

Informe final* del Proyecto BS007
Ecología e historia natural de *Schistocerca americana socorro* y *S. piceifrons piceifrons* en Isla Socorro

Responsable: Dr. Zenón Cano Santana
Institución: Universidad Nacional Autónoma de México
Dirección: Apartado Postal 70-399, Coyoacán, México, DF, 04510 , México
Correo electrónico: zcs@hp.fciencias.unam.mx
Teléfono/Fax: tel: 5622-4835 Fax: 5622-4828
Fecha de inicio: Octubre 31, 2003
Fecha de término: Octubre 18, 2005
Principales resultados: Informe final, Fotografías, Hoja de cálculo
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Cano Santana, Z. et al. 2006. Ecología e historia natural de *Schistocerca americana socorro* y *S. piceifrons piceifrons* en Isla Socorro. Universidad Nacional Autónoma de México. **Informe final** SNIB-CONABIO proyecto No. BS007. México D. F.
Forma de citar Hoja de cálculo Cano Santana, Z. et al. 2006. Ecología e historia natural de *Schistocerca americana socorro* y *S. piceifrons piceifrons* en Isla Socorro. Universidad Nacional Autónoma de México. **Hoja de cálculo.** SNIB-CONABIO proyecto No. BS007. México. D. F.

Resumen:

En este proyecto se pretende conocer los aspectos más relevantes sobre la biología y la ecología de dos especies de langostas que coexisten en la isla Socorro: una langosta introducida desde 1995-1996, *Schistocerca piceifrons piceifrons* y una langosta endémica *S. americana socorro* (Orthoptera: Acrididae). Esto tiene el fin de evaluar distintos aspectos de sus historias naturales para formular una estrategia de control de la especie introducida. Este proyecto va encaminado a describir los siguientes aspectos de ambas especies de langostas: (1) ciclo de vida, (2) ecología de forrajeo, (3) tamaño poblacional, (4) ecología de la oviposición, (5) enemigos naturales, (6) distribución espacial y temporal de las poblaciones, (7) papel de la temperatura, precipitación y humedad relativa sobre el ciclo de vida y la abundancia, y (8) formulación de una estrategia de control que ocasione el mínimo impacto en la comunidad y el ecosistema insular.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA Y RECURSOS NATURALES

**ECOLOGÍA E HISTORIA NATURAL DE *SCHISTOCERCA*
AMERICANA SOCORRO Y *S. PICEIFRONS PICEIFRONS*
EN ISLA SOCORRO, MÉXICO**
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CONABIO BS007

INFORME FINAL

Dr. Zenón Cano Santana
Profesor Titular "A" de Tiempo Completo
Investigador Responsable

M. en C. Iván Castellanos Vargas
P. de Biól. Mauricio Mora Jarvio
P. de Biól. Maribel Paniagua Ibáñez
Dr. Efraín Tovar Sánchez
Biól. José Luis Castillo López
Biól. Edgar Camacho Castillo
Colaboradores

Biól. Patricia L. García García
P. de Biól. Jocelyn Durán Murrieta
Biól. Diego Carmona Moreno Bello
Capturistas

P. de Biól. Sonia Juárez Orozco
P. de Biól. Marcos Flores López
P. de Biól. Isael Victoria Salazar
Prestadores de Servicio Social

Biól. Marco A. Romero Romero
Técnico

Departamento de Ecología y Recursos Naturales
Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México
Tel. 5622-4835; Fax: 5622-4828
Tel. particular 5607-3092
e-mail: zcs@hp.fciencias.unam.mx
Circuito Exterior s/n Ciudad Universitaria
Delegación Coyoacán, 04510 México, D.F.

Ciudad Universitaria, D.F., a 15 de agosto de 2006.

ÍNDICE

	Pág.
Resumen	3
I. Introducción	5
II. Observaciones de campo y laboratorio	6
III. Definición de nuevos hábitats	9
IV. Historia natural	11
V. Enemigos naturales	24
VI. Ámbito alimentario en el campo	41
VII. Preferencias alimentarias en el laboratorio	46
VIII. Tasas de consumo de alimento	57
IX. Estructura poblacional: fenología y proporción sexual	68
X. Abundancia, distribución y densidad	77
XI. Ecología de la oviposición	89
XII. Relación de los ciclos de vida con los factores climáticos	102
XIII. Análisis morfométrico	108
XIV. Langostas centroamericanas desde 1925	113
XV. Discusión y conclusiones	113
XVI. Autoevaluación	125
Literatura citada	127
Anexo 1	136

Resumen

Se presenta el reporte final de resultados producto de las siete salidas que se llevaron a cabo entre el 16 de febrero de 2004 y el 8 de febrero de 2005 para conocer los aspectos más relevantes sobre la biología y la ecología de dos especies de langostas que coexisten en la isla Socorro: una langosta que presuntamente invadió la isla al menos desde 1960, la langosta centroamericana, *Schistocerca piceifrons piceifrons*, y una langosta endémica, la langosta de Socorro, *S. americana socorro* (Orthoptera: Acrididae). Esto se hizo con la finalidad de evaluar distintos aspectos de sus historias naturales para formular una estrategia de control de la especie centroamericana que ocasione el mínimo impacto en la comunidad y el ecosistema insular, ya que se ha sugerido que las mangas de langostas centroamericanas tienen un efecto negativo sobre el ecosistema. Este proyecto va encaminado a describir los siguientes aspectos de ambas especies de langostas: (1) ciclo de vida, (2) ecología de forrajeo, (3) tamaño poblacional, (4) ecología de la oviposición, (5) enemigos naturales, (6) distribución espacial y temporal de las poblaciones, y (7) el papel de la temperatura, precipitación y humedad relativa sobre el ciclo de vida y la abundancia. Adicionalmente, se hizo un análisis morfométrico de diferentes poblaciones de la langosta centroamericana para conocer el grado de disimilitud entre ellas.

Las langostas centroamericanas se alimentan de al menos 59 especies de plantas. Las langostas en fase solitaria de esta especie se registraron en hábitats abiertos donde domina la vegetación herbácea (pastizales, praderas y helechales), así como en el matorral de *Croton*, donde alcanzan densidades como adultos de entre 0.1 y 69.2 ind/100 m². Los adultos alcanzan sus máximos valores de densidad en distinta fecha dependiendo del tipo de vegetación: enero en el pastizal, febrero en el helechal, abril en la pradera mixta, agosto en el matorral de *Croton* y octubre en la pradera de *Senna*. En general, su proporción sexual es 1:1; sin embargo, entre abril y junio y entre octubre y enero se registraron hábitats en los cuales la proporción sexual estaba significativamente sesgada a los machos en una proporción de 1.75 a 3.25 por hembra, aunque en una ocasión (agosto) se registró una proporción sexual de 0.11 machos por hembra. Estas langostas presentan marcadas preferencias alimentarias hacia *Boerhavia coccinea* y *Bumelia socorrensis*. Se sugiere que los individuos solitarios no se mueven grandes distancias, ya que representan unidades morfológicas discretas

asociadas con el hábitat. Los niveles de infestación por hongos en las langostas solitarias variaron entre el 0 y el 11.1%, siendo atacadas por *Beauveria bassiana*.

Se registraron 17 mangas de langostas centroamericanas volando, forrajeando o descansando sobre pastizal, pradera mixta, matorral de *Dodonaea*, matorral de *Dodonaea-Opuntia*, bosque de *Ficus*, pradera de *Senna* y matorral de *Ficus-Cordia*. Se calcula que su densidad es de $72.5 \pm e.e. 5.2 \text{ ind/m}^2$, formando agregaciones de 9.3 a 50 ha, constituidas por 6.77 ± 0.49 millones de individuos. En seis de 16 mangas, colectadas en enero, febrero, abril y agosto se registró una proporción sexual sesgada a los machos del orden de 1.43 a 2.38 y ésta no difiere significativamente de 1 en las mangas colectadas en marzo y noviembre. Por otra parte, no se presentaron preferencias alimentarias de los adultos tardíos y de las ninfas de cuarto y quinto estadios hacia especies particulares de plantas. Sin embargo, las ninfas del primer estadio prefirieron alimentarse de una especie de pasto no identificado; las de tercer estadio prefirieron alimentarse de *Cordia curassavica*, las de cuarto de *Euphorbia heterophylla*, y los machos adultos tempranos de *Pithecellobium dulce*, *C. curassavica*, *Euphorbia heterophylla*, *Annona squamosa* y *Boerhavia coccinea*. Tres de las mangas avistadas entre febrero y marzo pueden representar conjuntos independientes de langostas con una capacidad de dispersión muy local, ya que su morfología está estrechamente relacionada con la morfología de las poblaciones de langostas solitarias más cercanas al sitio de avistamiento: Los niveles de infestación por hongos de las langostas gregarias variaron de 0 a 9.1%, y éstas fueron atacadas por *Beauveria bassiana* y *Metharizium anisopliae anisopliae*.

Se detectaron más de 14 especies de enemigos naturales de las langostas centroamericanas: nueve depredadores, dos patógenos y tres de parasitoides de los adultos y las ninfas. Entre febrero y julio las langostas centroamericanas solitarias registraron niveles de parasitoidismo 2.4 veces más altos que los que sufren las gregarias (8.5% vs 3.5%).

Se colectaron 116 ejemplares de la langosta de Socorro. *Schistocerca americana socorro* es una langosta solitaria de color gris o café con dimorfismo sexual marcado que tiene un pronoto de forma triangular. Las langostas de Socorro se registraron en el helechal, la pradera mixta, el matorral costero, bosque de *Ficus*, asociación de

Dodonaea-Pteridium, bosque de *Bumelia*, matorral submontano y el bejucal. En general, prefieren hábitats húmedos, fríos y cerrados, donde domina la vegetación arbustiva y arbórea. Sus densidades pueden variar en los hábitats en los que aparece entre 0.05 y 6.38 ind/100 m². Su proporción sexual no difirió de 1:1. Se le han registrado dos especies de enemigos naturales: una mosca parasitoide, posiblemente *Sarcophaga* sp. y el hongo *M. anisopliae anisopliae*.

Se sugiere que la langosta centroamericana constituye un elemento natural del ecosistema, pues se ha registrado desde 1925. Asimismo, sus niveles de daño al ecosistema y a la comunidad vegetal son mucho menos aparentes que los que ocasionan las actividades de pisoteo y forrajeo de los borregos ferales y las prácticas militares de la Secretaría de Marina Armada de México. Se calcula, por ejemplo, que las langostas centroamericanas gregarias pueden remover sólo 17.4 g (peso seco) de vegetación por m² por día, que representaría a lo más sólo el 3.8% de la producción anual de materia seca, suponiendo que la isla produce 500 g m⁻² año⁻¹.

Se propone que no se haga un manejo de las langostas con fines de conservación del ecosistema. Si se justifica algún tipo de daño de las langostas se propone utilizar la liberación de los parasitoides Tachinidae y Dexiidae de *S. p. piceifrons* siempre y cuando se pruebe que éstos no atacan a *S. a. socorro*. De ninguna manera se recomienda la aplicación de insecticidas u otros medios de control biológico que tendrían un efecto catastrófico sobre la artropodofauna endémica o sobre la red trófica. También se recomienda que cesen los ejercicios militares en la isla y que se implementen programas de erradicación de plantas y animales exóticos como las ovejas y las malezas, pues todos estos factores posiblemente han favorecido que las langostas centroamericanas hayan entrado en la fase gregaria desde 1996.

I. INTRODUCCIÓN

En enero de 2004 se iniciaron los trabajos para llevar a cabo el proyecto que pretende conocer los aspectos más relevantes sobre la biología y la ecología de dos especies de langostas que coexisten en la isla Socorro: una que presuntamente invadió la isla en 1993 (Hernández-Velázquez *et al.*, 1997) la langosta centroamericana, *Schistocerca piceifrons piceifrons* y una endémica, la langosta de Socorro, *S. americana socorro* (=

S. americana socoro; Dirsh, 1974) (Orthoptera: Acrididae). Esto tiene el fin de evaluar distintos aspectos de sus historias naturales para formular una estrategia de control de la especie centroamericana que ocasione el mínimo impacto en la especie endémica, en la comunidad y en el ecosistema insular. La langosta centroamericana en ciertas condiciones presenta una forma gregaria que facilita ataques masivos a la vegetación por mangas conformadas por, al menos, decenas de miles de individuos. Este proyecto trata de conocer los siguientes aspectos de ambas especies de langostas: (1) ciclo de vida, (2) ecología de forrajeo, (3) tamaño poblacional, (4) ecología de la oviposición, (5) enemigos naturales, (6) distribución espacial y temporal de las poblaciones, y (7) el papel de la temperatura, precipitación y humedad relativa sobre el ciclo de vida y la abundancia. Adicionalmente, se hizo un análisis morfométrico de ambas especies de langosta para conocer el grado de disimilitud entre ellas.

Se llevó a cabo un trabajo intensivo de búsqueda de poblaciones y de trabajo de laboratorio nocturno en siete salidas bimestrales llevadas a cabo por cuatro o cinco personas con el siguiente calendario:

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

A continuación se presentarán los métodos ejecutados hasta el momento, así como los resultados obtenidos.

II. OBSERVACIONES DE CAMPO Y DE LABORATORIO

Con el fin de documentar datos de la biología de ambas especies de langosta, de febrero de 2004 a febrero de 2005 se hicieron registros de (a) hábitats (tipo de

vegetación y topografía), (b) fecha, (c) distribución de ninfas y adultos, (d) conducta de oviposición, (e) enemigos naturales, y (f) conducta de apareamiento de los adultos. Los depredadores se identificaron con guías de campo, con trabajos previos de la fauna de este sitio, así como con la ayuda del naturalista Jeff Jacobsen.

Con la finalidad de conocer la densidad de los depredadores presentes en la pradera de *Senna* (ver más adelante) el 28 de agosto de 2004 se seleccionó una parcela de 50 × 50 m², en el cual se ubicaron 25 cuadros al azar de 1 × 1 m²; en cada uno de los cuales se redeó la vegetación y se contó el número de depredadores presentes. Los depredadores vertebrados fueron identificados *in situ* y los invertebrados fueron colectados e identificados en laboratorio hasta el nivel más fino posible.

Los ejemplares adultos de cada especie de langostas fueron reconocidos utilizando los rasgos presentados en la Tabla 2.1 (D. B. Weissman, California Academy of Sciences, com. pers.). Para su identificación taxonómica, las langostas de la especie centroamericana y algunos ejemplares de la endémica se enviaron al M. en C. Hojun Song, especialista en filogenia del género *Schistocerca* del Departamento de Entomología del Museo de Diversidad Biológica de la Universidad Estatal de Ohio. Asimismo, la identificación de las ninfas y adultos de ambas especies las realizó *in situ* el Maestro Song, quien participó en la salida No. 5.

Todos los ejemplares fueron cultivados hasta su muerte para conocer (a) desarrollo (número de estadios ninfales y cambios en coloración), (b) conducta de apareamiento, (c) conducta de oviposición, (d) niveles de parasitoidismo, (e) registro de enemigos naturales (parasitoides y hongos), y (f) niveles de ataque por hongos.

Los niveles de parasitoidismo y de infestación por hongos se hicieron en varias poblaciones de langostas solitarias colectadas en distintos tipos de vegetación en cada salida. Asimismo, se registraron estos parámetros en langostas gregarias capturadas en las distintas de mangas (de adultos) y bandas (de ninfas) observadas.

En las ninfas 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) la coloración corporal, y (14) las fechas de muda.

Las langostas vivas se colocaron de forma individual en botes de plástico de 0.5 litros, y fueron mantenidas a condiciones de campo en la isla y en una cámara de ambiente controlado en la Facultad de Ciencias, alimentándose exitosamente con una dieta de lechuga, espinacas, hojas del pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* y con hojas de *Dodonaea viscosa*, ésta última presente en la isla y en la reserva del Pedregal de San Ángel.

Tabla 2.1. Cuadro comparativo de los rasgos de los individuos adultos de *Schistocerca piceifrons piceifrons* y *S. americana socorro* (D. B. Weissman, com. pers.).

Rasgo	<i>Schistocerca americana socorro</i>	<i>Schistocerca piceifrons piceifrons</i>
Dimorfismo sexual	Pronunciado, las hembras son mucho más grandes que los machos	Ligero
Aspecto del pronoto	Muy rugoso	Liso y ceroso
Margen posterior del pronoto	Angular	Redondeado
Fase gregaria	Ausente	Presente
Largo de las antenas	Más largas	Más cortas

El ataque por hongos fue diagnosticado analizando ejemplares muertos y preservados a 5°C bajo el microscopio estereoscópico. Los signos que se detectaban por ataque de hongos dependían de la especie, según se indica a continuación. *Metarhizium anisopleae anisopleae* fue detectado porque las langostas presentan un abdomen duro y de color rojo y, al disectarlo, se observa el desarrollo de un micelio verde. *Beauveria bassiana*, por su parte, se detectó porque el cuerpo del hospedero se encuentra mullido, cubierto de un micelio de color blanco-amarillo pálido que se desprende de las membranas intersegmentales.

En caso de detectar algún hongo entomopatógeno se hizo un aislamiento de éstos en cajas de Petri con agar de dextrosa de Sabouraud. Los hongos se aislaron con ayuda del personal adscrito al Laboratorio de Patología de Insectos del Colegio de Posgraduados, a cargo de la Dra. Raquel Alatorre Rosas y fueron identificados en el en el Laboratorio de Micología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional

Autónoma de México, a cargo del Dr. Joaquín Cifuentes Blanco. Para identificar a los hongos se distinguieron las siguientes características:

1) *Beauveria bassiana* Bals. (Vuillman)

Domsch y Gams (1993), Benham y Miranda (1953) 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 µm. El conidióforo crece en zig-zag y tiene 20 µm y presenta conidios globosos de 2-3 µm 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 y Gams, 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 µm; 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 µm) que los de la otra variedad registrada en esta especie.

III. DEFINICIÓN DE NUEVOS HÁBITATS

Debido a que no todas las unidades de vegetación descritas por León de la Luz *et al.* (1994, 1996) fueron adecuadas para nuestro estudio, decidimos formular nuevas descripciones de algunos tipos de éstas. Los nuevos tipos de vegetación que registramos en las primeras tres salidas fueron las siguientes:

1. *Bejuca*. Este tipo de vegetación 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 1.0 y 2.5 m de altura.
2. *Helechal de Pteridium*. Este tipo de vegetación está presente cerca del paradero al centro de la isla en la ladera sur del volcán Evermann y al sureste y este de la isla. Está dominado 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).
3. *Matorral Costero*. Este tipo de vegetación se encuentra en las inmediaciones de playa del norte, donde dominan arbustos enanos de hoja crasa de 1.50 m de altura entre las que se encuentran *Conocarpus erecta* y *Croton masonii*, así como algunas hierbas como *Chamaesyce inserta*.
 4. *Matorral de Dodonaea*. Este tipo de vegetación 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*.
 5. *Matorral de Dodonaea-Opuntia*. Este tipo de vegetación se encuentra 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).
 6. *Matorral submontano*. Este tipo de vegetación 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*, *Pteridium caudatum* y *D. viscosa*.
 7. *Pradera de Senna*. Este tipo de vegetación se encuentra a una altitud de 350 m en un suelo de tipo andosol donde 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.
 8. *Pradera Mixta*. Este tipo de vegetación 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. Este tipo de vegetación corresponde en gran parte a la “pradera” de León de la Luz *et al.* (1994, 1996).
 9. *Matorral de Dodonaea-Cordia-Ficus*. Este tipo de vegetación se encuentra en las inmediaciones de la aeropista y en la desviación hacia el camino del monte

Evermann entre los 350 a 458 m de altitud. León de la Luz *et al.* (1994, 1996) lo consideran como matorral xerófilo.

Los tipos de vegetación descritos por León de la Luz *et al.* (1994, 1996) reconocidos en este estudio son: (1) matorral de *Psidium*, (2) matorral de *Croton*, (3) bosque de *Bumelia*, (4) bosque de *Ficus* y (5) pastizal.

En un CD anexo se encontrarán fotografías de algunas de estas unidades paisajísticas, reconocidas por su tipo de vegetación.

IV. HISTORIA NATURAL

4.1. Especies de langostas encontradas

En el año de estudio se registraron tres especies de langostas en la isla Socorro: *S. piceifrons piceifrons*, *S. americana socorro* y *S. nitens* (identificaciones realizadas por H. Song).

Desde febrero a la fecha se colectaron y criaron 1608 ejemplares adultos, cientos de ninfas gregarias y 18 ninfas solitarias de *S. piceifrons piceifrons*. Asimismo, se ha logrado la colecta de 116 ejemplares de *S. americana socorro*: 17 ejemplares en la primera salida y, de agosto de 2004 a febrero de 2005, 21 ninfas, 42 machos y 36 hembras. Por otro lado, se han registrado 16 ejemplares de *S. nitens*, todas ellos colectados entre la quinta y la séptima salida.

4.2. Coloración corporal y otros rasgos de las langostas adultas

El color de la langosta centroamericana adulta varía mucho, siendo naranja, amarillo, negro o beige en estado solitario y de color rojo o negro en estado gregario. Adicionalmente, esta especie también presenta bandas longitudinales de color naranja, rojo o beige en los costados del tórax. Por su parte, las langostas adultas de Socorro son de color café oscuro y carecen de bandeo en el tórax.

También detectamos que los antenitos tienen una segmentación marcada en la langosta de Socorro, mientras que en la centroamericana esta segmentación es menos evidente, de modo que es difícil diferenciar entre antenitos.

Fotografías de ejemplares adultos de la langosta de Socorro, de langosta centroamericana y de *S. nitens* son ofrecidas en un CD anexo.

4.3. Biología de *Schistocerca nitens*: Un nuevo registro para Isla Socorro

En octubre de 2004 se encontró otra especie de langosta, *Schistocerca nitens* la cual comparte el hábitat con la langosta centroamericana, sin embargo ésta última no forma agregaciones. Al parecer, sus poblaciones en la isla Socorro son muy pequeñas, ya que sólo se pudieron observar 16 ejemplares: ocho adultos y ocho ninfas. Los sitios en donde se avistaron y colectaron fueron: matorral de *Croton* (La Braulia, cerca del faro; camino a Las Grutas; y en la zona costera del barco encallado al SO de la isla), en la pradera mixta del cráter, en los helechales y en los ecotonos helechal-bejucal del oriente de la isla (ver Mapa 1).

Los adultos de esta especie son de color café oscuro, mucho más que el que tienen los ejemplares gregarios de *S. piceifrons* y su vuelo era más rápido y preciso. Las ninfas, por su parte, son de color café con manchas negras. En la Tabla 4.1 se muestran los intervalos de las medidas de los individuos colectados en la sexta y séptima salidas, en donde se encontraron individuos del segundo al quinto estadio ninfal y adultos de ambos sexos. En esta Tabla se observa un traslape evidente en los intervalos de algunas variables, sin embargo, la longitud y la anchura de la cabeza son los indicadores más confiables del estadio de desarrollo de las ninfas de esta especie. Las ninfas de esta especie muestran una coloración corporal beige con franjas longitudinales negras, una a cada costado del torax y una banda oblicua café oscuro y otra de color crema por debajo de los ojos.

Fotografías de las ninfas y adultos colectados se muestran en un CD anexo.

4.4. Apareamiento

Se observaron despliegues conductuales de apareamiento de *S. americana socorro* y de *S. piceifrons piceifrons* según se expone a continuación.

El 29 de octubre de 2004 se observó bajo condiciones de laboratorio en cinco parejas de la especie endémica al macho montar a la hembra y permanecer copulando durante 12 h aproximadamente, sin otros movimientos abdominales.

Tabla 4.1. Medidas corporales de ninfas y adultos de *S. nitens* capturados en la isla Socorro. Los organismos fueron colectados entre el 18 de octubre y el 5 de diciembre de 2004. *N* denota el número de los individuos que fueron medidos.

Estadio/Sexo	Ancho cabeza (mm)	Longitud cabeza (mm)	Longitud cuerpo (mm)	Longitud fémur III (mm)	Longitud antena (mm)	<i>N</i>
2	2.20	3.60	15.00	7.80	3.60	1
3	2.71	4.44	18.82	9.11	9.11	1
4	4.40 – 5.84	6.60 – 8.83	14.00 – 31.00	16.00 – 21.38	11.80 – 12.16	2
5	5.58 – 5.79	8.89 – 9.62	40.40 – 44.04	22.70 – 28.24	12.85 – 16.40	2
HEMBRA	6.61	9.60	51.90	27.20	16.40	1
MACHO	6.00	6.60	34.60	20.0	N.D.	1

Por otro lado, a partir del 22 de junio de 2004 se observaron langostas centroamericanas solitarias que volaban en parejas, sugiriendo el inicio de la temporada de apareamiento. Cuando una langosta era perturbada, su acompañante volaba hacia el mismo lado que la primera. Bajo condiciones de laboratorio se encontró que el macho sigue a la hembra y se aproxima a ésta perpendicularmente, por la zona media de su abdomen. Como respuesta a lo anterior, la hembra despliega una conducta de intolerancia ante la proximidad del macho y responde con una actitud defensiva levantando el tercer par de patas y despegando las tibias en un movimiento brusco y rápido. También es frecuente observar que ante la embestida del macho, la hembra mueve el abdomen con una torsión en dirección opuesta de donde el macho procede. El macho responde tratando de apoyar su primer par de patas en las tegminas de la hembra y arquea el abdomen tratando de tocar el de la hembra. En un movimiento repentino, que al macho le toma aproximadamente 1 s, se apoya en el pronoto de la hembra y se impulsa con las patas traseras para montarse completamente en ella. Al mismo tiempo, la hembra se sacude bruscamente, levanta el tercer par de patas y al desprenderse del macho, camina a otro extremo de la caja y la secuencia vuelve a iniciar de 1 a 2 min después. Una vez que el macho logra trepar a la hembra las parejas pueden mantenerse en cópula por un periodo de 2 h a 2 días. Después de esto pueden transcurrir entre dos días a dos semanas antes de la oviposición, período en el cual pueden copular en repetidas ocasiones. Durante este periodo, el macho muestra conducta de resguardo, permaneciendo montado sobre la hembra.

En laboratorio se registró un evento de canibalismo de la hembra sobre un macho con el cual se apareaba. En función de las observaciones realizadas en

condiciones de cautiverio en una incubadora con un fotoperiodo de 11 horas de luz y 13 de oscuridad, una humedad relativa del 60% y una temperatura de 19°C y con ejemplares adultos de la langosta centroamericana, se reportaron tres fechas de apareamiento para esta especie la primera se dio el 14 de junio y, posteriormente, el 12 y 25 de julio de 2004. En todos los casos, el patrón conductual observado para el apareamiento fue similar al descrito anteriormente.

4.5. Oviposición

A continuación se señala la conducta de oviposición de las especies de langostas dominantes, así como los rasgos de sus huevos y ootecas.

4.5.1. La langosta centroamericana. El 19 de junio en las hembras de la langosta centroamericana se empezó a observar despliegues conductuales relacionados con la oviposición. El 22 de junio, las hembras con el abdomen notablemente abultado empezaron a recorrer las charolas llenas de suelo, comienzan a acercarse a las paredes de ésta y a abrir notoriamente el compás del tercer par de patas. Mostraron conducta de intolerancia ante la presencia del macho y comenzaron a tocar la superficie del suelo con las antenas y con el ovipositor. Las hembras realizan aproximadamente cuatro ensayos de oviposición enterrando su abdomen en la porción húmeda del suelo. La ooteca es una masa de huevos inmersa en una sustancia mucosa que al entrar en contacto con las partículas del suelo conforma las paredes. Los huevos al salir del cuerpo de la hembra poseen coloración beige oscuro con tendencia al café. La ooteca puede contener 96 huevos alargados similares a una semilla de arroz. La oviposición le toma a la hembra aproximadamente 30 min y el proceso finaliza cuando la hembra cubre la ooteca con un tapón esponjoso, labor que le toma entre 5 a 8 min. La hembra puede ovipositar hasta en dos ocasiones y, en las instalaciones de la isla Socorro, se observó que después de la oviposición la hembra puede seguir alimentándose habitualmente y que muere de dos a tres días después de ovipositar. Por su parte, en condiciones de laboratorio en la Facultad de Ciencias, la muerte de la hembra puede sobrevenir de 23 ± 3 días después de la oviposición.

De acuerdo con las observaciones de campo realizadas entre el 18 de junio y el 6 julio de 2004, es posible que en la isla Socorro el periodo de oviposición de la especie

centroamericana inicie de manera moderada a fines de junio con la llegada de las primeras lluvias, la máxima actividad seguramente se da a mediados de julio y concluye hacia mediados de agosto. Lo anterior se sustenta por el hecho de que entre el 19 y 20 de agosto se encontró una manga de adultos color amarillo copulando y ovipositando en las proximidades del camino al monte Evermann, en un sitio con asociación 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 arbusto como en sitios abiertos y se llegaron a encontrar hasta 52 ootecas en un cuadro de 900 cm². También se registró que durante la oviposición los machos permanecen en conducta de resguardo fuertemente adheridos sobre el dorso de la hembra. Las hembras son capaces de distender su abdomen hasta alcanzar una longitud de 10 cm para cavar en la tierra y así ovipositar, cabe mencionar que si el abdomen de la hembra encontraba en su camino una piedra o algún obstáculo, no oviposita por lo que para realizar nuevos intentos, busca otro lugar tocando el sustrato con las antenas y el ovipositor. En el campo es recurrente encontrar agujeros sin ootecas.

De acuerdo con observaciones de campo realizadas entre el 18 y 20 de agosto de 2004 se registraron hembras de la especie centroamericana con coloración corporal amarilla ovipositando en un sitio con *Senna*, en un sitio cubierto por *Croton masonii* y en otro sitio camino al monte Evermann con presencia de *Dodonaea viscosa-Cordia curassavica-Ficus cotinifolia*. En cada uno de estos sitios las ootecas se extrajeron de acuerdo con el método descrito más adelante, y los huevos se trasladaron a la Facultad de Ciencias donde comenzaron a eclosionar entre el 8 y 13 de septiembre de 2004.

Sin embargo, considerando los sitios donde fueron localizadas las bandas de primer y segundo estadio entre agosto y septiembre de 2004, es probable que los sitios de oviposición de la especie centroamericana también sean en las orillas de los caminos que comunican al Subsector Naval con la aeropista y con las faldas del monte Evermann (Paradero). En esta zona se registra la mayor actividad humana, razón por la cual también es la que presenta mayor disturbio en cuanto a la comunidad vegetal que ahí se asienta. La especie centroamericana probablemente deposita sus huevos en los sitios con pendiente poco pronunciada dominados por *Croton masonii* y en la pradera de *Senna* y quizá en menor medida, en los sitios con pastizal introducido debido a lo

cerrado que pueden crecer los estolones de las especies que crecen ahí, también en sitios como la pradera mixta (a 950 m de altitud) y en el helechal de *Pteridium* en el este y noreste de la isla.

