la mitigación. La erradicación es la eliminación de la población completa de la especie a tratar incluyendo cualquiera de sus etapas de desarrollo. Para ésta se pueden utilizar varios métodos: de tipo mecánico, químico (insecticidas, plaguicidas), biológico (biopesticidas, liberación de machos estériles), manejo del hábitat (quemadas, pastoreo) y caza. En la contención lo que se busca es la restricción de la expansión de una especie invasora así como el contener a la población en un área definida. El control tiene como objetivo la reducción de la densidad y abundancia de la especie invasora. El estado debilitado de la especie controlada permitiría la recuperación de las especies nativas permitiendo el regreso de éstas a sus terrenos de dominio. En algunos casos se ha llevado de esta manera a la extirpación de la especie exótica. El control se puede realizar por medio de algunos de los mismos métodos utilizados en la erradicación. El más utilizado actualmente es el control biológico cuyo objetivo es encontrar un balance entre la

población de la especie invasora y la de sus enemigos naturales asegurando que ninguno de ambos se vuelva muy abundante y por lo tanto manteniendo la diversidad de especies (Odour, 1999). Los enemigos naturales más utilizados actualmente son los parásitos, los parasitoides y los patógenos (Odour, 1999).

Si no es viable la erradicación, el control o la contención, se busca mitigar los efectos de las especies invasoras sobre las especies nativas sobre todo de aquéllas que se encuentren bajo protección especial, para esto se ha buscado la reubicación de las especies en peligro a sitios donde no son accesibles para las especies invasoras (Wittenberg y Cock, 2001).

### **1.3. Protección de especies endémicas de insectos**

El futuro de la humanidad depende de la conservación de la diversidad biológica (Holdgate y Giovannini, 1994). Existen muchas especies de valor utilitario para los seres humanos desde el punto de vista de la alimentación, la medicina, la industria cosmética y la textil, entre otras (Leitzell, 1986). Los beneficios que nos otorgan las especies que no caen dentro de este espectro han sido muy debatidos. Actualmente se reconoce que las especies juegan papeles esenciales en los ecosistemas (Leitzell, 1986). Existen también argumentos que apoyan la protección de las especies con base al otorgamiento de beneficios intelectuales en el ámbito de la ciencia y el arte (Leitzell, 1986). Además algunos filósofos de la ciencia, han hablado del valor intrínseco de las especies, donde el valor de cada especie es independiente del bienestar que pueda aportar a la humanidad pero estas posturas no han tenido consenso (Leitzell, 1986).

Según Pyle *et al.* (1981) los beneficios humanos derivados de los insectos cubren las tres categorías mencionadas (económica, intelectual y ecológica), según se expone a continuación. En la esfera económica el combate de pestes a través del control biológico llevado a cabo por algunos insectos ha sido mucho más eficaz que los métodos químicos de

control de plagas. Además, existen culturas cuya fuente principal de proteínas son estos organismos. Dentro del campo de la industria los insectos nos proveen de varios productos como seda, miel, pegamento y tintes, entre otros. Los insectos pueden ser objeto de la comercialización como en Papúa, Nueva Guinea, donde se ha establecido un mercado legal para coleccionistas. Por otro lado, los insectos juegan un papel importante en la polinización por lo cual también son de importancia económica para los fruticultores y floricultores; asimismo, se usan como bioindicadores de la calidad del agua.

En términos ecológicos los insectos son componentes esenciales de las redes tróficas y del ciclaje de nutrientes, como parásitos, parasitoides, presas, depredadores, herbívoros y descomponedores (Pyle *et al.*, 1981; Wells *et al.*, 1983).

En el ámbito intelectual el estudio de los insectos ha sido de gran utilidad en el avance de las teorías científicas en evolución biológica, en la genética, en la investigación sobre el medio ambiente, entre otros (Pyle *et al.*, 1981).

No se sabe cuántas especies de insectos han dejado de existir debido al impacto humano sobre los ecosistemas. Este es un número difícil de calcular debido a la gran diversidad del grupo y ha que hay muchas especies que ni siquiera han sido descritas, sobre todo, en las zonas tropicales (Pyle *et al.*, 1981). En particular, se sabe que las islas presentan niveles elevados de extinción; en el caso de los insectos, de las extinciones conocidas, 10 han ocurrido en los continentes y 51 en islas (Gillespie y Roderick, 2002).

Según Wells *et al.* (1983) la mayor amenaza para las especies de invertebrados son la destrucción de su hábitat, la contaminación, la explotación y la introducción de nuevas especies. Frecuentemente estas amenazas actúan en conjunto siendo difícil determinar cuál es el factor que tiene mayor peso en la extinción de especies.

#### **1.4. Biología y ecología de Acridoideos**

Los insectos pertenecientes a la superfamilia Acridoidea presentan antenas cortas (más pequeñas a la longitud del cuerpo), órganos timpánicos en el abdomen, tarsos tri-segmentados, cercos cortos, alas posteriores dispuestas en forma de abanico y ovipositor no elongado (Uvarov, 1966).

Dentro de los acridoideos se encuentran tanto los chapulines como las langostas (Uvarov, 1966). La diferencia entre ambos no tiene ninguna razón taxonómica sino conductual (Chapman, 1976). Las langostas se presentan bajo dos estados extremos llamados fases (la fase gregaria y la fase solitaria) los chapulines en cambio, se encuentran generalmente de manera solitaria (Chapman, 1976). Existe una continuidad en el grado de gregarización de las especies de acridoideos existiendo especies con un grado intermediario de agrupación donde la separación entre langostas y chapulines parece totalmente arbitraria y fútil (Chapman, 1976).

En las langostas los individuos de las dos fases difieren en su comportamiento, y en algunas especies en su morfometría y color (Chapman, 1976). Se registra generalmente una continuidad en las características de los individuos intermedios entre las dos fases (Chapman y Joern, 1990). El polimorfismo de fases de las langostas depende principalmente de la densidad, aunque las características de las fases así como el grado de su cambio depende también de la especie, de la subespecie o variedad, del sexo y del estadio de desarrollo, a demás del efecto de algunos factores medioambientales como la temperatura (Chapman, 1976).

Los insectos de la fase gregaria se agregan en grupos muy densos llamados mangas si están formados por adultos y bandas si están formados por ninfas (Pérez-Miceli y Sánchez-Anguiano, 2005).

Existe una gran variación en cuanto a los patrones de fluctuación de las poblaciones en

las especies de acridoideos; siendo por supuesto esta diferencia más acentuada entre los chapulines y las langostas (Chapman y Joern, 1990). En las langostas el aumento en los números poblacionales se suele dar en intervalos de tiempo mucho más cortos y de manera más abrupta con respecto a los chapulines además de que rara vez, la densidad de las poblaciones de chapulines llega a ser tan grande como aquella que alcanzan las langostas (Uvarov, 1966; Chapman, 1976).

Las poblaciones de acridoideos aumentan o disminuyen de tamaño de acuerdo a procesos como el nacimiento, la muerte, la migración y la inmigración manteniéndose dentro de ciertos límites de tamaño mediante procesos que regulan a estas poblaciones (Chapman y Joern, 1990). Según Berryman *et al.* (1987) la densidad poblacional sólo puede ser regulada por procesos de reacción negativa. Los procesos de reacción negativa requieren que ciertos factores aumenten su efecto negativo sobre procesos poblacionales claves como la supervivencia, la reproducción o la migración en respuesta a incrementos en la densidad. Estos factores, tales como la disponibilidad de alimento y espacio, son considerados densodependientes, ya que éstos dependen directamente de la densidad poblacional y de la tasa de incremento de la población (Varley *et al.*, 1973). Por el contrario, otros estudios demuestran que los factores densoindependientes, tales como el clima, tienen un papel de mayor impacto sobre la dinámica poblacional con respecto a los factores densodependientes (Farrow, 1979; 1982).

Según Chapman y Joern (1990) los acridoideos presentan dos mecanismos con los cuales pueden aclimatar sus ciclos de vida ante los períodos inhóspitos; estos son: la migración y la diapausa. La migración es una respuesta efectiva ante cambios medioambientales rápidos y aperiódicos mientras que la diapausa, se presenta ante condiciones medioambientales subóptimas que ocurren de manera estacional. Como resultado de estos mecanismos existe una gran variabilidad en los ciclos de vida de las poblaciones de

una misma especie encontrando que si éstas habitan en lugares distintos pueden presentar diferente número de generaciones en un año (univoltinas o bivoltinas) o variación en el número de estadios.

En las especies de acridoideos que viven en los trópicos la reproducción generalmente se restringe a la época de lluvias, los huevos maduran sin presentar diapausa requiriendo para su viabilidad, que exista un mínimo de humedad edáfica, las ninfas se desarrollan alimentándose de los pastos o hierbas efímeras y alcanzan el estadio adulto antes de que desaparezcan las plantas huéspedes adecuadas para su desarrollo, sobreviviendo la temporada de sequía como adultos alimentándose de los árboles y arbustos disponibles (Chapman y Joern, 1990).

Los acridoideos juegan un papel muy importante en el funcionamiento de los ecosistemas debido a sus características biológicas y ecológicas, entre las que se encuentran: (a) amplia distribución mundial en varios tipos de vegetación tales como: pastizales, matorrales xerófilos, pantanos y bosques sucesionales (Parmenter *et al.*, 1991), (b) pueden ocasionar altos niveles de daño llegando a consumir hasta un 20.1% de la producción primaria neta del área (Kohler *et al.*, 1987), (c) tanto en ecosistemas naturales como en los manejados por el hombre constituyen el grupo de insectos más importante en términos de densidad y biomasa (Cano-Santana, 1994) y (d), responden rápidamente a las perturbaciones, debido en parte a su alta vagilidad, su alta tasa reproductiva y, en algunas especies, a su corto tiempo generacional (Uvarov, 1966; Parmenter *et al.*, 1991). Se ha sugerido que en ausencia de grandes herbívoros, los acridoideos tienen un importante papel ecológico en el flujo de energía y el ciclaje de nutrientes (Parmenter *et al.*, 1991).

### 1.5. La invasión de *Schistocerca piceifrons piceifrons* a isla Socorro

Song *et al.* (en prensa) basándose en la distribución de *S. p. piceifrons* proponen que esta especie debió llegar a la isla Socorro desde México ayudada por los vientos dominantes en esta zona del Pacífico los cuales van de este a oeste. Las especies del género *Schistocerca* son conocidas por su gran habilidad para volar, un vuelo migratorio sobre el océano Pacífico de esta magnitud es posible para *S. p. piceifrons*. La mayoría de los registros que se tienen sobre migraciones a larga distancia pertenecen a *S. gregaria*, se sabe que las mangas de esta especie pueden recorrer distancias mayores a 100 km/día (Chapman, 1976). Existe un registro de un recorrido de 1000 km en menos de 24 h realizado por estas langostas para cruzar el mar Mediterráneo desde Marruecos hasta Portugal, en octubre de 1945 (Chapman, 1976) y otro en 1988 donde una manga cruzó el océano Atlántico desde África del oeste a la India cubriendo una distancia que excede los 5000 km (Kevan 1989, Ritchie y Pedgley, 1989). Aunque no se tiene registrado ningún vuelo transoceánico de *S. p. piceifrons*, la distancia que separa a esta especie de sus poblaciones continentales (648 km) resulta razonablemente posible para su capacidad de vuelo (Song *et al.*, en prensa). No se sabe si la colonización de la isla Socorro por *S. p. piceifrons* ocurrió en múltiples eventos o en uno sólo, pero lo que está claro es que en 1925, cuando Hanna realizó una expedición a la isla San Benedicto esta especie formaba mangas en esta isla vecina (Hanna, 1926). Sin embargo, en cuanto a la isla Socorro, Hanna (1926) no describe ninguna manga e inclusive menciona el encontrarse sorprendido por la poca abundancia de insectos voladores, al menos en las zonas bajas de la isla donde permaneció por un periodo de 10 días (Song *et al.*, en prensa).

Desde 1925 han habido múltiples expediciones al Archipiélago de Revillagigedo. Palacios-Vargas *et al.* (1982) examinaron a los insectos colectados en tres de estas expediciones y sólo registraron a *Schistocerca americana socoro*. Song *et al.* (en prensa) concluyen que sólo existen dos posibles explicaciones de la presencia de *S. p. piceifrons* en la

isla Socorro: 1) Las langostas emigraron de la isla San Benedicto hacia la isla Socorro antes de que el volcán de la primera cubriera por completo a la Isla de cenizas en 1952. Una vez en Socorro, las langostas pudieron permanecer inconspicuas y solitarias por varios años, hasta que tal vez por cambios en el uso de la tierra (deforestación), condiciones climáticas favorables (lluvias o sequías prolongadas) o por la introducción y expansión de organismos exóticos (borregos, gatos, árboles frutales, etc.) que alteraron los hábitats, pudo haberse desencadenado un brote de langostas gregarias. 2) También es posible que haya habido una recolonización del archipiélago desde el continente.

### **1.6. Justificación**

Los estudios sobre la estructura poblacional de *S. p. piceifrons* abordados en el presente trabajo resultan fundamentales para estimar el impacto de las poblaciones de esta especie sobre el ecosistema insular. En cuanto a la especie endémica, antes de este trabajo no se conocía nada sobre su biología y ecología por lo que esta tesis es pionera en el estudio de estos aspectos mostrando también el estado de sus poblaciones, conocimiento que es necesario poseer en pos de su conservación. Algunos de los aspectos estudiados durante el presente trabajo resultan fundamentales para saber si la presencia de *S. p. piceifrons* en la Isla podría afectar el desempeño de *S. a. socoro*. Si se concluyera con trabajos posteriores que es necesario diseñar una estrategia de manejo contra *S. p. piceifrons* este trabajo aportaría datos sobre cómo se puede realizar esto sin afectar a la especie endémica, además si se optara por una estrategia de control biológico esta tesis incluye información sobre que enemigos naturales podrían ser utilizados que brindarían la mayor eficacia y el menor riesgo ecológico.

## II. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es conocer la variación temporal de la estructura poblacional y los factores de mortalidad de *Schistocerca piceifrons piceifrons* y de *Schistocerca americana socoro* en isla Socorro, México.

Los objetivos particulares son:

1. Conocer la historia natural (hábitats, conducta, fenología y enemigos naturales) de *S. piceifrons piceifrons* y de *S. americana socoro* en esta localidad.
2. Conocer la densidad y distribución de las poblaciones de ambas especies en isla Socorro.
3. Conocer la variación en la proporción sexual de los adultos de ambas especies a lo largo del tiempo.
4. Conocer los niveles de mortalidad por enemigos naturales de ambas especies.

### III. SITIO DE ESTUDIO

#### 3.1. Localización

La isla Socorro es una de las cuatro islas que conforman el Archipiélago de Revillagigedo. Este Archipiélago se encuentra en el océano Pacífico entre los 720 y 970 km al oeste de Manzanillo y a 386 km al sur de cabo San Lucas, en la Baja California (Hanna, 1927). El archipiélago es un área natural protegida bajo la categoría de Reserva de la Biosfera desde el 6 de junio de 1994 (Ortega-Rubio y Castellanos-Vera, 1994).

La isla más próxima a la costa y la más grande del Archipiélago es precisamente Socorro, que mide 13 km de largo por 10 km de ancho con una superficie aproximada de 167 km<sup>2</sup>. Ésta se localiza a 18° 43' N y 110° 57' O a 648 km de la costa de Jalisco y a 480 km hacia el sur de la península de Baja California (Brattstrom, 1990).

#### 3.2. Clima

La única estación meteorológica de la Isla se encuentra al sur, aquí se registra un clima BS<sub>0</sub> (h) w (i), es decir, árido-cálido con lluvias en verano y una oscilación térmica moderada en el invierno; la temperatura media anual es de 24.6°C, presentándose la máxima absoluta en el mes de julio (36.1°C) y la mínima absoluta en febrero (5°C). La precipitación total anual es de 404.7 mm; el mes más lluvioso es septiembre (95.6 mm) y el mes más seco es abril (0 mm) (Coria-Bennet, 1994).

En la Isla las condiciones climáticas no son homogéneas debido al gradiente altitudinal de 1050 m. Por ejemplo, se puede observar niebla constante hacia los 700 y 900 m s.n.m., lo cual ocasiona que esta zona presente bajas temperaturas (17-18°C) y altos niveles de precipitación (1200 mm) en comparación al resto de la Isla (Miranda, 1960; Coria-Benet, 1994).

El Archipiélago de Revillagigedo se encuentra en la trayectoria de huracanes que se

### 3.5. Vegetación

En la Isla se registran 117 especies de plantas, de las cuales 30 son endémicas y 47 fueron introducidas por el hombre durante el siglo XX (Levin y Moran, 1989).

La fisonomía general de la isla Socorro es tropical; sin embargo, las diferencias altitudinales, topográficas, climáticas, de exposición, tipo de suelo y perturbaciones permite el desarrollo de diferentes asociaciones vegetales (Miranda, 1960). León de la Luz *et al.* (1994) identificaron siete diferentes unidades paisajísticas de acuerdo a la fisonomía de la vegetación (ver Figura 3.1). A continuación se revisan las características de cada comunidad vegetal:

a) *Vegetación costera*. La vegetación costera está formada por hierbas de vida corta encontrándose también especies arbustivas y arbóreas. Se distribuye irregularmente a lo largo de la rocosa franja litoral, acantilados, playas y dunas costeras. En esta comunidad domina *Conocarpus erecta* e *Hibiscus pernambucensis*.

b) *Matorral deciduo*. El componente principal del matorral deciduo es *Croton masonii*, especie que pierde la totalidad de sus hojas durante la temporada de sequía (febrero-junio). Esta comunidad vegetal ocupa alrededor de 1000 ha y se extiende con mayor dominancia en la parte sur, desde la franja costera hasta unos 250 m de altitud, aunque existen manchones reducidos hacia el norte y oeste. Se desarrolla principalmente sobre un extenso derrame basáltico con pendiente de leve a moderada.

c) *Áreas erosionadas*. Estas zonas presentan una flora muy pobre en abundancia y riqueza y se localizan sobre algunas mesetas que se encuentran por encima del matorral de *Croton* sin pasar de los 400 m de altitud y solamente en la parte sur de la Isla. Ahí se puede desarrollar una asociación vegetal secundaria, a partir de la declinación del bosque y del matorral deciduo, donde tiende a dominar *Ficus cotinifolia*, *Psidium* spp. y *Guettarda insularis*. Esta declinación se atribuye al sobrepastoreo por borregos y a la acción erosiva del desplazamiento aluvial. Sin embargo, en otras áreas tienden a dominar especies herbáceas y

arbustivas con amplios intervalos de tolerancia, entre las que destaca *Mitracarpus hirtus*. Esta especie se considera como la invasora más agresiva por su relativo recién ingreso (Levin y Moran, 1989) y por su presencia en prácticamente todas las demás unidades paisajísticas.

d) *Pastizal*. Este tipo de vegetación ocupa unas 250 ha de extensión discontinua y se distribuye en el extremo sur, sobre sitios de pendiente moderada y lomeríos de escasa elevación sobre el nivel del mar. Se encuentra por lo general sobre un sustrato rocoso de suelo somero. Ahí dominan las gramíneas *Eragrostis ciliaris*, *Aristida* sp. y *Paspalum longum* (Miranda, 1960).

e) *Matorral mixto*. Ocupa la mayor superficie de la Isla (8000 ha), abarcando las superficies bajas y medias de la parte central y norte, desde el nivel del mar hasta los 950 m. Se desarrolla en suelos arcillosos y pedregosos con pendientes moderadas. Aquí dominan hierbas perennes, de tallos semiprostrados, estoloníferos y algunas especies arbustivas, entre las que se encuentra *Dodonaea viscosa* y *Guettarda insularis*, aunque en ciertas áreas entre los 250 a 400 m domina *Opuntia* sp.

f) *Bosque*. Éste ocupa una superficie de 4000 ha donde domina un estrato arbóreo. Aquí la dominancia de alguna especie depende de la altitud. Entre los 250 y los 500 m de altitud se encuentran los bosques donde domina el matapalo, *Ficus cotinifolia*, que ocupa zonas de pendientes leve y suelos profundos, registrándose sobre todo en la parte sur de la Isla. Por otro lado, a partir de una altitud de 500 m se observa un bosque con mayor riqueza arbórea con elementos como *Bumelia socorroensis*, *Ilex socorroensis* y *Psidium socorrense*. Finalmente, a partir de los 700 m los componentes exhiben coberturas con densa y abundante ramificación aquí dominan *Meliosoma nesites*, *Prunus capuli* y varias especies de helechos.

g) *Pradera*. Este tipo de vegetación se distribuye entre los 850 y los 950 m en las partes más altas de la Isla. En estos sitios existe carencia de suelo, fuertes vientos y bajas temperaturas, algunas especies características son: *Aristida vaginata*, *Eupatorium pacificum* e

*Hypericum eastwoodianum*.