4.5.2. La langosta de Socorro. No se pudo observar la oviposición de las langostas de Socorro en el campo. Muy probablemente las langostas de Socorro y las centroamericanas no comparten los mismos sitios de oviposición, ya que los ejemplares de la especie endémica han sido registrados principalmente en el helechal de *Pteridium*, en la pradera mixta de la zona del cráter del monte Evermann, en los enclaves de *Pteridium* dentro del bosque de *Bumelia* (claros del bosque), en la zona que se extiende entre El Paradero y Los Guayabos (camino al monte Evermann) y en el matorral costero suculento que se desarrolla en las inmediaciones de Playa Norte. También es posible que uno de los sitios de oviposición de *S. a. socorro* sea dentro de la vereda que se trató de abrir a Playa Norte en el oriente de la isla sobre la cota de los 300 m de altitud. Al caminar por la localidad entre noviembre y diciembre, se pudo apreciar a las hembras de la especie endémica saltando enfrente del observador, pero dada su coloración mimética, se dificultaba su localización y solamente se podía tener una mejor percepción de su presencia, hasta que la hembra salía huyendo. Asimismo, en tres ocasiones distintas en este mismo ambiente se observó que de un mismo punto en el suelo las langostas salían huyendo en tándem, lo cual puede sugerir la existencia de conducta de resguardo postcopulatoria que se extiende hasta el momento de la oviposición. Se sugiere que los sitios de oviposición de la especie endémica deben ser principalmente micrositios sombreados de las partes más húmedas del ecosistema insular.

Solamente en condiciones de cautiverio las hembras de la especie endémica han ovipositado. Este suceso se dio entre el 6 y 7 de diciembre de 2004 a bordo del barco. La ooteca es una masa de huevos inmersa en una sustancia mucosa que puede contener en promedio 15.5 huevos ($N = 4$ ootecas). Los huevos al salir del cuerpo de la hembra poseen coloración café y son alargados similares a una semilla de arroz. La hembra cubre la ooteca con un tampón esponjoso de color café y se observó que después de la oviposición, puede seguir alimentándose habitualmente y que muere de tres a cuatro días después de ovipositar. El 6 de febrero de 2005 se registró la

oviposición de una hembra de la langosta endémica en condiciones de laboratorio, la cual había sido capturada el 28 de enero de 2005 en el bosque de *Bumelia* camino al Monte Evermann. La ooteca midió 18.98 mm de largo × 17.25 mm de ancho y pesó 0.32 g. Por su parte, el tapón esponjoso que acompaña a la masa de huevos midió 13.71 mm de largo y 8.62 mm de ancho. En su interior, la ooteca contenía 33 huevos de los cuales, solamente se midió una muestra de 13 con los que se determinó que miden en promedio $6.91 \text{ mm} \pm \text{e.e. } 0.12$ de largo × $1.63 \text{ mm} \pm 0.10$ de ancho.

4.5.3. Comparación entre especies de los rasgos de huevos y ootecas. No se encontraron diferencias significativas entre los tamaños de las ootecas de ambas especies de langostas (*S. p. piceifrons* = $3.48 \pm \text{e.e. } 0.16 \text{ cm}$, $N= 30$; *S. a. socorro* = $2.31 \pm 0.10 \text{ cm}$, $N = 4$; $t = 0.001$, $P = 0.99$), ni entre la longitud de los tapones esponjosos que se localizan entre el ápice superior de las ootecas y la superficie del suelo (*S. p. piceifrons* = $3.02 \pm 0.18 \text{ cm}$, $N = 30$; *S. a. socorro* = $2.26 \pm 0.10 \text{ cm}$, $N= 4$; $t = 0.23$, $P= 0.98$). Tampoco se encontraron diferencias significativas en el tamaño (largo y anchura) de los huevos de ambas especies de langostas (Largo: *S. p. piceifrons* = $5.68 \pm 0.13 \text{ mm}$, $N= 45$; *S. a. socorro* = $5.74 \pm 0.0001 \text{ mm}$, $N = 15$ huevos; $t = 0.63$, $P= 0.53$; Anchura: *S. p. piceifrons* = $1.32 \pm 0.035 \text{ mm}$, $N= 45$; *S. a. socorro* = $1.34 \pm 6.4 \times 10^{-5} \text{ mm}$, $N= 15$; $t= 0.45$, $P= 0.65$).

Para los huevos de ambas especies de langostas se encontraron correlaciones negativas y significativas entre el largo y su anchura (*S. p. piceifrons*: $r = -0.115$, g.l.= 44 $P < 0.05$; *S. a. socorro*: $r = -0.178$, g.l.= 14, $P < 0.05$).

En un CD anexo, se ofrecen fotografías de la oviposición, las ootecas y los huevos de ambas especies de langostas.

4.6. Desarrollo, eclosión, tamaño y rasgos de las ninfas

A continuación se detallan las características morfológicas de las ninfas de las especies registradas. Fotografías de las ninfas observadas se muestran en un CD anexo.

4.6.1. Las langostas centroamericanas gregarias. Se registraron cinco estadios de desarrollo en las ninfas gregarias de *S. p. piceifrons*. La eclosión se observó por primera vez el 18 de agosto de 2004. Entre el 18 y el 20 de agosto de este año se observó en el matorral de *Croton masonii* la eclosión de las ninfas del primer estadio de

la especie centroamericana. Las ootecas de esta especie se encontraban en el suelo debajo del dosel de estos arbustos y la eclosión ocurrió de la siguiente manera: (1) la ninfa salió del huevo en forma de larva neonata (larva vermiforme) empujando las membranas coriónicas apicales del huevo con la cabeza. (2) Mudó inmediatamente y al frotarse el cuerpo con el suelo se quitó el resto de las membranas coriónicas que envuelven su cuerpo como una exuvia. (3) Posteriormente, estas ninfas inmediatamente trepan a los arbustos de *Croton masonii* y comienzan a reunirse en grupos de ninfas hermanas, grupos que pueden ser de 20 a 64 individuos. En el campo se observó que el tiempo que tardaron todas las ninfas para salir de la ooteca fue aproximadamente 20 min y se contabilizaron 20 ninfas en ese periodo.

Durante la cuarta salida se registraron 10 bandas de ninfas gregarias del primer estadio en los sitios cubiertos por pasto introducido en las cercanías del Subsector Naval, y en los sitios cubiertos por matorral de *Croton masonii* (dos bandas fueron observadas entre el 26 y 27 de agosto y ocho entre el 3 y 4 de septiembre de 2004; ver Mapas 2 y 3). Los intervalos de tamaño para cada rasgo corporal de ninfas y adultos aparecen resumidos en las Tablas 4.2 y 4.3.

En condiciones de laboratorio los huevos de la langosta centroamericana eclosionaron entre el 8 y 13 de septiembre de 2004, si se toma en consideración que fueron ovipositados entre el 18 y 20 de agosto, se puede decir que pasan aproximadamente 4½ semanas en estado de huevo.

Tabla 4.2. Intervalos de las medidas corporales (mm) de ninfas gregarias de distintos estadios de *S. piceifrons piceifrons* en la Isla Socorro. Periodo de observación: del 18 de agosto al 6 de noviembre de 2004. *N* denota el número de los individuos que fueron medidos.

Estadio ninfal	Longitud de la cabeza (mm)	Ancho de la cabeza (mm)	Longitud del fémur III (mm)	Longitud corporal (mm)	Longitud de la antena (mm)	No. de antenitos	<i>N</i>
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 se dio entre el 14 y 21 de septiembre, por lo que se puede decir que el primer estadio tiene una duración de 1

semana. La coloración corporal de estas ninfas es verde con pequeñas manchas oscuras y conforme pasa el tiempo, el cuerpo de la ninfa se va oscureciendo pasando de un color verde claro a un color verde oscuro.

Tabla 4.3. Intervalos de medidas corporales de langostas de ambos sexos y ambos tipos de agregación de *Schistocerca piceifrons piceifrons* en Isla Socorro, México.

Fase	Sexo	N	Ancho de la cabeza (mm)	Longitud antenal (mm)	Longitud de la cabeza (mm)	Número de antenitos	Ancho del pronoto (mm)	Longitud del pronoto (mm)	Ancho del torax (mm)	Longitud del torax (mm)	Ancho del fémur III (mm)
Gregaria	Macho	29	4.99-6.9	13.47-18.47	8.17-10.73	19-27	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		20-28	5.75-9.59	8.95-11.23	7.38-11.02	10.26-16.92
	Hembra	62	5.08-6.79	9.22-17.36	8.42-10.64	24-28		4.97-9.3	7.37-10.3	7.22-9.35	10.19-16.14
		30	4.92-7.47	13.18-18.07	8.66-12.93		20-28	5.38-8.08	8.77-11.29	6.81-11.02	10.2-16.62

La segunda muda se registró entre el 23 de septiembre al 4 de octubre de 2004, por lo que se puede asumir que el segundo estadio tiene una duración de aproximadamente dos semanas. El color corporal de estas ninfas es verde amarillento con franjas negras.

Posterior a esta fecha, se acentuó la mortandad en las ninfas del cultivo por lo que no se pudo determinar con precisión la duración del tercer estadio ninfal y por esta misma razón, no fue posible determinar la fecha de muda hacia el cuarto estadio.

Por su parte, las ninfas atrapadas durante la cuarta visita a la isla Socorro permitieron determinar que la muda correspondiente al cambio del quinto al sexto estadio 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.

Solo una ninfa cultivada en laboratorio mostró tener seis estadios. Esta ninfa vivió en el sexto estadio 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.

De acuerdo con las observaciones de campo, la probabilidad de supervivencia de las ninfas se incrementa conforme alcanzan etapas de desarrollo cada vez más avanzadas.

En la Tabla 4.2 también se puede observar que todos los intervalos de los estadios se traslapan en la mayoría de las variables utilizadas, a excepción del número de antenitos del primero y segundo estadio, en los cuales el número de éstos fue constante. A pesar de lo anterior, las variables más confiables para determinar el estadio ninfal de las langostas centroamericanas fueron el largo y la anchura de la cabeza.

Por otro lado, únicamente bajo condiciones de laboratorio se pudo observar el sexto estadio de esta langosta, pues en el campo sólo se encontraron individuos del quinto estadio.

La coloración de las ninfas de primer estadio de *S. piceifrons* gregarias es verde limón con puntos negros y son muy pubescentes. Las ninfas del segundo y tercer estadio son de color verde limón. Posteriormente, las ninfas de entre el cuarto y sexto estadio presentan policromía pues entre octubre y diciembre de 2004 se les pudo observar con tonalidades verdes, amarillas, naranjas, rojas y negras.

Todas las ninfas gregarias se caracterizan por la presencia de tres franjas oblicuas en el siguiente patrón: una línea beige, una negra y otra beige. En la porción ventro-lateral del abdomen estas ninfas también presentan una línea de 0.5 mm de grosor que la recorre completamente y es de la misma tonalidad que la línea clara de los ojos.

4.6.2. Las langostas centroamericanas solitarias. Las ninfas solitarias de los primeros estadios son de color verde opaco, mientras que las del tercero al sexto son de color café y son muy difíciles de encontrar. El 20 de junio de 2004 se capturaron dos ninfas solitarias de *S. p. piceifrons* (muy posiblemente ambas del tercer estadio, dados los datos de la Tabla 4.2) al E del cráter del Evermann, en una zona de matorral submontano sobre *Pteridium caudatum*. Se les mantuvo comiendo pasto y rechazaron alimentarse de hojas jóvenes de guamúchil, *Pithecellobium dulce* (Leguminosae). El 21 de junio mudó la ninfa #1 y el 23 de junio mudó la ninfa #2 (de segundo) y murió tres días después (el 26 de junio). La ninfa #1 mudó nuevamente el 2 de julio y se logra presenciar el momento de la muda.

La muda inició con la apertura de 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 min.

Las medidas de las ninfas se presentan en la Tabla 4.4.

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 4.4. 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

Las ninfas solitarias de *S. piceifrons* son de color verde opaco con un patrón de bandeado sub-ocular igual al de las ninfas gregarias.

4.6.3. La langosta de Socorro. El 24 de febrero se colectó una ninfa hembra del sexto estadio de la langosta de Socorro. Se reconoció su especie porque tenía todas las características de los adultos mencionados en las Secciones 1.1 y 1.4, aunque en este caso sus alas no estaban completamente desarrolladas. Esta ninfa fue colectada en el cráter del volcán Evermann a 950 m s.n.m. dentro de pradera mixta (ver Sección 1.2). La ninfa murió en cautiverio el 28 de febrero.

Afortunadamente, entre agosto de 2004 y febrero de 2005 se colectaron 21 ninfas, 33 machos y 25 hembras de la especie endémica. Asimismo, entre el 6 y 9 de diciembre se obtuvieron tres registros sobre la oviposición de la especie endémica bajo condiciones de laboratorio. Los adultos de la especie endémica se caracterizan por ser exclusivamente solitarios, sus poblaciones son muy dispersas, se caracterizan por volar ruidosamente, y entre octubre y diciembre se determinaron los estadios con las ninfas capturadas en el campo con la ayuda del M. en C. Hojun Song. Los intervalos de tamaño encontrados para cada estadio ninfal y los adultos aparecen en la Tabla 4.5.

En la Tabla 4.5 también se puede observar que todos los intervalos de los estadios se traslapan por lo que no pueden ser muy confiables para determinar cada uno de los estadios ninfales. Sin embargo, las variables más confiables para determinar el estadio ninfal de las langostas de Socorro son también el largo y la anchura de la cabeza.

En esta especie se encontró que los estadios del primero al cuarto la coloración corporal es predominantemente verde limón. Por su parte el quinto estadio presenta una coloración corporal verde amarillento. Debajo de los ojos presentan un patrón de bandeo que se caracteriza por la presencia de dos franjas oblicuas; una negra y la otra amarilla. En la porción ventro-lateral del abdomen, estas ninfas también presentan una línea de 0.5 mm de grosor que lo recorre completamente y es de color amarillo. Asimismo, las ninfas de la especie endémica presentan una línea amarilla en el margen inferior del fémur del tercer par de patas. Es muy probable que en el proceso de muda del quinto al sexto estadio las ninfas de la especie endémica experimenten un cambio de coloración verde a café claro y posteriormente a tonalidades más oscuras, pues en febrero se colectó una ninfa de esta especie con un color muy similar al de los adultos.

Con una inspección minuciosa del número de antenitos bajo el microscopio se puede evidenciar que durante el 1er. estadio las ninfas de la especie centroamericana tienen 13, mientras que las de la especie endémica tienen 4. Fotografías de las ninfas y adultos colectados se muestran en un CD anexo.

4.7. Hábitats

Se ha detectado que los hábitats preferidos por las poblaciones de langostas centroamericanas 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.

Las mangas de langostas centroamericanas gregarias se han detectado atacando 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*.

Tabla 4.5. Dimensiones corporales (mm) de ninfas y adultos de *S. americana socorro* 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 tomados. Long. = longitud.

Estadio/Sexo	Long. antena (mm)	Anchura cabeza (mm)	Long. cabeza (mm)	Ancho del pronoto (mm)	Long. tórax (mm)	Ancho tórax (mm)	Long. corporal (mm)	Long. tegmina (mm)	Long. fémur III (mm)	Ancho 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	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	12.10–28.44	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	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	34.00–42.96	13.18	23.0 – 23.32	2.30	1 y 2 ^a
HEMBRAS	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
MACHOS	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

^aUn sólo dato indica *N*=1.

Los ejemplares de la langosta de Socorro han sido avistados y colectados en la pradera mixta del cráter del monte Evermann, en los helechales de *Pteridium* al este de la isla y en los claros del bosque de *Bumelia* cubiertos por esta especie camino al volcán, asimismo en una zona localizada entre El Paradero y el Valle de los Guayabos camino al cráter del volcán Evermann dentro de un matorral de *Dodonaea*. También han sido registrados al sur de la Aeropista en una vegetación similar y en las inmediaciones de Playa Norte dentro del matorral costero. En todos estos ambientes, tanto las ninfas como los adultos suelen estar asociados al dosel de los arbustos, sobre las frondas de los helechos y en menor medida, sobre el tallo de árboles y arbustos.

V. ENEMIGOS NATURALES

5.1. Lista de especies

Se han registrado más de 14 especies de enemigos naturales de la langosta centroamericana y dos especies que atacan a la langosta de Socorro (Tabla 5.1).

Algunos enemigos naturales se presentan en fotografías en un CD anexo.

5.2. Hongos

Se identificaron dos especies de hongos entomopatógenos: *Beauveria bassiana* y *Metharizium anisopliae anisopliae* en *S. piceifrons piceifrons* en el Laboratorio de Micología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Una de las langostas infectada por *B. 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. americana socorro* 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. Por otro lado, en *S. nitens* no se encontraron hongos entomopatógenos.

Beauveria bassiana es un hongo patogénico de la subdivisión Deuteromycotina que se encuentra en algunas plantas y en los suelos de todo el mundo con esporas

muy resistentes a ambientes extremos. Las conidiosporas infectan al insecto a través del integumento bajo condiciones favorables de humedad y temperatura. Si existen conidias adheridas a la exocutícula, éstas germinan desarrollando hifas que secretan enzimas que degradan la cutícula, permitiendo que el hongo penetre y debilitando el sistema inmune del insecto debido a la secreción de una sustancia conocida como beauverinina (Tanada y Kaya, 1993). Este hongo se ha utilizado para el control biológico de saltamontes en Canada y en Estados Unidos de América; sin embargo, la habilidad de estos insectos para regular y elevar su temperatura al exponerse a la radiación solar, limita el uso exitoso de este hongo como agente de control biológico (Milner, 2001a).

Tabla 5.1. Lista de enemigos naturales de *Schistocerca piceifrons piceifrons* y *S. americana socorro* en la isla Socorro, registrados entre febrero y diciembre de 2004.

Nombre científico	Nombre común	Tipo	Etapa que es atacada
<i>S. piceifrons piceifrons</i>			
<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
<i>Sarcophaga</i> sp. (Diptera: Sarcophagidae)	Mosca	Parasitoide	Ninfas y Adulto
<i>Cerasia?</i> sp. (Diptera: Tachinidae)	Mosca	Parasitoide	Adultos
Dexiido sp. 1 (Diptera: pos. Dexiidae)	Mosca	Parasitoide	Adulto
Phoridae sp. 1 (Diptera)	Mosca jorobada	¿Hiperparasitoide?	Ninfas
<i>S. americana socorro</i>			
<i>Metharizium anisopliae anisopliae</i>	Hongo	Patógeno	Adulto
<i>Sarcophaga?</i> Sp. (Diptera: Sarcophagidae)	Mosca	Parasitoide	Adulto

Metharizium anisopliae anisopliae, por su parte, es un hongo patogénico del orden de los Moniliales que ataca a cerca de 200 especies de insectos incluyendo

acridoideos (Poinar y Thomas, 1984). Las unidades infecciosas del hongo son conidiosporas asexuales haploides, las cuales penetran e infectan al insecto de dos maneras: 1) por ingestión al alimentarse de vegetación contaminada, 2) a través del contacto directo con la cutícula, donde las esporas germinan y producen tubos germinales que penetran la cavidad del cuerpo del insecto (Barrientos, 2000). Una vez adentro produce extensiones laterales de hifas que consumen internamente los tejidos del insecto. Cuando éstos se han agotado, las hifas del hongo atraviesan la cutícula del hospedero y ocurre la esporulación (Poinar y Thomas, 1984). El período de incubación del hongo es de 6-7 días y bajo condiciones artificiales se ha visto que los insectos enfermos disminuyen el consumo de alimentos 3-4 días después de haber sido infectados volviéndose más lentos y muriendo para el 6-7 día. La temperatura afecta dramáticamente el tiempo de acción del hongo (Barrientos, 2000).

Los niveles de infestación por estos hongos en diferentes poblaciones de langostas centroamericanas adultas variaron entre 0 y 11.1% (Tabla 5.2). 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 (registrada el 29 de abril de 2004). 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 en buen estado, lo cual se requiere para el desarrollo de los entomopatógenos, en el caso de que estos estuvieran presentes. A estos individuos no se les tomó en cuenta, lo cual redujo el tamaño de muestra.

Tabla 5.2. Niveles de infestación (% de individuos) por dos especies de hongos (*Beauveria bassiana* y *Metarhizium 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
Febrero			
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>Dodonea-Opuntia</i>		5	0.0
Abril			
Manga 4 (19/04/04)		158	0.0
Manga 5 (29/04/04)	<i>Metarhizum</i>	200	0.5
Helechal de <i>Pteridium</i>		6	0.0
Pastizal		23	0.0
Pradera Mixta		10	0.0
Pradera de <i>Senna</i>	<i>Beauveria</i>	79	1.3
Junio			
Pastizal		54	0
Pradera Mixta		8	0
Pradera de <i>Senna</i>		71	0
Agosto			
Manga 8 (20/08/04)		8	0
Manga 9 (25/08/04)		5	0
Manga 10 (26/08/04)		6	0
Pastizal		10	0
Octubre			
Camino a grutas		10	0
Pastizal		12	0
Pradera de <i>Senna</i>		8	0
Noviembre			
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 croton		60	0
Matorral de dodonea		2	0
Matorral de <i>Ficus-Cordia-Dodonaea</i>		1	0
Enero			
Manga 17 (28/01/05)		16	0
Guayabos		5	0
Helechal de <i>Pteridium</i>		3	0
Matorral de <i>Croton</i>		8	0

Tabla 5.2. (Continúa).

Población	Hongo	N	% de infestación
Enero			
Matorral de Dodonea		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 la Tabla 5.3 se reportan los niveles de infestación por hongos en las poblaciones de ninfas de varios estadios de *S. p. piceifrons*. Sólo se registraron hongos entomopatógenos en las ninfas de tercer estadio colectadas en la pradera de *Senna* en la salida de octubre de 2004, las cuales fueron infestadas por *Beauveria bassiana*, lamentablemente el tamaño de muestra es muy pequeño.

Se encontró a un macho *Socorro* colectado en noviembre en el helechal de *Pteridium* de la ladera este infestado por *Metharizium anisopliae anisopliae* (Tabla 5.4). Por otro lado, en cuatro ejemplares de *S. nitens* analizados, no se registró ataque por hongos (Tabla 5.5).

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 m², lamentablemente los hongos de las langostas infestadas no pudieron ser identificados debido a la putrefacción de los ejemplares.

Tabla 5.3. Niveles de infestación (% de individuos) por *Beauveria bassiana* en distintas poblaciones de ninfas de distintos estadios de *Schistocerca piceifrons piceifrons* registradas en la isla Socorro entre octubre y noviembre de 2004. N denota el número de ejemplares analizados.

Tipo de vegetación	Estadio	Hongo	N	% de infestación
Octubre				
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
Noviembre				
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 5.4. Niveles de infestación (% de individuos) por hongos en distintas poblaciones de *Schistocerca americana socorro* 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
Noviembre			
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
Enero			
Bosque de <i>Bumelia</i> – helechal		6	0

Tabla 5.5. Niveles de infestación (% de individuos) por hongos en distintas poblaciones de *Schistocerca nitens* 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
Noviembre			
Bejucal		1	0
Helechal de <i>Pteridium</i>		1	0
Matorral de <i>Dodonaea-Opuntia</i>		1	0
Enero			
Bosque <i>Bumelia</i>		1	0

Se conoce que *B. bassiana* requiere menores niveles de humedad para germinar que *M. anisopliae*; no obstante, ninguno de los dos esporula con niveles de humedad bajos (Marcandier y Khachatourians, 1987). Inglis *et al.* (1996) demostraron que la mortalidad de la infección por *B. bassiana* se puede reducir a cero si las temperaturas del cuerpo son iguales o mayores a 35°C por varios días. *M. anisopliae acridum* tiene una tolerancia térmica superior, ya que su temperatura óptima de desarrollo se encuentra alrededor de los 30°C, deteniendo su crecimiento a los 40°C, pero no resiste bajas temperaturas. Milner y Hunter (2001) observaron que a temperaturas de 10°-20°C *Metarhizium* no puede desarrollarse, pero sí *B. bassiana*.

El hábitat por sí mismo puede afectar la exposición de los hospederos a los patógenos. El suelo actúa como un reservorio de entomopatógenos donde se almacenan las esporas que infectan a las langostas en el follaje, siendo un factor muy importante en la persistencia de los patógenos y en la dinámica de hospederos y patógenos (Hochberg, 1989 en Blanford y Thomas, 2000).

Se debe considerar que los hongos obtenidos en casi todos los casos provenían de langostas muertas por entomopatógenos mantenidas en el laboratorio, ya que hay estudios que muestran que los insectos infectados con entomopatógenos y criados en el laboratorio mueren más rápido que los mantenidos en encierros en el campo, ya que en el campo tienen más libertad para poder termorregular (Inglis y Goettel, 1996; Blanford y Thomas, 2000). La falta de apetito y la disminución en la movilidad fueron son síntomas característicos de las infecciones por hongos, lo cual también fue observado por Ouedrago *et al.* (2004).

5.3. Parasitoides e hiperparasitoides

Se registraron tres especies de moscas parasitoides, todas ellas identificadas por el Dr. Monthy Wood (Canadian National Collection, Canadá). La más abundante y frecuente fue el sarcófago *Sarcophaga* sp.; en menor proporción se registró un taquírido que probablemente pertenezca al género *Cerasia*, y con mucho menor abundancia se registró un ejemplar que probablemente pertenezca a la familia Dexiidae (un grupo que Borrer *et al.*, 1989 ubican dentro de la familia Tachinidae).

Adicionalmente, se registró una especie de mosca de la familia Phoridae, la cual se caracteriza por presentar una joroba, alas con poca venación y grandes fémora traseros aplanados lateralmente (Borrer *et al.*, 1989). Esta mosca muy probablemente sea un hiperparasitoide de las pupas de *Sarcophaga* sp., las cuales emergían de ninfas de la langosta centroamericana.

En lo sucesivo, las cuatro especies serán denominadas como *Sarcophaga* sp., *Cerasia* sp., Dexiidae sp. 1 y Phoridae sp. 1, a pesar de las dudas de la identidad taxonómica de *Cerasia* y Dexiidae sp. 1.

La identificación más fina de las tres primeras especies no pudo ser posible debido, a decir del Dr. Wood, al grado de maltrato que tenían los ejemplares, probablemente ocasionado durante el envío a Canadá. De 30 ejemplares colectados en febrero-marzo de 2004, 25 fueron *Sarcophaga* sp., tres fueron *Cerasia* sp. y dos pertenecieron a Dexiidae sp. 1 (M. Wood, com. pers.).

Las tres morfoespecies se han registrado en la langosta centroamericana y sólo una de ellas se registró en la langosta de Socorro, la cual muy probablemente sea también *Sarcophaga* sp., por su morfología externa.

Otros ejemplares, incluyendo los pocos parasitoides que atacan a *S. americana socorro* se enviaron al Laboratorio de Entomología Sistemática del Departamento de Agricultura y Servicios de Estados Unidos (USDA) y otros que atacan sólo a *S. p. piceifrons* al Dr. Manuel A. Zumbado (Unidad de Artrópodos, Instituto Nacional de Biodiversidad, Costa Rica), sin que a la fecha se haya obtenido respuesta. Adicionalmente, la Biól. Patricia García-García, bajo la dirección de Alberto Morales Moreno (FES-Iztacala, UNAM), reconoció que todos los ejemplares obtenidos de ninfas y adultos de la langosta centroamericana, entre la salida 2 y la 7 pertenecen a la familia Sarcophagidae, lo cual sugiere que se trata de *Sarcophaga* sp.

En dos mangas observadas entre el 25 y 27 de noviembre de 2004 se observó en varias ocasiones que algunas langostas en vuelo eran seguidas muy de cerca por un pequeño insecto oscuro que describía exactamente el mismo patrón componente de vuelo de la langosta. Es posible que los dípteros parasitoides sean capaces de elegir a su huésped dentro del grueso del contingente de la manga y posteriormente depositar un huevo o una larva. Por otro lado, no se puede descartar la posibilidad de que los dípteros también ovipositen sobre el follaje de algunas de las especies que la langosta emplea para su alimentación y de este modo, adquieran el parasitoide, vía oral, y cumpla su ciclo en el intestino del huésped.

En la Tabla 5.5 se muestran los intervalos de las medidas de las larvas, de las pupas y los adultos de los dípteros parasitoides e hiperparasitoides registrados en *S. p. piceifrons* y *S. americana socorro*. Larvas del fórido sp. 1 emergieron de langostas centroamericanas en etapa de ninfa que también se encontraban infestadas por *Sarcophaga*.

En un CD anexo se ofrecen fotografías de algunos de estos estadios del ciclo de vida de los parasitoides.

Las larvas de *Sarcophaga* sp. pueden emerger antes de que se muera el huésped (hasta seis días antes) o el mismo día. La pupación ocurre de 2 a 3 días después de la emergencia. El número de parasitoides por langosta varió de entre 1 y 5,

en seis ocasiones se registró una, en una ocasión se registraron dos, en dos ocasiones tres larvas y en una sola ocasión cinco larvas. Las larvas tienen una anchura de 2.55-3.97 mm ($N=19$), las pupas 3.0-3.5 mm ($N=8$) y los adultos 2.76-3.50 mm ($N=5$). Las longitudes se presentan en la Tabla 5.5.

No se pudieron distinguir las etapas de desarrollo de *Cerasia* sp. de las de Dexiidae sp. 1. Los datos agrupados de estas dos especies arrojaron los siguientes datos. Las larvas pueden emerger de uno a tres días después de la muerte de la langosta, la pupación inicia 1-3 días después de la emergencia y la pupa necesita entre 6 y 22 días para alcanzar el estado adulto. Las longitudes corporales se presentan en la Tabla 5.5.

El fórido sp. 1 se registró en cultivos de langostas centroamericanas en estado ninfal, siempre en ejemplares infestados por *Sarcophaga* sp., por ello es muy probable que se trate de un hiperparasitoide. Las pupas tienen una anchura de 1.0-1.5 mm ($N = 22$) y los adultos 0.5-1.0 mm ($N = 40$). Las longitudes corporales se presentan en la Tabla 5.5.

No se pudieron tomar datos del parasitoide Dexiidae sp. 1, pero su tamaño corporal es similar a *Sarcophaga* sp.

Existe una gran variación en el tamaño corporal de los parasitoides, lo cual parece estar relacionado con el número de parasitoides que coexisten en cada hospedero (Danyk *et al.*, 1999).

Tabla 5.5. Medidas de longitud (mm) de los parasitoides e hiperparasitoides que se encuentran en las principales especies de langostas que habitan la Isla Socorro. Entre paréntesis se señala el tamaño de muestra.

Morfoespecie	Larva	Pupa	Adulto
<i>Schistocerca piceifrons piceifrons</i>			
<i>Sarcophaga</i> sp.	3.11 – 9.55 (71)	4.40 – 9.15 (83)	5.85 – 8.15 (89)
<i>Cerasia</i> sp.* y Dexiidae sp. 1* ¹	2.39 – 5.14 (26)	4.15 – 5.85 (25)	4.05 – 5.45 (10)
Phoridae sp. 1* ²	N.D.	N.D.	1.75 – 3.10 (35)
<i>Schistocerca americana socorro</i>			
<i>Sarcophaga</i> sp.*	3.44 – 6.97 (18)	6.35 – 7.85 (3)	5.95 – 7.60 (2)

* Ubicación taxonómica aproximada.

¹No se logró diferenciar los ejemplares de ambas especies durante la medición.

²Se trata de un probable hiperparasitoide de *Sarcophaga* sp.

En la Tabla 5.6 se muestran los niveles de parasitoidismo por dípteros encontrados en adultos solitarios y gregarios de la langosta centroamericana. 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 centroamericanas adultas de 0 a 72.7%, éste último registrado en los individuos solitarios del pastizal en febrero (Tabla 5.6). Asimismo, encontramos 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 5.6). Danyk *et al.* (1999) y referencias ahí citadas muestran que los parasitoides atacan más intensamente cuando están presentes los adultos.

Los niveles de parasitoidismo también registraron una amplia variación (de 0% a 54%) en distintas poblaciones de ninfas de la langosta centroamericana. Los niveles de infestación parecen incrementarse conforme las ninfas se aproximan a la edad adulta (Tabla 5.7), tal como lo han registrado Smith (1964) y Przybyszewski y Capinera (1991).

Es difícil reconocer cada morfoespecie de moscas parasitoides a nivel de larvas, pero se sugiere que los niveles de infestación reportados se refieren sobre todo a la actividad de *Sarcophaga* sp.

De cada langosta pueden emerger 1 a 19 larvas de parasitoides, sin embargo desconocemos los detalles por especie. En cultivos de cría de una sola langosta centroamericana infestada por uno a tres ejemplares de *Sarcophaga* sp. podían emerger de uno a 18 individuos adultos del hiperparasitoide Phoridae sp. 1.

Por otro lado, los niveles de parasitoidismo registrados en las langostas adultas de Socorro capturadas entre octubre de 2004 y enero de 2005 fue de 3.7% ($N=54$). Los datos detallados de las langostas capturadas en cada población se presentan en la Tabla 5.8. El parasitoidismo en esta especie se ha registrado en las poblaciones del Bosque de *Bumelia*-helechal y en el matorral de *Dodonaea-Psidium*.

En el 4.3% de las ninfas de *Schistocerca americana socorro* capturadas entre octubre y enero de 2005 se registraron parasitoides ($N = 23$; ver detalles en Tabla 5.9).

En noviembre de 2004 se encontró que en los ejemplares de la especie endémica solamente emergió un parasitoide por hospedero (Tabla 5.10).

En ningún caso, durante el periodo de observaciones entre octubre de 2004 y enero de 2005 se ha detectado emergencia de parasitoides de los ejemplares de *S. nitens*.

Tabla 5.6. Niveles de parasitoidismo por dípteros 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
Febrero		
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>Dodonea-Opuntia</i>	5	60.00
Pastizal	33	72.70
Pradera Mixta	17	64.70
Pradera de <i>Senna</i>	53	39.60
Abril		
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
Junio		
Pastizal	52	3.80
Pradera Mixta	8	50.00
Pradera de <i>Senna</i>	57	0.00
Agosto		
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
Octubre		
Matorral de <i>Croton</i>	140	11.43
Pastizal	50	0.00
Pradera Mixta	3	0.00
Noviembre		
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
Enero		
Manga 17 (28/01/05)	23	4.35
Helechal de <i>Pteridium</i>	13	7.69

Tabla 5.6. (Continúa)

Población	N	% de infestación
Enero		
Matorral costero (Playa Norte)	2	0
Matorral de <i>Croton</i>	21	23.81
Matorral de <i>Dodonea</i> (<i>paradero</i>)	7	14.29
Matorral submontano (guayabos)	8	12.5
Matorral de <i>Dodonea-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 5.7. Niveles de parasitoidismo por dípteros no identificados en ninfas 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	Estadio	N	% de infestación
Agosto			
Matorral de <i>Croton</i>	1-2	35	0.00
Octubre			
Pradera de <i>Senna</i>	4-5	103	1.00
Matorral de <i>Croton</i>	4-5	25	12.00
Noviembre			
Helechal de <i>Pteridium</i>	4-5	16	25.00
Pradera de <i>Senna</i>	4-5	13	53.85
Enero			
Helechal de <i>Pteridium</i>	4-5	2	0

Tabla 5.8. Niveles de parasitoidismo por dípteros no identificados, en adultos de *Schistocerca americana socorro* en la isla Socorro, estudiados entre octubre de 2004 y enero de 2005. *N* denota el número de individuos capturados.

Tipo de vegetación	Localidad	<i>N</i>	% de infestación
Octubre			
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>Dodonea-Cordia</i>	Norte de la Aeropista	2	0.0
Noviembre			
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>Dodonea-Psidium</i>	Paradero	1	100
Enero			
Bosque de <i>Bumelia</i> -helechal	Monte Evermann	6	0
Helechal de <i>Pteridium</i> -bejucal	Ladera Este	3	0

Tabla 5.9. Niveles de parasitoidismo por dípteros no identificados, en ninfas de diferentes estadios de *Schistocerca americana socorro* en la isla Socorro, estudiados entre octubre y noviembre de 2004. *N* denota el número de individuos capturados.

Tipo de vegetación	Localidad	Estadio	<i>N</i>	% de infestación
Octubre				
Helechal	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
Noviembre				
Bosque de <i>Bumelia</i> -helechal	Monte Evermann	1	7	0.0
Helechal de <i>Pteridium</i> -bejucal	Ladera Este	3	8	12.5
Matorral de <i>Dodonea-Psidium</i>	Paradero	1	1	0.0
Enero				
Helechal de <i>Pteridium</i> -bejucal	Ladera Este	5	2	0

Tabla 5.10. Número de larvas de dípteros provenientes de individuos infestados de diferente sexo, estado de desarrollo y tipo de vegetación de *Schistocerca americana socorro*. Individuos colectados entre noviembre y diciembre de 2004 en la isla Socorro.

Tipo de vegetación	Localidad	Etapa/sexo	No. individuos infestados	No. larvas emergidas
Bosque de <i>Bumelia</i> –helechal	Monte Evermann	adulto/macho	1	1
Helechal de <i>Pteridium</i> -Bejucal	Ladera Este	Ninfa 3	1	1
Matorral de <i>Dodonea-Psidium</i>	Paradero	adulto/hembra	1	1

5.3. Parasitoidismo y variabilidad cromática de las ninfas de la langosta centroamericana

La coloración corporal puede ser catalogada como un rasgo continuo entre varios individuos de la misma especie y dentro del mismo estadio ninfal y, probablemente, puede ser indicador de la cantidad de parasitoides en su interior, según se expone a continuación.

Entre noviembre y diciembre en la isla Socorro el ambiente en el que se registró la mayor variabilidad policromática de las ninfas del último estadio de *S. p. piceifrons* fue la pradera de *Senna*. Ahí se observaron ninfas verdes, amarillas, naranjas, rojas y negras. En este caso se asumió que se trataba de ninfas gregarias por el hecho de registrar una alta abundancia en la localidad y estar agrupadas en ciertos sectores de la pradera. En este sentido, se encontró que las ninfas verdes y rojas tienen un solo parasitoide, y que las ninfas de color naranja pueden tener hasta cuatro larvas de díptero, posiblemente *Sarcophaga* sp. Además, se encontró una ninfa de color amarillo con 18 parasitoides del Phoridae sp. 1.

Por su parte, en el helechal de *Pteridium* se colectaron varias ninfas de color rojo muy aisladas entre sí, esto es, separadas a más de 50 m de otra langosta adulta o ninfa. En este caso se asumió que se trataba de ninfas solitarias, de las cuales emergieron 1 a 2 larvas de parasitoides por hospedero.

Finalmente, en la zona de la aeropista se colectaron varias ninfas de color rojo asociadas a *Dodonaea viscosa* y *Cordia curassavica*, las cuales se encontraban agregadas con otras ninfas y de ellas también se obtuvieron hasta dos parasitoides por ninfa.

Es posible que esta sea una razón por la que actualmente exista aún una controversia acerca de los criterios que se emplean para diferenciar entre las ninfas gregarias y solitarias de *S. p. piceifrons*. La Dra. Ludivina Barrientos Lozano (com. pers.), experta en control biológico de langostas, sugiere que las ninfas de color verde son un indicativo de la condición solitaria, mientras que las rojas lo son para organismos gregarios. Por su parte, el Ing. Agrón. Mario Poot Pech (com. pers.), quien realizó su tesis sobre la comunicación química de *S. p. piceifrons*, sugiere que puede existir un cambio de fase dinámico y posiblemente bidireccional entre la fase solitaria y gregaria.

Para él, la condición de agregación puede ser producto de la percepción de una hormona durante el cuarto estadio del ciclo de vida, por lo cual una ninfa solitaria puede convertirse a fase gregaria, aunque no existen pruebas convincentes de conversión de gregario a solitario.

Por otro lado, el M. en C. Hojun Song (com. pers.) propone que el color no es el indicador más confiable sobre la condición conductual de las langostas durante su estadio ninfal, ya que se pueden encontrar ninfas de color verde agregadas con otras langostas (del mismo o diferente color) y del mismo modo, ninfas rojas aisladas en el ambiente.

Independientemente de esta variación policrómica, las ninfas de ambas especies de langostas (sin tomar en consideración a *S. nitens*) nacen todas de color verde limón por lo que es muy fácil confundirlas en el campo. En algún momento y debido probablemente a la conjunción de varios factores ambientales, las ninfas de *S. p. piceifrons* presentan una gran variabilidad cromática. Al parecer, la cantidad de parasitoides que las ninfas poseen puede ser un factor importante en la determinación del color corporal de esta especie.

5.3. Depredadores

En la Tabla 5.11 se registra la densidad de cada uno de los depredadores de ninfas I y II encontrados en la pradera de *Senna* ubicada en el camino a la cima del volcán Evermann, el 31 de agosto de 2004. Se encontró que los depredadores con menor abundancia fueron las arañas de la familia Thomisidae y la lagartija azul *U. uriculatus* (con 0.04 ind/m²) y los de mayor abundancia fueron las arañas de la especie *Neoscona oaxacensis* (con 0.20 ind/m²). Se encontró que en promedio existen 0.36 depredadores/m² (= 3600 depredadores/ha).

Se observó que la araña *N. oaxacensis* captura a las ninfas por medio de su red orbicular tejida entre la vegetación. Una vez que alguna ninfa cae en la red, la araña inmediatamente la enreda y, posteriormente, le entierra sus quelíceros en la parte dorsal del pronoto para matarla y después comerla.

Tabla 5.11. Densidad de depredadores (No./m² ± e.e.) de ninfas de 1° y 2° estadio de *S.piceifrons piceifrons* en la pradera de *Senna*. Observaciones correspondientes al 31 de agosto de 2004. N = 25.

Depredador	Densidad (No./m ² ± e.e.)
<i>Neoscona oaxacensis</i>	0.20 ± 0.08
Sp. 1 (Araneae: Thomisidae)	0.04 ± 0.04
<i>Urusaurus auriculatus</i>	0.04 ± 0.04
Sp. 2 (Araneae)	0.04 ± 0.04
Sp. 3 (Araneae)	0.04 ± 0.04
Total depredadores	0.36 ± 0.10

VI. ÁMBITO ALIMENTARIO EN EL CAMPO

6.1. Colecta de datos

Con el fin de conocer las preferencias alimentarias y el ámbito alimentario de ambas especies de langostas entre febrero de 2004 y febrero de 2005 se registraron todas las plantas que eran comidas por las langostas, ya sea por observación directa o por registro del daño foliar causado por las mismas. Las plantas hospederas se colectaron y montaron para su identificación y depósito en herbarios.

6.2. Resultados

En la Isla Socorro se registraron 86 géneros con 96 especies vegetales contenidas en 42 familias de plantas vasculares (Tabla 6.1). Los individuos adultos de *S. piceifrons piceifrons* se alimentaron de 59 especies de plantas (i.e., 61%) agrupadas en 38 familias (Tabla 6.2), las familias apetecibles con mayor número de especies fueron Leguminosae (nueve especies), Rubiaceae (cuatro especies) y Solanaceae (tres especies), aunque las más consumidas como alimento fueron las familias Asteraceae y Myrtaceae. En el laboratorio esta especie evadió alimentarse de *Cedrela odorata*. Los individuos adultos de *S. americana socorro* se alimentaron de 16 especies de plantas (i.e., 17%) agrupadas en 14 familias (Tabla 6.3), incluyendo dos especies de la familia Myrtaceae.

No se observó actividad de alimentación en *S. nitens*.

Puede notarse que en las pruebas de apetecibilidad de las dos especies de langosta, ambas comparten el gusto por plantas de la familia Leguminosae, Moraceae, Myrtaceae y Labiatae. Ambas especies vegetales rechazan alimentarse de plantas la familia Sapotaceae. De *Schistocerca americana socorro* además de alimentarse de las especies antes mencionadas también tiene gusto por la familia Sabiaceae, Sapindaceae y Solanaceae.

Tabla 6.1. Familias y especies de plantas vasculares pertenecientes a los sitios de estudio dentro de la Isla Socorro, México.

Familia	Especie
Acanthaceae	<i>Elytraria imbricata</i> (Vahl) Pers.
Amaranthaceae	<i>Amaranthus palmeri</i> S. Watson
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i> L.
Aquifoliaceae	<i>Ilex socorrensis</i> T. S. Brandegee
Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne. & Planchon
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia socorrensis</i> Pfeifer
Asclepiadaceae	<i>Metastelma californicum</i> Benth.
Asteraceae	<i>Gnaphalium</i> sp.
Asteraceae	<i>Eupatorium pacificum</i> Robinson ex I. M. Johnston
Asteraceae	<i>Bidens socorrensis</i> Moran & Levin
Boraginaceae	<i>Cordia curassavica</i> (Jacq.) Roem. & Schult.
Boraginaceae	<i>Heliotropium curassavicum</i> L.
Burseraceae	<i>Bursera epinnata</i> (Rose) Engl.
Cactaceae	<i>Opuntia</i> sp.
Capparidaceae	<i>Cleome viscosa</i> L.
Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i> L.
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.
Convolvulaceae	<i>Ipomoea triloba</i> L.
Convolvulaceae	<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) Swett <i>brasiliensis</i> (L.) Ooststr.
Cyperaceae	<i>Bulbostylis nesciota</i> (I.M. Johnston) Fernald.
Cyperaceae	<i>Cyperus ligularis</i> L.
Cyperaceae	<i>Bulbostylis tunckii</i> (Steudel) C. B. Clarke
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.
Euphorbiaceae	<i>Acalypha umbrosa</i> T. S. Brandegee
Euphorbiaceae	<i>Croton masonii</i> I. M. Johnston
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce</i> sp.
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce incerta</i> (T. S. Brandegee) Millsp.
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce thymifolia</i> (L.) Millsp.
Guttiferae	<i>Hypericum eastwoodianum</i> I.M. Johnst.
Labiatae	<i>Lepechinia hastata</i> (A. Gray) Epling <i>socorrensis</i> Moran
Labiatae	<i>Salvia</i> sp.
Labiatae	<i>Hyptis pectinata</i> (L.) Poit
Labiatae	<i>Ocimum micranthum</i> Willd
Leguminosae	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.
Leguminosae	<i>Crotalaria incana</i> L.
Leguminosae	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) Irwin & Barneby
Leguminosae	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.
Leguminosae	<i>Neptunia plena</i> (L.) Benth.
Leguminosae	<i>Caesalpinia bonduc</i> (L.) Roxb.
Leguminosae	<i>Tamarindus indicus</i> L.
Leguminosae	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.
Leguminosae	<i>Desmodium procumbens</i> (Mill.) Hitchc.
Leguminosae	<i>Macroptilium atropurpureum</i> (Sessé & Moc. Ex DC.) Urb
Loranthaceae	<i>Phoradendron commutatum</i> Trel.
Malvaceae	<i>Abutilon californicum</i> Benth.
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.
Malvaceae	<i>Hibiscus permanbucensis</i> Arruda

Tabla 6.1. (Continúa).

Familia	Especie
Malvaceae	<i>Sida nesogena</i> I. M. Johnston
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.
Meliaceae	<i>Melia azederach</i> L.
Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i> L.
Myrsinaceae	<i>Ardisia schippi</i> Standl.
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.
Myrtaceae	<i>Psidium</i> sp.
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia coccinea</i> Miller
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia erecta</i> L.
Orchidaceae	<i>Pleurothallis unguicallosa</i> Ames & C. Schweinf.
Orchidaceae	<i>Cattleya aurantiaca</i> (Bateman ex Lindl.) P.N. Don
Orchidaceae	<i>Habenaria</i> sp.
Papaveraceae	<i>Argemone ochroleuca</i> Sweet <i>ochroleuca</i>
Piperaceae	<i>Peperomia tetraphylla</i> (G. Foster) Hook. & Arn.
Piperaceae	<i>Peperomia socorrensensis</i> Trel.
Poaceae	<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) C.E. Hubb.
Poaceae	No identificada
Portulaccaceae	<i>Portulacca</i> sp.
Polypodiaceae	<i>Polypodium</i> sp.
Polypodiaceae	<i>Polypodium alfredii</i> Rosentock
Polypodiaceae	<i>Polystichum muricatum</i> (L.) Fée
Polypodiaceae	<i>Pteridium caudatum</i> (L.) Maxon
Polypodiaceae	<i>Cheilanthes peninsularis</i> Maxon <i>insularis</i> Weath
Polypodiaceae	<i>Polypodium polypodioides</i> (L.) Watt <i>aciculare</i> Weath
Rosaceae	<i>Prunus serotina</i> Ehrh. <i>serotina</i>
Rosaceae	<i>Rubus</i> sp.
Rubiaceae	<i>Chiococca alba</i> (L.) Hitchc
Rubiaceae	<i>Hamelia</i> sp.
Rubiaceae	<i>Spermacoce nesiotica</i> T. S. Brandegee
Rubiaceae	<i>Galium mexicanum</i> Kunth in Humb. & Bonpl.
Rutaceae	<i>Citrus aurantium</i> L.
Rutaceae	<i>Citrus nobilis</i> Lour. <i>delicosa</i> (Ten.)
Rutaceae	<i>Zanthoxylum insulare</i> Rose
Sabiaceae	<i>Meliosma nesites</i> I. M. Johnston
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.
Sapindaceae	<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.
Sapotaceae	<i>Bumelia socorrensensis</i> T. S. Brandegee
Solanaceae	<i>Datura</i> sp.
Solanaceae	<i>Solanum madrense</i> Fern.
Solanaceae	<i>Nicotiana stocktonii</i> T. S. Brandegee
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.
Sterculiaceae	<i>Waltheria indica</i> L.
Sterculiaceae	<i>Melochia pyramidata</i> L.
Sterculiaceae	<i>Waltheria</i> sp.
Tiliaceae	<i>Triunfeta socorrensensis</i> T. S. Brandegee
Tiliaceae	<i>Corchorus aestuans</i> L.
Verbenaceae	<i>Verbena sphaerocarpa</i> Perry
Verbenaceae	<i>Lantana velutina</i> M. Martens & Galeotti
Zygophyllaceae	<i>Kallstroemia peninsularis</i> D. M. Porter

Tabla 6.2. Familias y especies de plantas vasculares de las que se alimenta *Schistocerca piceifrons piceifrons* en la Isla Socorro, México. Se señala con la palabra Sí a aquellas especies que fueron aceptadas como alimento en laboratorio (ACEP), también se indica qué sexo aceptó el alimento y si estas eran solitarias (S) o gregarias (G).

Familia	Especie	ACEP	Sexo	S/G
Acanthaceae	<i>Elytraria imbricata</i> (Vahl) Pers.			
Amaranthaceae	<i>Amaranthus palmeri</i> S. Watson			
Aquifoliaceae	<i>Ilex socorrensensis</i> T. S. Brandegee	Sí	ambos	S y G
Araliaceae	<i>Oreopanax xalapense</i> (Kunth) Decne. & Planchon	Sí	ambos	S y G
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia socorrensensis</i> Pfeifer			
Asclepiadaceae	<i>Metastelma californicum</i> Benth.			
Asteraceae	<i>Eupatorium pacificum</i> Robinson ex I. M. Johnston	Sí	ambos	S y G
Boraginaceae	<i>Cordia curassavica</i> (Jacq.) Roem. & Schult.			
Burseraceae	<i>Bursera eppinata</i> (Rose) Engl.			
Cactaceae	<i>Opuntia</i> sp.			
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.			
Cyperaceae	<i>Cyperus ligularis</i> L.	Sí	ambos	S y G
Euphorbiaceae	<i>Acalypha umbrosa</i> T. S. Brandegee			
Euphorbiaceae	<i>Croton masonii</i> I. M. Johnston			
Guttiferae	<i>Hypericum eastwoodianum</i> I. M. Johnston			
Labiatae	<i>Hyptis pectinata</i> (L.) Poit			
Labiatae	<i>Salvia pseudomisella</i> Moran & Levin	Sí	hembras	S y G
Leguminosae	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	Sí	ambos	G
Leguminosae	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.			
Leguminosae	<i>Tamarindus indicus</i> L.			
Leguminosae	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.			
Leguminosae	<i>Neptunia plena</i> (L.) Benth.			
Leguminosae	<i>Crotalaria incana</i> L.			
Leguminosae	<i>Desmodium procumbens</i> (Miller) A. Hitchc.			
Leguminosae	<i>Caesalpinia bonduc</i> (L.) Roxb.			
Leguminosae	<i>Macroptilium atropurpureum</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Urb.			
Loranthaceae	<i>Phoradendron commutatum</i> Trel.			
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.			
Malvaceae	<i>Sida nesogena</i> I. M. Johnston			
Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i> Kunth	Sí	ambos	S y G
Myrtaceae	<i>Psidium</i> sp.	Sí	ambos	S y G
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Sí	ambos	S y G
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia coccinea</i> Mill.			
Orchidaceae	<i>Pleurothallis unguicallosa</i> Ames & C. Schweinf.			
Orchidaceae	<i>Catleya aurantiaca</i> (Bateman) P. N. Don			
Papaveraceae	<i>Argemone ochroleuca</i> Sweet. <i>Ochroleuca</i>			
Piperaceae	<i>Peperomia tetraphylla</i> (G. Foster) Hook. & Arn.			
Poaceae	No identificada			
Poaceae	<i>Rynchelyctrum repens</i> (Willd.) Hubb.			
Polypodiaceae	<i>Pteridium caudatum</i> (L.) Maxon	Sí	machos	G ^a
Rosaceae	<i>Rubus</i> sp.			

Tabla 6.2. (Continúa).

Familia	Especie	ACEP	sexo	S/G
Rosaceae	<i>Prunus serotina</i> Ehrh. subsp. <i>serotina</i>	SÍ	ambos	S y G
Rubiaceae	<i>Spermacoce nesiotica</i> T. S. Brandegee			
Rubiaceae	<i>Hamelia</i> sp.			
Rubiaceae	<i>Chiococca alba</i> (L.) A. Hitchc.	SÍ	ambos	S y G
Rutaceae	<i>Zanthoxylum insulare</i> Rose			
Rutaceae	<i>Citrus aurantium</i> L.	SÍ	ambos	S y G
Sabiaceae	<i>Meliosma nesites</i> I. M. Johnston	SÍ	machos	S y G
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.			
Sapotaceae	<i>Bumelia socorrensensis</i> T.S. Brandegee	SI	ambos	S y G
Solanaceae	<i>Solanum madreense</i> Fern.			
Solanaceae	<i>Nicotiana stocktonii</i> Brandegee			
Solanaceae	<i>Datura</i> sp.			
Sterculiaceae	<i>Waltheria indica</i> L.	SÍ	machos	S y G
Tiliaceae	<i>Triunfeta socorrensensis</i> T. S. Brandegee	SÍ	ambos	S y G
Verbenaceae	<i>Verbena sphaerocarpa</i> Perry			
Zygophyllaceae	<i>Kallstroemia peninsularis</i> D. M. Porter			
Scrophulariaceae	<i>Castilleja socorrensensis</i> Moran			

^aLa comió muy poco.

Tabla 6.3. Familias y especies de plantas vasculares que fueron ofrecidas a *Schistocerca americana socorro* de Isla Socorro como alimento. Se señala con la palabra SÍ a aquellas especies que fueron aceptadas como alimento en laboratorio (ACEP), también se indica el sexo de los adultos y el estadio de desarrollo de las ninfas.

Familia	Especie	ACEP	Sexo o estadio
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i> L.	SÍ	Hembras y ninfas 3
Aquifoliaceae	<i>Ilex socorrensensis</i> T. S. Brandegee	SÍ	Hembras
Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne. & Planchon	SÍ	Hembras
Euphorbiaceae	<i>Croton masonii</i> I. M. Johnston	SÍ	Hembras y ninfas 2
Labiatae	<i>Lepechinia hastata</i> (A. Gray) Epling	SÍ	Ambos
Leguminosae	<i>Pitecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	SÍ	Ambos
Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i> L.	SÍ	Ambos
Myrtaceae	<i>Psidium</i> sp.	SÍ	Ambos
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	SÍ	Ambos
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia coccinea</i> Mill	SÍ	Ambos
Sabiaceae	<i>Meliosma nesites</i> I. M. Johnston	SÍ	Ambos
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.	SÍ	Ambos
Sapotaceae	<i>Bumelia socorrensensis</i> T.S. Brandegee	SÍ	Ambos
Solanaceae	<i>Nicotiana stocktonii</i> Brandegee	SÍ	Machos
Verbenaceae	<i>Verbena sphaerocarpa</i> Perry	SÍ	Ambos y ninfas 1 y 3

VII. PREFERENCIAS ALIMENTARIAS EN EL LABORATORIO

7.1. Método

Para determinar las preferencias alimentarias de distintas poblaciones de *S. piceifrons piceifrons* en el laboratorio, se colectaron langostas adultas de ambos sexos tanto solitarias como gregarias en el campo. Las langostas se colectaron en cuatro tipos de vegetación: helechal, pastizal, pradera de *Senna* y pradera mixta. En el caso de la especie endémica, los ejemplares (ninfas y adultos) fueron colectados entre octubre de 2004 y febrero de 2005.

Para evaluar las preferencias alimentarias de la especie endémica en condiciones de laboratorio se usaron tres ninfas de primer estadio, tres de segundo, cinco de tercero, cinco machos y cinco hembras. No fue posible evaluar las preferencias a las ninfas de cuarto a sexto estadio, por haber sido muy escasas en el campo en las fechas de cada salida a la Isla.

Las langostas fueron puestas en ayuno durante 12 h. Los ensayos de laboratorio se llevaron a cabo en cajas de plástico transparente de 36 cm de largo por 20 cm de ancho y 13 cm de altura, usando 10 a 12 especies vegetales abundantes o apetecibles para las langostas (Tabla 7.1). De cada especie vegetal se colectaron en el campo hojas de edad intermedia (reconocidas según su posición en el talluelo), y se hicieron muestras circulares de cada hoja de un 1 cm de diámetro. En lo posible, se tuvo cuidado de que cada corte no tocara la vena media de la hoja. Las muestras circulares fueron colocadas de forma circular y equidistante dentro de las cajas, cuidando que la disposición de las hojas y la iluminación dentro de las cajas siempre sea la misma. Los ensayos se llevaron a cabo en febrero y abril de 2004, así como, enero de 2005, ya que en el resto de los meses la sequía hizo imposible tener disponibilidad de hojas frescas de tantas especies vegetales. Se tuvieron seis repeticiones por ensayo.

Las langostas se dejaron dentro de las cajas por un periodo de entre 1 y 2 h hasta que se observaba que al menos una de las 12 especies vegetales presente el 50% de su superficie consumida en cada una de las seis cajas. Con la finalidad de detectar si hubo un efecto de la especie vegetal, del sexo y de la procedencia de las langostas sobre el área foliar consumida (como medida de las preferencias

alimentarias), se aplicaron ANOVAS multifactoriales a los datos de daño foliar transformados como $x' = \arcsen \sqrt{x}$ (Zar, 1999). Asimismo, se aplicó una prueba *post hoc* para comparar las diferencias entre celdas.

Tabla 7.1. Especies vegetales utilizadas para preferencias alimentarias en el laboratorio.

Clave	Especie
1	<i>Psidium guajava</i> L.
2	<i>Dodonea viscosa</i> (L.) Jacq.
3	<i>Nicotiana stocktonii</i> Brandegee
4	<i>Cordia curassavica</i> (Jacq.) Roem. & Schult.
5	<i>Boerhavia coccinea</i> Mill.
6	<i>Ficus cotinfolia</i> Kunth
7	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.
8	<i>Ilex socorrensis</i> T. S. Brandegee
9	<i>Psidium</i> sp.
10	<i>Meliosma nesites</i> I. M. Johnston
11	<i>Bumelia socorrensis</i> T. S. Brandegee
12	<i>Citrus nobilis</i> Lour. <i>delicosa</i> (Ten.)

7.2. Resultados

7.2.1. Preferencias alimentarias de las langostas centroamericanas solitarias. Se encontró que los niveles de consumo foliar de *S. piceifrons piceifrons* adultos solitarios fueron afectados significativamente por el sexo, por la especie vegetal y por el ambiente del que provenían las langostas, pero no por las interacciones entre estos factores (Tabla 7.2). Las hembras mostraron significativamente mayores niveles de consumo foliar ($8.5 \pm e.e. 21.1\%$) que los machos ($5.6 \pm 0.9\%$). Por otra parte, los niveles de consumo variaron entre ambientes, registrándose el siguiente patrón: pradera mixta > pradera de *Senna* > helechal > pastizal (Tabla 7.3).

En las hembras se encontró un efecto significativo de las especies vegetales sobre los niveles de consumo ($F_{11,420} = 2.07$, $P < 0.05$), pues éstas tendieron a rechazar *Dodonaea viscosa* y *Psidium* sp. y a preferir *Boerhavia coccinea* seguido por especies como *Citrus nobilis*, *Ficus cotinfolia* y *Meliosma nesites*, entre otras (Tabla 7.4). Asimismo, se encontró un efecto significativo de la especie vegetal sobre el área foliar

consumida por los machos ($F_{11,420} = 1.87$, $P < 0.05$), quienes prefirieron alimentarse de *Bumelia socorrensis*, seguida de *Nicotiana stocktonii*, *Ficus cotinifolia* y *Citrus nobilis*, entre otras, y rechazando alimentarse del follaje de *Dodonaea viscosa*, *Psidium* sp. e *Ilex socorrensis* (Tabla 7.4).

Tabla 7.2. Análisis de varianza para determinar el efecto del sexo, especie vegetal, ambiente y la interacción de éstos sobre el porcentaje de daño foliar realizado por individuos solitarios adultos de *Schistocerca piceifrons piceifrons* a doce especies vegetales (Tabla 7.1) de la Isla Socorro, México.

Variable	SC	g.l	CM	F	P
Sexo (S)	1329.73	1	1329.73	3.82	< 0.05
Especie (E)	972.08	11	88.37	2.79	< 0.001
Ambiente (A)	922.23	5	184.45	2.65	< 0.05
S x E	405.23	11	36.84	1.16	> 0.05
S x A	299.57	5	59.91	0.86	> 0.05
E x A	319.27	55	5.80	0.92	> 0.05
S x E x A	371.01	55	6.75	1.07	> 0.05

Tabla 7.3. Área foliar consumida (% \pm e.e.) por individuos solitarios adultos de *Schistocerca piceifrons piceifrons* provenientes de distintos ambientes. Las letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (Prueba de Tukey).

Ambiente	% \pm e.e.
Pradera mixta	10.68 \pm 2.24a
Pradera de <i>Senna</i>	9.60 \pm 2.25ab
Helechal	8.12 \pm 1.73ab
Pastizal	4.76 \pm 1.49b

7.2.2. Preferencias alimentarias de las langostas centroamericanas gregarias. En el caso de las langostas gregarias no se encontraron efectos significativos de la especie ni de la interacción sexo \times especie pero sí del sexo sobre el porcentaje de área foliar consumida (Tabla 7.5), lo cual significa que estos organismos son poco selectivos. Las hembras consumieron $6.3 \pm 1.6\%$ del área foliar, mientras que los machos sólo removieron el $2.6 \pm 1.0\%$ al mismo tiempo. Los niveles de consumo variaron de 0 a 16.7% (Tabla 7.6).