Cano-Santana *et al.* (2005) describieron once comunidades vegetales adicionales que eran necesarias para su estudio (Figura 3.1):

a) *Bejucal*. Se encuentra en algunas cañadas poco pronunciadas del este de la Isla. Está dominado por completo por una especie de bejuco no identificado de la familia Malvaceae, que alcanza alturas de entre 1 y 2.5 m de altura.

b) *Bosque de Bumelia*. Rodea al volcán Evermann entre los 600 y los 800 m de altitud aunque se encuentra entrecortado por algunos pedregales. Los árboles alcanzan entre 8-12 m de altura. Dominan *Bumelia socorrensis* y *Psidium* sp. y en menor medida *Ilex socorrensis*, *Guettarda insularis* y *Forestiera rhamnifolia*. Esta comunidad vegetal es subperennifolia pues permanece verde casi todo el año.

c) *Bosque de Ficus*. Se localiza a una altitud de 430 m. Aquí domina *Ficus cotinifolia* siguiéndole en importancia *Bumelia socorrensis*, *Guettarda insularis* y *Psidium* spp. El estrato arbóreo alcanza entre 5 y 6 m de altura.

d) *Helechal de Pteridium*. Está presente cerca del paradero al centro de la Isla en la ladera sur del volcán Evermann y en las zonas sureste y este. Dominado en su totalidad por *Pteridium caudatum* (Polypodiaceae) que alcanza entre 0.5 y 1.5 m de altura y pueden presentarse algunos elementos aislados de *Dodonaea viscosa* (Sapindaceae).

e) *Matorral Costero*. Se encuentra en las inmediaciones de Playa Norte, donde dominan arbustos bajos de hoja crasa de 1.5 m de altura entre las que se encuentran *Conocarpus erecta* y *Croton masonii*, así como algunas hierbas como *Chamaesyce inserta*.

f) *Matorral de Dodonaea*. Se encuentra en las laderas sur y norte del volcán Evermann. Aquí dominan arbustos de entre 0.5 y 2.5 m de *D. viscosa*. En algunas zonas se pueden encontrar algunos elementos aislados de *Pteridium caudatum*.

g) *Matorral de Dodonaea-Opuntia*. Ubicado en la zona sur de la Isla, sobre zonas de

suelo desnudo, sometido a condiciones de sequía. Aquí codominan arbustos de *D. viscosa* con elementos muy ramificados de *Opuntia* sp. (Cactaceae).

h) *Matorral submontano*. Comprende una zona de transición entre la pradera mixta del cráter del volcán Evermann y el bosque de *Bumelia*. Se desarrolla entre los 850 y 900 m s.n.m., donde se registran algunos elementos achaparrados de *Bumelia socorrensis*, así como *P. caudatum* y *D. viscosa*.

i) *Pradera de Senna*. Este tipo de vegetación se encuentra a una altitud de 350 m aquí domina *Senna obtusifolia* (Leguminosae) coexistiendo con *Datura* sp. (Solanaceae), una Rubiaceae no identificada y algunos elementos de *Opuntia* sp. La altura de la vegetación puede alcanzar entre 0.8 y 1.2 m.

j) *Pradera Mixta*. Se encuentra en el cráter del volcán Evermann entre los 900 y 950 m de altitud y presenta diversos elementos herbáceos de hasta 60 cm de altura y escasos elementos leñosos. Corresponde completamente a la pradera descrita por León de la Luz *et al.* (1994).

k) *Matorral de Dodonaea-Cordia-Ficus*. Se encuentra en las inmediaciones de la aeropista y en la desviación hacia el camino del volcán Evermann entre los 350 a 458 m de altitud.

l) *Matorral de Psidium* Comprende árboles de *Psidium* spp. que van de 1.0 m a 3.0 m; los cuales se puede encontrar asociados con especies de *Croton masonii*, *Opuntia* sp. y *Dodonea viscosa*. En temporada de lluvias aparecen gran cantidad de especies herbáceas como por ejemplo *Aristida vaginata*, *Boerhavia coccinea*, *Chamaesyce hirta*, *Desmodium procumbens*, *Verbena sphaerocarpa*, entre otras. Se distribuye en pequeños manchones entre los 200 y 400 m de altitud.

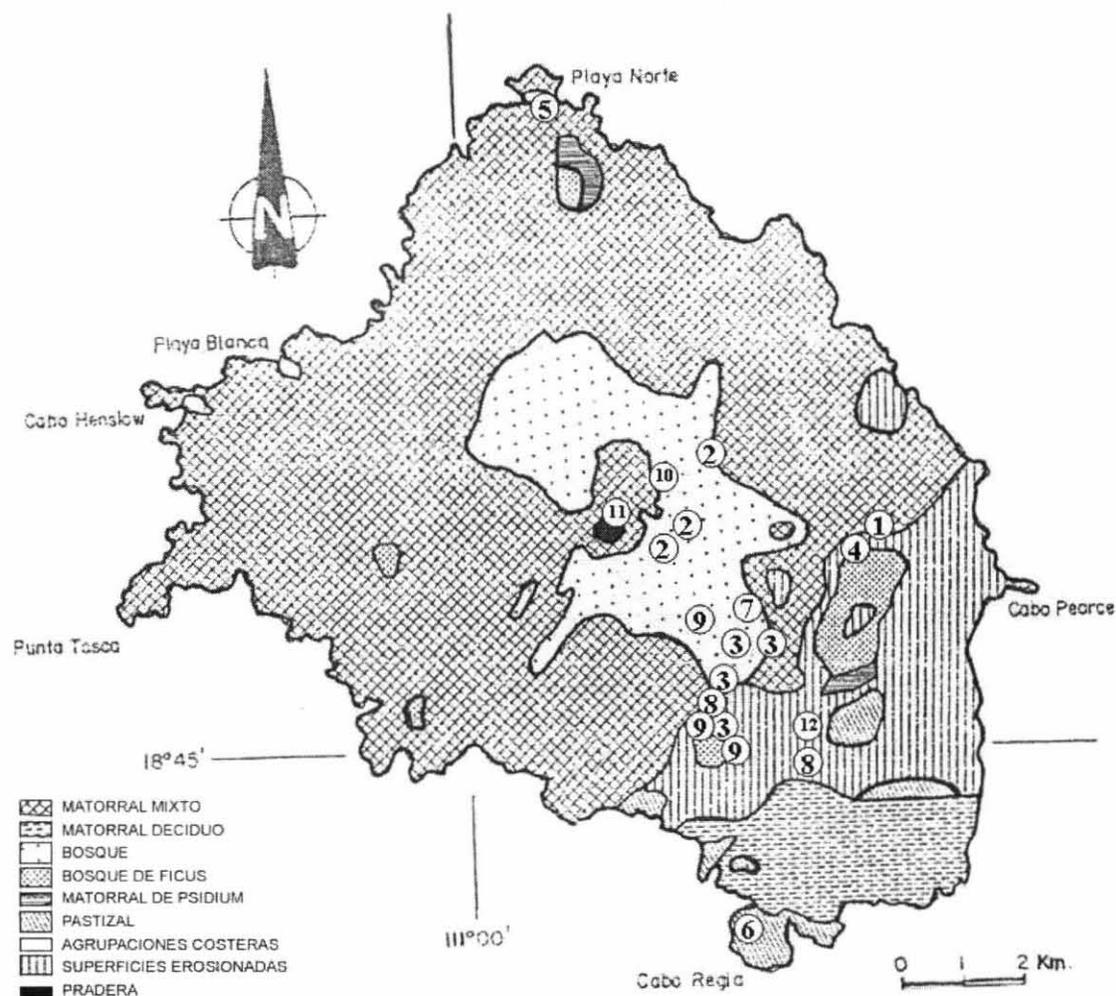


Figura 3.1. Mapa de vegetación de la Isla Socorro mostrando con texturas las asociaciones fisonómico florísticas (León de la Luz *et al.*, 1994) y con números\* algunos tipos de vegetación encontrados por Cano-Santana *et al.* (2005). \* 1 = Bejuca, 2 = Bosque de *Bumelia*, 3 = Bosque de *Ficus*, 4 = Helechal de *Pteridium*, 5 = Matorral Costero, 6 = Matorral de *Croton*, 7 = Matorral de *Dodonea*, 8 = Matorral de *Dodonea-Opuntia*, 9 = Matorral de *Psidium*, 10 = Matorral submontano, 11 = Pradera Mixta, 12 = Pradera de *Senna*.

### 3.6. Fauna

Jiménez *et al.* (1994) reportaron 219 especies de artrópodos de los cuales el 74.9% correspondió a los insectos, el 13.7% a los arácnidos y el 9.6% a los ácaros. A excepción de 18 especies endémicas, la mayoría se distribuye o tiene afinidad con los artrópodos de la costa del Pacífico mexicano.

No existen mamíferos nativos, sin embargo existen tres especies introducidas: el borrego doméstico (*Ovis aries*), el gato doméstico (*Felis catus*) y el ratón casero (*Mus musculus*); se encuentran dos reptiles lacertillos uno de los cuales (la lagartija azul, *Urusaurus auriculatus*) es endémico (Tessaro *et al.*, 1994). Asimismo, se encuentran ocho especies de aves endémicas y 35 especies que son visitantes ocasionales (Rodríguez-Estrella *et al.*, 1994).

### 3.7. Factores de disturbio

Las actividades humanas han colaborado de manera importante en la degradación del hábitat ya sea, de manera directa a través de la explotación de los bosques y el desmonte de algunas áreas o indirectamente, mediante la introducción de especies exóticas como el gato doméstico, el ratón casero, la paloma doméstica y el borrego doméstico (Díaz *et al.*, 1994).

Aunque ya previamente se habían dado establecimientos temporales de grupos humanos en la Isla, no fue sino hasta 1958 que se estableció de manera permanente una base naval (Reyes *et al.*, 1998). En la actualidad habitan en la Isla cerca de 40 integrantes del personal de la Secretaría de Marina.

El borrego doméstico ha sido identificado como el principal responsable de la degradación del hábitat. Los borregos fueron introducidos en la isla Socorro en 1869 (Hanna, 1926) y desde entonces, un sobrepastoreo ha contribuido a la perturbación y pérdida casi total de la vegetación nativa en casi 2, 000 ha de la superficie isleña, afectando sobre todo a los

lados sur y este de la Isla en los cuales se observan procesos claros de erosión (Castellanos-Vera y Ortega-Rubio, 1995).

## IV. SISTEMA DE ESTUDIO

### 4.1. El género *Schistocerca*

En el género *Schistocerca* Stål (Cyrtacanthacridinae) existen alrededor de 50 especies ampliamente distribuidas en América (Dirsh, 1974; Song, 2004a). Cuatro especies de este género son conocidas debido a su habilidad para formar mangas y presentar el fenómeno densodependiente de polimorfismo de fases, sin embargo, la mayoría de las especies de *Schistocerca* son chapulines solitarios y sedentarios de hábitos arbóreos (Song, 2004b; Dirsh, 1974). Excepto por las especies de importancia agrícola y algunos chapulines no se conoce mucho sobre la biología de las especies de este género (H. Song, com. pers.).

Por lo menos diez especies del género se encuentran en México: *S. piceifrons piceifrons*, *S. pallens*, *S. nitens*, *S. centralis*, *S. camerana*, *S. damnifica*, *S. brevis*, *S. albolineata*, *S. obscura* y *S. americana socoro* (Harvey, 1981; Song, 2004b). En la isla Socorro se registran tres especies: *S. p. piceifrons*, *S. a. socoro* y *S. nitens* (Cano-Santana *et al.*, 2005).

### 4.2. *Schistocerca piceifrons piceifrons*

*Schistocerca piceifrons piceifrons* (Walker) es una especie que en México tiene una distribución discontinua y con dos vertientes geográficas. Por el oriente se distribuye desde Tamaulipas y San Luis Potosí (Astacio y Landaverde, 1988; Barrientos *et al.*, 1992) hasta Yucatán (M. Poot-Pech com. pers.) mientras que por la vertiente del Pacífico se ha observado su presencia en estados como Colima, Jalisco y Nayarit (I. Castellanos y E. Rivera com. pers.). Esta especie se caracteriza por presentar el fastigio como una unidad anatómica sin dividir y un cuerpo robusto de forma cilíndrica (Harvey, 1983). El tubérculo prosternal es vertical y pubescente (Barrientos, 2002a); el tórax tiene forma de silla de montar, los tímpanos se localizan en el primer segmento abdominal (Uvarov, 1966, 1977). Por arriba de

los tímpanos se insertan los dos pares de alas bien desarrolladas y las tegminas las cuales presentan manchas negras bien definidas, especialmente en la región anterior (Barrientos, 1990). En la cara externa de los fémora III tienen una línea negra longitudinal cuyo grosor varía de 2 a 3 mm; en la cara interna y en los dos primeros tercios de los fémora III se localizan los peines (Trujillo, 1975; Barrientos, 1990).

Presenta una franja sub-ocular de color café oscuro y bien marcada tanto en los adultos como en las ninfas (Pérez-Miceli y Sánchez-Anguiano, 2005). La coloración corporal de la especie varía del verde claro al amarillo, pasando por una tonalidad parda o bien, del rosáceo al rojizo, con tonalidades anaranjadas intermedias (Barrientos, 1990).

Esta especie presenta un dimorfismo sexual incipiente, los machos miden de 41 a 51 mm, mientras que las hembras miden de 51 a 62 mm (Trujillo, 1975; Barrientos, 1990); asimismo, los fémora I a II de los machos suelen ser más anchos y más cortos que los de las hembras (Harvey, 1983). En la forma solitaria el dimorfismo sexual se encuentra más marcado en comparación con la forma gregaria (Pérez-Miceli y Sánchez-Anguiano, 2005).

En la isla Socorro, Arrieta y González (1996) encontraron que *S. p. piceifrons* presentó una generación durante el año de estudio. Las poblaciones de esta especie que habitan desde el noreste de México a Centroamérica son bivoltinas (Ávila-Valdez *et al.*, 2005). La primera generación de las poblaciones continentales inicia en mayo y termina en agosto y la segunda inicia entre octubre y noviembre finalizando en abril (Barrientos, 2002a; Ávila-Valdez *et al.*, 2005). La primera generación, a partir del primer estadio ninfal tarda de 60 a 80 días para madurar sexualmente; y la segunda de 155 a 180 días (Ávila-Valdez *et al.*, 2005). Esto es debido a que la segunda generación entra en estado de diapausa debido a las condiciones de sequía, y a la disminución de la temperatura y del período de luz (Ávila-Valdez *et al.*, 2005). Para fines de noviembre el 70-80% de las ninfas de la segunda generación alcanza el estado adulto, cuatro a seis semanas después los músculos del vuelo están fortalecidos y si la

densidad de adultos es alta, se observa el vuelo de las mangas (Ávila-Valdez *et al.*, 2005). Estos adultos permanecen sexualmente inmaduros hasta la llegada de las primeras lluvias en abril-mayo (Ávila-Valdez *et al.*, 2005). La cópula en la primera generación inicia a finales de abril y finaliza en julio, esto se da de acuerdo a la variación en la fecha de inicio de lluvias, por ejemplo, si existe sequía comienza en junio (Ávila-Valdez *et al.*, 2005). La oviposición ocurre de abril a julio y de septiembre a noviembre (Ávila-Valdez *et al.*, 2005). El número de ootecas por hembra varía de uno a cuatro, existiendo hasta ocho posturas registradas bajo condiciones de laboratorio para langostas solitarias (Harvey, 1983). El proceso de incubación de los huevos se realiza en el suelo generalmente bajo la sombra de los arbustos, y tiene una duración de 15 a 16 días a temperaturas superiores a 35°C y de 25 días a 28°C, ambos datos obtenidos bajo condiciones de laboratorio (Ávila-Valdez *et al.*, 2005). Barrientos (2002b) encontró un promedio de 68 huevos por ooteca en adultos solitarios, con un máximo de 93 y una mínimo de 42. Hunter-Jones (1967), por su parte, encontró un promedio de 70.8 huevos/ooteca de hembras gregarias y de 70.2 huevos/ooteca de adultos solitarios.

Presenta de cinco a seis estadios dependiendo de la localidad, que juntos tienen una duración mínima de 30 días para la primer generación y de 60 días para la segunda (Ávila-Valdez *et al.*, 2005). Bajo condiciones de laboratorio, el primer estadio dura seis días en la primera generación y 11 en la segunda, el segundo cinco y diez días respectivamente, en el tercero cuatro y diez días, el cuarto cinco y diez días, y el sexto seis y 12 días respectivamente (Ávila-Valdez *et al.*, 2005). El estadio en el que una ninfa se encuentra se puede determinar contando el número de estrías en los ojos compuestos, pues constituyen un indicador confiable del número de mudas que se han efectuado (Uvarov, 1977). No obstante, un rasgo más sencillo de observar es el número de antenitos, que varía en la siguiente relación: 13, 17, 20, 22, 24, 26 y 28, para los estadios 1 al adulto, respectivamente (Ávila-Valdez *et al.*, 2005).

En la isla Socorro se ha registrado que las hembras ovipositan en las zonas de menor

altitud (Arrieta y González, 1996). En ambientes continentales, el hábitat preferido de *S. p. piceifrons* son las formaciones con vegetación semixerofítica dispuesta en mosaico y cuyos estratos comprendan una altura de 0.5 a 2.0 m (Barrientos, 1990). Este tipo de hábitats los utiliza principalmente para alimentarse, descansar y protegerse. También se ha reportado que esta especie posee una gran afinidad por ambientes deforestados con topografía poco accidentada donde encuentra sitios para ovipositar masivamente (Márquez, 1963).

*Schistocerca piceifrons piceifrons* presenta el fenómeno de cambio de fases y polimorfismo conductual por lo que también se le conoce como langosta voladora o centroamericana (Barrientos 1990). Según Arrieta y González (1996) en la isla Socorro, las ninfas de la fase gregaria poseen una coloración rosada o amarilla con marcas negras, los adultos inmaduros gregarios poseen coloración rojiza, en tanto que las ninfas de la fase solitaria son de color verde claro o beige y los adultos inmaduros de la misma fase son de color pardo. La misma coloración se ha observado en las poblaciones continentales donde además se ha observado que los adultos maduros tanto de la fase gregaria como de la fase solitaria son de color amarillo brillante (Barrientos 1990; Pérez-Miceli y Sánchez-Anguiano, 2005).

*Schistocerca piceifrons piceifrons* es una especie polífaga que en el continente muestra preferencias por cultivos de maíz, soya, frijol, ajonjolí, algodón, plátano, caña de azúcar y el follaje de algunos árboles frutales (Harvey, 1983; Astacio y Landaverde, 1988; Barrientos *et al.*, 1992). En México causa daños de importancia económica en 13 estados: Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Chiapas, Tabasco, Veracruz, Colima, Michoacán, Oaxaca, Guerrero, Nayarit, Tamaulipas y San Luis Potosí (Barrientos *et al.*, 1992).

Arrieta y González (1996) en la isla Socorro registraron una mayor abundancia de ninfas solitarias en febrero en sitios de matorral y pasto y poca densidad en helechales y bosques de *Ficus*. Además observaron que las mangas pueden permanecer en un hábitat por

16 h., cubriendo una extensión de 64 ha estimando que en una de estas mangas existían 316.5 millones de individuos. Como las actividades de *S. p. piceifrons* constituyen un gran problema agrícola en México y Centroamérica (Pérez-Miceli *et al.*, 2005), sus enemigos naturales han sido estudiados en cierta medida. Se han reportado los siguientes enemigos naturales:

a) *Blaesoxipha angustifrons* (Diptera: Sarcophagidae). Esta especie larviposita sobre el integumento de las ninfas y los adultos (Harvey, 1983). Las larvas se introducen por las membranas intersegmentales o el ano del hospedero y emergen de tres a siete días después a través de la membrana del cuello de la langosta (Barrientos, 1990).

b) *Oedematocera dampfi* (Diptera: Tachinidae). Es una mosca que se logró describir de algunos ejemplares de *S. p. piceifrons* que murieron bajo condiciones de laboratorio (Barrientos, 1990).

c) *Scelio fuscipennis* y *S. venezuelansis* (Hymenoptera: Scelionidae). Son avispas parasitoides de los huevos de *S. p. piceifrons* reportadas en algunas localidades de México y Guyana (Harvey, 1983).

d) Coleópteros Meloidae. Las larvas de algunas especies de coleópteros de esta familia se han reportado como depredadoras de los huevos de *S. p. piceifrons* (Barrientos, 1990).

e) La bacteria *Enterobacter cloacae*. Estas se han encontrado atacando a la langosta centroamericana en poblaciones de Yucatán (Harvey, 1983).

f) El nemátodo *Mermis* sp. (Nematoda: Mermitidae). Este organismo se ha encontrado atacando a los huevos de la langosta, pero no se ha podido identificar la especie (L. Barrientos, com. pers.).

g) Aves. Se han registrado a *Crotophaga sulcirostris* (Cuculidae: Cuculiformes) y a *Buteo platyperus* (Accipitridae: Falconiformes) como depredadores de esta especie (Barrientos, 1990).

### 4.3. *Schistocerca americana socoro*

Dirsh (1974) describió a *Schistocerca americana socoro* como se expone a continuación. Las antenas son un poco más largas que la suma de la longitud de la cabeza y el pronoto, el tegumento es muy cerdoso, las cerdas están presentes en el pronoto, el esternón, el abdomen y los fémures I y II, la forma de terminación del pronoto es de obtuso a angular, las tegminas rebasan en longitud a la punta del abdomen y son semitransparentes con marcas negras distintivas y venación oscura. Además existe un marcado dimorfismo sexual en esta especie siendo las hembras mucho más grandes que los machos.

Antes del estudio de (Cano-Santana *et al.*, 2005) no se tenían datos sobre la biología y ecología de la *Schistocerca* endémica.

Recientemente, Song (2006) propuso reclasificar a *S. a. socoro* como *S. socorro*, debido a que en su análisis filogenético (Song, 2004a) mostró que todas las especies del complejo americana poseen un margen posterior del pronoto redondo, el cual es triangular en la especie endémica de la isla Socorro, además argumenta que Dirsh (1974) para clasificar a *S. a. socoro* se basó en una técnica fenética ampliamente criticada (Harvey, 1981; Song, 2004a, 2004b) al describir a los ejemplares colectados por Hanna (1926), como una subespecie de *S. americana* basándose en los patrones del fémur posterior y de las tegminas; caracteres desacreditados por varios autores para determinar relaciones filogenéticas debido a que tienen un alto grado de plasticidad.

## V. MÉTODOS

### 5.1. Calendario de visitas a isla Socorro

Con el fin de estudiar a las poblaciones de *Schistocerca piceifrons piceifrons* y de *Schistocerca american socoro* se llevaron a cabo siete visitas a la isla Socorro entre febrero de 2004 y febrero de 2005 (ver Tabla 5.1), tratando de explorar en cada una de estas la mayor área posible con base en la accesibilidad a cada región, utilizando los caminos disponibles (Figura 5.1) y transporte marítimo.

Tabla 5.1. Calendario de visitas a la isla Socorro.

No. Salida	Fechas de las salidas
1	15 de febrero al 8 de marzo de 2004
2	15 de abril al 8 de mayo de 2004
3	15 de junio al 8 de julio de 2004
4	15 de agosto al 8 de septiembre de 2004
5	15 de octubre al 8 de noviembre de 2004
6	15 de noviembre al 8 de diciembre de 2004
7	15 de enero al 8 de febrero de 2005

### 5.2. Historia natural

Con el fin de documentar la biología de ambas especies, de febrero 2004 a febrero de 2005 se hicieron observaciones de campo en el centro, sur, este y extremo norte de la Isla sobre los individuos adultos, ninfas y ootecas del suelo. Para conocer las etapas del ciclo de vida activas se hicieron registros de (a) fecha, (b) hábitats (comunidad vegetal y topografía), (c) conducta de apareamiento de los adultos, (d) conducta de oviposición y (e) enemigos naturales. Los depredadores se identificaron con guías de campo y con trabajos previos de la fauna de este sitio, así como con la ayuda del naturalista Jeff Jacobsen.

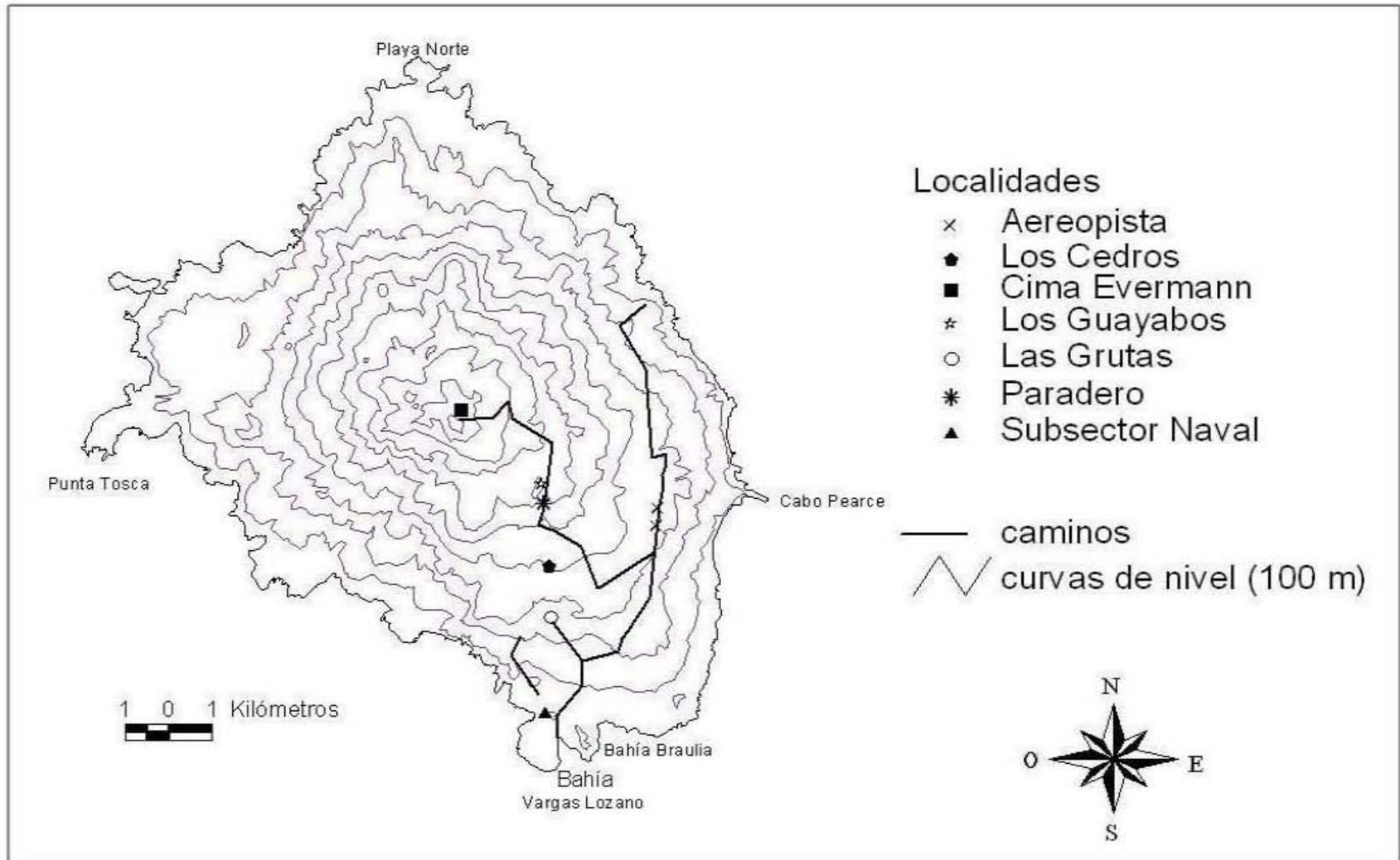


Figura 5.1. Principales localidades de la isla Socorro.

En cada salida se muestrearon las poblaciones de *S. p. piceifrons* en cuatro a cinco comunidades vegetales. Se colectaron todos los adultos de *S. a. socoro* posibles así como adultos gregarios y solitarios de *S. p. p.* También se colectaron ninfas de ambas especies y fases con redes entomológicas. Todos los individuos colectados se cultivaron en recipientes de plástico a temperatura ambiente y en un sitio techado en la Isla. Los organismos supervivientes que se capturaron entre febrero y julio se llevaron al laboratorio de la Facultad de Ciencias donde fueron cultivados en una cámara de ambiente controlado bajo las condiciones medioambientales que se registraron en la Isla en el mes de febrero y marzo. Las condiciones promedio registradas en la Isla fueron: fotoperiodo de 11 h de luz y 13 h de oscuridad, humedad relativa del 60% y temperatura de 19°C.

En el caso de las ninfas, 50 ejemplares del segundo estadio fueron cultivados bajo las condiciones de temperatura de la ciudad de México en grupos de diez y marcados de manera individual para poder seguir la duración de los estadios y el cambio de tamaño entre éstos, además se agregaron al cultivo ejemplares de estadios más avanzados colectados en las salidas posteriores debido a la alta mortalidad que presentaron los ejemplares más jóvenes. Se registraron las siguientes variables morfométricas y del patrón de desarrollo: (1) número de antenitos, (2) longitud de la antena, (3) anchura de la cabeza, (4) largo de la cabeza, (5) anchura del pronoto, (6) longitud mínima y máxima del pronoto, (7) longitud del tórax, (8) anchura del tórax, (9) longitud corporal total, (10) longitud de las tegminas, (11) longitud del fémur III, (12) anchura del fémur III, (13) coloración corporal y (14) las fechas de muda.

En cada salida de campo, de 3 a 4 hembras de *S. p. piceifrons* se disectaron bajo una lente de aumento para determinar el grado de desarrollo de los huevos en el interior de su cuerpo.

Las hembras que se aparearon en el laboratorio fueron puestas en unas charolas de 13 cm de altura por 39.6 cm de largo y 14 cm de ancho rellenas con suelo de la Isla para hacer

observaciones de conducta de oviposición.

Con el fin de detectar los sitios de oviposición de ambas especies, en cada una de las siete salidas se tamizaron *in situ* con una malla de 5 mm de apertura de diámetro, entre cuatro y 20 muestras de suelo de cada una de las comunidades vegetales seleccionadas (pastizal, matorral de *Croton*, matorral de *Dodonaea*, matorral de *Opuntia-Dodonaea*, pradera mixta, pradera de *Senna*, helechal, bosque de *Ficus* y bosque de *Bumelia*). Lo anterior se aplicó sistemáticamente a fin de detectar la presencia de ootecas en el suelo y determinar los ambientes en los que se concentraba la mayor densidad de ootecas.

De algunas de las ootecas (entre cinco y 29) encontradas en cada comunidad vegetal se registraron las siguientes variables morfométricas: 1) ancho de la ooteca, 2) largo de la ooteca, 3) ancho del tapón esponjoso, 4) largo del tapón esponjoso, 5) número de huevos por ooteca, 6) ancho de los huevos y 7) largo de los huevos.

Se colocaron 20 ootecas verticalmente en recipientes de plástico de 19 cm de diámetro por 9 cm de profundidad y se cubrieron con suelo tamizado hasta observar la eclosión. Los recipientes fueron transportados al laboratorio de Ecología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

### **5.3. Niveles de mortalidad por enemigos naturales**

Las poblaciones de *S. p. piceifrons* y de *S. a. socoro* fueron muestreadas en todas las salidas. Los acridoideos colectados se colocaron de forma individual en botes de plástico de 0.5 l y fueron mantenidos en un sitio techado en la Isla y en una cámara de ambiente controlado en la Facultad de Ciencias UNAM, alimentándose con una dieta de lechuga, espinacas y hojas de alfalfa. Todos los ejemplares fueron cultivados hasta su muerte. En el caso de detectar la emergencia de parasitoides éstos fueron aislados en botes de plástico con suelo para que fuera posible que las larvas pupararán y así obtener a los ejemplares adultos para su posterior

identificación.

Cuando moría alguno de los ejemplares del cultivo estos individuos eran preservados a una temperatura de 5°C para posteriormente analizarlos bajo el microscopio estereoscópico y así detectar la presencia de hongos entomopatógenos. En caso de encontrar micelio proveniente del interior del insecto, éste se aisló en cajas de Petri con agar de dextrosa de Sabouraud con ayuda del personal adscrito al Laboratorio de Patología de Insectos del Colegio de Posgraduados, a cargo de la Dra. Raquel Alatorre Rosas.

Para poder identificar a los hongos se utilizaron las claves de Poinar y Thomas (1984) en el Laboratorio de Micología de la Facultad de Ciencias con ayuda de la M. en C. Guadalupe Vidal Gaona.

Se obtuvo el porcentaje de infestación por parasitoides y por hongos para cada salida según la comunidad vegetal muestreada y en el caso de las mangas, por grupo avistado.

#### **5.4. Densidad de adultos**

*5.4.1. Método de Gates.* Para conocer la densidad de individuos solitarios adultos de *S. p. piceifons* y de *S. a. socoro* en las comunidades vegetales donde se hallaron ambas o una de las dos especies [helechal de *Pteridium* (este de la Isla), matorral de *Croton* (sur de la Isla, subsector naval y camino a las Grutas), pastizal (subsector naval y sur de la Isla), pradera mixta (centro de la Isla, en el cráter del Evermann) y pradera de *Senna* (centro-sur de la Isla, en el camino al Evermann )] ver Figura 5.1, se utilizó el método de Gates (Southwood, 1978).

En cada expedición se trazaron de tres a cinco líneas de Gates por comunidad vegetal. Para realizar esto, una persona caminó en línea recta 30 m ( $l$ ), removiendo a su paso la vegetación con una red entomológica. En el recorrido del transecto, se contó el número de langostas observado ( $n$ ), midiendo la distancia desde la línea hasta el origen del movimiento de cada langosta ( $r$ ). La densidad ( $\hat{D}$ ), se calculó con la siguiente fórmula:

$$\hat{D} = \left[ \frac{(2n-1)}{2l\bar{r}} \right]$$

5.4.2. *Tamaño de mangas y densidad de S. p. piceifrons gregarias.* Debido al gran tamaño que poseen las mangas así como a la gran movilidad de sus individuos se emplearon tres métodos para determinar su densidad y abundancia.

(1) Se contó el número de langostas gregarias muertas por causa de aplastamiento por las llantas de 0.2 m de ancho de un camión de volteo de la Secretaría de Marina que arrolló a una manga el 20 de febrero de 2004 sobre la aeropista. En este sitio, 12 días después, se seleccionaron al azar 20 unidades de muestreo de 1 m de largo en un transecto de cadáveres de langostas de 300 m, a partir del cual se obtuvo un valor de densidad de langostas ( $D$ ). Cuarenta y siete días después, el 19 de abril, se detectó a otra manga en estado de reposo. Se georreferenciaron cuatro puntos extremos de su área de asentamiento dentro de un matorral de *Dodonaea-Opuntia*. Con las georreferencias se estimó la distancia entre puntos formándose una figura trapezoidal sobre el mapa, con lo cual se calculó su área ( $A$ ). El número de langostas ( $N$ ) en la manga se calculó como  $N = D \times A$ .

El 28 de enero de 2005 se observó a otra manga al norte del "Paradero" (sitio donde termina el camino de vehículos hacia el volcán Evermann) en las coordenadas 18° 46' 19.2" norte y 110° 57' 34.8" oeste. Se observó su ubicación dentro de una cañada y se estimó el tamaño de ésta en una carta topográfica. En esta ocasión no se realizó ningún conteo del número de individuos que conformaban a esta manga.

(2) Otro método utilizado fue el de marcaje-captura-recaptura (Southwood, 1978). Para ello, se marcaron los individuos de una manga encontrada el 29 de abril a 360 m al norte del cráter con pintura de aceite y se llevó a cabo la recaptura de langostas al día siguiente, al nuevamente tenerse contacto visual con una manga. Se obtuvo el índice de Lincoln el cuál se calcula multiplicando el número de individuos marcados el primer día con el número de

individuos capturados el segundo día y dividiendo entre el número de individuos recapturados. En este caso se supuso que se trataba de la misma manga, visualizada con 24 horas de diferencia.

(3) El 22 de octubre se encontró una manga de imagos en reposo sobre el matorral de *Croton* a 149 m s.n.m. en el camino a las grutas. Para estimar su densidad por m<sup>2</sup> se trazaron dos cuadros de 50 × 50 m<sup>2</sup>, dentro de los cuales, se eligieron 12 y 13 puntos, respectivamente. Se contó el número de langostas en el arbusto más cercano a la coordenada ( $N_i$ ). Posteriormente, alrededor de este arbusto se trazó un cuadro de 10 × 10 m<sup>2</sup>, el cual a su vez se subdividió en cuatro cuadros de 5 × 5 m<sup>2</sup>. Se procedió a contar el número de arbustos dentro de sólo uno de los cuadros de 5 × 5 m<sup>2</sup> ( $N_a$ ). El número de langostas por m<sup>2</sup> ( $N$ ) se calculó mediante la siguiente expresión:

$$N = \frac{N_i \times N_a}{25}$$

*5.4.3. Estimación cualitativa.* Adicionalmente a los métodos cuantitativos, en todas las salidas se registró la abundancia de las langostas sobre los caminos transitados con el objeto de conocer la distribución, agregación y la variación temporal de ambas especies en un territorio más extenso de la Isla para lo cuál fue necesario utilizar un geoposicionador. El registro se hizo con base en cinco categorías cualitativas de densidad, las cuales se calibraron con referencia al número máximo de individuos, observados en las líneas de Gates. Al seleccionar, el número máximo como categoría 5, obtenemos las categorías indicadas en la Tabla 5.2.

A fin de tener una estimación cuantitativa de la densidad ( $D_c$ ) a partir de los datos obtenidos de manera cualitativa estimada en cada unidad paisajística, se realizó lo siguiente. Los valores categóricos fueron transformados a densidad cuantitativa usando la marca de clase ( $M_c$ ), empleando como límites de los intervalos, las cantidades máximas y mínimas de langostas observadas en los 30 m de recorrido. También se calculó el área promedio del

muestreo en las líneas de Gates ( $\bar{A} = 94.56 \text{ m}^2$ ) empleando el promedio global de todas las distancias a las que las langostas saltaron por unidad paisajística ( $r = 1.576 \text{ m}$ ) se calculó la densidad cualitativa ( $D_c$ ) estimada mediante la siguiente expresión:

$$D_c = \frac{M_c}{A}$$

Tabla 5.2. Categorías usadas para estimar la densidad de langostas de manera cualitativa.

Valor categórico asignado	No. de langostas observadas en 30 m de recorrido	Marca de clase ( $M_c$ )	Densidad estimada (No./m <sup>2</sup> )
(0) Ausencia	0	0	0
(1) Muy pocas	1	1.0	1.06
(2) Pocas	2 a 3	2.5	2.65
(3) Evidentes	4 a 8	6.0	6.38
(4) Abundantes	9 a 17	13.0	13.82
(5) Muy abundantes	18 a 20	19.0	19.14

### 5.5. Proporción sexual

Durante todas las visitas a la Isla se registró el número de machos y hembras en las poblaciones de *S. p. piceifrons* solitarias muestreadas y en 13 de las mangas avistadas para posteriormente calcular la proporción sexual. Después, se probó si estos valores diferían significativamente de la proporción 1:1 aplicando pruebas de  $\chi^2$  (Zar, 1999). En cuanto a *S. a. socoro* debido al bajo número de individuos colectados en las tres primeras salidas se agrupó el número de individuos capturados para hacer las pruebas estadísticas. En las salidas 5, 6 y 7 realizadas entre el 15 de octubre de 2004 y el 8 de febrero de 2005 la proporción machos/hembras y la respectiva prueba de  $\chi^2$  se realizó por salida.

### 5.6. Densidad y patrón de distribución espacial de ootecas

Con el objeto de obtener una estimación de la densidad de ootecas en los sitios donde se registraron éstas (el matorral de *Dodonaea-Cordia* y en el matorral de *Croton*) se

seleccionaron, en dos y cuatro parcelas, respectivamente, de cinco a 10 muestras de suelo de  $30 \times 30 \text{ cm}^2$  y de 20 cm de profundidad. Las parcelas tuvieron un tamaño  $50 \times 50 \text{ m}^2$  o de  $3 \times 3 \text{ m}^2$ . Por otra parte, con la finalidad de conocer el patrón de distribución de estas ootecas en el medio, se calculó la razón varianza/media ( $s^2/\mu$ ) de ootecas en cada tipo de vegetación muestreado y se probó si los valores diferían significativamente de 1 aplicando pruebas de  $\chi^2$  calculando en cada caso las frecuencias esperadas con una distribución Poisson (Zar, 1999).

## **5.7. Densidad y patrón de distribución espacial de ninfas**

*5.7.1. Densidad de ninfas.* Para conocer la variación temporal en la densidad de ninfas de ambas especies de acridoideos presentes entre agosto y noviembre de 2004, se realizaron de uno a cinco transectos de diversas magnitudes, de donde se calculó el número de ninfas en  $N$  cuadros de  $1 \times 1 \text{ m}^2$  en cinco comunidades vegetales del centro, sur y oriente de la Isla [helechal de *Pteridium* (este de la Isla), matorral de *Croton* (sur de la Isla, subsector naval y camino a las Grutas), pastizal (subsector naval y sur de la Isla), pradera mixta (centro de la Isla, en el cráter del Evermann) y pradera de *Senna* (centro-sur de la Isla, en el camino al Evermann)] ver Figuras 3.1 y 5.1. Se trazaron los transectos en las localidades mencionadas, en caso de encontrarse al menos una ninfa. La dimensión del transecto y el número de cuadros fue diferente en las tres salidas según se expone a continuación:

1. En agosto de 2004 se trazó una parcela de  $50 \times 50 \text{ m}^2$  por comunidad vegetal dentro del cual se contó el número de ninfas en 25 puntos.

2. En octubre de 2004 se trazaron cinco transectos de  $30 \times 1 \text{ m}^2$  por comunidad vegetal, en los cuales se contó el número de ninfas en 15 cuadros, separados sistemáticamente cada metro.

3. En noviembre de 2004 se contó el número de ninfas en 40 cuadros sobre un transecto de  $50 \times 1 \text{ m}^2$ .

5.7.2. *Densidad de ninfas en bandas.* Se estimó el número de individuos de tres bandas de ninfas de 2º estadio encontradas en diferentes fechas de agosto de 2004. Se midió el largo de la extensión de cada banda, así como la anchura de ésta. Se contó el número de ninfas en un cuadro de 1m<sup>2</sup> ubicado al azar dentro de cada banda para obtener la densidad ( $D$ ). El número de ninfas ( $N$ ) se calculó como  $N = D \times A$ , siendo  $A$ , el área de extensión de la banda, suponiendo una forma rectangular.

5.7.3. *Patrón de distribución espacial.* Para conocer el patrón de distribución espacial de las ninfas de *S. p. piceifrons* en las comunidades vegetales donde se presentaron en una alta densidad, se calculó la razón varianza/media ( $s^2/\mu$ ) para conocer el cociente de agregación. En cada comunidad vegetal se trazaron de uno a cinco transectos de  $1 \times 50$  m<sup>2</sup> donde se seleccionaron de 15 a 40 cuadros de  $1 \times 1$  m<sup>2</sup>. Posteriormente, se probó si estos valores diferían significativamente de 1 aplicando pruebas de  $\chi^2$  calculando las frecuencias esperadas mediante una distribución Poisson (Zar, 1999).

## VI. RESULTADOS

### 6.1. Historia natural

6.1.1. *Enemigos naturales*. Se registraron más de 14 especies de enemigos naturales de *S. p. piceifrons* (más de nueve depredadores, tres parasitoides y dos hongos entomopatógenos) y dos especies que atacan a *S. a. socoro* (un parasitoide y un hongo entomopatógeno) (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Lista de enemigos naturales de *Schistocerca piceifrons piceifrons* y *S. americana socoro* en la isla Socorro, registrados entre febrero de 2004 y febrero de 2005.

Nombre científico	Nombre común	Tipo	Etapa que es atacada
<b><i>S. piceifrons piceifrons</i></b>			
<i>Ardea herodias</i>	Garza gris	Depredador	Adulto
<i>Beauveria bassiana</i>	Hongo	Patógeno	Adulto
<i>Buteo jamaicensis socorroensis</i>	Halcón cola roja	Depredador	Adulto
<i>Gecarcinus planatus</i>	Cangrejo rojo o mollo	Depredador	Adulto
<i>Metharizium anisopliae anisopliae</i>	Hongo	Patógeno	Adulto
<i>Mimus polyglottos</i>	Cenzontle norteño	Depredador	Adulto
<i>Nycticorax violacea gravirostris</i>	Garcilla nocturna o mollero	Depredador	Adulto
<i>Neoscona oaxacensis</i> *	Araña chinclahuil	Depredador	Ninfa I y II
<i>Urosaurus auriculatus</i> *	Lagartija azul	Depredador	Ninfa I y II
Tomísido sp. 1 (Araneae: Thomisidae)	Araña cangrejo	Depredador	Ninfa I y II
Varias especies (Araneae)	Arañas	Depredador	Ninfa I y II
Parasitoide sp. 1 (p) (Diptera: Sarcophagidae)	Mosca	Parasitoide	Ninfas y Adulto
Parasitoide sp. 2 (Diptera: Tachinidae)	Mosca	Parasitoide	Ninfas y Adulto
Parasitoide sp. 3 (Diptera: Tachinidae)	Mosca	Parasitoide	Ninfas y Adulto
<b><i>S. americana socoro</i></b>			
<i>Metharizium anisopliae anisopliae</i>	Hongo	Patógeno	Adulto
Parasitoide sp. 1 (Diptera: Tachinidae)	Mosca	Parasitoide	Adulto y Ninfa IV

6.1.2. *Descripción de los adultos colectados.* Desde febrero de 2004 a febrero de 2005 se colectaron y criaron 1608 ejemplares adultos de *S. p. piceifrons* y 131 ejemplares de *S. a. socoro*.