En las ninfas del primero y tercer estadio, así como en los adultos machos y hembras tempranos de *S. piceifrons piceifrons* se encontró un efecto significativo de la dieta sobre los niveles de daño foliar (primer estadio: $F_{7,72}=14.02$, $P < 0.0001$, Tabla 7.7; tercer estadio: $F_{11,60}=2.25$, $P=0.023$, Tabla 7.9; hembras adultas tempranas: $F_{11,60}=2.35$, $P=0.017$, Tabla 7.10; machos adultos tempranos: $F_{11,60}=8.25$, $P < 0.0001$, Tabla 7.13).

Tabla 7.4. Variación de los niveles de consumo foliar (% \pm e.e.) en ejemplares solitarios adultos de *Schistocerca piceifrons piceifrons* cuando se les da a elegir doce especies vegetales distintas simultáneamente en un diseño de cafetería. Las letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (Prueba de Tukey). La clave de especies vegetales está en la Tabla 7.1. Los datos están ordenados en orden decreciente de preferencia.

Clave	Hembras		Clave	Machos	
	promedio \pm e.e.			promedio \pm e.e.	
5	22.28 \pm 5.88	a	11	14.64 \pm 5.76	a
12	12.09 \pm 4.44	a	3	8.96 \pm 4.12	ab
6	10.96 \pm 5.24	a	6	8.05 \pm 2.77	ab
10	10.48 \pm 3.60	a	12	7.87 \pm 3.73	ab
3	8.15 \pm 4.44	a	4	6.74 \pm 3.79	ab
4	8.07 \pm 4.22	ab	10	5.66 \pm 3.87	ab
11	7.92 \pm 3.74	ab	5	5.29 \pm 1.97	ab
8	7.50 \pm 3.32	ab	1	4.45 \pm 2.66	b
1	6.54 \pm 3.85	ab	7	4.26 \pm 1.86	b
7	5.67 \pm 2.71	ab	8	0.69 \pm 0.67	b
9	1.38 \pm 1.10	b	9	0.69 \pm 0.69	b
2	1.26 \pm 3.33	b	2	0.37 \pm 0.37	b

Tabla 7.5. Efecto del sexo, la especie, y la interacción (S x E) sobre el daño foliar producido por organismos adultos gregarios de *Schistocerca piceifrons piceifrons* sobre distintas especies vegetales de la Isla Socorro.

Variable	SC	g.l	CM	F	P
Sexo (S)	347.95	1	347.95	1.98	< 0.05
Especie (E)	165.29	11	15.03	0.95	> 0.05
S x E	138.91	11	12.63	0.80	> 0.05

Tabla 7.6. Variación de los niveles de consumo foliar (% \pm e.e.) en adultos gregarios de *Schistocerca piceifrons piceifrons* cuando se les da a elegir doce especies vegetales distintas simultáneamente en un diseño de cafetería. Clave de especies vegetales en la Tabla 7.1. Los datos están ordenados por la clave de cada especie.

Hembras		Machos	
Clave	% \pm e.e.	Clave	% \pm e.e.
1	0 \pm 0	1	0 \pm 0
2	0 \pm 0	2	0 \pm 0
3	0 \pm 0	3	0 \pm 0
4	0.75 \pm 0.75	4	0 \pm 0
5	0.95 \pm 0.95	5	5.26 \pm 4.30
6	5.97 \pm 3.53	6	1.86 \pm 1.23
7	14.55 \pm 9.67	7	1.61 \pm 1.03
8	13.85 \pm 8.76	8	0 \pm 0
9	0.70 \pm 0.70	9	0 \pm 0
10	16.66 \pm 14.46	10	0 \pm 0
11	5.39 \pm 5.39	11	8.33 \pm 6.13
12	3.85 \pm 3.85	12	0 \pm 0

Las ninfas del primer estadio prefirieron alimentarse de una especie de pasto no identificado (Tabla 7.7); las de tercer estadio y las hembras adultas tempranas prefirieron alimentarse de *Cordia curassavica* (Tablas 7.9 y 7.12) y los machos adultos tempranos de *Pitecellobium dulce*, *Cordia curassavica*, *Euphorbia heterophylla*, *Annona squamosa* y *Boerhavia coccinea* (Tabla 7.13).

En las ninfas de segundo, cuarto y quinto estadios, por su parte, no hubo un efecto significativo de la dieta sobre los niveles de daño foliar (segundo estadio: $F_{7,72}=0.65$, $P = 0.71$, Tabla 7.8; cuarto estadio: $F_{11,60}=1.25$, $P = 0.27$, Tabla 7.11; quinto estadio: $F_{11,60}=1.11$, $P = 0.36$, Tabla 7.12).

Tabla 7.7. Porcentaje de daño foliar (\pm e.e.) realizado por individuos del primer estadio de *Schistocerca piceifrons piceifrons* a ocho especies vegetales pertenecientes a la Isla Socorro, México. Las letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (prueba de Duncan). Los datos están ordenados en forma creciente.

Familia	Especie	Promedio	e.e	
Leguminosae	<i>Senna obtusifolia</i>	0.00	0.000	a
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia socorrensis</i>	0.00	0.000	a
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia coccinea</i>	0.00	0.000	a
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	0.10	0.001	a
Boraginaceae	<i>Cordia curassavica</i>	0.35	0.002	a
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia socorrensis</i>	0.59	0.004	a
Euphorbiaceae	<i>Croton masonii</i>	1.41	0.014	a
Poaceae	No identificada	6.69	0.014	b

Tabla 7.8. Porcentaje de daño foliar (\pm e.e.) realizado por individuos del estadio dos de *Schistocerca piceifrons piceifrons* a ocho especies vegetales pertenecientes a la Isla Socorro, México. Las letras diferentes denotan diferencias significativas con una $P < 0.05$ (Andeva de una vía). Los datos están ordenados en forma creciente.

Familia	Especie	Promedio	e.e	
Poaceae	No identificada	0.00	0.000	a
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia socorrensis</i>	0.27	0.001	a
Euphorbiaceae	<i>Croton masonii</i>	0.65	0.005	a
Myrtaceae	<i>Psidium</i> sp.	0.74	0.005	a
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	1.25	0.010	a
Boraginaceae	<i>Cordia curassavica</i>	1.37	0.086	a
Leguminosae	<i>Senna obtusifolia</i>	1.53	0.010	a
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia coccinea</i>	1.64	0.009	a

Tabla 7.9. Porcentaje de daño foliar (\pm e.e.) realizado por individuos del estadio tres de *Schistocerca piceifrons piceifrons* a doce especies vegetales pertenecientes a la Isla Socorro, México. Las letras diferentes denotan diferencias significativas con una $P < 0.05$ (prueba de Duncan). Los datos están ordenados en forma creciente.

Familia	Especie	Promedio	e.e.	
Aristolochiaceae.	<i>Aristolochia socorrensis</i>	0.00	0.000	a
Meliaceae	<i>Melia azederach</i>	0.00	0.000	a
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i>	0.00	0.000	a
Meliaceae	<i>Cederla odorata</i>	0.00	0.000	a
Leguminosae	<i>Senna obtusifolia</i>	0.00	0.000	a
Tiliaceae	<i>Triunfeta socorrensis</i>	1.92	0.019	ab
Leguminosae	<i>Pithecellobium dulce</i>	2.10	0.021	ab
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia coccinea</i>	5.57	0.056	ab
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i>	12.23	0.083	ab
Euphorbiaceae	<i>Croton masonii</i>	16.67	0.167	ab
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.	16.67	0.167	ab
Boraginaceae	<i>Cordia curassavica</i>	43.32	0.138	b

Tabla 7.10. Porcentaje de daño foliar (\pm e.e.) realizado por individuos del estadio cuatro de *Schistocerca piceifrons piceifrons* a doce especies vegetales pertenecientes a la Isla Socorro, México. Las letras diferentes denotan diferencias significativas con una $P < 0.05$ (Andeva de una vía). Los datos están ordenados en forma creciente.

Familia	Especie	Promedio	e.e.	
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i>	0.00	0.000	a
Meliaceae	<i>Cederla odorata</i>	0.00	0.000	a
Meliaceae	<i>Melia azederach</i>	13.70	0.137	a
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia coccinea</i>	15.58	0.156	a
Leguminosae	<i>Senna obtusifolia</i>	16.65	0.165	a
Boraginaceae	<i>Cordia curassavica</i>	30.28	0.189	a
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia socorrensis</i>	30.72	0.194	a
Tiliaceae	<i>Triunfeta socorrensis</i>	31.37	0.198	a
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.	32.72	0.207	a
Euphorbiaceae	<i>Croton masonii</i>	32.75	0.207	a
Leguminosae	<i>Pithecellobium dulce</i>	49.63	0.205	a
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i>	55.47	0.163	a

Tabla 7.11. Porcentaje de daño foliar (\pm e.e.) realizado por individuos del estadio cinco de *Schistocerca piceifrons piceifrons* a doce especies vegetales pertenecientes a la Isla Socorro, México. Las letras diferentes denotan diferencias significativas con una $P < 0.05$ (Andeva de una vía). Los datos están ordenados en forma creciente.

Familia	Especie	Promedio	e.e.	
Meliaceae	<i>Melia azederach</i>	0.00	0.000	a
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i>	0.00	0.000	a
Meliaceae	<i>Cederla odorata</i>	0.00	0.000	a
Leguminosae	<i>Senna obtusifolia</i>	14.85	0.149	a
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia socorrensis</i>	16.00	0.160	a
Euphorbiaceae	<i>Croton masonii</i>	16.20	0.162	a
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.	16.67	0.167	a
Tiliaceae	<i>Triunfeta socorrensis</i>	16.67	0.167	a
Boraginaceae	<i>Cordia curassavica</i>	32.23	0.196	a
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i>	33.33	0.211	a
Leguminosae	<i>Pithecellobium dulce</i>	40.73	0.200	a
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia coccinea</i>	48.42	0.217	a

Tabla 7.12. Porcentaje de daño foliar (\pm e.e.) realizado por individuos de las hembras adultas no reproductivas de *Schistocerca piceifrons piceifrons* a doce especies vegetales pertenecientes a la Isla Socorro, México. Las letras diferentes denotan diferencias significativas con una $P < 0.05$ (prueba de Duncan). Los datos están ordenados en forma creciente.

Familia	Especie	Promedio	e.e.	
Meliaceae	<i>Melia azederach</i>	0.00	0.000	a
Meliaceae	<i>Cederla odorata</i>	0.00	0.000	a
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia socorrensis</i>	0.00	0.000	a
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.	0.00	0.000	a
Tiliaceae	<i>Triunfeta socorrensis</i>	10.68	4.094	ab
Euphorbiaceae	<i>Croton masonii</i>	16.67	3.954	ab
Leguminosae	<i>Senna obtusifolia</i>	17.43	3.956	ab
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i>	21.32	4.013	abc
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia coccinea</i>	33.33	3.877	abc
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i>	46.77	3.877	abc
Boraginaceae	<i>Cordia curassavica</i>	49.30	3.861	bc
Leguminosae.	<i>Pithecellobium dulce</i>	66.67	3.877	c

Tabla 7.13 Porcentaje de daño foliar (\pm e.e.) realizado por individuos de los machos adultos no reproductivos de *Schistocerca picifrons piceifrons* a 12 especies vegetales pertenecientes a la Isla Socorro, México. Letras diferentes denotan diferencias significativas con una $P < 0.05$ (prueba de Duncan). Los datos están ordenados en forma creciente.

Familia	Especie	Promedio	e.e.
Meliaceae	<i>Melia azederach</i>	0.00	0.000 a
Meliaceae	<i>Cederla odorata</i>	0.00	0.000 a
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia socorrensis</i>	0.00	0.000 a
Euphorbiaceae	<i>Croton masonii</i>	0.00	0.000 a
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.	0.48	4.234 a
Leguminosae	<i>Senna obtusifolia</i>	17.65	3.957 ab
Tiliaceae	<i>Triunfeta socorrensis</i>	17.83	4.042 ab
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia coccinea</i>	44.38	3.912 bcd
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i>	56.25	3.890 cd
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i>	66.67	3.877 de
Boraginaceae	<i>Cordia curassavica</i>	77.48	3.956 de
Leguminosae.	<i>Pithecellobium dulce</i>	99.83	4.240 e

7.2.3. Las langostas de Socorro. Por otra parte, se encontró un efecto significativo de la especie vegetal sobre los niveles de consumo foliar ($F_{11,24} = 2.94$, $P < 0.05$) de ninfas del primer estadio de *S. americana socorro* al ofrecerle doce especies de plantas simultáneamente (Tabla 7.14): Las ninfas prefirieron alimentarse de hojas de *Dodonaea viscosa*. Sin embargo, no se encontró un efecto significativo de la especie de planta sobre los niveles de consumo de las ninfas del segundo ($F_{11,12} = 1.35$, $P > 0.05$; Tabla 7.15) y tercer estadios ($F_{11,36} = 1.18$, $P > 0.05$; Tabla 7.16), así como en las hembras de esta especie de langosta ($F_{11,48} = 0.67$, $P > 0.05$; Tabla 7.17) lo que indica que no tienen preferencias alimentarias marcadas; sin embargo, siempre *D. viscosa* presentó los mayores niveles de remoción foliar.

Por otra parte, también se encontró un efecto significativo de la especie de planta sobre los niveles de consumo foliar de los machos de *S. americana socorro* sobre los

niveles de daño foliar ($F_{11,48} = 3.86$, $P < 0.05$; Tabla 7.18). Estos machos prefirieron alimentarse de *Verbena sphaerocarpa*.

Tabla 7.14. Porcentaje de daño foliar (\pm e.e.) realizado por ninfas de primer estadio de *Schistocerca americana socorro* ($N= 3$) a doce especies vegetales pertenecientes a la Isla Socorro, México. Las letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (prueba de Duncan). Los datos están ordenados en forma creciente.

Familia	Especie	Promedio	\pm e.e.	Duncan
Sabiaceae	<i>Meliosma nesites</i>	0.00	0.000	b
Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i>	0.00	0.000	b
Labiatae	<i>Salvia</i> sp.	0.00	0.000	b
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	0.00	0.000	b
Aquifoliaceae	<i>Ilex socorrensis</i>	0.00	0.000	b
Sapotaceae	<i>Bumelia socorrensis</i>	0.00	0.000	b
Leguminosae	<i>Pithecellobium dulce</i>	0.00	0.000	b
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i>	0.00	0.000	b
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia coccinea</i>	0.00	0.000	b
Euphorbiaceae	<i>Croton masonii</i>	0.00	0.000	b
Verbenaceae	<i>Verbena sphaerocarpa</i>	1.83	0.018	b
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	8.60	0.043	a

Tabla 7.15. Porcentaje de daño foliar (\pm e.e.) realizado por ninfas de segundo estadio de *Schistocerca americana socorro* ($N= 3$) a doce especies vegetales pertenecientes a la Isla Socorro, México. Las letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (prueba de Duncan) para detectar diferencias significativas entre pares de especies. Los datos están ordenados en forma creciente.

Familia	Especie	Promedio	\pm e.e.	Andeva
Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i>	0.00	0.000	a
Labiatae.	<i>Salvia</i> sp.	0.00	0.000	a
Verbenaceae	<i>Verbena sphaerocarpa</i>	0.00	0.000	a
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	0.00	0.000	a
Aquifoliaceae	<i>Ilex socorrensis</i>	0.00	0.000	a
Sapotaceae	<i>Bumelia socorrensis</i>	0.00	0.000	a
Leguminosae	<i>Pithecellobium dulce</i>	0.00	0.000	a
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i>	0.00	0.000	a
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia coccinea</i>	0.00	0.000	a
Sabiaceae	<i>Meliosma nesites</i>	0.95	0.009	a
Euphorbiaceae	<i>Croton masonii</i>	2.00	0.007	a
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	5.05	0.051	a

Tabla 7.16. Porcentaje de daño foliar (\pm e.e.) realizado por ninfas de tercer estadio de *Schistocerca americana socorro* ($N= 5$) a doce especies vegetales pertenecientes a la isla Socorro, México. Las letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (Andeva de dos vías). Los datos están ordenados en forma creciente.

Familia	Especie	Promedio	\pm e.e.	Andeva
Sabiaceae	<i>Meliosma nesites</i>	0.00	0.000	a
Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i>	0.00	0.000	a
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	0.00	0.000	a
Aquifoliaceae	<i>Ilex socorrens</i>	0.00	0.000	a
Sapotaceae	<i>Bumelia socorrens</i>	0.00	0.000	a
Leguminosae	<i>Pithecellobium dulce</i>	0.00	0.000	a
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia coccinea</i>	0.00	0.000	a
Euphorbiaceae	<i>Croton masonii</i>	0.00	0.000	a
Verbenaceae	<i>Verbena sphaerocarpa</i>	0.85	0.009	a
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i>	2.62	0.026	a
Labiatae	<i>Salvia</i> sp.	18.52	0.185	a
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	18.98	0.157	a

Tabla 7.17. Porcentaje de daño foliar (\pm e.e.) realizado por las hembras de *Schistocerca americana socorro* ($N = 9$) a doce especies vegetales pertenecientes a la Isla Socorro, México. Las letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (prueba de Duncan). Los datos están ordenados en forma creciente.

Familia	Género o especie	Promedio	\pm e.e.	Andeva
Sabiaceae	<i>Meliosma nesites</i> I. M. Johnston	0.00	0.000	a
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i> L.	0.00	0.000	a
Sapotaceae	<i>Bumelia socorrens</i> T. S. Brandegee	16.12	0.161	a
Leguminosae	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth	19.58	0.196	a
Euphorbiaceae	<i>Croton masonii</i> I. M. Johnston	20.00	0.200	a
Aquifoliaceae	<i>Ilex socorrens</i> T. S. Brandegee	23.40	0.194	a
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia coccinea</i> Miller	33.60	0.212	a
Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne. & Planchon	40.00	0.245	a
Labiatae	<i>Salvia</i> sp.	40.00	0.245	a
Verbenaceae	<i>Verbena sphaerocarpa</i> Perry	40.00	0.245	a
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	40.12	0.199	a
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.	42.10	0.237	a

Tabla 7.18. Porcentaje de daño foliar (\pm e.e.) realizado por los machos de *Schistocerca americana socorro* ($N= 7$) a doce especies vegetales pertenecientes a la Isla Socorro, México. Las letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (prueba de Duncan). Los datos están ordenados en forma creciente.

Familia	Especie	Promedio	\pm e.e.	Duncan
Aquifoliaceae	<i>Ilex socorrensis</i>	0.00	0.000	b
Euphorbiaceae	<i>Croton masonii</i>	0.00	0.000	b
Sapotaceae	<i>Bumelia socorrensis</i>	0.54	0.005	b
Leguminosae	<i>Pithecellobium dulce</i>	0.72	0.007	b
Sabiaceae	<i>Meliosma nesites</i>	8.98	0.090	b
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i>	9.66	0.091	b
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	13.72	0.137	b
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	21.36	0.128	a b
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia coccinea</i>	24.50	0.194	a b
Labiatae	<i>Salvia</i> sp.	29.72	0.183	a b
Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i>	35.48	0.166	a b
Verbenaceae	<i>Verbena sphaerocarpa</i>	55.50	0.222	a

VIII. TASAS DE CONSUMO DE ALIMENTO

8.1. Métodos

Para conocer las tasas de consumo de alimento de las langostas centroamericanas se criaron hembras y machos adultos, tanto solitarios como gregarios entre febrero y mayo. Los insectos se mantuvieron en recipientes de plástico transparente de 10 cm de diámetro \times 7 cm de profundidad. Se les ofreció cada día 1 g de hoja de distintas especies de plantas, que fueron las preferidas por las langostas en los ensayos previos de preferencias alimentarias: *Cordia curassavica* (Boraginaceae), *Nicotiana stocktonii* (Solanaceae), *Ficus cotinifolia* (Moraceae) y *Psidium* sp. (Myrtaceae).

Con la misma finalidad anteriormente descrita, entre septiembre y noviembre de 2004 se criaron diferentes estadios ninfales y adultos juveniles no reproductivos. Las langostas de primer y segundo estadio se colocaron en grupos iniciales de ocho individuos por recipiente y se les ofreció cada día 0.5 g de hoja, por tener pesos y consumo mínimos. Por su parte, las langostas de cuarto y quinto estadio, así como los adultos juveniles se mantuvieron individualmente en recipientes de plástico transparente de 10 cm de diámetro \times 7 cm de profundidad y se les ofreció 1 g de hoja

de distintas especies de plantas, que fueron las preferidas por las langostas en los ensayos previos de preferencias alimentarias. Las especies de plantas utilizadas fueron: *Croton massonii* (Euphorbiaceae), *Boerhavia coccinea* (Nyctaginataeae), *Cordia curassavica* (Boraginaceae) y *Dodonaea viscosa* (Sapindaceae).

Por otra parte, se cultivaron langostas adultas de *Schistocerca americana socorro* en recipientes individuales y se les ofreció 1 g de *Dodonaea viscosa* por día.

Como “hojas control” se utilizaron cada tres días tres hojas de cada especie de planta, éstas fueron colocadas sin langostas bajo las mismas condiciones que las hojas experimentales (esto es, con una langosta). Se registró el peso fresco (*pf*) de las langostas, heces y restos de hojas pesándolos en una balanza analítica. Por otra parte, se registró el peso seco (*ps*) de las heces y de los restos de las hojas secando ambos en un horno hasta obtener un peso seco constante.

Para estimar el peso seco por día de las langostas, éstas se sacrificaron una vez terminado el ensayo y se secaron hasta obtener un peso seco constante. Se hizo un análisis de regresión para estimar el peso seco de las langostas a partir de su peso fresco.

Se determinaron en peso fresco y seco los siguientes parámetros de alimentación y crecimiento para las langostas centroamericanas y para *S. americana socorro*: ganancia en peso (*G*), masa media (*Bprom*), tasa relativa de crecimiento (*TrCr*), tasa relativa de consumo (*TrCo*) y cantidad de alimento ingerido (*C*), así como la eficiencia de conversión del alimento ingerido (*ECl*), la eficiencia de conversión del alimento digerido (*ECD*) y la digestibilidad aproximada (*DA*), aplicando las siguientes ecuaciones.

(a) Ganancia en peso (*G*; mg): $G = \text{peso final} - \text{peso inicial}$, durante el periodo de alimentación.

(b) Masa media (*Bprom*; mg): $Bprom = \sum_{t=1}^T p_t / T$, donde p_t = peso del individuo en el

tiempo t y T = número de veces que se pesó el individuo.

(c) Tasa relativa de crecimiento (*TrCr*; $\text{mg g}^{-1} \text{ día}^{-1}$): $TrCr = G / [(Bprom)(t) \times 1000]$, donde t = número de días transcurridos.

- (d) Tasa relativa de consumo ($TrCo$; $mg\ g^{-1}\ día^{-1}$): $TrCo = \sum_{t=1}^T \text{alimento ingerido} / [(Bprom)(t) \times 1000]$.
- (e) Alimento ingerido en peso fresco (Cpf ; mg): $Cpf = pfi - pfr$, donde pfi es el peso fresco inicial de las hojas y pfr es el peso fresco remanente de las hojas una vez consumidas parcialmente por las langostas, éste se obtuvo con la fórmula: $pfr = (pfi \times psr_e) / psr_c$, donde psr_e es el peso seco remanente de las hojas con que se alimentaron a las langostas y psr_c es el peso seco remanente de las “hojas control” al terminar el periodo de alimentación.
- (f) Alimento ingerido en peso seco (Cps ; mg): $Cps = ps$ promedio inicial de las hojas control – ps de hojas remanentes después de un periodo de alimentación.
- (g) Eficiencia de conversión del alimento ingerido (ECl ; %): $ECl = (Gps / Cps) \times 100$.
- (h) Eficiencia de conversión del alimento digerido (ECD ; %): $ECD = [Gps / (Cps - ps\ de\ heces)] \times 100$.
- (i) Digestibilidad aproximada (DA ; %): $DA = \frac{Cps - ps\ de\ heces}{Cps} \times 100$.

Se compararon estas variables para las langostas de distinto sexo y distinto “grupo” [variable que incluye tipo de langosta (solitaria o gregaria) y dieta] con ANdeVAs de dos vías, utilizando el programa StatSoft (2004) versión 6.0. Del mismo modo, se comparó para las langostas centroamericanas de distinto estadio alimentadas con la misma especie de planta y para las langostas del mismo estadio alimentadas con distintas especies de planta. Dado que el número de langostas endémicas fue insuficiente, no se pudieron comparar los índices de alimentación y crecimiento con los de la langosta centroamericana.

8.2. Resultados

8.3.1. Adultos tardíos de las langostas centroamericanas. Se encontró un efecto significativo del “grupo” (variable que combina el tipo de agregación y la dieta ofrecida a las langostas) sobre la ganancia (G) en peso fresco (pf) y peso seco (ps), la biomasa media de la langosta ($Bprom\ pf$ y $Bprom\ ps$), la tasa relativa de crecimiento en peso fresco ($TrCr\ pf$), la tasa relativa de consumo ($TrCo\ ps$), la ECl y la digestibilidad

aproximada (*DA*), pero no sobre la *TrCr ps*, la eficiencia de conversión de alimento ingerido (*ECl*) ni la eficiencia de conversión de alimento digerido (*ECD*) (Tabla 8.1). Solamente se encontró un efecto significativo del sexo de las langostas sobre *Bprom pf* y *Bprom ps*, pero no sobre las restantes ocho variables dependientes consideradas (Tabla 8.1). Sin embargo, no se encontró un efecto significativo de la interacción grupo × sexo sobre ninguna de las 10 variables dependientes.

Las biomásas promedio (tanto en *pf* como *ps*) fueron significativamente más altas en las hembras que en los machos (hembras: *pf*= 1.43 a 2.06 g, *ps*= 0.53 a 1.01 g; machos: *pf*= 1.18 a 1.51 g, *ps*= 0.44 a 0.55; Tablas 8.2 y 8.3), tal como ocurre comúnmente en insectos (Scriber y Slansky, 1981) y en otros ortópteros (Chlodny, 1969; Muthukrishnan y Delvi, 1974).

Las ganancias en *ps* de las langostas centroamericanas fueron significativamente más altas en las solitarias (S) alimentadas con *Ficus* (S-*Ficus*: promedio ponderado de machos y hembras: 107.3 mg) respecto a las obtenidas por las gregarias (G) alimentadas con *Nicotiana* (G-*Nicotiana*, que perdieron 34.3 mg) y con *Cordia* (G-*Cordia*, que perdieron 21.9 mg), así como las langostas solitarias alimentadas con *Cordia* (S-*Cordia*, que perdieron 42.0 mg) y con *Psidium* (S-*Psidium*, que perdieron 95.0 mg). De hecho, sólo las langostas S-*Ficus* ganaron peso (esto es, tuvieron valores de *G* positivos), pues en los demás “grupos” las langostas siempre perdieron peso. Asimismo, las ganancias en *pf* de estas langostas fueron significativamente más altas en S-*Ficus* (199.0 mg) que los tres tratamientos de langostas gregarias (G-*Nicotiana*: -83.9 mg; G-*Cordia*: -57.5 mg; G-*Ficus*: -256.3 mg), así como S-*Psidium* (-137.7 mg), todas las cuales experimentaron pérdida de peso (ver también Tablas 8.2 y 8.3).

La biomasa media de las langostas (*Bprom*) en *ps* fue significativamente más alta en las langostas S-*Psidium* (0.88 g) que en todos los demás tratamientos (ver Tablas 8.2 y 8.3). Asimismo, la *Bprom ps* fue significativamente más alta en S-*Ficus* (0.64 g) y G-*Ficus* (0.67 g) que en S-*Nicotiana*, G-*Nicotiana* y G-*Cordia* (0.53, 0.50 y 0.58 g, respectivamente; ver Tablas 8.2 y 8.3). Por otro lado, este parámetro tuvo un valor significativamente más bajo en S-*Cordia* (0.47 g) que en G-*Cordia* (0.58 g).

La *Bprom pf* fue significativamente más alta en *S-Psidium* (1.74 g) y *S-Ficus* (1.78 g) que en *G-Cordia*, *G-Nicotiana*, *S-Nicotiana* y *S-Cordia* (1.45, 1.34, 1.32 y 1.31 g, respectivamente), en tanto que la *TrCr pf* fue significativamente más alta en *S-Ficus* (29.2 mg g⁻¹ día⁻¹) que en *G-Ficus* (-59.4 mg g⁻¹ día⁻¹) y *S-Psidium* (-28.6 mg g⁻¹ día⁻¹) (ver Tablas 4.2 y 4.3). La *TrCr ps* de los adultos de la langosta centroamericana fue de $-13.6 \pm e.e. 9.3 \text{ mg g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ($N = 119$), lo cual sugiere, como es lógico, que las langostas adultas ya no crecen sino, por el contrario, bajan ligeramente de peso cada vez más, aunque se estén alimentando.

Tabla 8.1. Efecto del grupo (grado de agregación y dieta) y del sexo, sobre variables de alimentación y crecimiento relativas de la langosta *Schistocerca piceifrons piceifrons* de isla Socorro. Los asteriscos denotan efectos significativos con * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, *** = $P < 0.001$.

Variable dependiente	Grupo	Sexo	Interacción
	F	F	F
G pf (mg)	6.16***	0.004	0.41
G ps (mg)	5.57***	0.05	1.31
Bprom pf (mg)	13.61***	66.49***	1.90
Bprom ps (mg)	28.73***	36.28***	1.88
TrCr pf (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	3.77**	0.10	0.33
TrCr ps (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	1.77	0.24	1.10
TrCo ps (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	31.85***	0.27	0.71
ECl (%)	1.04	0.55	0.84
ECD (%)	0.73	1.30	0.70
DA (%)	11.53***	0.14	0.20

Los resultados de ganancia en peso y tasa relativa de crecimiento sugieren que *Ficus* es una planta muy favorable para el crecimiento de las langostas, incluso siendo adultas, y que las langostas solitarias son de alguna forma más sensibles a las propiedades nutricionales de *Ficus* que las gregarias. Es posible que las langostas solitarias elijan activamente su alimento, teniendo para ello un sistema sensitivo bien desarrollado, mientras que las gregarias sólo sigan a la manga a donde sea que ésta se pose para alimentarse.

La tasa relativa de consumo (*TrCo*) de las langostas fue de $118.4 \pm e.e. 8.2 \text{ mg pf de follaje por g pf de langosta por día}$ ($N = 119$), pero varió entre individuos entre 0.7 y $457.4 \text{ mg g}^{-1} \text{ día}^{-1}$. En términos de ps esta *TrCo* fue de $252.6 \pm 25.0 \text{ mg ps de follaje por g ps de langosta por día}$ ($N = 115$), pero varió entre individuos entre 0.4 y 1159.1

mg g⁻¹ día⁻¹. Las langostas alimentadas con *Nicotiana* (657.5 y 512.1) presentaron valores significativamente más altos en su *TrCo ps* que las langostas alimentadas con *Cordia* (121.2 y 259.4), *Ficus* (142.7 y 64.7) y *Psidium* (44.8 y no determinado) (datos de langostas solitarias y gregarias en mg g⁻¹ día⁻¹, respectivamente, agrupando datos de machos y hembras; ver también Tablas 8.2 y 8.3). Se encontró, entonces, que la tasa de consumo fue la misma independientemente de qué planta se tratara, al alimentarse de *Cordia curassavica*, *Ficus cotinifolia* y *Psidium* sp. En cambio, consumieron significativamente más *Nicotiana*, que las otras tres especies, aunque al parecer esto no tiene efecto alguno en el crecimiento en términos de biomasa de las langostas, posiblemente este mayor consumo se trate de un mecanismo de compensación que les permita a los individuos alcanzar el mismo desempeño que si se alimentaran de una planta con una mejor calidad nutricional, hecho que ocurre frecuentemente en acrídidos (Simpson y Abisgold, 1985).