El color corporal de los adultos de *S. p. piceifrons* puede ser beige, naranja o amarillo en estado solitario y rojo en estado gregario. Esta especie también presenta bandas longitudinales de color naranja, rojo o beige en los costados del tórax. Por su parte, los adultos de *S. a. socoro* son de color café oscuro y carecen de bandeado en el tórax. Se detectó que los antenitos tienen una segmentación marcada en *S. a. socoro*, mientras que en *S. p. piceifrons* esta segmentación es menos evidente, siendo difícil diferenciar entre éstos.

En las dimensiones corporales medidas no parecen haber diferencias de tamaño entre los machos y hembras o entre los individuos solitarios y gregarios de *S. p. piceifrons* (Tabla 6.2).

Tabla 6.2 Intervalos de medidas corporales (mm) de *Schistocerca piceifrons piceifrons* de ambos sexos y ambos tipos de agregación en isla Socorro, México. F = fase, G = gregario y S = solitario.

F	Sexo	N	Anchura de la cabeza (mm)	Long. antena I (mm)	Long. de la cabeza (mm)	Anchura del pronoto (mm)	Long. del pronoto (mm)	Anchura del torax (mm)	Long. del torax (mm)	Anchura del fémur III (mm)
G	♂	29	4.99-6.9	13.47-18.47	8.17-10.73	5.4-7.81	8.02-10.75	6.33-9.49	10.6-16.84	3.64-5.26
	♀	29	5.84-7.2	14.08-17.97	9.44-11.56	5.75-9.59	8.95-11.23	7.38-11.02	10.26-16.92	4-5-4.4
S	♂	62	5.08-6.8	9.22-17.36	8.42-10.64	4.97-9.3	7.37-10.3	7.22-9.35	10.19-16.14	3.43-4.73
	♀	30	4.92-7.5	13.18-18.07	8.66-12.93	5.38-8.08	8.77-11.29	6.81-11.02	10.2-16.62	3.72-5.86

Para el caso de *S. a. socoro* los datos morfométricos obtenidos no reflejaron el dimorfismo sexual que anteriormente Dirsh (1974) había reportado. En la Tabla 6.3 se muestran los intervalos de cada una de las características tomadas en consideración en las cuales se puede apreciar un solapamiento de valores.

Tabla 6.3. Dimensiones corporales (mm) de adultos de *S. americana socoro* colectados en la isla Socorro. Los organismos fueron colectados el 24 de febrero y entre el 18 de octubre y el 5 de diciembre de 2004. *N* denota el número de ejemplares que fueron medidos y Long. = longitud.

Sexo	Long. antena (mm)	Anchura cabeza (mm)	Long. cabeza (mm)	Anchura del pronoto (mm)	Long. tórax (mm)	Anchura tórax (mm)	Long. corporal (mm)	Long. tegmina (mm)	Long. fémur III (mm)	Anchura fémur III (mm)	<i>N</i>
♀	15.99–19.05	4.60–7.19	7.25–10.33	4.82–5.73	12.56–17.68	6.45–9.82	38.95–55.18	37.72–55.14	20.24–30.41	3.88–5.52	8
♂	17.61–21.20	4.78–6.77	7.02–10.22	7.06–8.19	14.02–18.96	6.97–10.19	41.13–57.22	39.75–57.26	21.34–30.88	3.99–6.17	22

6.1.3. *Avistamiento de mangas y bandas.* Se avistaron un total de 17 mangas. En la primer salida (febrero) se avistaron tres (mangas 1 a 3), en la segunda (abril) otras tres (mangas 4 a 6), en la tercera (junio) ninguna, en la cuarta (agosto) otras cuatro (mangas 7 a 10), en la quinta (octubre) ninguna, en la sexta (noviembre) se observaron cinco (mangas 11 a 15) y en la séptima salida (enero) se observaron dos (mangas 16 y 17) (Tabla 6.4).

Las mangas 1 a 6, 16 y 17 estuvieron formadas por individuos sexualmente inmaduros con gran capacidad de desplazamiento. Por su parte, las mangas 7 a 9 observadas en agosto correspondieron a individuos sexualmente maduros que estaban copulando y ovipositando. Mientras que, las manga 11 a 15 observadas en noviembre estaban conformadas por adultos tempranos, sexualmente inmaduros los cuales no realizan vuelos de larga duración (Tabla 6.4).

Tabla 6.4. Características de las 17 mangas de *Schistocerca piceifrons piceifrons* observadas entre febrero de 2004 y enero de 2005 en la Isla Socorro.

Manga No.	Fecha	Hora local	Ubicación	Actividad
1	18 de febrero	10:30	Subsector naval (extremo S)	vuelo y forrajeo
2	20 de febrero	17:45	200 m al S de aeropista	vuelo y forrajeo
3	3 de marzo	15:00	Cráter, N y NO del mismo	vuelo
4	19 de abril	8:44	1.5 km al SO de la aeropista	reposo sobre suelo y vegetación
5	29 de abril	11:30	360 m al N del cráter	vuelo
6	30 de abril	15:30	Cráter y N del mismo	vuelo
7	18 de agosto	10:15	Camino desde el Subsector y hasta la aeropista	vuelo

Tabla 6.4. (Continuación).

Manga No.	Fecha	Hora local	Ubicación	Actividad
8	20 de agosto	15:00	Matorral de <i>Ficus-Cordia</i>	oviposición
9	25 de agosto	11:45	Pradera de <i>Senna</i>	vuelo, cópula y oviposición
10	26 de agosto	10:00	Bosque de <i>Ficus</i>	reposo
11	21 de noviembre	9:30	Valle de los guayabos	vuelo y forrajeo
12	25 de noviembre	13:30	Pradera de <i>Senna</i>	vuelo
13	25 de noviembre	18:15	N del Subsector	vuelo
14	27 de noviembre	13:45	150 m al NE del Paradero	vuelo
15	30 de noviembre	12:30	250 m al NE de la Grutas	vuelo
16	24 de enero	12:30	Desviación hacia las Grutas	reposo
17	28 de enero	17:00	250 m al N del Paradero	vuelo

Se registraron en total nueve bandas. Durante la cuarta salida se registraron cinco bandas compuestas por individuos de los dos primeros estadios. Se registró una banda cruzando la pradera de *Senna*, otras dos forrajeando a *Boerhavia coccinea* una en la bahía de la Braulia y otra al noroeste del subsector naval, una cuarta en el pastizal del costado norte del subsector naval y la quinta, en el matorral de *Croton* ubicado al oeste del subsector. En la quinta salida se registraron cuatro bandas; tres en el matorral de *Dodonaea* al noroeste de la aeropista y una en el bosque de *Ficus* del camino a Playa Norte.

*6.1.4. Apareamiento y oviposición.* Únicamente bajo condiciones de laboratorio (fotoperiodo de 11 h de luz y 13 h de oscuridad, una humedad relativa del 60% y una temperatura de 19°C) se pudo observar la cópula de *S. a. socoro* esto ocurrió el 29 de octubre de 2004. En esta fecha se observó a cinco parejas de la especie endémica copulando durante 12 h. Existen indicios de que el fenómeno de reproducción puede observarse entre noviembre y diciembre en la isla Socorro ya que en estas fechas se encontró a *S. a. socoro* volando en parejas en la vereda del lado este que se dirige hacia Playa Norte.

Bajo las mismas condiciones de laboratorio (fotoperiodo de 11 h de luz y 13 h de oscuridad, una humedad relativa del 60% y una temperatura de 19°C) se reportaron tres fechas de apareamiento para *S. p. piceifrons* la primera se dio el 14 de junio y, posteriormente, el 12 y 25 de julio de 2004.

Solamente se observó la oviposición de las hembras de la especie endémica en cautiverio. Esto se registró entre el 6 y 7 de diciembre de 2004 a bordo del barco de transporte de isla Socorro a Manzanillo, Colima. Los huevos al salir del cuerpo de la hembra poseen coloración café y son alargados, similares a una semilla de arroz. La hembra cubrió la ooteca con un tapón esponjoso de color café. Después de la oviposición la hembra continuó comiendo y murió cuatro días después. El 6 de febrero de 2005 se registró otra oviposición de una hembra que había sido capturada el 28 de enero de 2005 en el bosque de *Bumelia* camino al volcán Evermann.

El 22 de junio, las hembras de *S. p. piceifrons* con el abdomen notablemente abultado empezaron a recorrer las charolas llenas de suelo y a abrir notoriamente el compás del tercer par de patas tocando la superficie del suelo con las antenas y con el ovipositor. Los huevos al salir del cuerpo poseen coloración beige-café. La oviposición tarda aproximadamente 30 min y el proceso finaliza cuando la hembra cubre la ooteca con un tapón esponjoso. Las hembras ovipositaron hasta dos veces y, en las instalaciones de la isla Socorro, se observó que después de la oviposición pueden seguir alimentándose y que mueren de dos a tres días después. Por su parte, bajo las condiciones de laboratorio de la Facultad de Ciencias mencionadas con anterioridad, la muerte de la hembra ocurrió  $23 \pm 3$  días después de la oviposición.

Del 19 al 20 de agosto se encontró una manga de adultos color amarillo copulando y ovipositando a un lado del camino al volcán Evermann, en una comunidad vegetal de *Dodonaea-Cordia-Ficus*, aproximadamente 550 m antes de arribar a la pradera de *Senna*. En esta localidad, las parejas se localizaban tanto debajo de los árboles y arbustos como en sitios abiertos, existían aquí hembras ovipositando con los machos encima, fuertemente adheridos al dorso de éstas, todos los individuos observados se encontraban acoplados. Al intentar colectar a las parejas la hembra intentaba huir saltando y tratando de liberarse del macho, el cual permanecía agarrado a ésta. En este sitio se escarbó para buscar ootecas, y se encontraron

hasta 52 ootecas en un cuadro de 900 cm<sup>2</sup>. También se observó que las hembras son capaces de distender su abdomen hasta alcanzar una longitud de 10 cm para cavar el suelo y así ovipositar. Se encontró que realizan varios intentos de oviposición en diferentes sitios antes de dejar la ooteca, por lo que es frecuente encontrar agujeros vacíos en el campo.

Entre el 18 y 20 de agosto de 2004 se registraron hembras gregarias de *S. p. piceifrons* con coloración corporal amarilla intentando ovipositar en el camino al volcán que cruza la pradera de *Senna*. Cabe señalar que a pesar de haber observado a varias langostas en conducta de oviposición así como, múltiples orificios en el sustrato se escarbó extensivamente la zona sin encontrar ninguna ooteca en este sitio.

Entre el 18 y el 22 de agosto se encontraron individuos de *S. p. piceifrons* de coloración amarilla y con conducta solitaria, volando entre el pastizal y el matorral de *Croton masonii* ambos ubicados al oeste del subsector. Aquí fue frecuente el observar a parejas acopladas en los arbustos de *Croton* u observar a los machos perseguir a las hembras. En el matorral de *Croton masonii* se encontraron de 1 a 3 ootecas en un cuadro de 900 cm<sup>2</sup>. la mayoría de estas se encontraron bajo los arbustos.

Las ootecas obtenidas en los sitios mencionados (asociación *Dodonaea-Cordia-Ficus* y matorral de *Croton*) se trasladaron a la Facultad de Ciencias donde eclosionaron entre el 8 y el 13 de septiembre de 2004.

*6.1.5. Características de huevos y ootecas de S. p. piceifrons y de S. a. socoro.* Las ootecas de *S. p. piceifrons* tienen una longitud de  $3.48 \pm e.e. 0.16$  cm ( $N = 30$ ) pudiendo medir entre 1.65 y 5.96 cm, mientras que las de *S. a. socoro* midieron  $2.31 \pm 0.10$  cm, ( $N = 4$ ) en un intervalo de 2.10 a 2.56 cm. La longitud de los tapones esponjosos que se localizan entre el ápice superior de las ootecas y la superficie del suelo midió (en *S. p. piceifrons* =  $3.02 \pm 0.18$  cm,  $N = 30$ , 1.19-6.75 cm; mientras que para *S. a. socorro* =  $2.26 \pm 0.10$  cm,  $N = 4$ , 2-4 cm).

Las ootecas de *S. p. piceifrons* tienen 55.7 huevos en promedio ( $N = 30$  ootecas, intervalo 32-74), mientras que las ootecas de *S. a. socoro* tienen 15.5 huevos en promedio ( $N = 4$  ootecas, intervalo 15-31). El largo de los huevos de *S. p. piceifrons* fue de  $5.68 \pm 0.13$  mm,  $N = 45$ , intervalo (3.48-7.08); en tanto que los de *S. a. socoro* midieron  $5.74 \pm 0.0001$  mm,  $N = 15$ , intervalo (5.70-5.79). El ancho de los huevos de *S. p. piceifrons* fue de  $1.32 \pm 0.035$  mm,  $N = 45$ , intervalo (0.82-1.75) y el de los huevos de *S. a. socoro* fue de  $1.34 \pm 6.4 \times 10^{-5}$  mm,  $N = 15$ , intervalo (1.32-1.37).

*6.1.6. Desarrollo de las ninfas de Schistocerca piceifrons piceifrons.* Se registraron seis estadios de desarrollo en las ninfas de *S. p. piceifrons*. Entre el 18 y el 20 de agosto de 2004 se observó en el matorral de *Croton masonii* la eclosión de las ninfas del primer estadio. Las ootecas de esta especie se encontraron en el suelo debajo del dosel de estos arbustos y la eclosión ocurrió de la siguiente manera: (1) las ninfas salieron del huevo en forma de larvas vermiformes empujando las membranas coriónicas apicales de los huevos con la cabeza; (2) mudaron inmediatamente y al frotarse el cuerpo con el suelo se quitaron el resto de las membranas coriónicas; (3) después de esto treparon al arbusto más próximo de *Croton masonii* quedándose agregadas en sus ramas. En el campo se observó que el tiempo que tardaron todas las ninfas para salir de una ooteca fue de aproximadamente 20 min y se contaron 20 ninfas en ese periodo.

Los intervalos de tamaño para algunos rasgos corporales de ninfas aparecen en la Tabla 6.5. Los rasgos que mostraron un intervalo de tamaños más constante para cada estadio fueron la anchura de la cabeza y el número de antenitos. Se traslaparon todos los valores de los rasgos del cuarto y quinto estadio.

En condiciones de laboratorio los huevos de *S. p. piceifrons* eclosionaron entre el 8 y 13 de septiembre de 2004, de 20 a 25 días después de haber sido colectados en el matorral de *Croton* y en el matorral de *Dodonaea-Opuntia*.

Tabla 6.5. Intervalos de las medidas corporales (mm) de ninfas gregarias de distintos estadios de *Schistocerca piceifrons piceifrons* en la isla Socorro. Periodo de observación del 18 de agosto al 6 de noviembre de 2004. n.d. representa datos no determinados.

Estadio ninfal	Longitud de la cabeza (mm)	Anchura de la cabeza (mm)	Longitud del fémur III (mm)	Longitud corporal (mm)	Longitud de la antena (mm)	No. de antenitos	N
1	2.65 - 3.35	1.40 - 1.93	1.80 - 2.00	7.43 - 10.31	n.d.	13	57
2	3.19 - 4.08	2.02 - 2.53	5.39 - 6.73	9.16 - 16.01	3.87 - 4.48	17	72
3	3.76 - 4.82	2.27 - 2.96	6.15 - 8.80	13.74 - 16.55	3.78 - 5.40	20	20
4	4.71 - 8.90	2.56 - 5.04	8.22 - 19.80	14.89 - 37.18	5.44 - 12.72	16 - 26	63
5	5.61 - 9.92	3.42 - 7.69	10.59 - 24.78	20.04 - 51.55	6.48 - 24.11	15 - 25	76
6	6.28 - 9.54	4.11 - 5.97	13.06 - 23.66	23.91 - 49.66	8.85 - 15.72	n.d.	3

La primera muda de las ninfas criadas en laboratorio ocurrió entre el 14 y el 21 de septiembre. El primer estadio tiene una duración de 1 semana.

La segunda muda se registró entre el 23 de septiembre y el 4 de octubre de 2004, por lo que se asumió que el segundo estadio tiene una duración aproximada de dos semanas. Posteriormente a esta fecha, se acentuó la mortandad de las ninfas del cultivo por lo que no se pudo determinar la duración del tercer estadio ninfal.

Por su parte, las ninfas atrapadas durante la cuarta visita a la isla Socorro permitieron determinar que la muda correspondiente al cambio del quinto estadio ninfal al adulto se verificó entre el 11 de septiembre y el 4 de octubre, por lo que la duración del quinto estadio ninfal se estima en 3½ semanas.

Sólo tres ninfas cultivadas en el laboratorio presentaron seis estadios ninfales. De estas tres ninfas la de mayor supervivencia vivió entre el 27 de septiembre y el 29 de octubre de 2004, lo que sugiere que la duración del último estadio ninfal es de aproximadamente 4 semanas.

La coloración de las ninfas de primer a tercer estadio de *S. p. piceifrons* gregarias es verde limón con puntos negros, la presencia de estos puntos se va incrementando conforme lo hacen los estadios y el color verde se va oscureciendo, posteriormente las ninfas de entre el cuarto y sexto estadio presentan tonalidades de base roja y naranja con manchas negras. En la porción ventro-lateral del abdomen estas ninfas presentan una línea de color beige o blanco de

0.5 mm de grosor. Debajo de los ojos presentan un patrón de bandeo de dos líneas beige y una línea negra intermediaria.

6.1.7. *Desarrollo de las ninfas de Schistocerca piceifrons piceifrons solitarias.* Las ninfas solitarias de los primeros estadios son de color verde opaco, mientras que las del tercero al sexto son de color café o verde y presentan un patrón de bandeo sub-ocular igual al de las ninfas gregarias.

El 20 de junio de 2004 se capturaron dos ninfas solitarias de *S. p. piceifrons* al este del cráter del Evermann, en una zona de matorral submontano sobre *Pteridium caudatum*. El 21 de junio mudó la ninfa #1 y el 23 de junio mudó la ninfa #2 y murió tres días después (el 26 de junio). La ninfa #1 mudó nuevamente el 2 de julio y se logró presenciar el momento de la muda. La muda inició con la apertura de la cutícula de la parte posterior de la cabeza, y se fue desprendiendo con movimientos laterales y violentos del cuerpo que permitieron a la langosta desprenderse de su exuvia. Este proceso tuvo una duración aproximada de 90 minutos.

Las medidas de las ninfas se presentan en la Tabla 6.6. De acuerdo con los datos obtenidos de la ninfa #1 la duración del cuarto estadio fue de 11 días y el quinto de 22 días.

Tabla 6.6. Medidas corporales (mm) de ninfas solitarias de *Schistocerca piceifrons piceifrons* colectadas el 20 de junio. n.d. representa datos no determinados.

Rasgo	Tercero	Cuarto	Quinto	Sexto
Longitud cabeza	4.42-4.95	5.49	6.90	6.52
Longitud antena	4.37-6.32	7.02	8.86	14.14
Longitud fémur III	8.44-10.39	12.22	15.85	20.06
Longitud total	16.02-19.07	23.96	27.03	28.30
Anchura cabeza	n.d.	n.d.	n.d.	4.12
Anchura fémur III	n.d.	n.d.	n.d.	2.54
Longitud de tegmina	n.d.	n.d.	n.d.	7.59
Anchura del tórax	n.d.	n.d.	n.d.	5.00
Longitud del tórax	n.d.	n.d.	n.d.	9.91
Anchura del pronoto	n.d.	n.d.	n.d.	4.64
Longitud del pronoto	n.d.	n.d.	n.d.	7.90

6.1.8. *Desarrollo de las ninfas de Schistocerca americana socoro.* El 24 de febrero se colectó una ninfa hembra del sexto estadio de *S. a. socoro* en el cráter del volcán Evermann a 950 m

s.n.m. dentro de la pradera mixta esta ninfa poseía una coloración café oscura. La ninfa murió en cautiverio el 28 de febrero.

Entre octubre y diciembre se determinaron los estadios de las 21 ninfas capturadas en el campo con la ayuda del M. en C. Hojun Song. En la Tabla 6.7 se puede observar que todos los intervalos de las medidas corporales se traslapan por lo que no resultan confiables para la identificación de cada estadio, la medida que mostró ser más consistente para cada estadio fue la anchura de la cabeza.

Tabla 6.7. Dimensiones corporales (mm) de ninfas de *S. americana socoro* colectadas en la isla Socorro. Los organismos fueron colectados el 24 de febrero y entre el 18 de octubre y el 5 de diciembre de 2004. *N* denota el número de ejemplares que fueron medidos y ND datos no determinados. Long. = longitud.

Estadio	Long. antena (mm)	Anchura de la cabeza (mm)	Long. cabeza (mm)	Anchura del pronoto (mm)	Long. del tórax (mm)	Anchura tórax (mm)	Long. corporal (mm)	Long. tegmina (mm)	Long. fémur III (mm)	Anchura fémur III (mm)	<i>N</i>
1	1.80–2.89	1.50–1.90	2.20–2.90	2.10	2.10	1.20	4.50	n.d.	1.90–5.35	0.90	2
2	2.10–4.57	1.70–2.46	2.40–3.98	2.40	1.30–2.90	2.50	4.80–14.02	n.d.	8.80	1.00	5
3	2.50–5.00	2.50–3.00	2.90–4.70	2.50	3.10	2.70	10.90–12.10	n.d.	n.d.	1.50	2
4	3.20–9.80	2.70–4.54	3.10–6.95	2.80	4.00–7.00	3.10–5.00	–28.44	2.80	16.38	1.80–2.80	4
5	7.10–13.00	3.10–5.02	4.50–8.12	3.80	5.20–10.00	4.00–6.00	21.2–39.00–34.00	10.0	20.0–22.00	2.00–3.40	4
6	13.76–14.30	4.90–5.86	5.20–9.27	5.00	9.00	6.10	–42.96	13.18	23.0–23.32	2.30	1

En esta especie se encontró que en los estadios del primero al cuarto la coloración corporal es predominantemente verde limón. Por su parte, el quinto estadio presentó una coloración corporal verde amarillento. Debajo de los ojos presentan un patrón de bandeo de dos franjas oblicuas; una negra y la otra amarilla. En la porción ventro-lateral del abdomen, presentan una línea amarilla de 0.5 mm de grosor. Asimismo, presentan una línea amarilla en el margen inferior del fémur del tercer par de patas.

Con una inspección minuciosa del número de antenitos bajo el microscopio se pudo evidenciar que durante el primer estadio las ninfas de *S. p. piceifrons* tienen 13, mientras que las de la especie endémica tienen cuatro.

*6.1.9. Fenología de Schistocerca piceifrons piceifrons.* En la Figura 6.1 se puede apreciar la fenología de la langosta centroamericana en la isla Socorro. La conducta de apareamiento se observó a partir del 14 de junio en el laboratorio y posteriormente del 15 al 30 de agosto en la Isla. La oviposición inició el 22 junio en el laboratorio y del 18 al 27 de agosto se observó en el campo. Las ootecas se registraron a partir del 22 de junio en el laboratorio y éstas se siguieron registrando, tanto en campo como en laboratorio hasta el 13 de septiembre. La eclosión de los huevos se registró entre el 18 de agosto y el 13 de septiembre. Las ninfas del primer estadio se registraron en el campo entre el 18 de agosto y el 5 de septiembre. Las ninfas del segundo estadio se registran por primera vez el 26 de agosto en el campo hasta aproximadamente el 4 de octubre. Las ninfas del tercer estadio se registraron por primera vez el 31 de agosto en el campo hasta aproximadamente el 31 de octubre. Las ninfas del cuarto y quinto estadios se vieron en el campo por primera vez el 19 de octubre. Las ninfas del cuarto estadio se registraron hasta aproximadamente el 3 de diciembre en el laboratorio, mientras que las ninfas del quinto estadio se mantuvieron vivas hasta el 6 de febrero de 2005 en el laboratorio. Las ninfas del sexto estadio (N = 3) vivieron entre el 27 de septiembre y el 29 de octubre. Los adultos se encontraron durante todo el año.

Las ninfas de *S. p. piceifrons* capturadas en el cráter del Evermann presentaron una fenología distinta al resto de la isla ya que sólo en este lugar se colectaron en junio dos individuos del tercer estadio y a mediados de octubre se detectaron aquí ninfas de primer y segundo estadio.

Las hembras solitarias y gregarias de *S. p. piceifrons* colectadas entre febrero y abril no tenían huevos desarrollados en su cuerpo, ni se observaron despliegues de cortejo o

apareamiento, por lo cual suponemos que se trata de adultos sexualmente inmaduros (adultos juveniles no reproductivos). No fue sino hasta finales de junio que se encontraron huevos desarrollados en el abdomen de las hembras cultivadas y disectadas en el laboratorio.

*6.1.10. Fenología de S. americana socoro.* Los adultos de la langosta de Socorro se registraron durante todas las visitas realizadas (Figura 6.1). Las actividades de apareamiento sólo fueron observadas el 29 de octubre y la de oviposición entre el 6 de diciembre y el 6 de febrero de 2005. No se tienen datos de eclosión de esta especie. Las ninfas del primer estadio se observaron en el campo el 25 de octubre y se terminaron de observar en el laboratorio el 18 de diciembre. Las ninfas del segundo y tercer estadios se observaron en el campo a partir del 26 de octubre y, en ambos casos, se determinó que éstas pueden permanecer hasta el 2 de febrero, debido a que en laboratorio se cultivó una ninfa de segundo estadio hasta esa fecha.

Las ninfas de cuarto estadio se vieron por primera vez en el campo el 27 de octubre y se cultivaron en laboratorio hasta el 10 de febrero de 2005. Del mismo modo, las ninfas del quinto estadio se avistaron en la Isla el 2 de diciembre y se mantuvieron ninfas de este estadio hasta el 18 de febrero de 2005. Dado que la ninfa del quinto estadio tiene una coloración distinta a la ninfa vista en febrero, se sugiere la existencia de un sexto estadio que se colectó en el campo el 24 de febrero y murió cuatro días después.

*6.1.11. Hábitats.* Se detectó que los hábitats preferidos por las poblaciones de *S. p. piceifrons* solitarias son el pastizal, el matorral de *Dodonaea*, el matorral de *Dodonaea-Opuntia*, la pradera mixta, la pradera de *Senna*, el helechal de *Pteridium*, los matorrales de *Croton*, los matorrales de *Psidium*; mientras que los hábitats en donde estas langostas no se encuentran son el bosque de *Bumelia* y el bejucal.

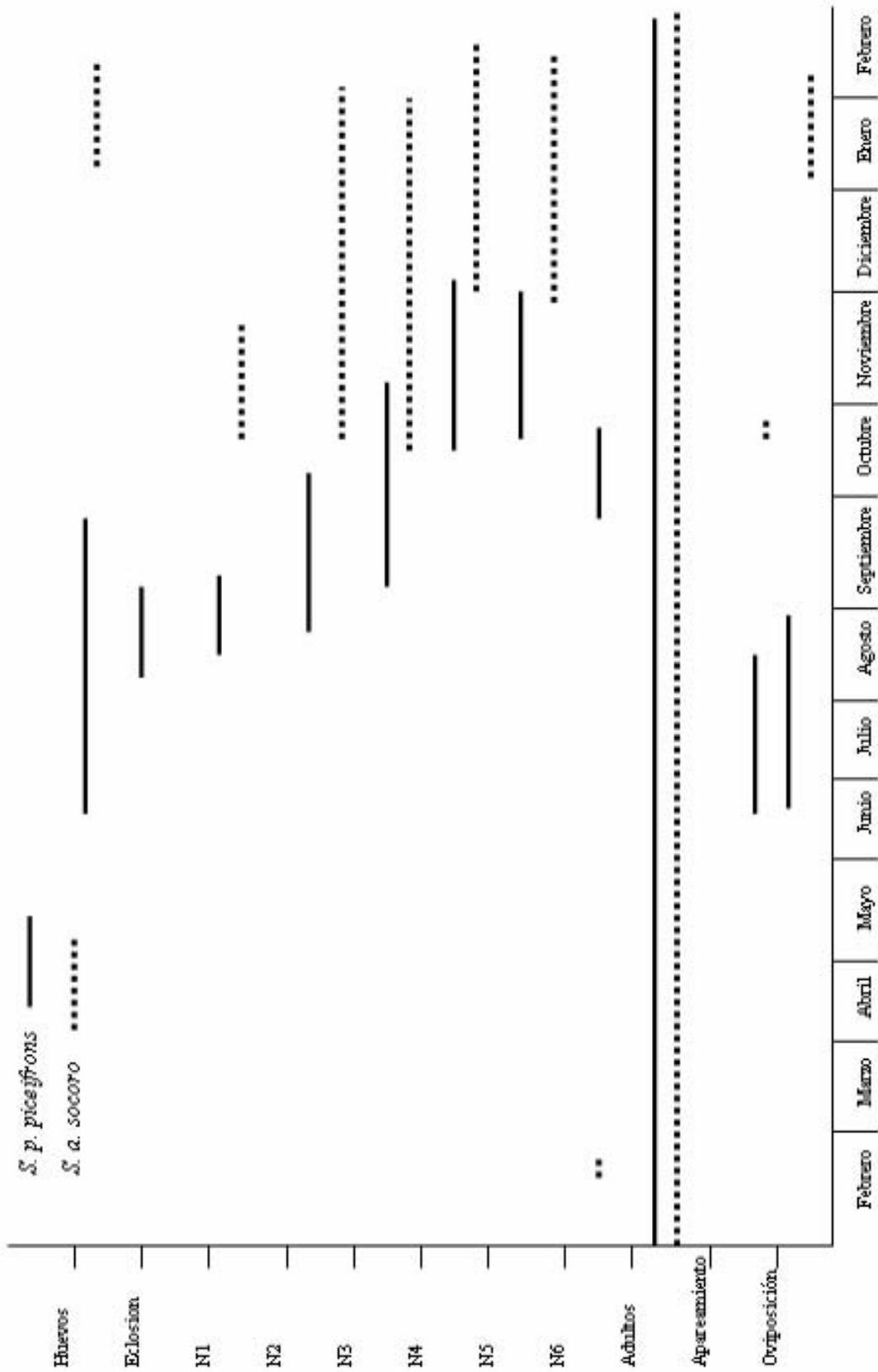


Figura 6.1 Fenología de las poblaciones de *S. piceifrons* y *S. americana socoro* en la isla Socoro, de febrero de 2004 a febrero de 2005.

Las mangas se han detectado alimentándose en el matorral de *Dodonaea-Cordia-Ficus*, los árboles adyacentes al subsector y a las hierbas asociadas al matorral de *Dodonaea*, aunque también se han encontrado huellas de forrajeo por mangas de langostas en el bosque de *Bumelia* y en el bosque de *Ficus*.

La especie endémica se ha encontrado en el bejucal, en el bosque de *Ficus*, en el bosque de *Bumelia*, en el matorral de *Dodonaea*-helechal y en el matorral costero de Playa Norte.

## **6.2. Niveles de mortalidad por enemigos naturales**

*6.2.1. Hongos entomopatógenos.* Se detectaron dos especies de hongos entomopatógenos en las especies en estudio: *Metarhizium anisopliae anisopliae* y *Beauveria bassiana*. Los individuos infestados por la primer especie presentan un abdomen duro y de color rojo que al ser disectado, se observa el desarrollo de un micelio verde. *Beauveria bassiana* se observó cubriendo a las langostas con un micelio de color blanco-amarillo pálido, pastoso que se desprende de las membranas intersegmentales. Las características taxonómicas para poder realizar la identificación de cada especie se muestran en el apéndice.

Una de las langostas infectada por *Beauveria bassiana* fue colectada en la pradera de *Senna* el 27 de abril de 2004 muriendo 38 días después en la Facultad de Ciencias. *Metharizium anisopliae anisopliae* fue identificado en una langosta macho colectada el 29 de abril y muerta el 11 de mayo de 2004, es decir, 12 días después.

En *S. a. socoro* se encontró un macho infestado con *Metharizium anisopliae anisopliae*, el cual fue colectado en el helechal de *Pteridium* el 27 de noviembre y murió dos días después.

Los niveles de infestación por estos hongos en diferentes poblaciones de *S. p. piceifrons* adultas variaron entre 0 y 11.1% (Tabla 6.8). Los niveles más altos se registraron en la

población de solitarios del helechal (11.1%) y en los individuos gregarios de la manga 3 (9.1%), registros realizados en la salida de febrero de 2004. En las demás poblaciones y fechas, los niveles de infestación fueron menores a 5.7%. Se registraron hongos en individuos solitarios colectados en el helechal, en la pradera de *Senna* y en el pastizal, así como en individuos gregarios de dos mangas. La especie más frecuente fue *B. bassiana*, pues *M. anisopliae anisopliae* sólo fue registrada en una langosta gregaria de la manga 5. Por otro lado, los niveles de infestación por hongos fueron más altos en febrero-marzo con respecto a las demás fechas, de hecho, de junio de 2004 a febrero de 2005 no se detectaron niveles de infestación por hongos. En agosto se tuvieron problemas en la conservación de las langostas muertas, lo cual se requiere para el desarrollo de los entomopatógenos. A estos individuos no se les tomó en cuenta, lo cual redujo el tamaño de muestra. El 26 de agosto de 2004, en el bosque de *Ficus* que se encuentra entre la aeropista y el helechal de *Pteridium* se encontraron cerca de 80 langostas gregarias adultas vivas (que constituyeron la manga 10) con evidencias notorias de ataques por hongos en un área de 300 m<sup>2</sup>, lamentablemente los hongos de las langostas infestadas no pudieron ser identificados debido al mal estado de conservación de los ejemplares.

Tabla 6.8. Niveles de infestación (% de individuos) por dos especies de hongos (*Beauveria bassiana* y *Metharizium anisopliae anisopliae*) en distintas poblaciones de individuos gregarios (capturados en mangas) y solitarios de *Schistocerca piceifrons piceifrons* registradas en la isla Socorro entre febrero de 2004 y enero de 2005. *N* denota el número de ejemplares analizados.

Población	Hongo	<i>N</i>	% de infestación
<b>Febrero</b>			
Manga 1 (18/02/04)		53	0.0
Manga 2 (20/02/04)		121	0.0
Manga 3 (03/03/04)	<i>Beauveria</i>	11	9.1
Helechal de <i>Pteridium</i>	<i>Beauveria</i>	9	11.1
Pastizal	<i>Beauveria</i>	33	3.0
Pradera Mixta		17	0.0
Pradera de <i>Senna</i>	<i>Beauveria</i>	53	5.7
Matorral de <i>Dodonaea-Opuntia</i>		5	0.0
<b>Abril</b>			
Manga 4 (19/04/04)		158	0.0
Manga 5 (29/04/04)	<i>Metarhizium</i>	200	0.5
Helechal de <i>Pteridium</i>		6	0.0
Pastizal		23	0.0

Tabla 6.8 ( Continuación)

Población	Hongo	N	% de infestación
Pradera Mixta		10	0.0
Pradera de <i>Senna</i>	<i>Beauveria</i>	79	1.3
<b>Junio</b>			
Pastizal		54	0
Pradera Mixta		8	0
Pradera de <i>Senna</i>		71	0
<b>Agosto</b>			
Manga 8 (20/08/04)		8	0
Manga 9 (25/08/04)		5	0
Manga 10 (26/08/04)		6	0
Pastizal		10	0
<b>Octubre</b>			
Camino a grutas		10	0
Pastizal		12	0
Pradera de <i>Senna</i>		8	0
<b>Noviembre</b>			
Bejucal		5	0
Bosque de <i>Ficus</i>		1	0
Helechal de <i>Pteridium</i>		13	0
Pastizal		19	0
Pradera Mixta		1	0
Matorral de <i>Croton</i>		60	0
Matorral de <i>Dodonaea</i>		2	0
Matorral de <i>Ficus-Cordia-Dodonaea</i>		1	0
<b>Enero</b>			
Manga 17 (28/01/05)		16	0
Guayabos		5	0
Helechal de <i>Pteridium</i>		3	0
Matorral de <i>Croton</i>		8	0
Matorral de <i>Dodonaea</i>		5	0
Matorral de <i>Ficus-Cordia-Dodonaea</i>		5	0
Pastizal		12	0
Playa Norte		3	0
Pradera de <i>Senna</i>		15	0
Zona erosionada al N de la pradera de <i>Senna</i>		4	0

En cuanto a las ninfas de *S. p. piceifrons* sólo se registraron hongos entomopatógenos en las de tercer estadio colectadas en la pradera de *Senna* en la salida de octubre de 2004, las cuales fueron infestadas por *Beauveria bassiana* (Tabla 6.9).

Se encontró a un macho de *S. a. socoro* colectado en noviembre en el helechal de *Pteridium* de la ladera este infestado por *Metharizium anisopliae anisopliae* (Tabla 6.10).

Tabla 6.9. Niveles de infestación (% de individuos) por *Beauveria bassiana* en distintas poblaciones de ninfas de diferentes estadios de *Schistocerca piceifrons piceifrons* solitarias registradas en la isla Socorro entre octubre y noviembre de 2004. *N* denota el número de ejemplares analizados.

Población	Estadio	Hongo	<i>N</i>	% de infestación
<b>Octubre</b>				
Matorral de <i>Croton</i>	3°		2	0
Matorral de <i>Croton</i>	4°		1	0
Matorral de <i>Croton</i>	5°		9	0
Pradera de <i>Senna</i>	3°	<i>Beauveria bassiana</i>	2	100
<b>Noviembre</b>				
Helechal de <i>Pteridium</i>	5°		3	0
Pradera de <i>Senna</i>	5°		6	0
<i>Ficus-Cordia-Dodonaea</i>	5°		1	0

Tabla 6.10. Niveles de infestación (% de individuos) por hongos en distintas poblaciones de *Schistocerca americana socoro* registradas en la isla Socorro en noviembre de 2004 y enero de 2005. *N* denota el número de ejemplares analizados.

Población	Hongo	<i>N</i>	% de infestación
<b>Noviembre</b>			
Bejucal		4	0
Bosque de <i>Bumelia</i>		1	0
Guayabos		2	0
Helechal de <i>Pteridium</i>	<i>Metarhizium anisopliae anisopliae</i>	8	12.5
Bosque de <i>Bumelia</i>		1	0
<b>Enero</b>			
Bosque de <i>Bumelia</i> – helechal		6	0

6.2.2 *Parasitoides*. Se registraron tres morfoespecies de parasitoides dípteros, dos posiblemente de la familia Tachinidae y otra posiblemente de la familia Sarcophagidae.

En la Tabla 6.11 se muestran los niveles de parasitoidismo por dípteros encontrados para adultos solitarios y gregarios de *S. p. piceifrons*. En el año de estudio se observaron 17 mangas, pero en las mangas 1, 6, 7 y de la 11 a la 16 no se atraparon langostas para determinar los niveles de infestación por parasitoides.

Los niveles de parasitoidismo variaron entre poblaciones de langostas de *S. p. piceifrons* adultas de 0 a 72.7%, éste último registrado en los individuos solitarios del pastizal en febrero (Tabla 6.11). Asimismo, se encontró que los individuos gregarios adultos sufren menores niveles de infestación por moscas parasitoides que los individuos solitarios del mismo estado de desarrollo (0 a 18.2% y de 0 a 72.7%, respectivamente). Los niveles de infestación variaron temporalmente y éstos fueron más altos en febrero (Tabla 6.11).

Los niveles de parasitoidismo también registraron una amplia variación (de 0 a 54%) en distintas poblaciones de ninfas de *S. p. piceifrons*. Los niveles de infestación parecen incrementarse conforme las ninfas se aproximan a la edad adulta (Tabla 6.12).

Tabla 6.11. Niveles de parasitoidismo por dípteros no identificados en individuos adultos solitarios y gregarios (capturados en mangas) de varias poblaciones de *Schistocerca piceifrons piceifrons* en isla Socorro estudiadas entre febrero de 2004 y enero de 2005. *N* denota el número de individuos capturados.

Población	<i>N</i>	% de infestación
<b>Febrero</b>		
Manga 2 (20/02/04)	121	12.40
Manga 3 (03/03/04)	11	18.20
Helechal de <i>Pteridium</i>	9	66.70
Matorral de <i>Dodonaea-Opuntia</i>	5	60.00
Pastizal	33	72.70
Pradera Mixta	17	64.70
Pradera de <i>Senna</i>	53	39.60
<b>Abril</b>		
Manga 4 (19/04/04)	158	0.00
Manga 5 (29/04/04)	200	0.00
Helechal de <i>Pteridium</i>	6	16.60
Pastizal	23	4.30
Pradera Mixta	10	0.00
Pradera de <i>Senna</i>	79	6.30
<b>Junio</b>		
Pastizal	52	3.80
Pradera Mixta	8	50.00
Pradera de <i>Senna</i>	57	0.00
<b>Agosto</b>		
Manga 8 (20/08/04)	195	2.60
Manga 9 (25/08/04)	98	3.06
Manga 10 (26/08/04)	56	1.79
Helechal de <i>Pteridium</i>	2	50.00
Pastizal	50	2.00
<b>Octubre</b>		
Matorral de <i>Croton</i>	140	11.43
Pastizal	50	0.00
Pradera Mixta	3	0.00
<b>Noviembre</b>		
Helechal de <i>Pteridium</i>	22	27.27
Matorral de <i>Croton</i>	74	9.46
Pastizal	23	13.04
Pradera mixta	1	0.00
Pradera de <i>Senna</i>	1	0.00
<b>Enero</b>		
Manga 17 (28/01/05)	23	4.35
Helechal de <i>Pteridium</i>	13	7.69
Matorral costero (Playa Norte)	2	0
Matorral de <i>Croton</i>	21	23.81
Matorral de <i>Dodonaea</i> (paradero)	7	14.29

Tabla 6.11. (Continuación).

Población	<i>N</i>	% de infestación
<b>Enero</b>		
Matorral submontano (guayabos)	8	12.5
Matorral de <i>Dodonaea-Opuntia-Cordia</i>	8	12.5
Pastizal	17	5.88
Pradera de <i>Senna</i>	28	14.29
Zona erosionada al N de <i>Senna</i>	10	40

Tabla 6.12. Niveles de parasitoidismo por dípteros no identificados en ninfas de varias poblaciones de *Schistocerca piceifrons piceifrons* solitarias en isla Socorro estudiadas entre febrero de 2004 y enero de 2005. *N* denota el número de individuos capturados.

Población	Estadio	<i>N</i>	% de infestación
<b>Agosto</b>			
Matorral de <i>Croton</i>	1-2	35	0.00
<b>Octubre</b>			
Pradera de <i>Senna</i>	4-5	103	1.00
Matorral de <i>Croton</i>	4-5	25	12.00
<b>Noviembre</b>			
Helechal de <i>Pteridium</i>	4-5	16	25.00
Pradera de <i>Senna</i>	4-5	13	53.85
<b>Enero</b>			
Helechal de <i>Pteridium</i>	4-5	2	0

De los 17 ejemplares de *S. a. socoro* colectados entre enero de 2004 y julio de 2005 solo un ejemplar resulto parasitado. Este fue colectado en una hembra de la pradera del cráter del volcán Evermann en Enero de 2004. Por otro lado, los niveles de parasitoidismo registrados en *S. a. socoro* capturadas entre octubre de 2004 y enero de 2005 fueron de 3.7% (*N* = 54). Los datos detallados de las langostas capturadas en cada población se presentan en la Tabla 6.13. El parasitoidismo en esta especie se ha registrado en las poblaciones del Bosque de *Bumelia*-helechal y en el matorral de *Dodonaea-Psidium*.

Tabla 6.13. Niveles de parasitoidismo por dípteros no identificados, en adultos de *Schistocerca americana socoro* en la isla Socorro, estudiados entre octubre de 2004 y enero de 2005. *N* denota el número de individuos capturados.