La eficiencia de conversión de alimento ingerido (*ECl*, *i.e.*, el porcentaje de alimento ingerido que se destina al crecimiento de un animal) de las langostas adultas centroamericanas fue $-534.0 \pm 322.8\%$ ($N = 82$), en tanto que la eficiencia de conversión de alimento digerido (*ECD*, *i.e.*, el porcentaje de alimento digerido que se destina al crecimiento del insecto) de las mismas fue $-656.0 \pm 339.5\%$ ($N = 81$). Finalmente, la digestibilidad aproximada (*DA*, esto es, el porcentaje de alimento consumido que es digerido) tuvo un valor significativamente más bajo en las langostas solitarias alimentadas con *Psidium* que en las langostas gregarias y solitarias sometidas a todos los demás tratamientos. Llama la atención los valores muy altos de signo negativo en este parámetro, lo que significa que las langostas en el período de estudio defecaron mucho más materia que aquella que consumían. Es probable que su tracto digestivo esté muy lleno al momento de llevar a cabo los cultivos. Probablemente en condiciones naturales *Psidium* no sea una planta de la cual las langostas acostumbren alimentarse, ya que al hacerlo la digestibilidad en las langostas es muy baja, lo cual concuerda con que en los ensayos de preferencias alimentarias las langostas tendieron a rechazar dicha planta (ver sección 7).

Tabla 8.2. Índices de alimentación y crecimiento [promedio \pm e.e. (tamaño de muestra)] en peso fresco y en peso seco de langostas **gregarias** hembras y machos de *Schistocerca piceifrons piceifrons* alimentadas con *Nicotiana stocktonii*, *Cordia curassavica* y *Ficus cotinifolia*. G = ganancia en peso, Bprom = masa media, TrCr = tasa relativa de crecimiento, TrCo = tasa relativa de consumo, ECI = eficiencia de conversión del alimento ingerido, ECD = eficiencia de conversión del alimento digerido, DA = digestibilidad aproximada.

Índice	<i>Nicotiana stocktonii</i>		<i>Cordia curassavica</i>		<i>Ficus cotinifolia</i>	
	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho
G pf (mg)	-65.00 \pm 59.49 (8)	-102.86 \pm 133.82 (7)	-40.0 \pm 25.4 (13)	-336 \pm 334.43 (10)	-336 \pm 334.43 (5)	-176.67 \pm 117.94 (3)
G ps (mg)	-23.68 \pm 24.44 (8)	-44.91 \pm 36.13 (7)	5.45 \pm 10.55(13)	-49.25 \pm 46.03 (10)	2.82 \pm 15.47 (5)	-42.11 \pm 34.15 (3)
Bprom pf (g)	1.48 \pm 0.05 (8)	1.21 \pm 0.07 (7)	1.55 \pm 0.06 (13)	1.33 \pm 0.07 (10)	1.65 \pm 0.17 (5)	1.17 \pm 0.12 (3)
Bprom ps (g)	0.55 \pm 0.02 (8)	0.44 \pm 0.03 (7)	0.64 \pm 0.03 (13)	0.51 \pm 0.05 (10)	0.76 \pm 0.08 (5)	0.58 \pm 0.07 (3)
TrCr pf (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	-14.15 \pm 13.60 (8)	-24.88 \pm 34.00 (7)	-7.73 \pm 0.6 (13)	-15.77 \pm 10.14 (10)	-81.83 \pm 82.22 (5)	-36.89 \pm 21.55 (3)
TrCr ps (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	-17.33 \pm 14.40 (8)	-37.63 \pm 25.02 (7)	-87.09 \pm 84.60 (10)	-87.09 \pm 84.60 (10)	2.22 \pm 6.87 (5)	-23.95 \pm 17.79 (3)
TrCo pf (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	140 \pm 20 (8)	160 \pm 40 (7)	51.05 \pm 18.64 (11)	66.62 \pm 34.05 (8)	55.35 \pm 21.74 (5)	36.22 \pm 3.48 (3)
TrCo ps (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	482.87 \pm 61.14 (8)	541.28 \pm 122.25 (7)	316.08 \pm 126.79 (7)	316.08 \pm 126.79 (7)	45.18 \pm 16.90 (5)	84.15 \pm 57.36 (3)
ECI (%)	-112 \pm 50 (6)	-363 \pm 97 (6)	-101 \pm 117 (5)	-101 \pm 117 (5)	-342 \pm 356 (4)	-156 \pm 183 (2)
ECD (%)	-1139 \pm 1009 (7)	-508 \pm 200 (6)	-10 \pm 16 (7)	-10 \pm 16 (7)	-201 \pm 103 (5)	-40 (1)
DA (%)	62 \pm 8 (5)	81 \pm 11 (3)	-97 \pm 120 (7)	-97 \pm 120 (7)	2 \pm 21 (4)	19 \pm 16 (2)

Tabla 8.3. Índices de alimentación y crecimiento [promedio \pm e.e. (tamaño de muestra)], en peso fresco y en peso seco, de langostas hembras y machos **solitarias** de *Schistocerca piceifrons piceifrons* alimentadas con *Nicotiana stocktonii*, *Cordia curassavica*, *Psidium* sp. y *Ficus cotinifolia*. Símbolos como en la Tabla 4.2.

Índice	<i>Nicotiana stocktonii</i>		<i>Cordia curassavica</i>		<i>Psidium</i> sp.		<i>Ficus cotinifolia</i>	
	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho
G pf (mg)	47.5 \pm 76.20 (8)	83.75 \pm 76.30 (8)	18.00 \pm 51.32 (5)	-13.57 \pm 48.33 (14)	-157.00 \pm 15.85 (10)	-114.44 \pm 6.69 (9)	251.11 \pm 61.00 (9)	147.00 \pm 18.38 (10)
G ps (mg)	-29.16 \pm 18.87 (8)	15.58 \pm 15.36 (8)	-93.84 \pm 121.42 (5)	9.94 \pm 15.73 (14)	-103.17 \pm 54.06 (10)	-86.77 \pm 68.93 (9)	147.09 \pm 21.55 (9)	67.45 \pm 9.55 (10)
Bprom pf (g)	1.43 \pm 0.09 (8)	1.20 \pm 0.04 (8)	1.45 \pm 0.14 (5)	1.18 \pm 0.06 (14)	1.99 \pm 0.10 (10)	1.43 \pm 0.04 (9)	2.06 \pm 0.06 (9)	1.51 \pm 0.06 (10)
Bprom ps (g)	0.53 \pm 0.03 (8)	0.45 \pm 0.01 (8)	0.48 \pm 0.04 (5)	0.46 \pm 0.02 (14)	1.01 \pm 0.05 (10)	0.75 \pm 0.02 (9)	0.72 \pm 0.02 (9)	0.56 \pm 0.03 (10)
TrCr pf (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	6.32 \pm 16.20 (8)	19.79 \pm 19.14 (8)	4.85 \pm 11.66 (5)	-3.90 \pm 15.59 (14)	-28.86 \pm 3.23 (10)	-28.40 \pm 1.89 (9)	32.03 \pm 7.56 (9)	26.31 \pm 3.36 (10)
TrCr ps (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	-14.28 \pm 10.81 (8)	9.37 \pm 9.52 (8)	-68.28 \pm 94.95 (5)	5.18 \pm 11.71 (14)	-38.76 \pm 19.17 (10)	-47.60 \pm 37.13 (9)	54.22 \pm 7.51 (9)	32.68 \pm 4.44 (10)
TrCo pf (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	160 \pm 20 (8)	130 \pm 10 (8)	125.53 \pm 44.14 (5)	131.80 \pm 33.02 (14)	38.16 \pm 9.31 (10)	119.03 \pm 36.62 (9)	179.66 \pm 26.89 (9)	173.30 \pm 21.63 (10)
TrCo ps (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	707.38 \pm 97.76 (8)	607.65 \pm 56.98 (8)	130.86 \pm 42.04 (5)	111.60 \pm 23.49 (14)	23.02 \pm 5.65 (10)	66.62 \pm 19.71 (9)	149.83 \pm 20.77 (9)	135.68 \pm 18.35 (10)
ECI (%)	-126 \pm 65 (7)	-41 \pm 20 (5)	-418 \pm 301 (4)	-281 \pm 256 (11)	-4125 \pm 3691 (7)	-367 \pm 342 (9)	63 \pm 20 (2)	63 \pm 14 (3)
ECD (%)	-163 \pm 105 (8)	-97 \pm 53 (7)	-502 \pm 425 (4)	-470 \pm 266 (8)	-4492 \pm 4349 (6)	-147 \pm 137 (5)	-1053 \pm 861 (5)	-3 \pm 32 (4)
DA (%)	75 \pm 3 (5)	53 \pm 15 (6)	-2 \pm 37 (5)	21 \pm 13 (12)	-27728 \pm 9398 (7)	-36301 \pm 12906 (9)	-25.85 \pm 28.26 (9)	-229.08 \pm 199.93 (10)

Se observan variaciones muy altas en las tres eficiencias nutricionales, estudios previos han encontrado que estas altas variaciones son típicas del método gravimétrico utilizado y que se acentúan cuando los individuos comen poco, sobre todo en la eficiencia de conversión de alimento digerido (Schmidt y Reese, 1986; van Loon, 1993).

8.2.2. Las ninfas y los adultos tempranos de las langostas centroamericanas.

En la Tabla 8.4 se muestran los índices de alimentación y crecimiento de la langosta centroamericana de primer, cuarto y quinto estadio alimentada con *Boerhavia coccinea*. Las tasas de crecimiento fueron más altas en las ninfas del primer estadio (70.58 ± 18.87 mg ps g ps⁻¹ día⁻¹) que las de cuarto y quinto estadio (14.52 ± 4.35 y 24.90 ± 8.57 mg ps g ps⁻¹ día⁻¹, respectivamente) (Tabla 8.4). Se ha encontrado que los estadios más cercanos al estado adulto tienen por lo general una menor tasa relativa de crecimiento (Scriber y Slansky, 1981). Las tasas relativas de consumo del alimento se van reduciendo conforme las langostas crecen (565.96 , 344.45 y 288.52 mg ps g ps⁻¹ día⁻¹, para el primero, cuarto y quinto estadio, respectivamente; Tabla 8.4))

Tabla 8.4. Índices de alimentación y crecimiento por individuo de ninfas de 1er. estadio de *Schistocerca piceifrons piceifrons* de isla Socorro. La especie con *Boerhavia coccinea*. Los números entre paréntesis representan el número de individuos considerados. Los números en negritas dentro de un renglón difieren significativamente entre sí (Andeva de una vía). No se compararon estadísticamente con los datos del primer estadio.

Variable dependiente	<i>Boerhavia coccinea</i>		
	1er. estadio	4° estadio	5° estadio
G pf (mg)	11.66±3.86 (7)	50.00±17.32 (4)	146.00±35.86 (5)
G ps (mg)	2.49±0.82 (7)	3.91±1.05 (4)	16.00±6.13 (5)
Bprom pf (mg)	0.04±2x10 ⁻³ (7)	0.67±0.27 (4)	0.78±0.06 (5)
Bprom ps (mg)	0.01±5x10 ⁻⁴ (7)	0.10±0.01 (4)	0.16±0.01 (5)
TrCr pf (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	70.58±18.87 (7)	36.71±15.44 (4)	45.83±10.08 (5)
TrCr ps (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	70.58±18.87 (7)	14.52±4.35 (4)	24.90±8.57 (5)
TrCo pf (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	835.42±81.80 (7)	363.65±127.43 (4)	313.51±43.04 (5)
TrCo ps (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	565.96±55.25 (7)	344.45±111.16 (4)	288.52±38.35 (5)
ECl (%)	38.89±8.38 (5)	12.61±6.95 (4)	68.06±4.66 (3)
ECD (%)	22.17±4.39 (7)	-22.58±14.16 (4)	-59.98±55.43 (2)
DA (%)	25.75±13.86 (7)	25.41±11.55 (4)	-189.06±98.02 (5)

Otros análisis indican que la ganancia en peso fresco y seco (G) de las ninfas de quinto estadio alimentadas con *Cordia curassavica* es significativamente más alta que

en las alimentadas con *Dodonea viscosa* y *Boerhavia coccinea*. Asimismo, la tasa relativa de crecimiento en peso fresco (TrCr) de ninfas de quinto estadio alimentadas con *Cordia curassavica* fue mayor que en las ninfas alimentadas con *Dodonea viscosa*. Estos resultados sugieren que *Cordia* es otra planta favorable para el crecimiento de las langostas de quinto estadio. Las tasas relativas de consumo en peso fresco y seco fueron significativamente más altas (en la primer de manera marginal, $P= 0.07$) en las ninfas de quinto estadio que fueron alimentadas con *Dodonea viscosa* que en las alimentadas con *Boerhavia coccinea*. Se encontró que la digestibilidad aproximada (DA) de *Cordia curassavica* fue marginalmente mayor ($P= 0.07$) que la de *Boerhavia coccinea* (Tabla 8.5). El mayor consumo de *Dodonea* encontrado probablemente se deba a otro caso de compensación de los nutrientes faltantes en la dieta (ver, p. ej., Cano-Santana y Oyama, 1992), ya que este mayor consumo no deriva en mejores eficiencias alimentarias ni en un mayor crecimiento. Esto se corrobora con el rechazo de *Dodonea* encontrado tanto por parte de los machos como de las hembras en los ensayos de preferencias alimentarias (ver Cap. VII).

Tabla 8.5. Efecto de la especie de planta sobre variables de alimentación y crecimiento relativas de la langosta de quinto estadio de *Schistocerca piceifrons piceifrons* de isla Socorro. Los números entre paréntesis representan el número de individuos considerados. Los asteriscos denotan efectos significativos con * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, *** = $P < 0.001$.

Variable dependiente	Langostas de quinto estadio			F
	<i>Cordia curassavica</i>	<i>Dodonea viscosa</i>	<i>Boerhavia coccinea</i>	
G pf (mg)	287.50±29.54 (4)**	108.33±12.76 (6)**	146.00±35.86 (5)**	11.82
G ps (mg)	51.61±10.83 (4)*	32.54±5.69 (6)*	16.00±6.13 (5)*	5.40
Bprom pf (g)	1.27±0.06 (4)***	0.91±0.04 (6)***	0.78±0.06 (5)***	20.07
Bprom ps (g)	0.27±0.01 (4)***	0.19±0.01 (6)***	0.16±0.01 (5)***	23.87
TrCr pf (mg g⁻¹ día⁻¹)	60.77±5.05 (4)*	34.07±2.70 (6)*	45.83±10.08 (5)*	4.02
TrCr ps (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	52.47±11.94 (4)	48.64±9.23 (6)	24.90±8.57 (5)	2.26
TrCo pf (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	247.20±11.07 (4)	223.12±10.02 (6)	313.51±43.04 (5)	3.34
TrCo ps (mg g⁻¹ día⁻¹)	445.70±31.89 (4)*	413.42±39.42 (6)*	288.52±38.35 (5)*	4.57
ECI (%)	49.56±13.95 (4)	34.86±12.73 (3)	68.06±4.66 (3)	1.69
ECD (%)	-385.80±358.36 (4)	-133.24±143.25 (5)	-59.98±55.43 (2)	0.40
DA (%)	17.11±1.47 (4)	-31.61±18.44 (6)	-189.06±98.02 (5)	3.26

En la Tabla 8.6 se muestran los Índices de alimentación y crecimiento de langostas *Schistocerca piceifrons piceifrons* de segundo y quinto estadio ninfal y de

adultos tempranos no reproductivos alimentados con *Croton massonii*. Aquí se observa también una reducción en la TrCr y en la TrCo, conforme las ninfas van creciendo.

Tabla 8.6. Índices de alimentación y crecimiento de langostas *Schistocerca piceifrons piceifrons* del segundo y quinto estadio ninfal y de adultos juveniles no reproductivos al alimentarse del follaje de *Croton massonii*. Los números entre paréntesis representan el tamaño de muestra.

Variable dependiente	<i>Croton massonii</i>		
	2° estadio	5° estadio	Adulto juvenil
G pf (mg)	5.83+5.42 (2)	40.00 (1)	-163.85+16.78 (13)
G ps (mg)	1.24+1.15 (2)	8.53 (1)	-50.61+7.88 (13)
Bprom pf (g)	0.06+2x10 ⁻⁴ (2)	0.94 (1)	0.98+0.05 (13)
Bprom ps (g)	0.01+4x10 ⁻⁵ (2)	0.20 (1)	0.28+0.02 (13)
TrCr pf (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	30.83+29.17 (2)	14.18 (1)	-67.71+7.87 (13)
TrCr ps (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	30.83+29.17 (2)	14.18 (1)	-70.59+10.53 (13)
TrCo pf (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	743.27+0.38 (2)	174.66 (1)	311.27+67.38 (13)
TrCo ps (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	1185.12+20.30 (2)	327.03 (1)	401.62+80.72 (13)
ECl (%)	7.80+7.23 (2)	24.04 (1)	-181.88+45.45 (13)
ECD (%)	-33.18+340.22 (2)	-2.34 (1)	-198.35+63.86 (13)
DA (%)	-14.07+39.43 (2)	0.75 (1)	10.14+12.15 (13)

En los adultos tempranos no reproductivos de *S. p. piceifrons* (colectados en noviembre), al alimentarse de *Croton massonii*, se encontró que las hembras tienen mayor biomasa promedio que los machos (Tabla 8.7). Se encontró que las hembras disminuyeron significativamente más en peso seco que los machos. Se encontró, tanto en peso fresco y seco, una mayor TrCo en machos que en las hembras. También se encontraron eficiencias de alimentación negativas significativamente más altas en los machos, a excepción de la digestibilidad aproximada (Tabla 8.7).

En este estudio se encontró que al menos al alimentarse de *Croton massonii*, los machos consumen más y pierden menos biomasa que las hembras. Este resultado es contrario a lo que comúnmente se ha hallado, que es que las hembras consumen una mayor cantidad de alimento, o comen más rápido, o presentan una mayor eficiencia de conversión del alimento ingerido que los machos (Scriber y Slansky, 1981). Probablemente los machos requieran ingerir una mayor cantidad de alimento para tener mayor energía y así poder trasladarse de un lugar a otro en busca de la hembra, de alimento o de refugio, ya que se ha visto que los machos se mueven más, más rápido y a mayores distancias que las hembras (Uvarov, 1977), o bien, los machos deben invertir recursos en la producción de feromonas de agregación (ver Poot-Pech, 2005).

Adicionalmente, se encontró que los machos presentan mayores valores de ECI y ECD (Tabla 8.7).

Tabla 8.7. Efecto del sexo de los adultos juveniles no reproductivos de *Schistocerca piceifrons piceifrons* de isla Socorro sobre variables de alimentación y crecimiento, cuando se les ofrece follaje de *Croton massonii*. Los números entre paréntesis representan el número de repeticiones. La especie con que fueron alimentadas las langostas fue. Los asteriscos denotan efectos significativos con * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, *** = $P < 0.001$.

Variable dependiente	<i>Croton massonii</i>		
	Hembras	Machos	F
G pf (mg)	-158.33±28.80 (6)	-168.57±21.09 (7)	0.08
G ps (mg)	-69.42±12.63 (6)	-34.49±4.79 (7)	7.55*
Bprom pf (g)	1.09±0.07 (6)	0.89±0.05 (7)	5.14*
Bprom ps (g)	0.32±0.03 (6)	0.24±0.01 (7)	7.55*
TrCr pf (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	-58.29±14.15 (6)	-75.78±7.98 (7)	1.25
TrCr ps (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	-86.43±20.62 (6)	-57.01±6.43 (7)	2.12
TrCo pf (mg g⁻¹ día⁻¹)	90.83±21.27 (2)	500.21±60.39 (7)	35.72***
TrCo ps (mg g⁻¹ día⁻¹)	127.65±34.00 (6)	636.45±58.83 (7)	51.11***
ECI (%)	-294.55±71.22 (6)	-85.31±26.13 (7)	8.60*
ECD (%)	-346.40±105.74 (5)	-75.03±28.42 (6)	7.29*
DA (%)	-1.25±26.64 (6)	19.91±2.64 (6)	0.73

8.2.4. La langosta de Socorro. En la Tabla 8.8 se muestran las variables de alimentación y crecimiento de las langostas adultas de *Schistocerca americana socorro* alimentadas con *Dodonea viscosa*. La estadística es imposible dado el pequeño tamaño de muestra. Los resultados sugieren que en esta especie también los machos presentaron los mayores valores de TrCr y TrCo que las hembras. Sus tasas relativas de consumo de follaje variaron de 39.1 a 152 mg ps g ps⁻¹ día⁻¹.

8.2.5. Plantas favorables y desfavorables para la alimentación de la langosta centroamericana. Se lograron identificar especies de plantas favorables (*Ficus* y *Cordia*) y desfavorables (*Psidium*, *Dodonea* y *Nicotiana*) para el crecimiento de la langosta *S. p. piceifrons*. De hecho, con los ensayos de preferencias alimentarias y observaciones de campo de estas plantas, se corroboró la preferencia y el rechazo encontrado en condiciones de laboratorio (ver Cap. 7). Se encontró que las langostas solitarias son más sensibles a identificar la calidad nutricional del alimento que las gregarias, esto se corrobora con los resultados de los ensayos de preferencias

alimentarias. Asimismo, se encontró un posible comportamiento en los hábitos alimentarios de esta especie a compensar las deficiencias alimentarias de la dieta.

Tabla 8.8. Índices de alimentación y crecimiento de adultos de *Schistocerca americana socorro* de Isla Socorro al alimentarse del follaje de *Dodonea viscosa*.

Variable dependiente	<i>Dodonea viscosa</i>	
	Hembras	Machos
G pf (mg)	-290.00	10.00±10.00
G ps (mg)	-107.44	3.70±3.70
Bprom pf (g)	1.97	1.05±0.05
Bprom ps (g)	0.73	0.39±0.02
TrCr pf (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	-24.59	1.67±1.67
TrCr ps (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	-24.59	1.67±1.67
TrCo pf (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	83.05	145.05±48.67
TrCo ps (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	39.07	152.51±49.50
ECl (%)	-280.29	37.02±37.02
ECD (%)	97.63	0.00±0.00
DA (%)	-67.95	41.14±4.32
N	1	2

IX. ESTRUCTURA POBLACIONAL: FENOLOGÍA Y PROPORCIÓN SEXUAL

9.1. Métodos

Para conocer la fenología y la variación temporal en la proporción sexual de los adultos y en la estructura de edades de ambas especies de langostas, se hizo lo siguiente en las seis salidas al campo, que cubren un periodo de febrero a diciembre de 2004. 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 colectaron adultos y ninfas con redes aéreas y se cultivaron en cajas de plástico en un laboratorio acondicionado en la isla. En cada salida se muestrearon las poblaciones de ambas especies en cuatro a cinco tipos de vegetación.

Todas las langostas supervivientes se llevaron a la Facultad de Ciencias donde una parte de ellas se cultivó en una cámara de ambientes controlados a las condiciones registradas por un termohigrómetro colocado en el sur de la isla Socorro y otra se cultivó a temperatura ambiente en el laboratorio de Ciudad Universitaria. A todas las

langostas colectadas de manera solitaria, en mangas o en bandas se les tomaron medidas corporales, se les determinó el sexo y se usaron para observar apareamiento y oviposición.

Cada manga o banda de langostas avistada se ubicó en un mapa y de cada una de ellas se colectó el mayor número posible de individuos. Los individuos de manga 1 fueron sacrificados en cámaras letales de cianuro de potasio, en tanto que los de las mangas 2, 3 y 4 se colectaron *in vivo* y fueron cultivados en laboratorio, mientras que los ejemplares de la manga 5 y 6 fueron sexados y liberados para determinar el tamaño poblacional por el método de marcaje-captura-recaptura. Los ejemplares de las mangas 7 a 10, observadas en agosto del 2004 se sexaron y se ocuparon para observaciones de oviposición. Finalmente, las langostas de las mangas 11 a 15 y la 17 únicamente fueron sexados.

En cada salida de campo, de tres a cuatro hembras de la langosta centroamericana se disectaron bajo una lente de aumento para determinar el grado de desarrollo de los huevos en el interior de su cuerpo.

En el caso de los huevos y a fin de detectar también los sitios de oviposición de las langostas, en cada uno de las unidades paisajísticas 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* se tamizaron entre cuatro y 20 muestras de suelo por hábitat en cada una de las siete salidas.

En cada salida, se calculó la proporción machos/hembras en cada población de langostas centroamericanas y en las 14 mangas avistadas y se probó si estos valores diferían significativamente de uno aplicando pruebas de χ^2 .

9.2. Fenología

9.2.1. Fenología de la langosta centroamericana. En las Figuras 9.1 y 9.2 se puede apreciar la fenología de la langosta centroamericana que habita la Isla Socorro. La conducta de apareamiento en la langosta centroamericana se observó del 22 de junio al 20 de agosto. La oviposición inició el 4 de agosto en condiciones de laboratorio y ésta se siguió registrando hasta el día 13 de es mismo mes. En el campo la oviposición se observó entre el 18 y el 27 de agosto. Las ootecas se registraron en el laboratorio el 4

de agosto, 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 en el campo hasta el 13 de septiembre. Las ninfas del primer estadio se registraron en el campo entre el 18 de agosto y el 22 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 registran 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 últimas ninfas del cuarto estadio se registraron hasta aproximadamente el 3 de diciembre en laboratorio, mientras que las últimas ninfas del quinto se mantuvieron vivas hasta el 6 de febrero de 2005 en laboratorio. Los adultos se registraron en actividad todo el año. Esta fenología, sin embargo, parece describir en detalle el comportamiento estacional de las poblaciones gregarias.

En cuanto a las poblaciones solitarias en junio se capturaron dos individuos solitarios del tercer estadio (ver Sección 4.6.2; Tabla 4.3), mientras que se detectaron individuos solitarios del primer y segundo estadios en la salida 5 verificada en octubre (ver Tabla 10.2).

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 y apareamiento, por lo cual suponemos que se trata de adultos sexualmente inmaduros (adultos juveniles no reproductivos). No es sino hasta finales de junio que se encuentran huevos desarrollados en el abdomen de las hembras disectadas. En los cultivos de laboratorio se logró criar una langosta hembra colectada en la salida 6 (noviembre-diciembre de 2004) que sobrevivió hasta el 27 de diciembre de 2005, lo cual indica que algunos adultos pueden permanecer vivos en ese estado por un período mayor a un año.

Se concluye que *S. p. piceifrons* presenta una sola generación al año, a diferencia de lo que ocurre en el continente donde siempre hay dos generaciones al año (Barrientos, 2001b).

9.2.2. Fenología de *S. americana socorro*. Los adultos de la langosta de Socorro se registraron durante todas las visitas realizadas (Figs. 9.1 y 9.2). 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.

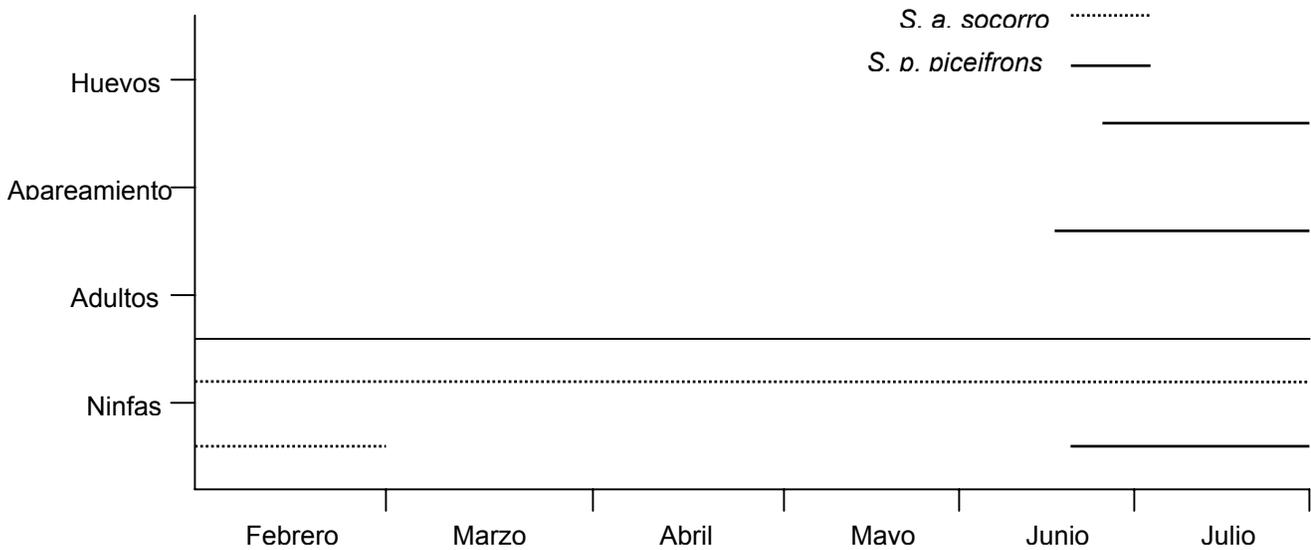


Figura 9.1. Fenología de las poblaciones de *Schistocerca americana socorro* y *S. piceifrons piceifrons* en la isla Socorro, de febrero a julio de 2004.

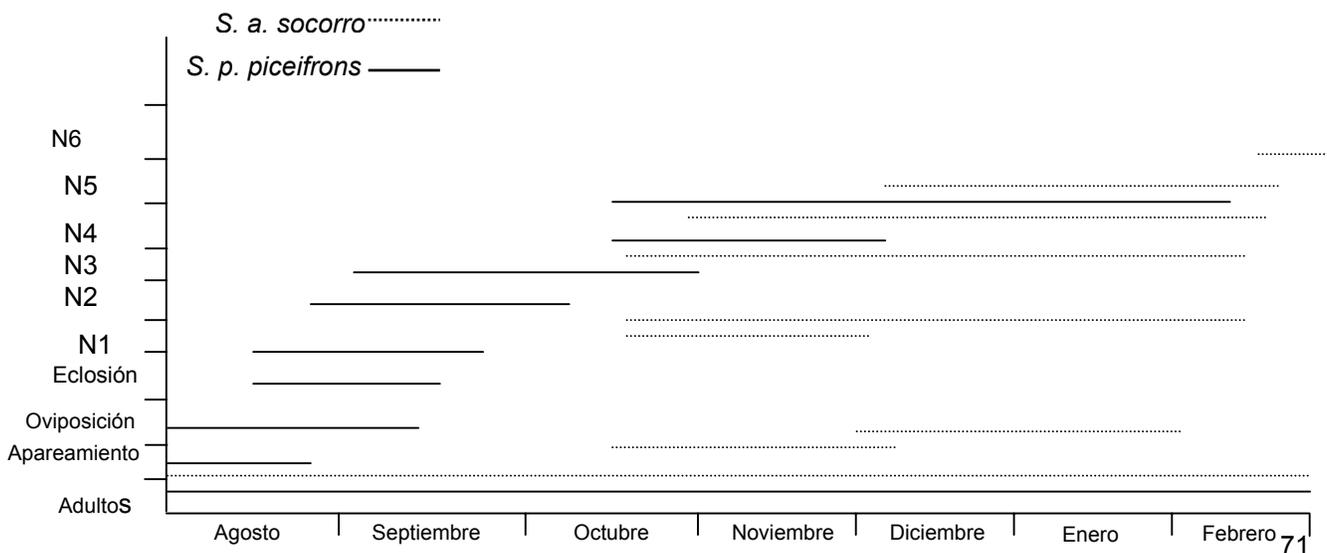


Figura 9.2. Fenología de las poblaciones de *Schistocerca americana socorro* y *S. piceifrons piceifrons* en la isla Socorro, de agosto 2004 a febrero de 2005.

Las ninfas IV 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 V 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 V tiene una coloración distinta a la ninfa vista en febrero, se sugiere la existencia de un sexto estadio que se vió en el campo el 24 de febrero hasta el 28 del mismo mes inclusive.

9.2. Formación de mangas y bandas

Se avistaron 17 mangas, en la primera 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 se observaron dos (mangas 16 y 17) (Tabla 5.1). En los Mapas 4 a 8 se presentan las zonas en donde se avistaron las 17 mangas, mientras que en los Mapas 2 y 3 se indica la posición de las 10 bandas observadas entre agosto y noviembre de 2004. Asimismo, en estos mapas se indica la fecha de observación, la hora local en la que se observó el suceso y el componente principal de movimiento.

Tabla 9.1. Características de las 17 mangas (i.e., agregaciones masivas de langostas adultas) de *S. piceifrons piceifrons* observadas entre febrero de 2004 a enero de 2005. Ver también Mapas 4 a 8.

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 NW del mismo	Vuelo
4	19 de abril	8:44	1.5 km al SW de la aeropista	En 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
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 y cópula
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

Las mangas 7 a 9 observadas en agosto corresponden a individuos sexualmente maduros que estaban ovipositando y aún copulando.

Por el contrario, las mangas 11 a 15 observadas en noviembre se trataban de adultos tempranos, sexualmente inmaduros, que comenzaban a gregarizar (fase trasiliente). Lo anterior se sustenta en el hecho de que el 20 de noviembre de 2004 se observó una conducta que sugiere la formación de *protomangas* (*sensu* Barrientos, 2001a), según se indica a continuación. Se sugiere que los meses claves para la formación de las mangas de *S. p. piceifrons* en la isla Socorro son noviembre y diciembre, cuando aparecen los adultos juveniles sexualmente inmaduros. Asimismo, es probable que agrupados en esta misma etapa, y en diapausa reproductiva, puedan soportar el invierno y también, la estación seca que en la localidad se extiende hasta finales de mayo.

El 20 de noviembre de 2004 en el costado oriente del camino entre el Subsector Naval y la desviación hacia las grutas se observó una *conducta de agregación* entre ninfas del último estadio y adultos juveniles no reproductivos que acababan de mudar (18° 44' 29.7" N, 110° 56' 31.1" O y 181 m de altitud). En la vegetación de este sitio dominan las hierbas como *Nicotiana stocktonii*, *Boerhavia coccinea*, *Portulacca* sp. y *Aristolochia* sp. Entre las especies arbustivas y arbóreas destacan *Dodonaea viscosa*, *Cordia curassavica*, *Croton masonii*, *Opuntia* sp., *Psidium* sp. y *Ficus cotinifolia*. La conducta de agregación se observó entre las 8:30 y 9:00 a.m. (hora local de isla Socorro) las ninfas de quinto estadio se encontraban en la base de las plantas y en el envés de las hojas, mientras los adultos juveniles no reproductivos se encontraban asociados a las especies rastreras, en ambos casos ninfas y adultos no se encontraban consumiendo las especies. Hacia las 9:15 a.m. y al incrementarse la temperatura de la localidad, los adultos comenzaron a realizar vuelos cortos entre las especies arbóreas y arbustivas. Poseen una capacidad sensorial muy desarrollada pues se asustaban demasiado al percibir la cercanía de los observadores y se desplazaban a las

proximidades de la localidad. Por su parte, en un sitio contiguo con dominancia de *Croton masonii* se logró cuantificar 40 langostas adultas por m². Posteriormente se les perturbó y se observó su conducta de vuelo que consiste en hacerlo en contra de las corrientes de viento. En ambos sitios, la coloración que se observó en los adultos tempranos no reproductivos y en las ninfas gregarias fue un continuo entre tonalidades naranjas y rojas.

El 30 de noviembre hacia las 12:00 p.m. se observó esta misma conducta de agregación de ninfas en la pradera de *Senna*. En este caso, las ninfas se encontraban asociadas a la base de los tallos de *Senna* y las hojas espinosas de *Datura* sp. El viento del norte era sumamente fuerte y la temperatura era de 15°C. En esta localidad se observó que las ninfas del último estadio poseen policromía pues se observaron y colectaron ninfas gregarias con tonalidades verdes, amarillas, naranjas, rojas y negras.

El 1 de diciembre se observó la misma conducta de agregación en las proximidades de la aeropista en sitios dominados con *D. viscosa* y *C. curassavica* en este caso solamente se observaron ninfas del 5° estadio (en cantidad de más de 100) asociadas a arbustos de *C. curassavica* muy vivaces y activas hacia las 4:45 p.m.

9.3. Proporción sexual

La proporción sexual (machos:hembra) en las poblaciones de individuos solitarios de la langosta centroamericana varió de 0.11 a 5.00 (Tabla 9.2), 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.

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 9.3). 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. Sólo en la manga 9 se registró un valor significativamente más bajo de 1.

Reuniendo los datos de los individuos de la langosta de Socorro 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 9.4). Por su parte, los datos de la salidas 6 y 7 (noviembre de 2004 a febrero de 2005) por ambientes tampoco mostraron la existencia de diferencias significativamente distintas de la proporción 1:1 en la proporción sexual (Tabla 9.5).

Tabla 9.2 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 χ^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 $P < 0.05$.

Tipo de vegetación	Localización	Machos/Hembras	N	χ^2	P
Febrero					
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
Abril					
Helechal de <i>Pteridium</i>	Ladera Este	5.00	6	2.66	>0.10
Pastizal	Subsector Naval	3.00	20	5.00	<0.05
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
Junio					
Pastizal	Subsector Naval	3.00	52	12.29	<0.001
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 W del Subsector	1.50	5	0.20	>0.50
Agosto					
Pastizal	Subsector Naval	0.11	50	32	<0.001
Octubre					
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	<0.005
Noviembre					
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 W del Subsector	1.21	73	0.67	>0.75
Dodonaea – <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	<0.05
Enero					
Helechal de <i>Pteridium</i>	Ladera Este	2.25	26	3.85	<0.05

Pastizal	Subsector Naval	2.22	29	4.17	<0.05
Pradera de <i>Senna</i>	Camino al Evermann	1.61	60	3.27	>0.05
Matorral de <i>Croton</i>	Lado W 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 9.3. Proporción sexual de individuos gregarios de *Schistocerca piceifrons piceifrons* avistados en 14 mangas entre febrero de 2004 y enero de 2005. La prueba de χ^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>	χ^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	<0.001
Manga 3	3-mar-04	1.33	21	0.42	>0.50
Manga 4	19-abr-04	1.51	350	14.81	<0.001
Manga 5	29-abr-04	1.43	319	10.18	<0.005
Manga 8	20-ago-04	1.60	195	10.38	<0.005
Manga 9	25-ago-04	0.31	98	27.59	<0.001
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	<0.01

Tabla 9.4. Proporción sexual de individuos de *Schistocerca americana socorro* capturados entre octubre de 2004 a febrero de 2005 en isla Socorro. La prueba de χ^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	<i>N</i>	χ^2	<i>P</i>
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

En una gran variedad de especies de acrididos la proporción sexual es de 1:1 (Smith y Northcott, 1951; Pickford, 1962; Pfadt, 1972; Farrow, 1982; Chapman y Joern, 1990). Sin embargo, la fenología de los sexos típicamente difiere, generalmente los machos maduran y mueren primero que las hembras, por lo que la proporción sexual en el campo algunas veces difiere de la proporción 1:1. Al principio de la temporada la proporción se encuentra sesgada hacia los machos, aunque esto se invierte al final (Mulkern, 1983; Cueva del Castillo *et al.*, 1999).

En nuestro estudio se observaron proporciones significativamente mayores a uno en octubre en el matorral de *Croton*, en el matorral de *Dodonaea* en noviembre, en el helechal de *Pteridium*, en el pastizal y en la manga 17 en enero de 2005, siendo estos meses donde predominan las ninfas con respecto a los adultos. En agosto se observaron diferencias significativas menores a uno en el pastizal, así como en la manga 9, sin embargo en la manga 8 se observó una diferencia significativamente mayor a uno en la proporción sexual. En la bibliografía se encuentra poca información sobre el efecto de las fases en la proporción sexual. Ellis y Ashall (1957) y Popov (1958) encontraron que el número de machos gregarios era mayor al de las hembras en los sitios de apareamiento y oviposición en el caso de *S. gregaria*.

Tabla 9.5. Proporción sexual de individuos de *Schistocerca americana socorro* capturados en noviembre de 2004 y enero de 2005 en la isla Socorro. La prueba de χ^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.

Tipo de vegetación	Localización	Machos/Hembras	<i>N</i>	χ^2	<i>P</i>
Noviembre					
Helechal de <i>Pteridium</i> -Bejucal	Camina a Playa Norte	1.33	35	0.71	>0.25
Helechal de <i>Pteridium</i> -Bosque de <i>Bumelia</i>	Camino al Monte Evermann	0.5	3	0.33	>0.50
Enero					
Helechal de <i>Pteridium</i> -Bejucal	Camina a Playa Norte	0.75	7	0.14	>0.50
Helechal de <i>Pteridium</i> -Bosque de <i>Bumelia</i>	Camino al Monte Evermann	0.5	3	0.33	>0.50

X. ABUNDANCIA, DISTRIBUCIÓN Y DENSIDAD

10.1. Estimaciones cuantitativas de densidad de adultos solitarios

10.1.1. Métodos. Dada la gran movilidad de las langostas adultas, para determinar la variación temporal de la densidad de adultos en ambas poblaciones de langostas se utilizó el método de Gates (Southwood, 1978). Entre febrero de 2004 a enero de 2005 en cinco unidades paisajísticas 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)] se seleccionaron de 2 a 5 transectos por salida de 30 m de longitud (l) cada uno. En cada uno de ellos, una persona caminó en línea recta el transecto, golpeando a su paso la vegetación con una red entomológica. Se contó el número de las langostas observadas (n) y se midió la distancia desde la línea recorrida hasta la posición donde fueron encontradas las mismas (r). La densidad, tanto de *S. a. socorro* como de *S. p. piceifrons*, fue estimada con el índice de Gates (\hat{D}), de acuerdo con la siguiente ecuación (Southwood, 1978).

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

donde: \bar{r} es el promedio de las distancias entre el transecto y las langostas.

10.1.2. Resultados. No se detectaron langostas de Socorro con el método de Gates, lo cual provocó que su densidad registrada fuera de 0 ind/m² (Tabla 10.1). La densidad de langostas centroamericanas, *S. p. piceifrons*, varió de 0 ind/m² (registrada en octubre en el helechal, y en agosto en la pradera mixta) a 0.692 ind/m² en la pradera de *Senna* en octubre (Figura 10.1). Otro valor de alta densidad de langostas se registró en el matorral de *Croton* en agosto (Figura 10.1).

En la pradera mixta en los meses de agosto-diciembre se registran las densidades mas bajas; en contraste, en la pradera de *Senna* así como en el matorral de *Croton* estos tres meses son los que tienen las densidades más altas entre febrero y diciembre. Por su parte, en el helechal la densidad decreció de abril a octubre y en noviembre volvió a aumentar.

Con este informe se ofrece en un CD anexo, una base de datos con los índices de Gates obtenidos en cada sitio georreferenciado.

10.2. Estimaciones cuantitativas de la densidad de ninfas solitarias

10.2.1. Métodos. Para conocer la variación temporal en la densidad de ninfas de ambas especies de langostas presentes entre agosto y noviembre de 2004, se realizaron de 1 a 5 transectos de diversas magnitudes, donde se calculó el número de

ninfas en cuadros de $1 \times 1 \text{ m}^2$, en cuatro unidades paisajísticas del centro, sur y oriente de la isla (helechal de *Pteridium* [oriente de la isla], matorral de *Croton* [Subsector Naval], 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]). Se realizaron los transectos en las localidades mencionadas, en caso de encontrarse al menos una ninfa.

Tabla 10.1. Variación espacial y temporal de la densidad cuantitativa (No./m² ± e.e) estimada de individuos solitarios adultos de *Schistocerca piceifrons piceifrons* y de *S. americana socorro* en diversos tipos de vegetación de la isla Socorro empleando el método de Gates. Datos de febrero de 2004 a enero de 2005. *N* denota el número de transectos.

Tipo de vegetación	Fecha	N	Densidad (No./m ²)	
			<i>S. p. piceifrons</i>	<i>S. a. socorro</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
Pradera Mixta	enero	5	0.162 ± 0.142	0.0 ± 0.0
	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
Pradera de <i>Senna</i>	noviembre	5	0.001 ± 0.001	0.0 ± 0.0
	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 se trazó una parcela de $50 \times 50 \text{ m}^2$ por unidad paisajística dentro del cual se contó el número de ninfas en 25 cuadros de $1 \times 1 \text{ m}^2$.

En octubre se realizaron cinco transectos de 30 m de longitud por unidad paisajística, en los cuales se contó el número de ninfas en 15 cuadros de $1 \times 1 \text{ m}^2$. En noviembre se contó el número de ninfas en 40 cuadros de $1 \times 1 \text{ m}^2$ sobre un transecto de 50 m.

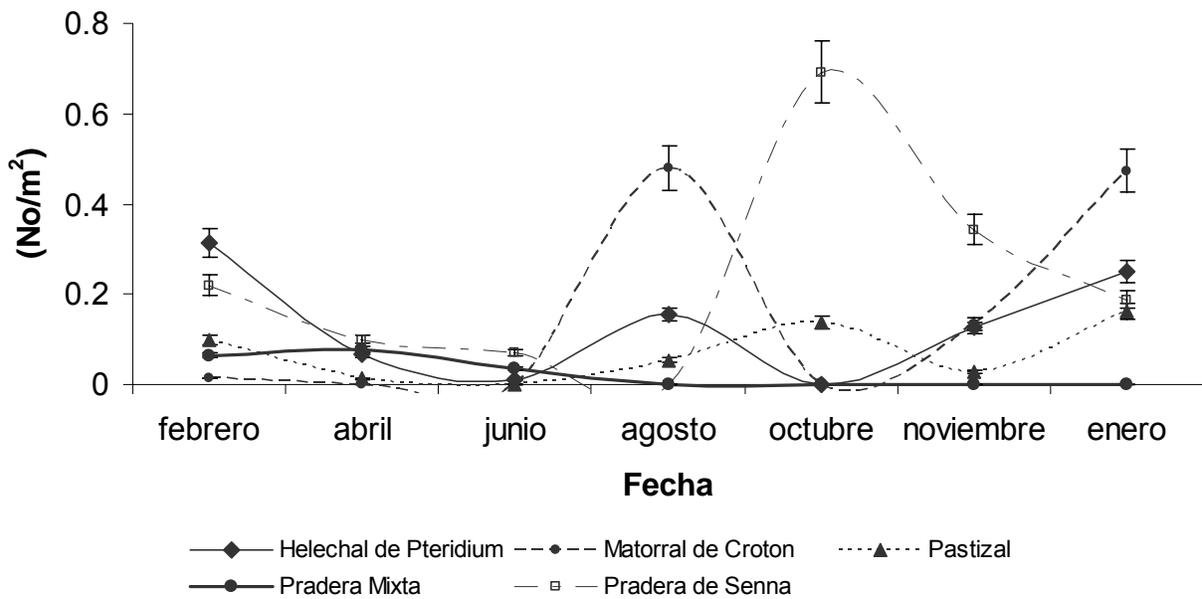


Figura 10.1. Variación espacial y temporal de la densidad cuantitativa (No. /m²) estimada de individuos solitarios adultos de *Schistocerca piceifrons piceifrons* en cinco tipos de vegetación de la isla Socorro de febrero de 2004 a enero de 2005. Datos obtenidos con el método de Gates.

10.2.2. Resultados. No se detectaron ninfas de la especie endémica en los transectos, esto provocó que su densidad registrada fuera de 0 ind/m² (Tabla 10.2). Los primeros dos estadios de las ninfas de la especie centroamericana 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/m²).

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/ m²). 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/m²) (Tabla 10.2).

10.3. Distribución y estimaciones cualitativas de la densidad de adultos solitarios.

10.3.1. Métodos. Para determinar la distribución de las langostas adultas, la abundancia por hábitats, así como para conocer la variación estacional de su abundancia, de febrero a diciembre de 2004 se ha recorrido el centro, sur, este y norte de la isla determinando la abundancia relativa de cada especie de langostas utilizando las categorías de abundancia cualitativa señalada en la Tabla 10.3.

Estas categorías se calibraron con los resultados obtenidos con el método de Gates. Se hicieron tantos registros como fuera posible registrando la localización de cada sitio con un geoposicionador y ubicándolos en un mapa.

Tabla 10.2. Variación espacial y temporal de la densidad de ninfas solitarias y gregarias de *S. p. piceifrons* en la isla Socorro. Datos de agosto a noviembre de 2004. S= solitarias, G= gregarias.

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

Tabla 10.3. Categorías usadas para estimar la densidad de langostas de manera cualitativa.

Valor categórico asignado	No. de langostas observadas en 30 m de recorrido	Marca media de clase (M_c)	Densidad estimada (No./100 m ²)
(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 + (*)	19.0 (*)	19.14

(*) 20 ha sido el valor máximo registrado.

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 media de cada clase (M_c), empleando como límites de los intervalos, las cantidades máximas y mínimas de langostas observadas en los 30 m de recorrido (ver Tabla 10.3). Posteriormente; se calculó el área promedio del muestreo en las líneas de Gates ($A= 94.56 \text{ m}^2$) empleando el promedio de las distancias a las que las langostas saltaron por unidad paisajística ($r = 1.576 \text{ m}$) y se calculó la densidad cualitativa estimada mediante la siguiente expresión:

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

10.3.2. Resultados. En los Mapas 9 a 15 se señalan las estaciones donde se registraron las categorías de densidad cualitativa de ambas especies de langostas en la isla Socorro en las siete salidas al campo realizadas. También, adjunto con este informe se anexa una base de datos que compila los datos de categorías cualitativas de densidad registrados en las tres salidas. Las poblaciones de *S. a. socorro* y las de *S. p. piceifrons* (en la fase solitaria) se encuentran distribuidas describiendo un patrón discreto dentro de las unidades paisajísticas revisadas y su abundancia se fue reduciendo paulatinamente. Por su parte, la distribución de las poblaciones de *S. a. socorro* se encuentran restringidas entre los paralelos $18^\circ 47'$ y $18^\circ 51'$ de latitud norte y entre los meridianos $110^\circ 55'$ y $110^\circ 59'$ de longitud oeste de la zona explorada.

La población de la langosta centroamericana registró valores de densidad cualitativa mucho mayores a los de la langosta de Socorro, excepto en la pradera mixta muestreada en junio, en el matorral de *Dodonaea*-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 10.4).

Se registraron ambas especies de langostas en el helechal, la pradera mixta, el matorral costero, en el bosque de *Ficus* y en el matorral de *Dodonaea*-helechal (Tabla 10.4). Los hábitats que presentaron baja o nula incidencia de langostas centroamericanas fueron el bosque de *Ficus*, el bosque de *Bumelia*, el matorral de

Croton, el matorral de *Psidium* y el matorral submontano, en tanto que los hábitats que presentaron nula incidencia de langostas de Socorro fueron el pastizal, la pradera de *Senna* y matorral costero (Tabla 10.4).

Tabla 10.4. Variación temporal y entre unidades paisajísticas (tipos de vegetación) de la densidad poblacional (No./100 m² ± e.e.) de dos especies de langostas (*Schistocerca americana socorro* y *S. piceifrons piceifrons*), en la isla Socorro. Datos obtenidos de adultos solitarios en seis salidas que se llevaron a cabo entre febrero y noviembre de 2004.

Tipo de vegetación	Densidad (No./100 m ²)	
	<i>S. a. socorro</i>	<i>S. p. piceifrons</i>
Febrero		
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	0.15 ± 0.2	2.08 ± 1.5
Matorral costero	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Croton</i>	0.0 ± 0.0	1.06 ± 1.4
Matorral de <i>Dodonaea</i>	0.0 ± 0.0	2.55 ± 1.0
Matorral de <i>Dodonaea-Opuntia</i>	0.0 ± 0.0	6.38 ± 2.2
Matorral submontano	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Matorral de <i>Psidium</i>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Pastizal	0.0 ± 0.0	11.43 ± 3.4
Pradera de <i>Senna</i>	0.0 ± 0.0	13.82 ± 1.2
Pradera Mixta	3.01 ± 1.2	5.49 ± 1.9
Abril		
Bosque de <i>Ficus</i>	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Bosque de <i>Bumelia</i>	0.0 ± 0.0	0.11 ± 1.0
Helechal	0.05 ± 1.2	3.24 ± 2.3
Matorral costero	0.88 ± 1.0	1.24 ± 1.1
Matorral de <i>Croton</i>	0.0 ± 0.0	0.26 ± 1.0
Matorral de <i>Dodonaea</i>	0.0 ± 0.0	1.06 ± 1.0
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	0.42 ± 1.0
Pastizal	0.0 ± 0.0	0.90 ± 1.0
Pradera de <i>Senna</i>	0.0 ± 0.0	8.86 ± 2.3
Pradera Mixta	0.18 ± 1.1	6.38 ± 1.3
Junio		
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>	1.06 ± 1.0	2.55 ± 1.5
Matorral costero	1.80 ± 1.3	2.76 ± 1.2
Matorral de <i>Croton</i>	0.0 ± 0.0	4.14 ± 1.4
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	0.0 ± 0.0	3.15 ± 1.3
Pradera de <i>Senna</i>	0.0 ± 0.0	19.14 ± 3.2
Pradera Mixta	6.38 ± 1.6	1.06 ± 1.2
Agosto		
Pastizal	0.0 ± 0.0	9.03 ± 3.5
Matorral de <i>Croton</i>	0.0 ± 0.0	17.13 ± 2.0
Asociación <i>Ficus</i> – <i>Dodonaea</i>	0.0 ± 0.0	1.06 ± 1.0
Pradera de <i>Aristolochia</i>	0.0 ± 0.0	19.14 ± 3.2
Octubre		
Pastizal	0.0 ± 0.0	19.14 ± 1.3
Matorral de <i>Croton</i>	0.0 ± 0.0	13.68 ± 2.0
Pradera de <i>Senna</i>	0.0 ± 0.0	19.14 ± 1.5

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

10.4. Estimación cuantitativa de la densidad y abundancia de adultos gregarios

10.4.1. Métodos. Debido a que los organismos de las mangas poseen una gran movilidad 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 la manga 2 de langostas en reposo el 20 de febrero (ver Mapa 4) sobre la aeropista. En este sitio, el 3 de marzo, 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 la manga 4 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 calculó la distancia entre puntos formándose una figura trapezoidal sobre el mapa, con lo cual se calculó su área calculando la distancia entre puntos y dividiendo el trapecoide en dos triángulos escalenos, a los cuales se les calculó el 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 la manga 17 al norte del "paradero" (sitio donde termina el camino de vehículos hacia el volcán) 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.

(2) Otro método utilizado fue el de marcaje-captura recaptura (Southwood, 1978). Para ello, se marcaron los individuos de la manga 5 el 29 de abril a 360 m al N del cráter (ver Mapa 2) con pintura de aceite y se llevó a cabo la recaptura de langostas al día siguiente, que fue cuando se avistó a la manga 6 (ver Mapa 5). Se calculó el índice de Lincoln que 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.

(3) El 22 de octubre se encontró una protomanga de individuos pre-reproductivos en reposo sobre el Matorral de *Croton* a 149 msnm en el camino a las grutas (ver Mapa 3). Para estimar su densidad por m² se trazaron dos cuadros de 50 × 50 m², dentro de los cuales, se eligieron 12 y 13 coordenadas, respectivamente. Se contó el número de langostas en el arbusto más cercano a la coordenada (NI). Posteriormente, alrededor de este arbusto se trazó un cuadro de 10 x 10 m², el cual a su vez se subdividió en cuatro cuadros de 5 x 5 m². Se procedió a contar el número de arbustos dentro de sólo uno de los cuadros de 5 x 5 m² (Na). El número de langostas por m² (N) se calculó mediante la siguiente expresión:

$$N = \frac{NI \times Na}{25}$$

10.4.2. Cuento de langostas muertas y mapeo de la manga en reposo. El 3 de marzo en la zona de la aeropista se calculó una densidad de $72.5 \pm e.e. 5.2$ langostas por m² ($N = 20$). Este es un dato que debe tomarse como una subestimación del valor

real debido a que los organismos de la manga 2 permanecieron 12 días en la aeropista entre el aplastamiento y el conteo, por lo que es probable que el desecamiento al sol y el arrastre del viento haya disminuido el número de individuos contados. Además, no se determinó el número de langostas que volaron al paso del vehículo.

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 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 una área de forma trapezoidal de 93,387 m². 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 la ubicación de la manga 17 en una cañada que, según la carta topográfica tiene una extensión aproximada de 1.0 × 0.5 km (= 500,000 m²). Si la densidad de langostas es similar a la de la manga 2, entonces se calcula una abundancia de $36.25 \pm 2.6 \times 10^6$ individuos en la manga 17.

10.4.3. Marcaje-captura-recaptura. 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 con 24 h de diferencia 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, lo cual corrobora de manera muy gruesa el dato obtenido en el punto anterior.

10.4.4. Conteo de adultos en arbustos. Se encontró 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 m² ($N=25$). Con lo anterior se pudo determinar que en promedio existen 40.85 adultos pre-reproductivos por m² en el matorral de *Croton masonii*.

10.5. Estimación cuantitativa de la densidad y abundancia de ninfas gregarias

10.5.1. Métodos. Se estimó el número de individuos de tres bandas de ninfas de segundo estadio encontradas en diferentes fechas de agosto. Se midió el largo de la extensión de cada banda, así como la anchura de ésta. La densidad de ninfas se

obtuvo midiendo la densidad de éstas en un cuadro ubicado a azar dentro de las bandas 1 y 3, ya que esto no se pudo llevar a cabo para la banda 2.

En los tres casos de bandas, el número de ninfas (N) se calculó como $N = D \times A$, siendo D la densidad de ninfas y A el área de extensión de la banda, suponiendo una forma rectangular.

10.5.2. Resultados. La primer banda se encontró el 27 de agosto 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 $13 \times 35 \text{ m}^2$ con una densidad de $1,267 \text{ ind/m}^2$. 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 sacar una aproximación de la densidad de la banda 2, la cual fue de $1,642.5 \text{ ind/m}^2$. La tercera banda se registró el 30 de agosto sobre el camino de terracería que conduce al cráter del Evermann en la zona donde atraviesa a la pradera de *Senna*. Las ninfas se encontraban saltando una detrás de otra en dirección sur, formando un continuo de 2.80 m de ancho por 120 m de largo (336 m^2). Se registró una densidad de $2,016.0 \text{ ind/m}^2$.

En la banda 1 se obtuvo un total de $576,485$ individuos, mientras que en la banda 2 se estimó un total de $55,277$ ninfas. Por su parte, para la banda 3 se calculó un total de $677,376$ ninfas, no obstante este es un número que debe de tomarse con cautela debido a que el ancho de la franja que abarcaban, así como la agregación de las ninfas variaba a través del camino, por lo cual es posible que este dato de ninfas en movimiento esté subestimado.

10.6. Patrón de distribución espacial de las ninfas de *S. p. piceifrons*

10.6.1. Métodos. Para conocer el patrón de distribución espacial de las ninfas de *S. p. piceifrons* en las unidades de vegetación donde se presentaron ninfas en una densidad considerable, se calculó la razón varianza/media (s^2/μ) para conocer el cociente de agregación. En cada tipo de vegetación se trazaron 1 a 5 transectos de $1 \times 50 \text{ m}^2$ donde se seleccionaban de 15 a 40 cuadros de $1 \times 1 \text{ m}^2$. Posteriormente se probó si

estos valores diferían significativamente de 1 aplicando pruebas de ji^2 sobre una distribución Poisson esperada.

10.6.2. Resultados. Las ninfas, en general, presentaron un patrón de distribución agregado, excepto las ninfas de cuarto y quinto estadio del transecto V de la pradera de *Senna*. En el caso de las ninfas de cuarto y quinto estadio de la pradera de *Senna* muestreada en octubre y las ninfas de quinto estadio encontradas en la pradera de *Senna* muestreada en noviembre, su patrón de distribución espacial no difirió significativamente del aleatorio (Tabla 10.5). Las densidades de ninfas registradas variaron de 3.65 ninfas/m² en la Pradera de *Senna* muestreadas en noviembre, a 91.96 ninfas/m² muestreadas en la misma pradera en agosto.

Tabla 10.5. 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 del 2004.

Tipo de vegetación	Localización	Densidad (No./m ² ± e.e)	s ² /μ	No. cuadros	Estadio	Patrón ¹
Agosto						
Matorral de <i>Croton</i>	Lado W del Subsector	24.16 ± 13.12	178.16	25	1°-2°	Agregado
Pradera de <i>Senna</i>	Camino al Evermann	91.96 ± 22.57	138.53	25	1°-2°	Agregado
Octubre						
Pradera de <i>Senna I</i>	Camino al Evermann	12.27 ± 3.179	12.36	15	4°-5°	Agregado
Pradera de <i>Senna II</i>	Camino al Evermann	16.27 ± 2.8	7.23	15	4°-5°	Aleatorio
Pradera de <i>Senna III</i>	Camino al Evermann	33.4 ± 7.16	23.02	15	4°-5°	Agregado
Pradera de <i>Senna IV</i>	Camino al Evermann	70 ± 9.76	20.40	15	4°-5°	Agregado
Pradera de <i>Senna V</i>	Camino al Evermann	60.47 ± 9.7	23.33	15	4°-5°	Agregado
Noviembre						
Pradera de <i>Senna</i>	Camino al Evermann	3.65 ± 0.344	1.30	40	5°	Aleatorio

¹ prueba de χ^2 ajustada para la distribución Binomial de Poisson

XI. ECOLOGÍA DE LA OVIPOSICIÓN

11.1. Selección de sitio de oviposición en campo

11.1.1. Métodos. Con el fin de detectar los sitios de oviposición de ambas especies de langostas en cada una de las siete salidas se tamizaron entre 4 y 20 muestras de suelo en cada uno de las unidades paisajísticas 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 entre febrero de 2004 y enero de 2005 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.

11.1.2. Resultados. Entre el 18 y 20 de agosto de 2004 se registraron hembras de la langosta centroamericana con una coloración corporal amarilla ovipositando en la pradera de *Senna*, en un sitio cubierto por *Croton masonii* y en otro sitio camino al monte Evermann con presencia de *Dodonaea-Cordia-Ficus*. En el Mapa 14 se ofrece la representación espacial de los sitios de oviposición de *S. p. piceifrons* observados en agosto de 2004. En estos sitios se observó que la hembra no deposita sus huevos desde el primer intento de oviposición y registra una actitud indagatoria en el suelo en la cual realiza $24 \pm e.e.$ 16 ensayos de oviposición ($N= 10$ hembras). Al igual que otras especies de ortópteros, el principal órgano sensorial involucrado en la selección del sitio de oviposición es el ovipositor (Castellanos-Vargas, 2001, 2003). Probablemente, la primera fase de el reconocimiento del hábitat para los huevos sea realizado mediante los quimiorreceptores antenales, los cuales pueden ser estimulados mediante la emisión de algún compuesto aromático procedente del sustrato que le indica ala hembra el sitio más adecuado para la oviposición.