Comunidad vegetal	Localidad	<i>N</i>	% de infestación
<b>Octubre</b>			
Helechal	Ladera E	6	0.0
Matorral de <i>Dodonaea</i> -helechal	Paradero	9	0.0
Matorral costero	Playa Norte	1	0.0
Matorral de <i>Dodonaea-Cordia</i>	Norte de la Aeropista	2	0.0

Tabla 6.13. (Continuación)

Comunidad vegetal	Localidad	<i>N</i>	% de infestación
<b>Noviembre</b>			
Bosque de <i>Bumelia</i> -helechal	Monte Evermann	3	33.3
Helechal de <i>Pteridium</i> -bejucal	Ladera Este	22	0.0
Matorral submontano	Monte Evermann	1	0.0
Matorral de <i>Dodonaea-Psidium</i>	Paradero	1	100
<b>Enero</b>			
Bosque de <i>Bumelia</i> -helechal	Monte Evermann	6	0
Helechal de <i>Pteridium</i> -bejucal	Ladera Este	3	0

En el 4.3% de las ninfas de *Schistocerca americana socoro* capturadas entre octubre de 2004 y enero de 2005 se registraron parasitoides ( $N = 23$ ; ver detalles en Tabla 6.14).

Tabla 6.14. Niveles de parasitoidismo por dípteros no identificados, en ninfas de diferentes estadios de *Schistocerca americana socoro* en la isla Socorro, estudiados entre octubre y noviembre de 2004. *N* denota el número de individuos capturados.

Comunidad vegetal	Localidad	Estadio	<i>N</i>	% de infestación
<b>Octubre</b>				
Helechal de <i>Pteridium</i>	Ladera Este	1	1	0.0
Matorral de <i>Dodonaea</i> -helechal	Paradero	1	3	0.0
Matorral de <i>Dodonaea</i> -helechal	Paradero	4	1	0.0
<b>Noviembre</b>				
Bosque de <i>Bumelia</i> -helechal	Volcán Evermann	1	7	0.0
Helechal de <i>Pteridium</i> -bejucal	Ladera Este	3	8	12.5
Matorral de <i>Dodonaea-Psidium</i>	Paradero	1	1	0.0
<b>Enero</b>				
Helechal de <i>Pteridium</i> -bejucal	Ladera Este	5	2	0

### 6.3. Densidad de adultos

6.3.1. *Método de Gates*. No se detectaron individuos de *S. a. socoro* con el método de Gates.

La densidad de *S. p. piceifrons*, varió de 0 (registrada en octubre en el helechal) a 0.692 ind/m<sup>2</sup> en la pradera de *Senna* en octubre. Otro valor de alta densidad de langostas se registró en el matorral de *Croton* en agosto (0.479 ind/m<sup>2</sup>) (Tabla 6.15).

Tabla 6.15. Variación espacial y temporal de la densidad cuantitativa (No./m<sup>2</sup> ± e.e.) estimada de individuos solitarios adultos de *Schistocerca piceifrons piceifrons* y de *S. americana socoro* en diversas comunidades vegetales de la isla Socorro empleando el método de Gates. Datos de febrero de 2004 a enero de 2005. *N* denota el número de líneas revisadas.

Comunidad vegetal	Fecha	<i>N</i>	Densidad (No./m <sup>2</sup> )	
			<i>S. p. piceifrons</i>	<i>S. a. socoro</i>
Helechal de <i>Pteridium</i>	febrero	2	0.315 ± 0.056	0.0 ± 0.0
	abril	5	0.068 ± 0.021	0.0 ± 0.0
	junio	5	0.010 ± 0.006	0.0 ± 0.0
	agosto	5	0.155 ± 0.117	0.0 ± 0.0
	octubre	5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
	noviembre	5	0.126 ± 0.039	0.0 ± 0.0
	enero	5	0.251 ± 0.124	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Croton</i>	febrero	3	0.014 ± 0.014	0.0 ± 0.0
	abril	5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
	junio	5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
	agosto	5	0.479 ± 0.061	0.0 ± 0.0
	noviembre	5	0.134 ± 0.077	0.0 ± 0.0
	enero	5	0.474 ± 0.398	0.0 ± 0.0
Pastizal	febrero	2	0.098 ± 0.080	0.0 ± 0.0
	abril	5	0.013 ± 0.011	0.0 ± 0.0
	junio	5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
	agosto	6	0.054 ± 0.023	0.0 ± 0.0
	octubre	5	0.137 ± 0.054	0.0 ± 0.0
	noviembre	5	0.029 ± 0.012	0.0 ± 0.0
	enero	5	0.162 ± 0.142	0.0 ± 0.0
Pradera Mixta	febrero	2	0.065 ± 0.001	0.0 ± 0.0
	abril	5	0.078 ± 0.031	0.0 ± 0.0
	junio	5	0.035 ± 0.030	0.0 ± 0.0
	octubre	5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
	noviembre	5	0.001 ± 0.001	0.0 ± 0.0
Pradera de <i>Senna</i>	febrero	3	0.220 ± 0.090	0.0 ± 0.0
	abril	5	0.100 ± 0.057	0.0 ± 0.0
	junio	5	0.069 ± 0.047	0.0 ± 0.0
	octubre	5	0.692 ± 0.157	0.0 ± 0.0
	noviembre	5	0.343 ± 0.112	0.0 ± 0.0
	enero	5	0.188 ± 0.064	0.0 ± 0.0

En agosto de 2004 no se realizaron líneas de Gates en la pradera mixta debido a que al recorrer toda la extensión de esta comunidad vegetal no se registraron individuos de *S. p. piceifrons*. En cuanto a la pradera de *Senna* tampoco se realizaron líneas de Gates sin embargo, la densidad de *S. p. piceifrons* observada fue muy alta.

6.3.2. *Conteo de adultos gregarios de Schistocerca piceifrons piceifrons*. El 3 de marzo de 2004 en la zona de la aeropista se calculó una densidad de  $72.5 \pm e.e. 5.2$  langostas

centroamericanas muertas por m<sup>2</sup> ( $N = 20$ ). Por su parte, la manga 4 se registró entre las siguientes coordenadas 18° 45' 33.8'' N, 110° 56' 33.3'' O, 357 m s.n.m y a 18° 45' 38.4'' N, 110° 56' 12.5'' O, 355 m de altitud, 18° 45' 41.8'' N, 110° 56' 6.9'' O, con 315 m s. n. m. y 18° 45' 47.0'' N, 110° 56' 8.1'' O y a 322 m s.n.m. Con estas coordenadas se calculó que la manga abarcó un área de forma trapezoidal de 93,387 m<sup>2</sup>. Suponiendo que las mangas alcanzan el mismo nivel de apiñamiento de individuos durante el reposo, se determinó que el número de langostas en la manga 4 fue de  $6.77 \pm 0.49 \times 10^6$  individuos.

El 28 de enero de 2005 se observó a la manga 17 en una cañada con una extensión aproximada de 1.0 × 0.5 km. Si la densidad de langostas es similar a la de la manga 2, entonces se calcula que el número de individuos en la manga 17 era de  $36.25 \pm 2.6 \times 10^6$ .

Se marcaron 881 individuos de la manga 5 avistada el 29 de mayo de 2004 y se capturaron 354 individuos de la manga 6 avistada 24 h después y ninguna langosta fue recapturada. Suponiendo que se trata de la misma manga, estos datos muestran que las mangas 5 y 6 estaban constituidas por más de 311,874 individuos.

Se encontraron un promedio de  $40.6 \pm e.e. 5.32$  langostas por arbusto ( $N = 25$ ), así como un promedio de  $25.16 \pm e.e. 2.32$  arbustos en 25 m<sup>2</sup> ( $N = 25$ ). Con lo anterior se pudo determinar que en promedio existían 40.85 adultos pre-reproductivos por m<sup>2</sup> en el matorral de *Croton masonii* el 22 de octubre de 2004.

*6.3.3. Estimación cualitativa.* La población de *S .p. piceifrons* registró valores de densidad cualitativa mucho mayores a los de la especie endémica de Socorro, excepto en la pradera mixta muestreada en junio, en el matorral de *Dodonaea*, en el helechal y en el bosque de *Bumelia* muestreados en octubre, y en el bosque de *Bumelia*, en el bosque de *Ficus*, en la pradera mixta y en el bejucal muestreados en noviembre (Tabla 6.16).

Se registraron las dos especies en el helechal, en la pradera mixta, en el matorral costero, en el bosque de *Ficus*, en el matorral de *Dodonaea*, en el bosque de *Bumelia*-helechal

y en el matorral de *Psidium* (Tabla 6.16). Los hábitats que presentaron baja o nula incidencia de *S. p. piceifrons* solitarias fueron el bosque de *Ficus*, el bosque de *Bumelia* y el matorral submontano, en tanto que los hábitats que presentaron nula incidencia de *S. a. socoro* fueron el pastizal, la pradera de *Senna*, el matorral de *Croton* y el matorral de *Dodonaea-Opuntia* (Tabla 6.16).

Tabla 6.16. Variación temporal y entre comunidades vegetales de la densidad cualitativa (No./100 m<sup>2</sup> ± e.e.) de *S. piceifrons piceifrons* y de *S. americana socoro*, en la isla Socorro. Datos obtenidos de adultos solitarios en siete salidas que se llevaron a cabo entre febrero de 2004 y enero de 2005.

Comunidad vegetal	Densidad (No./100 m <sup>2</sup> )	
	<i>S. p. piceifrons</i>	<i>S. a. socoro</i>
<b>Febrero</b>		
Bosque de <i>Bumelia</i>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Bosque de <i>Ficus</i>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Helechal de <i>Pteridium</i>	2.08 ± 1.5	0.15 ± 0.2
Matorral costero	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Croton</i>	1.06 ± 1.4	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Dodonaea</i>	2.55 ± 1.0	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Dodonaea-Opuntia</i>	6.38 ± 2.2	0.0 ± 0.0
Matorral submontano	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Psidium</i>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Pastizal	11.43 ± 3.4	0.0 ± 0.0
Pradera de <i>Senna</i>	13.82 ± 1.2	0.0 ± 0.0
Pradera Mixta	5.49 ± 1.9	3.01 ± 1.2
<b>Abril</b>		
Bosque de <i>Ficus</i>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Bosque de <i>Bumelia</i>	0.11 ± 1.0	0.0 ± 0.0
Helechal de <i>Pteridium</i>	3.24 ± 2.3	0.05 ± 1.2
Matorral costero	1.24 ± 1.1	0.88 ± 1.0
Matorral de <i>Croton</i>	0.26 ± 1.0	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Dodonaea</i>	1.06 ± 1.0	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Dodonaea-Opuntia</i>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Matorral submontano	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Psidium</i>	0.42 ± 1.0	0.0 ± 0.0
Pastizal	0.90 ± 1.0	0.0 ± 0.0
Pradera de <i>Senna</i>	8.86 ± 2.3	0.0 ± 0.0
Pradera Mixta	6.38 ± 1.3	0.18 ± 1.1
<b>Junio</b>		
Bosque de <i>Ficus</i>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Bosque de <i>Bumelia</i>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Helechal de <i>Pteridium</i>	2.55 ± 1.5	1.06 ± 1.0
Matorral costero	2.76 ± 1.2	1.80 ± 1.3

Tabla 6.16. (Continuación).

Comunidad vegetal	Densidad (No./100 m <sup>2</sup> )	
	<i>S. p. piceifrons</i>	<i>S. a. socoro</i>
	<b>Junio</b>	
Matorral de <i>Croton</i>	4.14 ± 1.4	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Dodonaea</i>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Dodonaea-Opuntia</i>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Matorral submontano	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Psidium</i>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Pastizal	3.15 ± 1.3	0.0 ± 0.0
Pradera de <i>Senna</i>	19.14 ± 3.2	0.0 ± 0.0
Pradera Mixta	1.06 ± 1.2	6.38 ± 1.6
	<b>Agosto</b>	
Asociación <i>Ficus – Dodonaea</i>	1.06 ± 1.0	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Croton</i>	17.13 ± 2.0	0.0 ± 0.0
Pastizal	9.03 ± 3.5	0.0 ± 0.0
	<b>Octubre</b>	
Asociación <i>Dodonaea-Pteridium</i>	0.0 ± 0.0	2.65 ± 1.3
Bosque de <i>Bumelia</i>	0.09 ± 0.09	2.26 ± 0.4
Bosque de <i>Ficus</i>	13.69 ± 2.2	0.86 ± 0.3
Helechal de <i>Pteridium</i>	7.44 ± 6.3	0.53 ± 0.5
Matorral de <i>Cordia</i> y <i>Dodonaea</i>	19.14 ± 1.5	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Croton</i>	13.68 ± 2.0	0.0 ± 0.0
Pastizal	19.14 ± 1.3	0.0 ± 0.0
Pradera de <i>Senna</i>	19.14 ± 1.5	0.0 ± 0.0
	<b>Noviembre</b>	
Bejucal	0.0 ± 0.0	6.38 ± 1.3
Bosque de <i>Bumelia</i>	0.0 ± 0.0	0.21 ± 0.1
Bosque de <i>Ficus</i>	0.0 ± 0.0	0.23 ± 0.1
Helechal de <i>Pteridium</i>	1.31 ± 0.5	0.91 ± 0.2
Matorral de <i>Croton</i>	10.69 ± 1.7	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Dodonaea</i>	3.08 ± 0.9	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Dodonaea-Opuntia</i>	1.62 ± 0.64	0.0 ± 0.0
Matorral submontano	0.0 ± 0.0	0.35 ± 0.3
Pastizal	1.52 ± 0.2	0.0 ± 0.0
Pradera de <i>Senna</i>	18.73 ± 0.4	0.0 ± 0.0
Pradera Mixta	0.0 ± 0.0	0.17 ± 0.1
	<b>Enero</b>	
Bosque de <i>Bumelia</i>	16.48 ± 9.7	1.06 ± 0.5
Ecotono matorral <i>Dodonaea-Opuntia</i> /matorral <i>Croton</i>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Helechal de <i>Pteridium</i>	3.40 ± 2.3	1.06 ± 1.0
Matorral de <i>Cordia</i>	19.14 ± 10.7	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Croton</i>	4.46 ± 2.9	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Opuntia</i>	2.76 ± 1.7	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Psidium</i>	6.38 ± 1.5	1.06 ± 1.0
Matorral mixto	0.0 ± 0.0	1.06 ± 1.0
Pastizal	2.52 ± 1.5	0.0 ± 0.0
Pradera de <i>Senna</i>	6.38 ± 1.0	0.0 ± 0.0
Vegetación costera	1.33 ± 1.0	1.06 ± 1.0

#### 6.4. Proporción sexual

La proporción sexual (machos:hembra) en las poblaciones de individuos solitarios de *S. p. piceifrons* varió de 0.11 a 5.00 (Tabla 6.17), y los valores que fueron significativamente mayores a 1 se registraron en el pastizal en abril, junio y enero, en el matorral de *Croton* en octubre, así como en el matorral de *Dodonaea* en noviembre. En la zona de pastizal en agosto se registraron 0.11 machos por hembra, siendo éste un valor significativamente distinto de 1 (Tabla 6.17).

Por su parte, la proporción sexual de las langostas gregarias de *S. p. piceifrons* fue mayor a 1 en todas las mangas estudiadas con excepción de la 9. Los valores de la proporción sexual variaron entre 0.31 y 2.38 (Tabla 6.18). Los valores que fueron significativamente más altos que 1 se registraron en las mangas 2, 4, 5, 8 y 9 encontradas entre febrero de 2004 y enero de 2005.

Reuniendo los datos de los individuos de *S. a. socoro* capturados en las primeras tres salidas la proporción sexual fue 1.2, el cual no es significativamente diferente de 1 ( $\chi^2 = 0.059$ , g.l. = 1,  $P > 0.05$ ;  $N = 17$ ). En las salidas 5, 6 y 7 (de octubre de 2004 a febrero de 2005) se encontraron valores de la proporción sexual que no difirieron significativamente de la proporción 1:1 (Tabla 6.19).

Tabla 6.17. Proporción sexual de poblaciones de individuos solitarios de *Schistocerca piceifrons piceifrons* en isla Socorro entre febrero de 2004 a enero de 2005. La prueba de  $\chi^2$  se aplicó para determinar la existencia de diferencias significativas de la proporción 1:1.  $N$  denota el número de ejemplares observados. g.l. = 1. En negritas se indican los valores de  $P < 0.05$ .

Comunidad vegetal	Localización	Machos/Hembras	$N$	$\chi^2$	$P$
<b>Febrero</b>					
Helechal de <i>Pteridium</i>	Ladera Este	1.25	9	0.11	>0.50
Pastizal	Subsector Naval	1.75	33	2.45	>0.10
Pradera Mixta	Cráter del Evermann	1.28	16	0.25	>0.50
Pradera de <i>Senna</i>	Camino al Evermann	1.76	47	3.59	>0.05
<b>Abril</b>					
Helechal de <i>Pteridium</i>	Ladera Este	5.00	6	2.66	>0.10
Pastizal	Subsector Naval	3.00	20	5.00	<b>&lt;0.05</b>
Pradera Mixta	Cráter del Evermann	1.00	10	0.00	>0.99
Pradera de <i>Senna</i>	Camino al Evermann	1.35	79	1.83	>0.10

Tabla 6.17. (Continuación)

Comunidad vegetal	Localización	Machos/Hembras	<i>N</i>	$\chi^2$	<i>P</i>
<b>Junio</b>					
Pastizal	Subsector Naval	3.00	52	12.29	<b>&lt;0.001</b>
Pradera Mixta	Cráter del Evermann	1.00	8	0.00	>0.99
Pradera de <i>Senna</i>	Camino al Evermann	1.37	57	1.42	>0.25
Matorral de <i>Croton</i>	Lado O del Subsector	1.50	5	0.20	>0.50
<b>Agosto</b>					
Pastizal	Subsector Naval	0.11	50	32	<b>&lt;0.001</b>
<b>Octubre</b>					
Pastizal	Subsector Naval	2.33	50	8	>0.001
Pradera Mixta	Cráter del Evermann	0.5	3	0.33	>0.50
Matorral de <i>Croton</i>	Camino a grutas	1.75	140	10.31	<b>&lt;0.005</b>
<b>Noviembre</b>					
Helechal de <i>Pteridium</i>	Ladera Este	1.00	22	0.00	>0.99
Pastizal	Subsector Naval	1.00	22	0.00	>0.99
Matorral de <i>Croton</i>	Lado O del Subsector	1.21	73	0.67	>0.75
<i>Dodonaea</i> – <i>Cordia</i>	Camino al Evermann	0.92	96	0.17	>0.50
Matorral de <i>Dodonaea</i> – <i>Opuntia</i>	Camino a la Aeropista	1.22	60	0.60	>0.25
Matorral de <i>Dodonaea</i>	Camino a la Aeropista	3.25	17	4.76	<b>&lt;0.05</b>
<b>Enero</b>					
Helechal de <i>Pteridium</i>	Ladera Este	2.25	26	3.85	<b>&lt;0.05</b>
Pastizal	Subsector Naval	2.22	29	4.17	<b>&lt;0.05</b>
Pradera de <i>Senna</i>	Camino al Evermann	1.61	60	3.27	>0.05
Matorral de <i>Croton</i>	Lado O del Subsector	1.15	84	0.43	>0.50
Matorral de <i>Dodonaea</i>	El Paradero	1.00	14	0.00	>0.999
Matorral mixto	Los Guayabos	1.67	24	1.5	>0.10

Tabla 6.18. Proporción sexual de individuos gregarios de *Schistocerca piceifrons piceifrons* avistados en 14 mangas entre febrero de 2004 y enero de 2005. La prueba de  $\chi^2$  se aplicó para determinar la existencia de diferencias significativas de la proporción 1:1. *N* denota el número de ejemplares observados. g.l. = 1. En negritas se indican los valores de  $P < 0.05$ .

No. Manga	Fecha de avistamiento	Machos/Hembras	<i>N</i>	$\chi^2$	<i>P</i>
Manga 1	18-feb-04	1.65	53	3.18	>0.05
Manga 2	20-feb-04	1.59	244	12.85	<b>&lt;0.001</b>
Manga 3	3-mar-04	1.33	21	0.42	>0.50
Manga 4	19-abr-04	1.51	350	14.81	<b>&lt;0.001</b>
Manga 5	29-abr-04	1.43	319	10.18	<b>&lt;0.005</b>
Manga 8	20-ago-04	1.60	195	10.38	<b>&lt;0.005</b>
Manga 9	25-ago-04	0.31	98	27.59	<b>&lt;0.001</b>
Manga 10	26-ago-04	1.15	56	0.29	>0.50
Manga 11	21-nov-04	1.10	128	0.28	>0.50
Manga 12	25-nov-04	1.06	185	0.14	>0.50
Manga 13	25-nov-04	1.19	68	0.53	>0.25
Manga 14	27-nov-04	1.05	225	0.11	>0.50
Manga 15	30-nov-04	1.39	43	1.14	>0.25
Manga 17	28-ene-05	2.38	44	7.36	<b>&lt;0.01</b>

Tabla 6.19. Proporción sexual de individuos de *Schistocerca americana socoro* capturados entre octubre de 2004 a febrero de 2005 en isla Socorro. La prueba de  $\chi^2$  se aplicó para determinar la existencia de diferencias significativas de la proporción 1:1.  $N$  denota el número de ejemplares observados. g.l. = 1.

Periodo	Machos/Hembras	$N$	$\chi^2$	$P$
18 de oct al 5 de nov	1.71	19	1.32	>0.10
18 de nov al 5 de dic	1.66	39	0.23	>0.50
18 de ene al 5 de feb	0.82	20	0.2	>0.50

### 6.5. Densidad y patrón de distribución espacial de ootecas

En agosto de 2004 la densidad de ootecas de *S. p. piceifrons* varió de  $2.22 \pm e.e. 2.22$  en el matorral de *Croton* a  $235.56 \pm e.e. 123.25$  ootecas/m<sup>2</sup> en el matorral de *Dodonaea-Cordia* (Tabla 6.20). El patrón de distribución espacial de las ootecas resultó ser aleatorio (Tabla 6.21).

Tabla 6.20. Densidad de ootecas (No./m<sup>2</sup>  $\pm$  e.e) de *S. p. piceifrons* encontradas en agosto de 2004 en dos comunidades vegetales de la isla Socorro.  $N$  denota el número de cuadros de  $30 \times 30$  cm<sup>2</sup> revisados en cada ambiente.

Comunidad vegetal	Localización	$N$	Tamaño de la parcela (m <sup>2</sup> )	Densidad (No./m <sup>2</sup> $\pm$ e.e)
Matorral de <i>Croton</i> I	Lado O del Subsector	10	50 $\times$ 50	6.66 $\pm$ 3.77
Matorral de <i>Croton</i> II	Lado O del Subsector	5	3 $\times$ 3	2.22 $\pm$ 2.22
Matorral de <i>Croton</i> III	Lado O del Subsector	5	3 $\times$ 3	2.22 $\pm$ 2.22
Matorral de <i>Croton</i> IV	Lado O del Subsector	10	3 $\times$ 3	3.33 $\pm$ 3.33
Matorral de <i>Dodonaea-Cordia</i> I	Camino al Evermann	10	50 $\times$ 50	88.88 $\pm$ 51.16
Matorral de <i>Dodonaea-Cordia</i> II	Camino al Evermann	5	3 $\times$ 3	235.56 $\pm$ 123.25

Tabla 6.21. Patrón de distribución espacial de las ootecas de *S. p. piceifrons* en dos localidades de la isla Socorro obtenidas en agosto del 2004.

Comunidad vegetal	Localización	Densidad (No./m <sup>2</sup> $\pm$ e.e)	$s^2/\mu$	$\chi^2$	g.l.	$P$	Patrón <sup>1</sup>
Matorral de <i>Croton</i>	Lado O del Subsector	6.7 $\pm$ 3.8	1.926	2.51	1	> 0.50	Aleatorio
Matorral de <i>Dodonaea-Cordia</i> I	Camino al Evermann	88.9 $\pm$ 51.2	26.5	2.21	1	> 0.50	Aleatorio
Matorral de <i>Dodonaea-Cordia</i> II	Lado O del Subsector	235.6 $\pm$ 123.2	29.01	1.64	1	> 0.50	Aleatorio

<sup>1</sup>prueba de  $\chi^2$  ajustada para la distribución binomial de Poisson

## 6.6. Densidad y patrón de distribución espacial de ninfas

6.6.1. *Densidad de ninfas.* No se detectaron ninfas de la especie endémica en los transectos estudiados. Los primeros dos estadios de las ninfas de *S. p. piceifrons* se registraron a finales de agosto en el matorral de *Croton* y en la pradera de *Senna*, en esta última se encontró la densidad más alta (91.96 ind/m<sup>2</sup>). Por su parte, a finales de octubre se registraron estos dos estadios únicamente en la pradera mixta en una densidad muy baja (0.03 ind/ m<sup>2</sup>) (Tabla 6.22).

Las ninfas de 4° y 5° estadio se encontraron desde finales de octubre en el helechal de *Pteridium* y en la pradera de *Senna* donde alcanzaron su densidad más alta (38.48 ind/m<sup>2</sup>) (Tabla 6.22).

Tabla 6.22. Variación espacial y temporal de la densidad de ninfas de *Schistocerca piceifrons piceifrons* en la isla Socorro. Datos de agosto a noviembre de 2004.

Comunidad vegetal	Sitio	Densidad (No./m <sup>2</sup> ± e.e)	Estadio ninfal	No. de transectos	No. de cuadros / transecto
<b>Agosto</b>					
Pradera de <i>Senna</i>	Camino al Evermann	91.96 ± 22.57	1-2	1	25
Matorral de <i>Croton</i>	Lado oeste del Subsector	24.16 ± 13.12	1-2	1	25
<b>Octubre</b>					
Helechal de <i>Pteridium</i>	Camino a Playa Norte	0.13 ± 0.13	4-5	5	15
Pradera Mixta	Cráter del Evermann	0.03 ± 0.03	1-2	5	15
Pradera de <i>Senna</i>	Camino al Evermann	38.48 ± 11.58	4-5	5	15
<b>Noviembre</b>					
Pradera de <i>Senna</i>	Camino al Evermann	3.65 ± 0.34	5	1	40

6.6.2. *Densidad de ninfas en bandas.* La primer banda se encontró el 27 de agosto de 2004 en una zona de intersección entre el matorral de *Croton* y el pastizal, ubicada en el lado oeste del Subsector Naval abarcando un área de 13 × 35 m<sup>2</sup> con una densidad de 1,267 ind/m<sup>2</sup>, lo cual sugiere que la banda estaba compuesta por alrededor de 576,485 individuos.

El 29 de agosto en el playón de la bahía Vargas Lozano, al sur de la isla, se encontró a la 2a. banda forrajeando en un manchón de *Boerhavia coccinea*. En esta ocasión sólo se calculó el área que abarcaba la banda la cual fue de  $7.10 \times 4.74 \text{ m}^2$ . Se obtuvo el promedio de las densidades de las bandas 1 y 3 para poder obtener una aproximación de la densidad de la banda 2, la cual fue de  $1,642.5 \text{ ind/m}^2$  con esto se calculó que esta banda estaba conformada por alrededor de 55,277 ninfas. La tercer banda se registró el 30 de agosto a un costado de la pradera de *Senna* sobre el camino de terracería. En esta caso se observó que las ninfas formaban un continuo de 2.80 m de ancho por 120 m de largo ( $336 \text{ m}^2$ ) y se registró una densidad de  $2,016.0 \text{ ind/m}^2$  con esto se estimó que la banda estaba conformada por 677,376 ninfas.

6.6.3. *Patrón de distribución espacial.* Las ninfas, en general, presentaron un patrón de distribución agregado, excepto las ninfas de cuarto y quinto estadio del transecto II de la pradera de *Senna* muestreada en octubre y las ninfas de quinto estadio encontradas en esta misma pradera en noviembre (Tabla 6.23). Las densidades de ninfas registradas variaron de  $3.65 \text{ ninfas/m}^2$  en la pradera de *Senna* muestreadas en noviembre, a  $91.96 \text{ ninfas/m}^2$  muestreadas en la misma pradera en agosto

Tabla 6.23. Densidad y patrón de distribución espacial de ninfas de *S. p. piceifrons* en diversos ambientes de la isla Socorro. Datos correspondientes de agosto a noviembre de 2004.

Comunidad vegetal	Localización	Densidad (No./m <sup>2</sup> ± e.e)	s <sup>2</sup> /μ	No. Cuadros	Estadios	χ <sup>2</sup>	g.l.	p	Patrón <sup>1</sup>
Matorral <i>Croton</i>	de Lado O del Subsector	24.16 ± 13.12	178.2	25	1°-2°	66.59	8	<0.05	Agregado
Pradera <i>Senna</i>	de Camino al Evermann	91.96 ± 22.57	138.5	25	1°-2°	13.26	6	<0.05	Agregado
Pradera <i>Senna I</i>	de Camino al Evermann	12.27 ± 3.18	12.36	15	4°-5°	18.74	6	<0.05	Agregado
Pradera <i>Senna II</i>	de Camino al Evermann	16.27 ± 2.80	7.23	15	4°-5°	11.07	5	> 0.50	Aleatorio
Pradera <i>Senna III</i>	de Camino al Evermann	33.4 ± 7.16	23.02	15	4°-5°	10.41	1	<0.05	Agregado
Pradera <i>Senna IV</i>	de Camino al Evermann	70 ± 9.76	20.40	15	4°-5°	29.82	1	<0.05	Agregado
Pradera <i>Senna V</i>	de Camino al Evermann	60.47 ± 9.7	23.33	15	4°-5°	14.86	1	<0.05	Agregado
Pradera <i>Senna</i>	de Camino al Evermann	3.65 ± 0.344	1.30	40	5°	5.41	1	> 0.50	Aleatorio

## VII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 7.1. Fenología

Con este trabajo se pudo confirmar que *S. p. piceifrons* presenta una generación al año en la isla Socorro a diferencia de las poblaciones bivoltinas estudiadas en el continente, esto había sido reportado por Arrieta y González (1996).

Los datos sugieren que el período reproductivo de *S. p. piceifrons* en la isla Socorro inicia a principios de julio y termina a finales de agosto. El inicio de la temporada de reproducción se empalma con el inicio de la temporada de lluvias de la isla Socorro. La temporada de lluvias de los sitios donde se ha estudiado a las poblaciones continentales empieza en abril y termina entre septiembre y octubre a diferencia de la temporada de lluvias de la isla Socorro la cual generalmente empieza en julio y termina en septiembre siendo así mucho mas corta. Esta diferencia en la duración de la temporada de lluvias puede explicar el por que las poblaciones de la isla Socorro son univoltinas mientras que las poblaciones continentales son bivoltinas. Se sabe que en muchos casos la calidad nutricional de las plantas puede verse afectada por el estrés hídrico (Mooney *et al.*, 1991) y que esta a su vez afecta el desarrollo, la tasa de crecimiento, la supervivencia y la fecundidad de los ortópteros (Bernays *et al.*, 1974; McCaffery, 1975). Por otro lado se sabe que los huevos de varias especies de acridoideos requieren de un mínimo nivel hídrico para poder madurar (Farrow, 1979). Por lo anteriormente expuesto es claro que tanto para la fecundidad como para el desarrollo ninfal se requiere de cierto nivel hídrico y que si calculamos el tiempo de desarrollo ninfal en la isla Socorro con base en este estudio con una duración de alrededor de dos meses, posiblemente no existiría el tiempo necesario para que las ninfas que nacen a mediados de agosto alcancen a madurar y a reproducirse de manera que su descendencia se pueda desarrollar bajo los niveles hídricos óptimos y por lo tanto que puedan existir dos generaciones en un mismo año.

Se capturaron dos ninfas de tercer estadio en junio cerca de la cima del Evermann lo cual sugiere que existe una población de individuos solitarios en esta zona que presentan una fenología distinta debido probablemente a las condiciones climáticas diferentes que se presentan a esta altitud, las cuales son de mayor humedad y menor temperatura además, en esta zona se encuentran hierbas durante todo el año (Levin y Moran, 1989).

De acuerdo con los datos de la figura 6.1, el desarrollo ninfal de *S. p. piceifrons* ocurre entre agosto y enero, con la excepción de las ninfas encontradas en el cráter del Evermann. En cuanto a la duración de los estadios, los datos deben de ser confirmados con un estudio posterior donde se registre la duración de cada estadio bajo las condiciones climáticas de la isla Socorro ya que la mayoría de los datos que hacen referencia a la duración de los estadios fueron registrados bajo la temperatura ambiente de la ciudad de México condición que podría aletargar el cambio de estadio debido a las bajas temperaturas que prevalecen en comparación con las de la Isla (Pickford, 1960; Hoste *et al.*, 2002).

En cuanto a la fenología de *S. a. socoro* se registraron adultos de esta especie durante todo el año (ver Figura 6.1). Al parecer esta especie también presenta una sola generación en el año. Según los datos encontrados el apareamiento y la oviposición de *S. a. socoro* ocurren entre otoño e invierno a diferencia de la temporada en la que ocurren estos eventos para *S. p. piceifrons*. La diferencia de temporada en la ocurrencia de estos eventos se puede deber a que las ninfas de *S. a. socoro* se encontraron en sitios donde las condiciones climáticas son de mayor humedad durante todo el año en comparación a los sitios de menor altitud donde se encuentran las ninfas de *S. p. piceifrons*. La diferencia en la fenología de las dos especies del estudio podría ser de gran importancia en el caso de que se quisiera diseñar una estrategia de control biológico para *S. p. piceifrons* que no afecte a la especie endémica.

## 7.2. Densidad y hábitat

Las langostas centroamericanas solitarias adultas prefieren hábitats abiertos donde alcanzan densidades de entre 0.010 y 0.692 ind/m<sup>2</sup> (Tabla 6.15). La pradera mixta y el pastizal son las dos comunidades vegetales donde hay menor predominancia de estas langostas durante todo el año con excepción de la pradera mixta en abril, el cual es uno de los meses más secos y, octubre para el pastizal, mes en el que se presentan los primeros imagos (Tabla 6.15). En el helechal de *Pteridium* las densidades más altas se registraron en los primeros meses del año; mientras que en agosto y octubre (meses en los que acontece el pico reproductivo de la langosta centroamericana y el desarrollo ninfal), se encontraron muy pocos individuos en estas localidades (Tabla 6.15).

El matorral de *Croton* y la pradera de *Senna* presentan las densidades más altas, aunque en los meses más secos (abril-junio) al defoliarse totalmente los arbustos de *Croton*, no se encuentran langostas en el matorral (Tabla 6.15). En la pradera de *Senna* se encontraron langostas en todos los meses en los que se visitó la Isla (Tabla 6.15).

Las langostas gregarias adultas de *S. p. piceifrons* tienen la capacidad de moverse en todas las comunidades vegetales definidas en este estudio. Se estimó que las mangas pueden alcanzar densidades de entre 40.85 y 72.5 ± e.e. 5.2 ind/m<sup>2</sup> abarcando extensiones de 9.3 ha constituidas por entre 6.77 ± 0.49 y 36.25 ± 2.6 millones de individuos.

Con el método cualitativo se pudo estimar la densidad de adultos de *S. a. socoro* en los sitios donde ésta habita, los cuales son: la pradera mixta del cráter del volcán, los helechales del sureste y este de la Isla, el matorral de *Dodonaea*, el bosque de *Bumelia*, el bosque de *Ficus* y el matorral costero de Playa Norte (Tabla 6.16). Se observó que los dos acridoideos del estudio comparten el mismo hábitat, en la pradera mixta, en el matorral de *Dodonaea*, en el matorral costero de Playa Norte y en los helechales de *Pteridium*. En estas comunidades

vegetales se registró una mayor abundancia de *S. p. piceifrons* con respecto a *S. a. socoro* con excepción de la pradera mixta en junio y en noviembre (Tabla 6.16).

La estimación de la densidad de adultos de *S. a. socoro* resultó difícil debido tanto al mimetismo que presenta esta especie como a los sitios donde habita, los cuales son de difícil acceso como el bejucal, el matorral costero y los helechales a pesar de esto, se estimó que se encuentran en densidades de entre 0.05 y 6.38 ind/100 m<sup>2</sup> (Tabla 6.16). Cabe señalar que el método cualitativo sólo nos puede dar una idea de dónde se encuentran ambas especies y en qué sitio se encuentran con mayor abundancia sin embargo, para ser otro tipo de conjeturas hay que ser cuidadosos con los números que este método nos proporciona pues las categorías asignadas para cada expedición se hicieron por diferentes personas y las comunidades vegetales estudiadas no se exploraron con la misma intensidad durante todas las salidas.

Las ninfas de *S. p. piceifrons* de los dos primeros estadios se encuentran entre agosto y septiembre forrajeando en localidades donde hay una mayor abundancia de hierbas rastreras y de arbustos de *Croton masonii*, en los sitios de menor altitud de la Isla, se encontraron también en densidades muy altas en la pradera de *Senna* (91.96 ±22.57 ind/m<sup>2</sup>) marchando con dirección sur o bien perchadas sobre *Senna obtusifolia* sin embargo no se observaron rastros de daño foliar sobre esta especie y según los estudios realizados por Cano-Santana *et al.* (2005) sobre preferencia alimenticia no se observó que se alimentaran de esta planta por lo que su estancia en este sitio podría ser transitoria (Tabla 6.22). En octubre predominan las ninfas de cuarto y quinto estadio las cuales parecen regresar hacia las zonas altas y sobretodo a la pradera de *Senna* donde se encuentran en noviembre como ninfas de quinto estadio (Tabla 6.22). Puede ser que exista una relación entre la fenología de *S. p. piceifrons* y su distribución altitudinal en la isla Socorro esta relación tendrá que ser probada en estudios posteriores sin embargo, patrones similares de distribución altitudinal en relación a la fenología se han reportado para *Schistocerca cf. interrita* en la zona norte de Perú (Solano, 2005).

En el sitio donde se detectó el mayor número de ninfas solitarias de primer estadio fue el matorral de *Croton* cercano al subsector en densidades de  $24.16 \pm 13.12$  ninfas/m<sup>2</sup> (Tabla 6.22). Se presume que eran ninfas solitarias debido a que se hallaron ootecas aisladas en densidades de  $2.22 \pm 2.22$  a  $6.66 \pm 3.77$  ootecas/ m<sup>2</sup> (Tabla 6.20) así como parejas de *S. p. piceifrons* volando en tandem de manera solitaria. Además estas ninfas poseían una menor cantidad de pigmentación negra, coloración característica de las ninfas gregarias y se encontraban en un estado menor de agregación con respecto a las bandas encontradas.

En el sitio de la pradera de *Senna* también se reportaron ninfas de conducta solitaria, sin embargo, en este último caso no se puede afirmar si estas ninfas habían emergido de ootecas aisladas o si eran ninfas que habían sido abandonadas por la banda. El único sitio donde se encontró la oviposición de langostas gregarias fue en el matorral de *Dodonaea-Cordia* camino al volcán, la emergencia de estos individuos no se pudo observar en el campo. La densidad de ootecas encontradas en este sitio fue de  $88.9 \pm 51.2$  y de  $235.56 \pm 123.2$  ootecas/m<sup>2</sup> (Tabla 6.20).

Las bandas se encontraron en sitios de pastizal, en manchones de *Boerhavia coccinea*, en la pradera de *Senna*, en el matorral de *Croton* y en el bosque de *Ficus*, donde se registraron en densidades de entre 1267 a 2016 ind/m<sup>2</sup> abarcando un área de hasta 336 m<sup>2</sup> constituidas por entre 55, 277 y 677, 376 individuos. La gran diferencia encontrada entre el número de individuos estimado para las bandas y el número de individuos estimado para las mangas registradas en este estudio se puede deber a que las bandas se suelen fusionar al encontrarse unas a otras constituyendo así grupos cada vez más grandes siendo con cierta frecuencia mayor el número de individuos encontrados en las mangas con respecto al número de individuos conformado por las bandas de las mismas poblaciones (Uvarov, 1977).

Las ninfas de *S. a. socoro* se encontraron entre octubre y febrero en el matorral de *Dodonaea* cercano al paradero, en el helechal de *Pteridium*-bejucal de la ladera este y en el

bosque de *Bumelia*-helechal. La densidad de estas debió de ser muy baja según la cantidad de ninfas colectadas en cada sitio la cual fue de 1 a 8 ninfas por sitio por expedición.

### 7.3. Proporción sexual

En cuanto a la proporción sexual de las poblaciones de *S. p. piceifrons* solitarias de las ocho localidades estudiadas en los siete meses sólo en un 25% de los casos resultó ser significativamente diferente de 1 por lo que se puede decir que en general la proporción sexual no difiere de 1:1 es decir que en estas poblaciones por cada macho existe una hembra (Tabla 6.17) lo cual se ha registrado en la mayoría de las especies de acridoideos estudiados (Chapman y Joern, 1990). En la temporada reproductiva los adultos solitarios sólo se encontraron en el matorral de *Croton* y en el pastizal cercano al subsector, de esta última unidad vegetal se colectaron individuos encontrándose una proporción sexual significativamente menor a uno en el orden de 0.11 machos por hembra (Tabla 6.17). Esto podría indicarnos que los machos mueren antes que las hembras. Las demás proporciones sexuales diferentes de la proporción 1:1 se registraron sesgadas hacia los machos y se encontraron distribuidas durante todo el año y en diferentes comunidades de vegetales por lo que no hay motivos para suponer que estas poblaciones presentan el fenómeno de protandria (Tabla 6.17).

En el caso de las mangas en un 43% de los casos la proporción sexual resultó ser significativamente diferente de la razón 1:1. Entre enero y agosto la proporción sexual se encuentra sesgada a los machos en el orden de 1.43 a 2.38 machos por hembra con la excepción de un caso reportado en agosto donde se registraron más hembras. En el mes de noviembre este valor no difirió significativamente de 1 (Tabla 6.18). En la literatura se reporta que en general no existe conducta de cortejo ni competencia entre los machos de una manga de varias especies de langostas (Niassy *et al.*, 1999) además de que los machos determinan la

madurez sexual del resto del grupo es por esto que se puede esperar que las proporciones sexuales se encuentren cercanas a uno (Seidelmann y Ferenz, 2002).

La proporción sexual del chapulín endémico tampoco difirió significativamente de 1:1. Por lo que podemos decir que en el campo existe por cada macho una hembra (Tabla 6.19). Esta proporción sexual coincide con la de la mayoría de las especies de chapulines estudiadas (Chapman y Joern, 1990).

#### **7.4. Niveles de mortalidad por enemigos naturales**

Se encontró que la langosta centroamericana es atacada por *Beauveria bassiana* y por *Metarhizum anisopliae anisopliae*. *Beauveria bassiana* se encontró infestando a los adultos de esta langosta en una mayor proporción entre un 1.3 a 11.1% por población o manga estudiada, entre febrero y abril, mientras que *M. a. anisopliae* se registró sólo en una manga en un 5% (Tabla 6.8). Las ninfas de segundo estadio fueron las únicas que se encontraron infestadas por *B. bassiana* (Tabla 6.9). Según las temperaturas que se registran en la Isla los meses donde se esperaría una mayor ocurrencia de hongos entomopatógenos serían julio y agosto debido a que en estos meses la temperatura promedio alcanza entre los 24-25°C y la humedad relativa se encuentra en un 90%, ambas condiciones resultarían óptimas para la esporulación e infestación de estos hongos (Marcandier y Khachatourians, 1987; Inglis *et al.*, 1996) sin embargo, la alta humedad también ocasionó que la preservación de los organismos para su posterior análisis fuera más difícil. Para observar la variación estacional en la infestación de hongos así como la variación por comunidad vegetal estudiada se requeriría de un número mayor de colecta por mes y por comunidad vegetal así como un mayor cuidado en la preservación de los ejemplares muertos.

En cuanto a la especie endémica sólo se registró la infestación de ejemplares adultos por *Metarhizum anisopliae anisopliae* en el mes de noviembre en un 12.5% (Tabla 6.10).

Se encontraron adultos de la langosta centroamericana infestados por parasitoides durante todo el año (ver Tabla 6.11) en el caso de resultar que las tres morfoespecies son taquínidos la presencia de esta familia durante todo el año había sido reportado por Danyk *et al.* (2000). Los niveles de infestación en este estudio parecen incrementarse conforme las ninfas se aproximan a la edad adulta (Tabla 6.12), lo cual se ha encontrado en otros estudios (Smith, 1965) donde concluyen que el parasitismo estacional está relacionado con el desarrollo de los chapulines donde generalmente los últimos estadios o los individuos adultos presentan mayores niveles de parasitoidismo esto al parecer se debe a que los estadios de desarrollo más avanzados proporcionan mayores recursos alimenticios a las larvas debido a su mayor tamaño.