Por otro lado, solamente en condiciones de cautiverio se ha detectado la oviposición de las hembras de la especie endémica han ovipositado. Este suceso se dio entre el 6 y 7 de diciembre de 2004 a bordo del barco. De acuerdo con las localidades en donde estos ejemplares fueron colectados entre noviembre y diciembre, es posible que los sitios de oviposición de *S. a. socorro* se encuentren dentro de la vereda que va a Playa Norte en el oriente de la isla sobre la cota de los 300 m de altitud. En estos ambientes se pudo apreciar que las hembras de la especie endémica saltaban enfrente del observador, pero dada su coloración mimética, se dificultaba su localización y solamente se podía tener una mejor percepción de su presencia, hasta que salían huyendo. Asimismo, en tres ocasiones distintas en este mismo ambiente se observó que de un mismo punto en el suelo las langostas salían huyendo en tándem, lo cual puede sugerir la existencia de conducta de resguardo postcopulatoria que se extiende hasta el momento de la oviposición. Se sugiere que los sitios de oviposición de la especie endémica deben ser principalmente micrositos sombreados de las partes más

húmedas del ecosistema insular (helechales del oriente de la isla y del camino al monte Evermann, la pradera mixta, el matorral submontano, el bejucal y el matorral costero de las inmediaciones de Playa Norte), no obstante esto necesita ser corroborado con más observaciones de campo.

11.2. Estimación de la densidad y del patrón de distribución espacial de las ootecas de *S. p. piceifrons*

11.2.1. Métodos. Con el objeto de obtener una estimación de la densidad de ootecas en el matorral de *Croton* y en el matorral de *Dodonea-Cordia* se seleccionaron, en 4 y 2 parcelas, respectivamente, de 5 a 10 muestras de suelo de 30 x 30 cm² y de 20 cm de profundidad. Las parcelas tuvieron un tamaño 50 x 50 m² o de 3 x 3 m². Se registró la compactación del suelo con un penetrómetro de cono, así como la humedad y el pH con un multímetro edafológico. Las muestras se tamizaron *in situ* con una malla de 5 mm de apertura de diámetro y las ootecas encontradas fueron llevadas al laboratorio para tomar algunos datos morfométricos y para observar la eclosión.

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/μ) de ootecas en cada tipo de vegetación muestreado y se probó si los valores diferían significativamente de 1 aplicando pruebas de jj^2 (Zar, 1999).

11.2.2. Resultados. La densidad de ootecas varió de 2.22 ± 2.22 en el matorral de *Croton* a 235.56 ± 123.25 ootecas/m² en el matorral de *Dodonea-Cordia* (Tabla 11.1). Por otra parte, el patrón de distribución espacial de las ootecas de la especie centroamericana en las dos localidades estudiadas resultó ser aleatorio (Tabla 11.2), pero esto debe ser corroborado, dado el pequeño tamaño de muestra.

11.3. Relaciones morfométricas entre ootecas y huevos de ambas especies

11.3.1. Métodos. Las ootecas con sus tapones encontradas en el campo se llevaron al laboratorio donde se registró su largo y anchura; representada esta última por el diámetro medio de la ooteca. Posteriormente, se disgregaron sumergiéndolas en una solución de hipoclorito de sodio al 10% durante 24 h, según la técnica de Serrano-

Limón y Ramos-Elorduy (1989), para contar el número de huevos y medir la longitud y anchura de cada uno.

El tamaño de las ootecas, los tapones, el promedio de huevos por ooteca y el tamaño de los huevos fueron comparados entre especies aplicando pruebas de *t*. Adicionalmente se obtuvieron los coeficientes de regresión y de determinación para las variables morfométricas de los huevos por especie.

Tabla 11.1. Densidad de ootecas (No./m² ± e.e) de *S. p. piceifrons* encontradas en agosto en dos unidades paisajísticas de la isla Socorro. *N* denota el número de cuadros de 30 x 30 cm² revisados en cada ambiente.

Tipo de vegetación	Localización	<i>N</i>	Tamaño de la parcela (m ²)	Densidad (No./m ² ± e.e)
Matorral de <i>Croton</i> I	Lado O del Subsector	10	50 × 50	6.66 ± 3.77
Matorral de <i>Croton</i> II	Lado O del Subsector	5	3 × 3	2.22 ± 2.22
Matorral de <i>Croton</i> III	Lado O del Subsector	5	3 × 3	2.22 ± 2.22
Matorral de <i>Croton</i> IV	Lado O del Subsector	10	3 × 3	3.33 ± 3.33
Matorral de <i>Dodonea-Cordia</i> I	Camino al Evermann	10	50 × 50	88.88 ± 51.16
Matorral de <i>Dodonea-Cordia</i> II	Camino al Evermann	5	3 × 3	235.56 ± 123.25

Tabla 11.2. Patrón de distribución espacial de las ootecas de *S. p. piceifrons* en dos localidades de la isla Socorro obtenidas en agosto del 2004.

Tipo de vegetación	Localización	Densidad (No./m ² ± e.e)	S ² /μ	Patrón ¹
Matorral de <i>Croton</i> I	Lado W del Subsector	6.7 ± 3.8	1.926	Aleatorio
Matorral de <i>Croton</i> II	Lado W del Subsector	235.6 ± 123.2	29.01	Aleatorio
Matorral de <i>Dodonea-Cordia</i> I	Camino al Evermann	88.9 ± 51.2	26.5	Aleatorio

¹prueba de χ^2 ajustada para la distribución Binomial de Poisson

11.3.2. Resultados. No se encontraron diferencias significativas entre especies en los tamaños de las ootecas (*S. p. piceifrons*= 3.48 cm ± e.e. 0.16, *N*= 30 ootecas; *S. a. socorro*= 2.31 cm ± e.e. 0.096, *N*= 4 ootecas; $t = 2.11 \times 10^{-6}$ *P*= 0.99), ni en la longitud de los tapones esponjosos que recubren a las ootecas (*S. p. piceifrons*= 3.02 cm ± e.e. 0.18, *N*= 30 tapones; *S. a. socorro*= 2.26 cm ± e.e. 0.098, *N*= 4 tapones; $t = 0.23$ *P*= 0.98).

Las ootecas de *S. p. piceifrons* tienen 55.7 huevos en promedio (*N*= 30 ootecas), mientras que las ootecas de *S. a. socorro* tienen 15.5 huevos en promedio (*N*= 4 ootecas).

Tampoco se encontraron diferencias significativas en el tamaño (largo y anchura) de los huevos de ambas especies de langostas (Largo: **S. p. piceifrons**= 5.68 mm ± e.e. 0.13, N= 45 huevos; **S. a. socorro**= 5.74 mm ± e.e. 0.0001, N= 15 huevos; $t= 0.63$ $P= 0.53$; Anchura: **S. p. piceifrons**= 1.32 mm ± e.e. 0.035, N= 45 huevos y **S. a. socorro**= 1.34 mm ± e.e. 6.4×10^{-5} , N= 15 huevos; $t= 0.45$ $P= 0.65$).

Para los huevos de ambas especies de langostas se encontraron correlaciones negativas y significativas entre el largo y su anchura (**S. p. piceifrons**: $r= -0.115$, g.l.= 44, $P< 0.05$; **S. a. Socorro**: $r= -0.178$, g.l.= 14, $P< 0.05$).

11.4. Análisis edáfico de los sitios de oviposición

11.4.1. Métodos. Las muestras edáficas con y sin ootecas obtenidas en el inciso 11.2.1. se depositaron en botes de plástico de 1 l se les transportó al laboratorio debidamente etiquetadas, y ahí se eligieron al azar 20 muestras (10 con ootecas y 10 sin ootecas) y se les aplicaron las pruebas edáficas de gabinete que se indican a continuación.

a) *Preparación.* Se llevó a cabo el *secado*, la *molienda* y el *tamizado* de las muestras.

b) *Color.* Se realizó en seco y húmedo por comparación empleando las tablas de color de Munsell (1992).

c) *Densidad aparente (D.A.).* Se evaluó siguiendo el método de la probeta (Baver y Gardenier, 1980; Redondo-Arámburo, 1988).

d) *Densidad real (D.R.).* Se evaluó empleando el método del picnómetro (Baver y Gardenier, 1980; Gandoy-Bernasconi, 1991).

e) *Porosidad (%P).* El % de porosidad se evaluó mediante la siguiente ecuación:

$$\% P = \left(1 - \left(\frac{D.A.}{D.R.} \right) \right) 100$$

f) *Textura.* Se evaluó empleando el método del hidrómetro de Bouyoucos (1927).

g) *Humedad (%H).* Se midió en el campo empleando un multímetro edafológico.

h) *pH.* Se midió en el campo empleando un multímetro edafológico, así como también en el laboratorio empleando un potenciómetro Black Zeromatic con electrodos de vidrio y un buffer 1N pH 7 para ajustar las lecturas. También se usó una mezcla de suelo y

agua destilada hervida en relación 1:2.5 y una solución de cloruro de potasio (KCl) 1N pH 7 relación 1:2.5.

i) *Materia orgánica (%MO)*. Se evaluó en el laboratorio mediante el método de Walkley y Black (1934).

Con el objetivo de determinar la existencia de diferencias significativas entre los sitios usados para la oviposición y los no usados, se aplicaron pruebas de t de student para comparar entre pares de promedios de las características edafológicas.

Previamente a la realización de las pruebas estadísticas, los valores porcentuales de algunas características edáficas tales como la porosidad, la textura, la humedad, y la materia orgánica fueron corregidos como $x' = \arcsen \sqrt{x}$, ya que los porcentajes no siguen una distribución normal (Zar, 1999). Por otra parte, las densidades aparente y real, así como el pH fueron normalizados aplicándoles una corrección logarítmica (Zar, 1999).

Originalmente se pretendía conocer el efecto de cada uno de los sitios sobre las características edáficas mediante un ANDeVA de una vía, esto no fue posible debido a que para algunas localidades no se tenía un tamaño de muestra que permitiera hacer las comparaciones necesarias y lo suficientemente robustas y confiables.

Los resultados de los análisis edáficos, para las muestras con y sin ootecas de *S. p. piceifrons*, se ofrecen en una base de datos en un CD anexo.

11.4.2. Resultados.

11.4.2.1. *Color*. A pesar de que las muestras edafológicas procedían de tres ambientes diferente de la isla Socorro, (matorral de *Ficus-Cordia-Dodonaea*, matorral de *Croton* y matorral de *Dodonaea-Cordia*), el color no varió entre las muestras con y sin ootecas. El color en seco en todos los casos fue 7.5 YR 3/2, 10 YR 3/3 o bien, 10 YR 4/3 a todos estos valores les corresponde la tonalidad café oscuro. Por su parte, el color de estos mismos suelos humedecidos fue en todos los casos 10 YR 2/2, esto es café oscuro a muy oscuro.

11.4.2.2. *Densidad aparente*. El valor promedio global de la *D.A.* en los tres sitios de oviposición estudiados fue de $1.16 \pm e.e. 0.003 \text{ g/cm}^3$ y no varió entre las muestras con y sin ootecas, ni por ambientes (Tabla 11.3).

Tabla 11.3. Variación de la densidad aparente en tres sitios de oviposición de *S. p. piceifrons* en la isla Socorro. Se muestra el valor promedio para las muestras con y sin ootecas por sitios. *N* denota el número de muestras analizadas.

Sitio de oviposición	densidad aparente (g/cm ³) ± e.e. (N)		t	g.l.	P
	Muestras con ooteca	Muestras sin ooteca			
<i>Ficus-Cordia-Dodonaea</i>	1.16 ± 0.025 (4)	1.20 ± 0.008 (3)	0.40	18	0.69
Matorral de <i>Croton</i>	1.17 ± 0.007 (4)	1.15 ± 0.007 (4)	0.10	18	0.91
<i>Dodonaea-Cordia</i>	1.14 ± 0.005 (2)	1.17 ± 0.01 (3)	0.11	18	0.91

11.4.2.3. *Densidad real.* El valor promedio global de la *D.R.* de los tres sitios de oviposición fue de 1.58 ± 0.002 g/cm³ y no varió entre las muestras con y sin ootecas, ni por ambientes (Tabla 11.4).

Tabla 11.4. Variación de la densidad real en tres sitios de oviposición de *S. p. piceifrons* en la isla Socorro. Se muestra el valor promedio para las muestras con y sin ootecas por sitios. *N* denota el número de muestras analizadas.

Sitio de oviposición	densidad real (g/cm ³) ± e.e. (N)		t	g.l.	P
	Muestras con ooteca	Muestras sin ooteca			
<i>Ficus-Cordia-Dodonaea</i>	1.58 ± 0.002 (4)	1.60 ± 0.008 (3)	0.87	18	0.42
Matorral de <i>Croton</i>	1.59 ± 0.005 (4)	1.58 ± 0.007 (4)	0.22	18	0.83
<i>Dodonaea-Cordia</i>	1.57 ± 0.005 (2)	1.59 ± 0.006 (3)	0.11	18	0.91

11.4.2.4. *Porosidad.* El valor promedio global de la porosidad de los tres sitios de oviposición fue del 26.8 ± 0.10 % y no varió entre las muestras con y sin ootecas, ni por ambientes (Tabla 11.5).

11.4.2.5. *Fracciones texturales.* El promedio global del porcentaje de arena en los tres sitios de oviposición fue 57.22 ± 1.91 % por su parte, el promedio global del porcentaje de limo fue 29.25 ± 1.52 %, mientras que el promedio global del porcentaje de arcillas fue de 13.52 ± 0.60 %. En los tres casos, las fracciones texturales de los sitios de oviposición no variaron entre las muestras con y sin ootecas, ni por ambientes (Tabla 11.6). Se encontró que en los tres sitios de oviposición, los grupos texturales a los que pertenecen los suelos de estos ambientes son el franco y el migajon arenoso, ya que el

porcentaje de arena es superior al 50% en las muestras, lo cual seguramente se debe al origen volcánico del suelo.

Tabla 11.5. Variación de la porosidad (%) en tres sitios de oviposición de *S. p. piceifrons* en la isla Socorro. Se muestra el valor promedio para las muestras con y sin ootecas por sitios. *N* denota el número de muestras analizadas.

Sitio de oviposición	% de porosidad \pm e.e. (<i>N</i>)		t	g.l.	<i>P</i>
	Muestras con ooteca	Muestras sin ooteca			
<i>Ficus-Cordia-Dodonaea</i>	26.6 \pm 0.13 (4)	27.2 \pm 0.15 (3)	0.06	18	0.95
Matorral de <i>Croton</i>	26.5 \pm 0.24 (4)	27.1 \pm 0.12 (4)	0.05	18	0.95
<i>Dodonaea-Cordia</i>	27.3 \pm 0.08 (2)	26.5 \pm 0.32 (3)	0.14	18	0.89

11.4.2.6. *Humedad edáfica*. El promedio global del porcentaje de humedad edáfica en los tres sitios de oviposición fue $37.35 \pm 3.56\%$ y no varió entre las muestras con y sin ootecas, ni por ambientes (Tabla 11.7).

11.4.2.7. *pH*. El promedio global de la acidez del sustrato evaluada directamente los sitios de oviposición fue de 5.6 ± 0.15 . Los promedios globales de la acidez evaluada en el laboratorio con una disolución de suelo en agua destilada hervida a razón de 1:2.5 y por su parte, en una solución de cloruro de potasio (KCl) 1N pH 7 también a relación 1:2.5 revelaron un valor de 5.5 ± 0.1 y 4.5 ± 0.05 . En la Tabla 7.8 se puede apreciar que la lectura más alcalina se registró en el campo, mientras que la más ácida se obtuvo en el laboratorio con la solución de KCl 1:25. La lectura más consistente se obtuvo con la disolución con agua destilada hervida.

11.4.2.8. *Compactación*. El promedio global de la dureza del suelo o compactación del sustrato, evaluada directamente los tres sitios de oviposición, fue de 0.45 ± 0.005 lb/pul² y no varió entre las muestras con y sin ootecas, ni por ambientes (Tabla 11.9).

11.4.2.9. *Materia orgánica*. El promedio global de la materia orgánica en los suelos de los tres sitios de oviposición fue de $13.04 \pm 0.15\%$ y no varió entre las muestras con y sin ootecas, ni por ambientes (Tabla 11.10).

Tabla 11.6. Variación de los porcentajes de arena, limo y arcilla en tres sitios de oviposición de *S. p. piceifrons* en la isla Socorro. Se muestra el valor promedio para las muestras con y sin ootecas por sitios. *N* denota el número de muestras analizadas.

Sitio de oviposición	% ± e.e. (N)		<i>t</i>	g.l.	<i>P</i>
	Muestras con ooteca	Muestras sin ooteca			
Arena					
<i>Ficus-Cordia-Dodonaea</i>	62.5 ± 0.31 (4)	62.6 ± 0.42 (3)	0.98	18	0.36
Matorral de <i>Croton</i>	58.0 ± 5.16 (4)	49.6 ± 4.85 (4)	0.28	18	0.78
<i>Dodonaea-Cordia</i>	47.7 ± 5.95 (2)	60.1 ± 3.76 (3)	0.23	18	0.83
Limo					
<i>Ficus-Cordia-Dodonaea</i>	25.1 ± 0.61 (4)	23.3 ± 0.23 (3)	0.04	18	0.96
Matorral de <i>Croton</i>	29.0 ± 4.25 (4)	34.7 ± 3.41 (4)	0.33	18	0.74
<i>Dodonaea-Cordia</i>	37.7 ± 2.15 (2)	27.9 ± 3.38 (3)	0.09	18	0.93
Arcilla					
<i>Ficus-Cordia-Dodonaea</i>	12.2 ± 0.45 (4)	14.2 ± 0.60 (3)	0.06	18	0.95
Matorral de <i>Croton</i>	12.9 ± 1.16 (4)	15.5 ± 2.08 (4)	0.32	18	0.75
<i>Dodonaea-Cordia</i>	14.5 ± 3.80 (2)	11.9 ± 0.39 (3)	0.52	18	0.57

Tabla 11.7. Variación del % de humedad edáfica en tres sitios de oviposición de *S. p. piceifrons* en la isla Socorro. Se muestra el valor promedio para las muestras con y sin ootecas por sitios. *N* denota el número de muestras analizadas.

Sitio de oviposición	% de humedad edáfica ± e.e. (N)		<i>t</i>	g.l.	<i>P</i>
	Muestras con ooteca	Muestras sin ooteca			
<i>Ficus-Cordia-Dodonaea</i>	53.7 ± 6.88 (4)	48.3 ± 1.66 (3)	0.49	18	0.64
Matorral de <i>Croton</i>	20.2 ± 8.29 (4)	35.2 ± 4.23 (4)	0.17	18	0.86
<i>Dodonaea-Cordia</i>	13.5 ± 0.5 (2)	46.0 ± 3.05 (3)	0.007	18	0.99

11.5. Selección del sitio de oviposición en un gradiente de textura edáfica

11.5.1. Métodos. Con la finalidad de conocer cuál es la textura edáfica que las hembras seleccionan para ovipositar, durante la tercera visita a la isla Socorro (entre junio y julio de 2004) se recolectaron varias parejas de la especie centroamericana que habían comenzado a volar en tándem y se observó su conducta de cópula hacia la 2a. quincena de junio. A estos organismos se les mantuvo encerrados en parejas para garantizar que todas hubieran copulado y las hembras estuvieran fecundadas. Durante esa misma salida, en la pradera de *Senna* se tamizaron varias muestras de suelo

usando los siguientes diámetros de apertura: 2.0, 0.5, 0.2, 0.1, 0.07, 0.03, 0.006 y 0.004 mm. Cada una de las fracciones separadas fue empaquetada de forma individual y debidamente etiquetada para su traslado al laboratorio. Para determinar el efecto de la textura en las preferencias de oviposición de las especies, en una caja de 50 × 25 × 25 cm se colocaron nueve divisiones en el fondo empleando barreras plásticas. Cada una de las divisiones de la caja fue llenada a 5 cm con cada una de las fracciones separadas, en la caja se colocó una pareja de langostas y se les dejó en el dispositivo hasta que la hembra ovipositó. Este experimento solamente contó con nueve repeticiones y tuvo una duración de siete días (del 4 al 10 de agosto de 2004), diariamente se registraba la fracción de suelo empleado por las hembras para ovipositar.

Tabla 7.8. Variación del nivel de acidez edáfica con tres técnicas diferentes de lectura aplicadas para muestras de tres sitios de oviposición de *S. p. piceifrons* en la isla Socorro. Se muestra el valor promedio para las muestras con y sin ootecas por sitios. *N* denota el número de muestras analizadas.

Sitio de oviposición	pH ± e.e. (<i>N</i>)		<i>t</i>	g.l.	<i>P</i>
	Muestras con ooteca	Muestras sin ooteca			
registrado en campo					
<i>Ficus-Cordia-Dodonaea</i>	5.3 ± 0.36 (4)	5.4 ± 0.68 (3)	0.93	18	0.39
Matorral de <i>Croton</i>	6.1 ± 0.27 (4)	5.8 ± 0.31 (4)	0.61	18	0.56
<i>Dodonaea-Cordia</i>	5.2 ± 0.15 (2)	5.6 ± 0.1 (3)	0.19	18	0.85
registrado con H₂O destilada 1:2.5			<i>t</i>	g.l.	<i>P</i>
<i>Ficus-Cordia-Dodonaea</i>	5.7 ± 0.24 (4)	5.5 ± 0.03 (3)	0.99	18	0.70
Matorral de <i>Croton</i>	5.8 ± 0.36 (4)	5.5 ± 0.04 (4)	0.40	18	0.69
<i>Dodonaea-Cordia</i>	5.0 ± 0.0 (2)	5.5 ± 0.1 (3)	0.03	18	0.97
registrado con KCl 1N pH 7			<i>t</i>	g.l.	<i>P</i>
<i>Ficus-Cordia-Dodonaea</i>	4.7 ± 0.25 (4)	4.5 ± 0.0 (3)	0.39	18	0.71
Matorral de <i>Croton</i>	4.4 ± 0.025 (4)	4.5 ± 0.02 (4)	0.09	18	0.92
<i>Dodonaea-Cordia</i>	4.5 ± 0.0 (2)	4.4 ± 0.08 (3)	0.74	18	0.51

Tabla 11.9. Variación de la compactación edáfica lb/pul² en tres sitios de oviposición de *S. p. piceifrons* en la isla Socorro. Se muestra el valor promedio para las muestras con y sin ootecas por sitios. *N* denota el número de muestras analizadas.

Sitio de oviposición	compactación (lb/pul ²) ± e.e. (<i>N</i>)		<i>t</i>	g.l.	<i>P</i>
	Muestras con ooteca	Muestras sin ooteca			
<i>Ficus-Cordia-Dodonaea</i>	0.46 ± 0.009 (4)	0.40 ± 0.01 (3)	0.42	18	0.68
Matorral de <i>Croton</i>	0.44 ± 0.016 (4)	0.46 ± 0.007 (4)	0.52	18	0.61
<i>Dodonaea-Cordia</i>	0.47 ± 0.01 (2)	0.42 ± 0.003 (3)	0.10	18	0.92

Tabla 11.10. Variación del % de materia orgánica en tres sitios de oviposición de *S. p. piceifrons* en la isla Socorro. Se muestra el valor promedio para las muestras con y sin ootecas por sitios. *N* denota el número de muestras analizadas.

Sitio de oviposición	% de materia orgánica ± e.e. (<i>N</i>)		<i>t</i>	g.l.	<i>P</i>
	Muestras con ooteca	Muestras sin ooteca			
<i>Ficus-Cordia-Dodonaea</i>	13.0 ± 0.0 (4)	13.1 ± 0.5 (3)	0.42	18	0.69
Matorral de <i>Croton</i>	12.4 ± 0.30 (4)	12.9 ± 0.40 (4)	0.39	18	0.70
<i>Dodonaea-Cordia</i>	13.0 ± 0.5 (2)	13.1 ± 0.28 (3)	0.80	18	0.48

Cada una de las fracciones de suelo fue etiquetada en función de sus marcas medias de clase, las cuales fueron calculadas como el promedio de dos diámetros de malla consecutivos, y para el caso de las fracciones de 2.0 mm de diámetro, todas las partículas con tamaños superiores a 3 mm fueron extraídas manualmente. Si una hembra ovipositaba más de una vez se registraba el promedio de las marcas medias de clase de los intervalos de tamaño de las partículas correspondiente a cada ooteca depositada. Las marcas medias de clase fueron normalizadas aplicando una corrección logarítmica (Zar, 1999), posteriormente con ellas se aplicaron dos ANdeVA de una vía, uno para determinar el efecto de la fecha de oviposición sobre la partícula elegida y otro para determinar el efecto de la hembra en la selección de las partículas.

Los dispositivos del experimento se mantuvieron en condiciones ambientales del laboratorio, a las langostas se les proporcionó agua y alimento *ad libitum* conformado por 20 g de hojas de lechuga. El agua y el alimento se les cambió cada dos días y eran depositados en uno de los extremos de la caja para evitar que obstruyeran el acceso a

las porciones de suelo que se les habían ofrecido. En la medida de lo posible, la humedad de cada fracción de suelo se mantuvo entre el 15 y 20%, en caso de que alguna hembra muriera durante el experimento no se le sustituía, pues la cantidad y disponibilidad de hembras fue un factor limitante para el experimento.

11.5.2. Resultados. A lo largo del experimento, entre el 4 y el 10 de agosto de 2004, cuatro hembras de la especie centroamericana ovipositaron una sola vez, tres hembras ovipositaron dos veces y dos hembras ovipositaron en tres distintas ocasiones. Bajo condiciones de laboratorio se logró establecer que las hembras de la especie centroamericana registran conducta indigadora en el sustrato y realizan 24 ± 16 ensayos de oviposición. Se encontró que las hembras de la especie centroamericana son capaces de ovipositar en cualquiera de las partículas que se les ofrecieron. Las partículas que más frecuentemente fueron usadas para la oviposición ($N= 3$ veces) fueron las de 0.15 y 0.018 mm (Figura 11.1).

Diámetro de la partícula (mm)	0.002	1	Frecuencia de uso
	0.005	1	
	0.018	111	
	0.05	1	
	0.08	1	
	0.15	111	
	0.35	11	
	1.25	1	
	1.5	11	
	2.5	11	

Figura 11.1. Diagrama de tallo y hoja para representar la frecuencia con que cada una de las partículas edáficas fue usada para la oviposición por *S. p. piceifrons* en condiciones de laboratorio. Cada “1” representa una ooteca depositada en esa fracción de textura. Las hembras ovipositaron en prácticamente todas las fracciones del suelo que se les ofrecieron. $N= 17$ ootecas.

11.6. Selección del sitio de oviposición en un gradiente de humedad edáfica

11.6.1. Métodos. Con la finalidad de conocer los niveles de humedad edáfica que *S. p. piceifrons* utiliza en la isla Socorro para ovipositar se realizó lo siguiente. En una caja de $50 \times 25 \times 25$ cm se colocaron 5 cm de suelo esterilizado sin tamizar procedente de la pradera de *Senna*. Empleando barreras plásticas, en esta caja se ajustaron 11 divisiones en el fondo, herméticamente selladas para evitar el paso de humedad entre los compartimientos. Posteriormente, a cada una de las subdivisiones de la caja y a cada una de las secciones de suelo, se le agregó diferente cantidad de agua, de tal

forma que se registrara un incremento gradual en la humedad edáfica de 0 al 100% (una categoría por subdivisión), con un medidor de humedad Lincoln mod. 68596. En este dispositivo se colocó a una pareja de langostas centroamericanas colectadas entre junio y julio. Se les dejó en este diseño experimental hasta que la hembra ovipositó. Diariamente se revisaban los niveles de humedad en cada una de las celdas a las 0700, a las 1200 y a las 1900. Este experimento contó con nueve réplicas y tuvo una duración de 10 días entre el 4 y 13 de agosto de 2004. Este experimento se mantuvo en las mismas condiciones descritas en el capítulo 7.5. Diariamente se registraba la fracción de suelo empleado por las hembras para la oviposición. Si una hembra moría durante las observaciones no se reemplazaba con otra. En este caso los niveles de humedad edáfica fueron corregidos como $x' = \arcsen \sqrt{x}$, ya que los porcentajes no siguen una distribución normal (Zar, 1999). Con los datos corregidos se realizaron dos ANDeVA de una vía. Uno con la finalidad de conocer el efecto de la fecha de oviposición sobre la selección de algún nivel de humedad edáfica, mientras que con el otro se evidenciaría el efecto de las hembras sobre la selección de un sitio.

11.6.2. Resultados. De manera consistente con el experimento anterior, en este estudio se siguió observando el despliegue conductual de la actividad indagatoria, en la cual la hembra recorre varias veces el recipiente para bucar el mejor sitio para dejar sus huevos. Probablemente, la primera fase de el reconocimiento del hábitat para los huevos sea realizado mediante los quimiorreceptores antenales, los cuales pueden ser estimulados mediante la emisión de algún compuesto aromático procedente del sustrato húmedo. En este experimento tres hembras ovipositaron una sola vez, cuatro ovipositaron dos veces y dos lo hicieron en tres ocasiones.

De manera consistente con el experimento de textura se encontró que las hembras de la especie centroamericana son capaces de depositar sus huevos prácticamente en cualquier nivel de humedad edáfica, pero este suceso fue más frecuente ($N= 3$ veces) en las porciones de suelo con niveles de humedad entre 40 y 60% (Figura 11.2). Usando un modelo de equidistribución, se tienen diferencias marginalmente significativas en la distribución de ootecas (40-60% de humedad vs resto de humedades: $\chi^2 = 3.355$, g.l. = 1, $P < 0.1$).

% de Humedad edáfica	Frecuencia de uso
0	1
10	1
20	1 1
30	1
40	1 1 1
50	1 1
60	1 1 1
70	1 1
80	1 1
90	
100	

Figura 11.2. Diagrama de tallo y hoja para representar la frecuencia con que cada uno de los niveles de humedad edáfica fue usado para la oviposición de la especie centroamericana en condiciones de laboratorio. Cada 1 representa una ooteca depositada en cada fracción de humedad. Las hembras ovipositaron en prácticamente todas los niveles de humedad edáfica menores a 90%.

XII. RELACIÓN DE LOS CICLOS DE VIDA CON FACTORES CLIMÁTICOS

En la isla Socorro se colocaron tres sensores automáticos de temperatura y humedad (Onset Mod. HOBO H8, Pocasset, Massachusetts). Las ubicaciones de los sensores se muestran en la tabla 12.1. Los sensores se programaron para tomar datos cada 15 min. Los sensores no pudieron quedarse desde la primera salida debido a problemas administrativos. El sensor 3 no se colocó desde la primera salida debido a que el lado este de la isla no fue accesible en esas fechas.

En la Tabla 12.2 se presentan los datos correspondientes a las lecturas medias mensuales para la temperatura (en °C) y la humedad relativa (%) en las tres localidades.

En un CD anexo se ofrecen las bases de datos para cada variable con registros correspondientes a intervalos de 15 minutos desde abril de 2004 y hasta febrero de 2005.

Tabla 12.1. Localización de los sensores de humedad y temperatura en la isla Socorro.