Los individuos gregarios adultos registraron niveles de parasitoidismo 2.4 veces más bajos que los que sufren los solitarios, dado los resultados obtenidos entre febrero y junio (3.5% vs 8.5%; solitarias: 30 de 352 individuos; gregarias: 17 de 490 individuos;  $X^2 = 9.925$ , g.l. = 1,  $p < 0.005$ ). Datos similares se presentan en agosto donde los niveles de infestación de las mangas variaron entre 1.79 y 3.06% mientras que las solitarias se registraron niveles de infestación de entre 2 y 50% (ver Tabla 6.11). Sin embargo, estos resultados se deben tomar con reserva dado que los niveles de parasitoidismo pueden estar sobrestimados en las solitarias y subestimados en las gregarias. Esto se debe a que los individuos enfermos podrían tener una menor capacidad de dispersión con respecto a los no parasitados pudiendo ser abandonados por las mangas debido a su menor capacidad de desplazamiento, este hecho se apoya en las observaciones de campo donde fue frecuente encontrar en sitios como la pradera mixta o el matorral de *Dodonaea-Opuntia* a individuos solitarios con la coloración típica de individuos gregarios y entorpecidos en sus movimientos conducta que se observa en individuos que han sido parasitados.

Los adultos de *S. a. socoro* colectados resultaron parasitados en un 4.23% ( $N = 71$ ), mientras que las ninfas resultaron parasitadas en un 4.35% ( $N = 23$ ). Al parecer *S. a. socoro* presenta niveles de parasitoidismo mayores a los presentados por *S. p. piceifrons*.

### **7.5. Propuesta de control**

Según Cano-Santana *et al.* (2005) la presencia de la langosta centroamericana no es una amenaza para el ecosistema insular puesto que se alimenta preferencialmente de hierbas y plantas que se encuentran en gran abundancia. Por otro parte, *S. p. piceifrons* al parecer no es un elemento extraño a la Isla ya que muy probablemente esta especie se encuentra ahí al menos desde 1925 (Song *et al.*, en prensa), e incluso constituye un elemento en la dieta de varias especies de animales que habitan en la Isla (Tabla 6.1).

Al parecer *S. p. piceifrons* no compite con la especie endémica ya que sus fenologías son diferentes y a que no comparten típicamente el mismo hábitat sin embargo, no sabemos si indirectamente podría causar un daño a esta última debido al aumento en el número de parasitoides y entomopatógenos que el incremento de las poblaciones de *S. p. piceifrons* puede conllevar situación que podría ser delicada para la especie endémica debido a su reducido tamaño poblacional, es por esto que es necesario el monitoreo de las poblaciones de la especie endémica para poder conocer con más detalle su situación y sobre todo la mortandad ocasionada por parasitoides o entomopatógenos y si estos son los mismos que atacan a *S. p. piceifrons*.

Una medida que podría ser importante para que no aumente la cantidad de langostas de *S. p. piceifrons* sería la eliminación de los borregos ferales de la Isla puesto que estos ocasionan la apertura de la vegetación incrementándose de esta manera la probabilidad de contacto físico entre las langostas solitarias, lo cual es un factor determinante en la

transformación de individuos solitarios a gregarios (Sword, 2003) que conlleva si existen los factores climáticos óptimos al brote de mangas.

## LITERATURA CITADA

- Astacio C. O. y R. A. Landaverde. 1988. *La Langosta Voladora o Chapulín* (*Schistocerca piceifrons*, Walker, 1870). Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OISA) y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura de la Alimentación (FAO), San Salvador.
- Arrieta, G. J. y J. A. González. 1996. *Sistema Informativo Oceanográfico del Archipiélago Revillagigedo como una Alternativa de Conservación*. Dirección General de Oceanografía Naval, Instituto Oceanográfico del Pacífico, Manzanillo, Colima.
- Ávila-Valdez, J., L. Barrientos-Lozano y P. García-Salazar. 2005. Biología y Comportamiento de la Langosta Centroamericana *Schistocerca piceifrons piceifrons*. En: Barrientos-Lozano L. y P. Almaguer (eds.). *2do. Curso Internacional: Manejo Integrado de la Langosta Centroamericana (Schistocerca piceifrons piceifrons, Walker) y Acridoideos Plaga en América Latina*. Dinámica Impresa S.A. de C.V., México, pp. 31-36.
- Barrientos, L. 1990. La langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons* Walker, 1870) (Orthoptera: Acrididae) plaga mayor de la agricultura en el sureste de México y Centroamérica. Impacto y significancia. *Biotam* 2: 31-37.
- Barrientos, L., O. Astacio-Cabrera, F. Álvarez-Bonilla y O. Poot-Martínez. 1992. *Manual Técnico sobre la Langosta Voladora (Schistocerca piceifrons piceifrons, Walker) y Otros Acridoideos de Centroamérica y Sureste de México*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) y Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), San Salvador.
- Barrientos, L. 2002a. Taxonomía y Sistemática de Acridoideos, especies más importantes en México. En: Barrientos L. (ed). *Ecología, Manejo y Control de la Langosta Voladora*

- (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker). Memorias I Curso Internacional. Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Comité Regional de Sanidad Vegetal, pp. 34-42.
- Barrientos, L. 2002b. Dinámica poblacional, Biología, Ecología y Comportamiento de la Langosta Voladora (*Schistocerca piceifrons piceifrons*). En: Barrientos, L. (ed). *Ecología, Manejo y Control de la Langosta Voladora (Schistocerca piceifrons piceifrons, Walker)*. Memorias Curso I Internacional. Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Comité Regional de Sanidad Vegetal, pp. 43-52.
- Bernays, E. A.; Chapman, R. F.; Horsey, J.; Leather, E. 1974. The inhibitory effect of seedling grasses on feeding and survival of acridids. *Bulletin of Entomological Research* 64: 413–420.
- Berryman, A. A., N. C. Stenseth, y A. S. Isaev. 1987. Natural regulation of herbivorous forest insect population. *Oecologia* 71: 174-184.
- Brattstrom, B. H. 1990. Biogeography of the Revillagigedo Islands, México. *Journal of Biology* 17: 177-190.
- 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 y UACP y P-CCH, UNAM, México.
- Cano-Santana, Z., I. Castellanos, M. Paniagua, Tovar E., J. L. Castillo y E. Camacho. 2005. *Ecología e historia natural de Schistocerca americana socorro y de Schistocerca piceifrons piceifrons en isla Socorro, México*. Informe Técnico del Proyecto de investigación CONABIO BS007. México, D.F.
- Carlquist, S. 1974. *Island Biology*. Columbia University Press, Nueva York.
- Carruthers, R. 2003. Biological control of invasive species, a personal perspective. *Conservation Biology* 18: 54-57.

- Castellanos-Vera, A. y A. Ortega-Rubio. 1995. Características Generales y el origen del programa de investigación. En: Ortega-Rubio, A. y A. Castellanos-Vera (eds.). *La Isla Socorro, Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste S.C. México, La Paz, B.C.S., pp. 19-32.
- Chapman, R.F. 1976. *A Biology of Locusts*. The Camelot Press Ltd., Southampton.
- Chapman, R.F. y A. Joern. 1990. *Biology of Grasshoppers*. John Wiley and Sons, Inc., Nueva York.
- Coria-Benet, R. 1994. Climatología. En: Ortega-Rubio, A. y A. Castellanos-Vera (eds.). *La Isla Socorro, Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste S.C. México, La Paz, B.C.S., pp. 55-62.
- Danyk, T., D. L. Johnson y M. Mackauer. 2000. Parasitism of the grasshopper *Melanoplus sanguinipes* by a sarcophagid fly, *Blaesoxipha atlantis* influence of solitary and gregarious development on host and parasitoid. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 94: 259-268.
- D'Antonio, C. M. y T. Dudley. 1995. Biological Invasions as Agents of Change on Islands Versus Mainlands. En: Vitousek P. M., L. Loope y H. Adersen (eds.). *Islands Biological Diversity and Ecosystem Function*. Springer, Berlín, pp. 103-118.
- Díaz, S., C. Jiménez, H. Romero y R. Servín. 1994. En: Ortega-Rubio, A. y A. Castellanos-Vera (eds.). *La Isla Socorro, Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste S.C. México, La Paz, B.C.S., pp. 331-340.
- Dirsh, V. M. 1974. *Genus Schistocerca (Acridomorpha, Insecta)*. Dr. W. Junk, La Haya.
- Dybas, C. L. 2004. Invasive species: the search for solutions. *Bioscience* 54: 615-621.

- Domsch K. H., Gams W. y Anderson T. H. 1993. *Compendium of Soil Fungi*. IHW-Verlag, Londres.
- Ehrlich, P.R. 1986. Which Animal Will Invade? En: Mooney H. y J. Drake (eds.). *Ecology of Biological Invasions of North America and Hawaii*. Springer-Verlag, Nueva York, pp. 79-94.
- Farrow, .R. A. 1979. Population dynamics of the Australian plague locust, *Chortoicetes terminifera* (Walker), in central western New South Wales. Reproduction and migration in relation to weather. *Australian Journal of Zoology*. 27: 717-745.
- Farrow, R. A. 1982. Population dynamics of the Australian plague locust *Chortoicetes terminifera* (Walker), in Central New South Wales. II. Factors influencing natality and survival. *Australian Journal of Zoology* 30: 199-222.
- Gillespie, R. y G. Roderick. 2002. Arthropods on Islands: Colonization, Speciation, and Conservation. *Annual Review of Entomology* 47: 595-632.
- Hanna, G. D. 1926. Expedition to the Revillagigedo Islands, Mexico, in 1925. *Proceedings of the Californian Academy of Sciences* 15: 1-113.
- Hanna, D.G. 1927. Geology of West Mexican Islands. *Pan-American Geology* 48: 1-24.
- Harvey, A.W. 1981. A reclassification of the *Schistocerca americana* complex (Orthoptera: Acrididae). *Acrida* 10: 61-77.
- Harvey, A. W. 1983. *Schistocerca piceifrons* (Walker) (Orthoptera: Acrididae). The swarming locust of tropical America: A review. *Bulletin of the Entomological Research* 73: 171-184.
- Hill, D. S. 1983. *Agricultural Insect Pests of the Tropics and their Control*. Cambridge University Press, Londres.

- Holdgate, M. y B. Giovannini. 1994. Biodiversity Conservation Foundations for the 21st Century. En: Krattiger A. F., J. McNelly, W. Lesser y K. Miller (eds.). *Widening Perspective on Biodiversity*. IUCN (International Union for the Conservation of Nature and Natural Resource), Gland, Suiza, pp. 3-5.
- Hoste, B., L. Luyten, I. Clayse, E. Clonen, M. Rahman, A. De Loof y M. Breuer. 2002. An improved breeding method for soliarious locust. *Entomologia Experimentalis et Applicata 104*: 281-288.
- Hunter-Jones, P. 1967. Life history of the Central American Locust, *Schistocerca* sp. (Orthoptera: Acrididae) in the laboratory. *Annals of the Entomological Society of America 60*: (2) 468-477.
- Inglis, D. G., D. L. Johnson y M. S. Goettel. 1996. Effect of temperature and thermoregulation on mycosis by *Beauveria bassiana* in grasshoppers. *Biological Control 7*: 131-139.
- Jiménez, M.L., A. Tejas y R. Aguilar. 1994. Los artrópodos terrestres. En: Ortega-Rubio, A. y A. Castellanos-Vera (eds.). *La Isla Socorro, Reserva de la Biosfera Archipiélago Revillagigedo, México*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C., La Paz, B.C.S., pp. 153-183.
- Kevan, D.K.M. 1989. Transatlantic travelers. *Antenna 13*: 12-15.
- Kohler, G., H.-P. Brodhun y G. Shaller. 1987. Ecological energetics of Central European grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Oecologia 74*: 112-121.
- León de la Luz, J. L., A. B. Solís-Cámara, R. Coria-Benet y J. Cancino-Hernández. 1994. Asociaciones Vegetales. En: Ortega-Rubio, A. y A. Castellanos-Vera (eds.). *La Isla Socorro, Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste S.C. México, La Paz, B.C.S., pp. 115-141.

- Leitzell, T. 1986. Species protection and Management Decisions in an Uncertain World. En: Norton, B. (ed.) *The Preservation of Species*. Princeton University Press, Princeton, Nueva Jersey, pp. 110-138.
- Levin, G.A. y R. Moran. 1989. The vascular flora of Isla del Socorro, México. *San Diego Society of Natural History Memory* 16: 1-71.
- Mack, R., D. Simberloff, M. Lonsdale, H. Evans, M Clout., y F. A. Bazzaz. 2000. Biotic invasions: causes of epidemiology, global consequences and control. *Ecological Applications* 10: 689-710.
- McCaffery, A. R. 1975. Food quality and quantity in relation to egg production in *Locusta migratoria migratorioides*. *Journal of Insect Physiology* 21: 1551–1558.
- MacLeod, D. M. 1954. Investigations on the genera *Beauveria* Vuill and *Tritirachium* Limber. *Canadian Journal of Botany* 32: 818-890.
- Marcandier, S. y G. G. Khachatourians. 1987. Susceptibility of the migratory grasshopper *Melanoplus sanguinipes* (Fab.) (Orthoptera: Acrididae) to *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Hyphomycete): Influence of relative humidity. *The Canadian Entomologist* 119: 901-907.
- Márquez, D. A. 1963. *La Lucha Contra la Langosta en México*. Fournier, México .
- Miranda, F. 1960. Vegetación. En: Adem, J., E. Cobo, L. Blásquez, F. Miranda, A. Villalobos, T. Herrera, B. Villa y L. Vázquez (eds.). *La Isla Socorro, Archipiélago de las Revillagigedo*. Monografías del Instituto de Geofísica, UNAM, México, pp. 127-152.
- Mooney, H. A., Winner, W. E. y Pell, E. J. 1991. *Response of plants to multiple stresses*. Academic Press, Nueva York.
- Niassy, A. Torto, B. Njagi, P. G. N. Hassanali, A. Obeng-Ofori, D., Ayertey, J. N., 1999. Intra- and interspecific aggregation responses of *Locusta migratoida migratorioides* and

- Schistocerca gregaria* and a comparison of their pheromone emissions. *Journal of Chemical Ecology* 25: 1029-1042.
- Odour, G. I. 1999. Biological Pest Control for Alien Invasive Species. En: Odd, T., P. Schei y A. Viken (eds.). *Invasive Species and Biodiversity Management*. Kluwer, Dordrecht, pp. 305-321.
- Ortega-Gutiérrez, F. y G. Sánchez-Rubio. 1985. Xenolitos Plutónicos de la Isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo. U.N.A.M. *Instituto de Geología* 6: 37-47.
- Ortega-Rubio, A. y A. Castellanos-Vera. 1994. Lineamientos para la Administración de la Reserva de Biosfera, Archipiélago de Revillagigedo. En: Ortega-Rubio, A. y A. Castellanos-Vera (eds.). *La Isla Socorro, Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, B.C.S., pp. 351-359.
- Palacios-Vargas, J. G., J. Llampallas y C. L. Hogue. 1982. Preliminary list of the insects and related Arthropoda of Socorro Island, Islas Revillagigedo, México. *Bulletin of the Southern Californian Academy of Sciences* 81: 138-147.
- Parmenter, R. R., J. A. McMahon y C. A. B. Gilbert. 1991. Early successional patterns of arthropod recolonization on reclaimed Wyoming strip mines: the grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) and allied faunas (Orthoptera: Gryllacrididae, Tettigonidae). *Environmental Entomology* 20: 135-142.
- Pérez-Miceli, A. y H. Sánchez-Anguiano. 2005. Norma Oficial Mexicana 049, Campaña Contra la Langosta en México y Modificaciones a su Apéndice Técnico. En: Barrientos, L. y P. Almaguer (eds.). *Manejo Integrado de la Langosta Centroamericana (Schistocerca piceifrons piceifrons) y Acridoideos Plaga en América Latina*. Dinámica Impresa, Cd. Victoria, Tamps., pp. 40-58.

- Pérez-Miceli, A., H. Sánchez-Anguiano, J. C. Ramírez y A. Bello. 2005. El problema de la langosta voladora o centroamericana en México: pasado, presente y futuro. En: Barrientos L. y Almaguer P. (eds.). *Manejo Integrado de la Langosta Centroamericana* (*Schistocerca piceifrons piceifrons*) y *Acridoideos Plaga en América Latina*. Dinámica Impresa, Cd. Victoria Tamps., pp. 40-58.
- Pickford, R. 1960. Survival, fecundity and population growth of *Melanoplus bilituratus* (Wlk.) (Orthoptera: Acrididae) in relation to date of hatchling. *The Canadian Entomologist* 42: 1-10.
- Pyle, R., M. Bentzien y P. Opler. 1981. Insect conservation. *Annual Review of Entomology* 26: 233-258.
- Poinar, G. y G. Thomas. 1984. *Laboratory Guide to Insect Pathogens and Parasites*. Plenum Press, Nueva York.
- Reyes, M., J. Moreno, F. Zertuche, F. González, V. Ruiz, M. González, M. Gallo, M. González y J. Barrera. 1998. *Cartografía de las Islas Mexicanas*. Secretaría de Gobernación, México, D.F.
- Ritchie, M. y D.E. Pedgley. 1989. Desert locusts cross the Atlantic. *Antenna* 13: 10-12.
- Rodríguez-Estrella, R., L. Rivera y E. Mata. 1994. Avifauna terrestre. En: Ortega R., A. y A. Castellanos V. (eds.). *La Isla Socorro, Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste S.C., La Paz., B.C.S., pp. 199-222.
- Seidelmann, K. y H. J. Ferenz. 2002. Courtship inhibition pheromone in desert locust *Schistocerca gregaria*. *Journal of Insect Physiology* 48: 991-996.
- Smith, R. W. 1965. A field population of *Melanoplus sanguinipes* and its parasites. *Canadian Journal of Zoology* 43: 179-201.

- Solano, R. S. 2005. Langostas plaga en Perú *Schistocerca cf Interrita* y *Schistocerca piceifrons peruviana*, Manejo y Control.. En: Barrientos- Lozano L. y P. Almaguer (eds.). 2do. Curso Internacional: Manejo Integrado de la Langosta Centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker) y Acridoideos Plaga en América Latina. Dinámica Impresa S.A. de C.V., México, pp. 180-198.
- Song, H. 2004a. On the origin of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forskål) (Orthoptera: Acrididae: Cyrtacanthacridinae). *Proceedings of the Royal Society of London B*. 271: 1641-1648.
- Song, H. 2004b. Revision of the Alutacea Group of genus *Schistocerca* (Orthoptera:Acrididae: Cyrtacanthacridinae). *Annals of the Entomological Society of America* 97: 420-436.
- Song, H. (2006). Description of *Schistocerca cohni* n. sp. and redescription of *S. socorro* (Dirsh) (Orthoptera: Acrididae: Cyrtacanthacridinae) from Mexico. *Zootaxa* 1150:43-52.
- Song H., D. Weissman B., L. Barrientos L. y Z. Cano-Santana. (En prensa). The Locust Island. *American Entomologist*.
- Southwood, T. R. E. 1978. *Ecological Methods*. Chapman Hall, Londres.
- Sword, G.A. 2003. To be or not to be a locust? A comparative analysis of behavioral phase change in nymphs of *Schistocerca americana* and *S. gregaria*. *Journal of Insect Physiology*, 49: 709-717.
- Tessaro, G.P., S. Alvarez y A. Ortega-Rubio. 1994. Aspectos ecologicos de la herpetofauna. En: Ortega R., y A. Castellanos-Vera (eds.). La Isla Socorro, Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C., B.C.S., La Paz.
- Troyo-Diéguéz, E. y S. Pedrín. 1994. Aspectos hidro-fisiográficos y geológicos. En: Ortega-Rubio, A. y A. Castellanos-Vera (eds.). *La Isla Socorro, Reserva de la Biosfera*

- Archipiélago de Revillagigedo, México*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C., B.C.S., La Paz, pp. 43-53.
- Trujillo, G. P. 1975. El Problema de la Langosta *Schistocerca paranensis* (Burm). Sociedad de Geografía y Estadística de Baja California, La Paz.
- Uvarov, B. 1966. *Grasshoppers and Locusts*. Vol. 1. Cambridge University Press, Cambridge.
- Uvarov, B. 1977. *Grasshoppers and Locusts*. Vol. 2. Centre of Overseas Pest Research, Cambridge.
- Varley, G. C., G. . Gradwell y M. P. Hassell. 1973. *Insect Population Ecology*. Blackwell, Londres.
- Wells, S. M., R. Pyle y N. Collins. 1983. *The IUCN Invertebrate Red Data Book*. IUCN (*International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources*), Gland, Suiza.
- Wittenberg, R. y M. J. Cock (eds.). 2001. *Invasive Alien Species: A Toolkit of Best Prevention and Management Practices*. CAB Internacional, Wallingford.
- Zar, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Upple Saddle River, Nueva Jersey.

## APÉNDICE

### Rasgos de los hongos entomopatógenos detectados

#### 1) *Beauveria bassiana* Bals. (Vuillman)

Domsch *et al.* (1993) y MacLeod (1954) describen las características de esta especie, según se expone a continuación. Las colonias tienen 0.6-2.3 cm de diámetro a los ocho días de cultivo a 20°C en extracto de malta agar y una apariencia polvosa por la presencia de conidios, los cuales se forman en grupos con una fialide que mide de 3-6 x 2-3  $\mu\text{m}$ . El conidióforo crece en zig-zag y tiene 20  $\mu\text{m}$  y presenta conidios globosos de 2-3  $\mu\text{m}$  de diámetro.

#### 2) *Metarizhium anisopliae anisopliae* (Metschn.) Sorok

Se identifica por la presencia de colonias en cultivos de extracto de malta agar de 2 cm de diámetro al término de 10 días a 20°C (Domsch *et al.*, 1993). Su apariencia es polvosa por la presencia de conidioesporas con fialides en pares que miden 5.0-5.5 x 8.5-9.1  $\mu\text{m}$ ; Sus conidios son unicelulares y se presentan en cadenas.

La variedad fue determinada por el tamaño de los conidios, los cuales son de menor tamaño (10-18  $\mu\text{m}$ ) que los de la otra variedad registrada en esta especie.