Característica	Censor 1	Censor 2	Censor 3
Ubicación	centro-sur	cráter	Este
Latitud N	18° 47' 26.6"	18° 47' 31.9"	18° 48' 17.8"
Longitud W	110° 58' 8.4"	110° 58' 21.5"	110° 56' 39.2"
Altitud (m)	824	960	315
Tipo de vegetación y sitio	Bosque de <i>Bumelia</i> Camino al monte Evermann	Pradera Mixta Cráter del monte Evermann	Helechal de <i>Pteridium</i> Camino a Playa Norte
Fechas de registro	Del 22/02 al 04/03 y del 19/04/2004 al 28/01/2005	Del 22/02 al 04/03 y del 19/04/2004 al 28/01/2005	Del 20/04/2004 al 01/02/2005

Tabla 12.2. Datos climatológicos obtenidos de los sensores instalados en tres sitios de la Isla Socorro, Revillagigedo. Se presentan las variaciones medias mensuales de la temperatura y la humedad relativa. Datos correspondientes a abril de 2004 y hasta enero de 2005.

Mes	Cráter Evermann			Camino del bosque del Evermann			Camino a Playa Norte		
	Media	Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima
Temperatura mensual (°C)									
abril	22.06	12.54	33.38	19.16	6.44	33.95	22.18	12.33	38.13
mayo	22.75	13.89	35.59	20.44	5.04	35.01	21.74	9.64	40.04
junio	22.39	15.23	32.93	22.15	11.55	34.77	23.21	14.04	37.08
julio	21.53	16.35	32.24	22.61	11.89	34.45	24.50	14.23	37.99
agosto	22.12	17.59	32.62	23.11	15.73	33.53	25.31	18.64	36.32
septiembre	20.30	15.40	28.88	22.27	13.89	31.9	24.34	16.54	34.85
octubre	19.64	12.79	30.68	21.57	13.48	33.01	23.76	15.57	34.93
noviembre	17.91	12.95	31.34	19.45	12.13	30.51	21.74	13.32	32.11
diciembre	17.24	10.72	28.31	18.73	8.21	28.43	20.98	13.6	31.88
enero	16.76	10.43	28.36	18.30	9.05	30.15	20.13	14.04	31.27
febrero	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	24.14	9.64	40.04
Humedad relativa mensual (%)									
Abril	28.72	3.1	85.5	61.39	5.3	100	65.41	6.5	99.6
mayo	52.08	3.1	104	68.48	7.8	101.9	74.11	7.8	100.6
junio	99.34	30	104	85.14	21.6	101.6	87.37	33.3	100.6
julio	104	104	104	91.14	16.1	102.2	90.70	15.8	101.2
agosto	104	104	104	91.78	24.2	102.5	90.62	29.9	101.2
septiembre	104	104	104	98.01	56.0	103.7	93.95	52.6	101.9
octubre	104	104	104	95.45	38.6	103.7	92.02	42.8	102.2
noviembre	104	104	104	94.39	43.1	103.7	91.08	44.9	102.8
diciembre	104	104	104	92.19	34.6	103.7	90.58	51.1	102.8
enero	104	104	104	93.46	13.8	103.7	92.26	19.5	103.9
febrero	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	72.97	6.5	103.9

En la Figura 12.1 se puede observar la correlación gráfica entre **(A)** la temperatura media mensual (en °C) y **(B)** la humedad relativa (en %) registradas en tres localidades de la isla Socorro y su relación con la fenología de las dos especies de langostas.

En la Figura 12.1 se puede observar que el apareamiento de *S. p. piceifrons* ocurre de junio a agosto meses a los que les corresponde una temperatura de 21.5 a 25.3°C y una humedad relativa del 85.1 al 100%. Por su parte, para *S. a. socorro* este suceso ocurre en el otoño, entre finales de octubre y principios de noviembre, con temperaturas más frescas y mayor humedad ambiental en comparación con los meses del verano (ver Tabla 12.2).

La oviposición de *S. p. piceifrons* ocurre entre agosto y septiembre a temperaturas entre 20.3 y 25.3°C y una humedad relativa de 90.6 a 98.0%. Por su parte, la especie endémica oviposita en dos periodos esporádicos en el año, entre noviembre y diciembre y entre enero y febrero, esto es, en los últimos meses del otoño y el invierno (Figura 12.1).

La eclosión de las ninfas de *S. p. piceifrons* se registró entre agosto y septiembre, durante esos mismos meses también se registró la formación de bandas de primer y segundo estadio. La eclosión de las ninfas de la especie endémica se registró entre octubre y noviembre con una oscilación de temperatura de entre 17.9 a 23.7°C y una variación de humedad relativa entre 91.0 a 98.0%. Las ninfas de la langosta de Socorro de los estadios 2 al 5 están presentes en la localidad durante octubre a diciembre. En estos meses se registraron las temperaturas más frescas (ver Tabla 12.2) y la humedad relativa osciló entre 90.0 y 95.5% (ver Figura 12.1). Los adultos de ambas especies estuvieron presentes durante todo el año.

Los datos de temperatura y humedad relativa sugieren la existencia de tres patrones diferentes para la formación de mangas a lo largo del año. El primero indica que entre abril y mayo, cuando la temperatura oscila entre 20.4 a 23.2°C y la humedad relativa varía de 28.7 a 74.1% se forman mangas de individuos adultos sexualmente inmaduros (Tabla 9.1 y Figura 12.1). Por otra parte, a mediados de agosto e inicios de septiembre, cuando la temperatura oscila entre 20.3 a 25.3°C y la humedad relativa y

absoluta varían entre 90.6 a 98.0% y 20.3 a 23.5 21.0 (gm/M3) respectivamente. Estas condiciones parecen favorecer la formación de mangas de adultos sexualmente maduros (Tabla 9.1 y Figura 12.1). Entre noviembre y febrero, cuando la temperatura varía de 16.8 a 24.1°C, y la humedad relativa oscila entre 90.5 a 94.4% parecen ser las condiciones que favorecen la formación de mangas de adultos juveniles sexualmente inmaduros que potencialmente pueden estar en diapausa reproductiva para soportar la estación invernal (Tabla 9.1 y Figura 12.1).

Finalmente, en la localidad la formación de bandas de ninfas gregarias se registró desde mediados de agosto y hasta principios de diciembre. Este intervalo de tiempo corresponde con los registros de temperaturas frescas y altos niveles de humedad (Tabla 12.2).

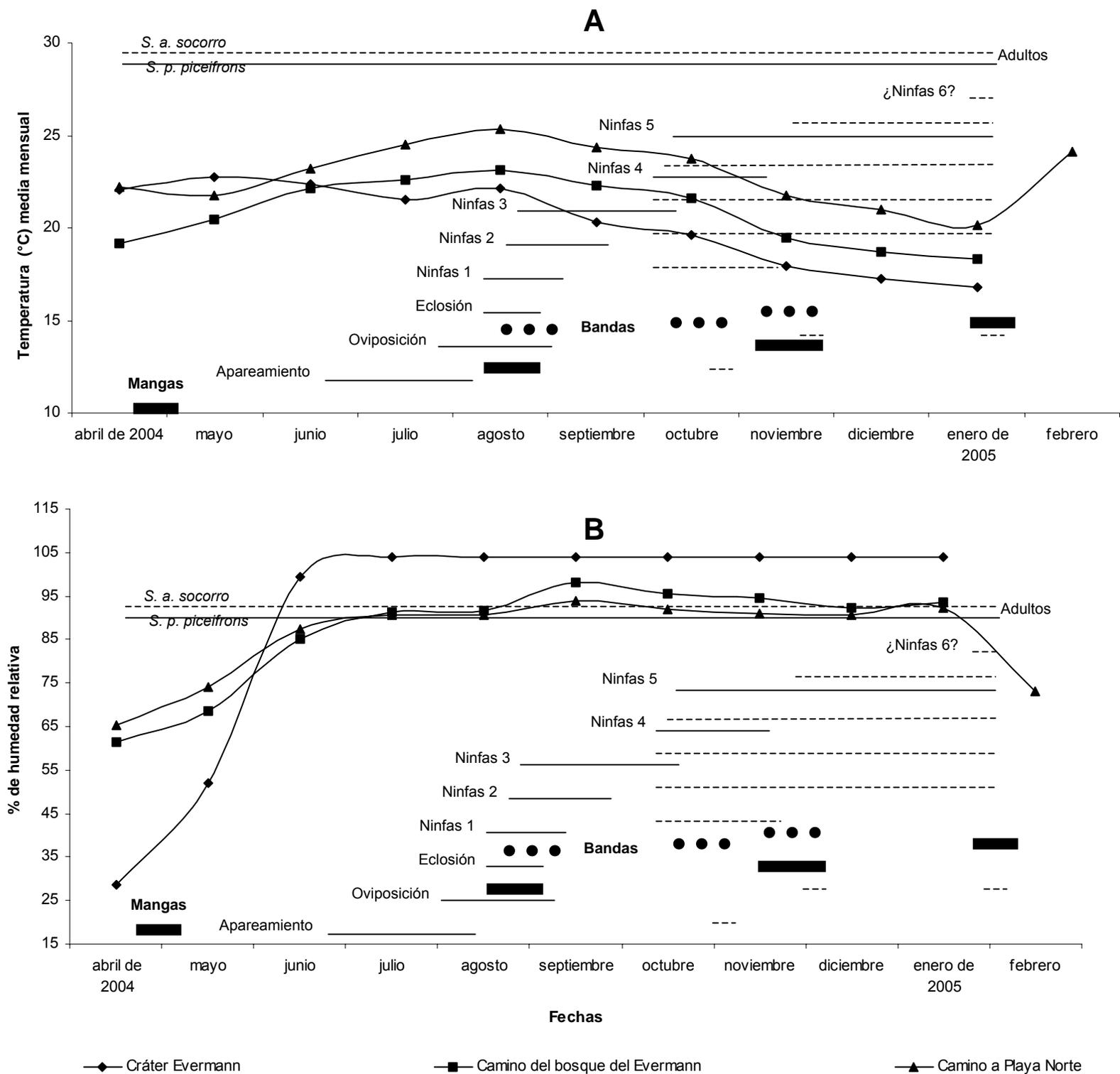


Figura 12.1. Relación de las etapas del ciclo de vida de *S. a. socorro* (---) y de las poblaciones solitarias y gregarias (mangas y bandas) de *S. p. piceifrons* (—) con respecto a (A) la temperatura media mensual, y (B) la humedad relativa en tres localidades de la isla Socorro. Los datos corresponden a los tres sensores colocados desde abril de 2004 hasta febrero de 2005.

XIII. ANÁLISIS MORFOMÉTRICO

13.1. Métodos

Con el fin de (1) conocer el grado de disimilitud entre distintas poblaciones de langostas centroamericanas solitarias, (2) estimar las diferencias morfológicas de los individuos gregarios de esta especie capturados en distintos avistamientos de mangas, y (3) reconocer si existen evidencias de diferencias morfométricas entre individuos solitarios y gregarios de este insecto, se realizó un análisis morfométrico de individuos adultos masculinos y femeninos solitarios colectados entre el 18 de febrero y el 3 de marzo y entre el 18 de abril y el 4 de mayo, así como individuos gregarios capturados en las manga 1 (vista el 18/02/04) y 2 (observada el 20/02/04). Los individuos solitarios provinieron de cuatro localidades con distinto tipo de vegetación (helechal, pastizal, pradera mixta y pradera de *Senna*).

Para ello se tomaron los 16 caracteres morfológicos enlistados en la Tabla 13.1 de entre 10 y 26 individuos de cada sexo y de cada “población”, de modo que al final se tuvieron medidas de 240 individuos (100 hembras y 140 machos). Con estas medidas se clasificaron todos los individuos utilizando un análisis de componentes principales.

Debido al dimorfismo sexual evidente en esta especie se hicieron análisis separados para machos y hembras. Una vez realizados los análisis se hicieron correlaciones entre los 16 caracteres y cada uno de los dos primeros componentes principales (CP1 y CP2) generados en cada uno de ellos.

13.2. Resultados

Los análisis de componentes principales mostraron que tanto las hembras como los machos solitarios se separan en grupos de acuerdo al ambiente en que viven (helechal, pastizal, pradera mixta y pradera de *Senna*) y a la manga a la que pertenecen; asimismo, se encontró que los individuos de ambas mangas no fueron clasificadas en la misma posición en los gradientes marcados por el CP1 (Figs. 13.1 y 13.2).

Tabla 13.1. Listado de caracteres morfométricos medidos en individuos adultos de *Schistocerca piceifrons* asociados a la isla Socorro, México.

Segmentación de la antena (evidente o incipiente)
Número de antenitas
Longitud de la antena
Ancho de la cabeza
Longitud de la cabeza
Longitud real del pronoto
Longitud aparente del pronoto
Ancho del pronoto
Brillo corporal (presente o ausente)
Longitud del tórax
Ancho del tórax
Longitud corporal
Longitud de las terminas
Longitud del fémur III
Ancho del fémur III
Número de espinas de la tibia

Para las hembras, el componente principal 1 (CP1) explicó 90.06% de la varianza, mientras que el CP2 explicó 4.67%, de modo que el conjunto de los dos CPs explicaron el 94.73% del total de la variación. El CP1 estuvo negativa y significativamente correlacionado con el ancho del tórax ($r = -0.25$, $P < 0.05$) y positivamente correlacionada con el número de espinas en la tibia ($r = 0.22$, $P < 0.05$) (Tabla 9.2). Por su parte, el CP2 se correlacionó negativa y significativamente con ocho parámetros, entre los que se cuentan la longitud de las tegminas ($r = -0.41$, $P < 0.05$) y el ancho del pronoto ($r = 0.40$, $P < 0.05$).

Por otro lado, en los machos los dos componentes principales más importantes explicaron el 95.14% (PC1: 87.90%, PC2: 7.24%). El CP1 estuvo correlacionado significativamente con 13 de las 16 variables consideradas; de manera positiva con nueve parámetros, entre los que destacan la longitud de la cabeza ($r = 0.44$, $P < 0.05$) y la longitud de las tegminas ($r = 0.44$, $P < 0.05$), y de manera negativa con cuatro, entre las que destacan el brillo corporal ($r = -0.40$, $P < 0.05$) y el número de espinas en la tibia ($r = -0.37$, $P < 0.05$) (Tabla 9.2). Por su parte, el CP2 se correlacionó significativamente

con 14 variables, entre las que destacan la longitud corporal ($r = -0.84$, $P < 0.05$) y el ancho de la cabeza ($r = -0.68$, $P < 0.05$)

Tabla 13.2. Coeficientes de correlación de los componentes principales con cada uno de los rasgos anatómicos considerados en el análisis morfométrico de los adultos. Los números en negritas señalan valores de r significativamente diferentes de 0.

Carácter morfológico	Hembras				Machos			
	CP1		CP2		CP1		CP2	
	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
Segmentación de la antena (evidente o incipiente)	-0.05	> 0.05	0.02	> 0.05	-0.24	< 0.05	0.10	> 0.05
Número de antenitos	-0.08	> 0.05	0.11	> 0.05	0.37	< 0.05	0.32	< 0.05
Longitud de la antena	-0.11	> 0.05	0.03	> 0.05	0.32	< 0.05	-0.12	> 0.05
Ancho de la cabeza	-0.09	> 0.05	-0.30	< 0.05	0.35	< 0.05	-0.68	< 0.05
Longitud de la cabeza	-0.05	> 0.05	-0.35	< 0.05	0.44	< 0.05	-0.40	< 0.05
Longitud real del pronoto	0.07	> 0.05	-0.20	> 0.05	0.17	> 0.05	-0.59	< 0.05
Longitud aparente del pronoto	-0.11	> 0.05	-0.34	< 0.05	0.14	> 0.05	-0.38	< 0.05
Ancho del pronoto	-0.17	> 0.05	-0.40	< 0.05	0.18	< 0.05	-0.46	< 0.05
Brillo corporal (presente o ausente)	-0.03	> 0.05	-0.20	> 0.05	-0.40	< 0.05	0.29	< 0.05
Longitud del tórax	0.05	> 0.05	-0.22	< 0.05	-0.34	< 0.05	-0.48	< 0.05
Ancho del tórax	-0.25	< 0.05	-0.09	> 0.05	0.21	< 0.05	-0.34	< 0.05
Longitud corporal	-0.03	> 0.05	-0.32	< 0.05	0.42	< 0.05	-0.84	< 0.05
Longitud de las terminas	-0.09	> 0.05	-0.41	< 0.05	0.44	< 0.05	-0.38	< 0.05
Longitud del fémur III	0.1	> 0.05	-0.11	> 0.05	0.24	< 0.05	-0.56	< 0.05
Ancho del fémur III	-0.01	> 0.05	-0.29	< 0.05	-0.05	> 0.05	-0.31	< 0.05
Número de espinas de la tibia	0.22	< 0.05	-0.18	> 0.05	-0.37	< 0.05	0.49	< 0.05

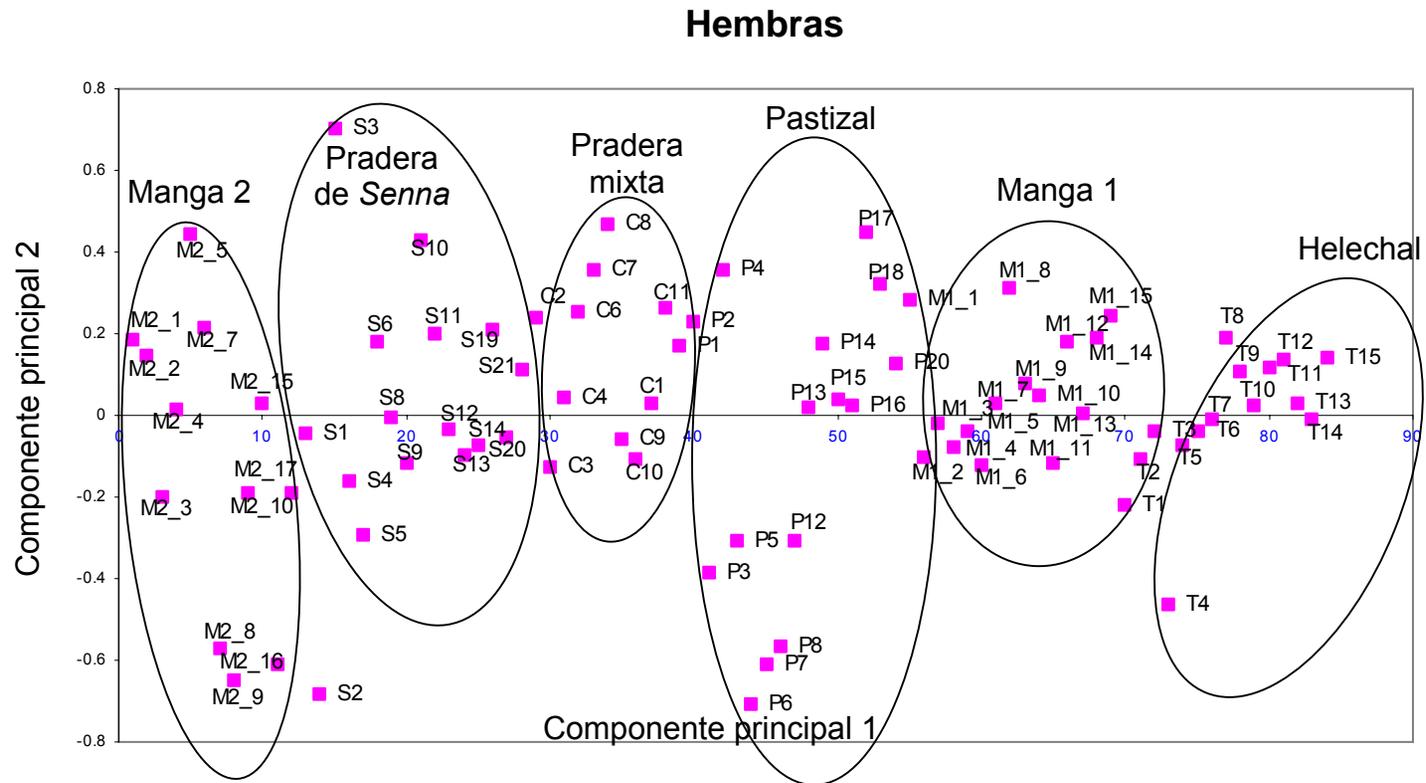


Figura 13.1. Análisis de componentes principales de las características morfológicas de seis poblaciones de hembras adultas de *Schistocerca piceifrons piceifrons* en Isla Socorro, México. Datos de febrero de 2004.

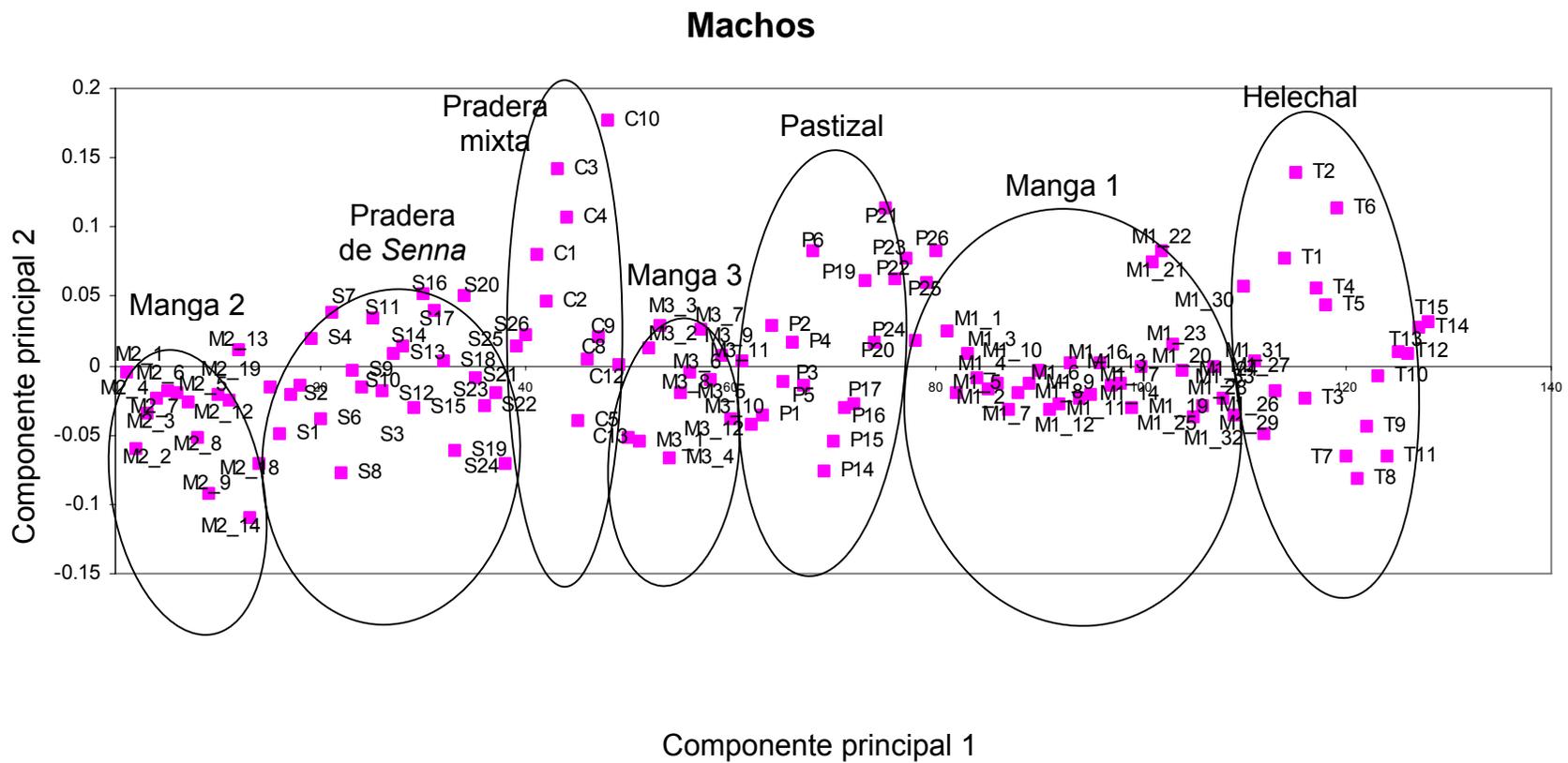


Figura 13.2. Análisis de componentes principales de las características morfológicas de seis poblaciones de machos adultos de *Schistocerca piceifrons piceifrons* en Isla Socorro, México. Datos de febrero de 2004.

XIV. LANGOSTAS CENTROAMERICANAS DESDE 1925.

En octubre de 2004 Hogun Song, especialista en el género *Schistocerca* nos informó que *S. piceifrons piceifrons* había sido colectado en la Isla en 1925, lo que indica es que su presencia es más antigua. Un hecho que Song supone interesante es saber si esta especie ya formaba mangas desde entonces (ver Anexo 1).

Adicionalmente, Vázquez (1960) revisa material entomológico colectado en ese mismo año en la isla Socorro y registra la presencia de *Schistocerca vaga vaga*, cuya foto corresponde muy probablemente a *S. americana socorro*. Sin embargo, de acuerdo con la Orthoptera Species File Online (OSFO, 2006; <http://osf2x.orthoptera.org>) ejemplares colectados en la isla San Benedicto, que fueron descritas por Dirsh (1974) como *Schistocerca piceifrons benedicto*, realmente corresponden a langostas de la especie *S. piceifrons piceifrons*, lo cual corrobora la presencia de la langosta centroamericana en las islas Revillagigedo. Lamentablemente, ya no se pueden hacer colectas en San Benedicto debido a que sufrió la erupción del volcán Bárcena, que destruyó todo rastro de vida terrestre en el año 1952.

XV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

15.1. La vegetación y estado de conservación de la Isla Socorro

La variación altitudinal, topográfica, climática, orientación y el tipo de suelo, tienen como consecuencia una complejidad en la fisonomía de la vegetación. La flora vascular de la isla Socorro cuenta con 117 especies (Levin y Moran, 1989), de las cuales cuatro sólo están reconocidas a género: *Opuntia* sp., *Passiflora* sp., *Psidium* sp. y *Rubus* sp. Treinta especies (26.5%) son endémicas, 27 a nivel específico y tres a nivel infraespecífico (León de la Luz *et al.*, 1996).

Con los diversos recorridos en todas las comunidades vegetales (matorral, pastizal y bosque) se pudieron colectar 283 ejemplares botánicos que corresponden a 42 familias, 86 géneros y 96 especies (Tabla 6.1), los cuales constituyen una excelente muestra de especies (82% de la riqueza vegetal registrada por León de la Luz *et al.*, 1996).

Se observó que los ecosistemas de la isla tienen un alto estado de conservación. Las comunidades vegetales se ven afectadas principalmente por el ganado bovino y la actividad humana (introducción de especies, creación de caminos y ejercicios militares), según se explica más adelante.

15.2. Biología y ecología de la langosta centroamericana.

Schistocerca piceifrons piceifrons en la Isla Socorro presenta una generación al año y se puede alimentar de 59 especies de plantas, que representan el 61% de la flora registrada en este estudio (Tabla 6.2). Presenta dos despliegues conductuales de organización social: solitario y gregario.

15.2.1. La fase solitaria. Las langostas centroamericanas solitarias adultas prefieren hábitats abiertos donde domina la vegetación herbácea, por lo que se le encuentra preferentemente en pastizales, praderas, helechales y zonas de matorrales, donde alcanzan densidades de entre 0.1 y 69.2 ind/100 m² (Tabla 10.1). Alcanza sus máximos valores de densidad en distinta fecha dependiendo del tipo de vegetación: enero en el pastizal, febrero en el helechal, abril en la pradera mixta, agosto en el matorral de *Croton* y octubre en la pradera de *Senna* la cual se va reduciendo paulatinamente entre febrero y junio, pero que en agosto y octubre alcanza sus más altas densidades en algunos hábitats (Tabla 10.1). En general, su proporción sexual es 1:1; sin embargo, entre de abril a junio y de octubre a enero se registraron hábitats en los cuales la proporción sexual estaba significativamente sesgada a los machos en una proporción de 1.75 a 3.25 por hembra, aunque en una ocasión (agosto) se registró una proporción sexual de 0.11 machos por hembra (Tabla 9.2).

Estas langostas presentan marcadas preferencias alimentarias hacia *Boerhavia coccinea* y *Bumelia socorrensis* (Tabla 7.4). Los datos de morfometría sugieren que los individuos solitarios no se mueven grandes distancias, ya que representan unidades morfológicas discretas que sugieren la presencia de caracteres locales (Figs. 13.1 y 13.2), asociados a efectos ambientales proximales o evolutivos.

Entre febrero y abril, sólo el 2.6% de las langostas solitarias adultas murieron por ataque del hongo *Beauveria pos. bassiana* y ninguna murió por el ataque del hongo *Metarhizium anisoplinae* ($N = 235$; Tabla 5.2), sin embargo, de agosto a noviembre no se registran muertes por hongos.

15.2.2. La fase gregaria. Las langostas gregarias adultas de esta especie, por su parte, tienen la capacidad de moverse en todos los tipos de vegetación (Mapas 4 a 8). En este trabajo se avistaron volando y forrajeando sobre pastizal, pradera mixta, matorral de *Dodonaea* y matorral de *Dodonaea-Opuntia* (Tabla 9.1). También registramos en las dos primeras salidas grandes agregaciones de excretas y huellas de defoliación en el bosque de *Bumelia* y en el bosque de *Ficus*, donde alcanzan densidades de $72.5 \pm e.e.$ 5.2 ind/m^2 , formando agregaciones de 9.3 a 50 ha, constituidas por 6.77 ± 0.49 a 36.25 ± 2.6 millones de individuos (ver Sección 10.4.2). Entre febrero y agosto, las langostas gregarias adultas tienen una proporción sexual sesgada a los machos del orden de 1.43 a 1.60 machos por hembra (Tabla 9.3), pero en el mes de noviembre este valor no difirió significativamente de 1 y en enero se registraron 2.38 machos por hembra (Tabla 9.3).

Las langostas gregarias no presentaron evidencias de mantener preferencias hacia particulares especies de plantas. Sin embargo, las ninfas del primer estadio prefirieron alimentarse de una especie de pasto no identificado (Tabla 7.7); las de tercer estadio y las hembras adultas tempranas prefirieron alimentarse de *Cordia curassavica* (Tablas 7.9 y 7.12) y los machos adultos tempranos de *Pitecellobium dulce*, *Cordia curassavica*, *Euphorbia heterophylla*, *Annona squamosa* y *Boerhavia coccinea* (Tabla 7.13).

Los datos muestran que las mangas avistadas en la primera salida constituyen unidades discretas con una morfología diferente (Figs. 13.1 y 13.2), lo que sugiere que se trata de conjuntos independientes de langostas, posiblemente con una capacidad de dispersión muy local, ya que su morfología está estrechamente relacionada con la morfología de las poblaciones de langostas solitarias más cercanas al sitio de avistamiento: la manga 1 fue avistada en el subsector naval donde se presenta la población solitaria de pastizal, la manga 2 fue observada al sur de la aeropista a 1.5 km al sur de la población de langostas solitarias de la pradera de *Senna* y la manga 3, avistada cerca del cráter, guarda estrecha relación con la población de langostas solitarias de la pradera mixta presente en este sitio (ver Figs. 13.1 y 13.2).

Entre febrero y abril, sólo el 0.2% de las langostas gregarias adultas murieron por ataque del hongo *Beauveria bassiana* y otro 0.2% murió por el ataque del hongo

Metharizium anisoplineae ($N = 490$; Tabla 5.2). Los niveles de infestación registrados en las mangas 8, 9, 10 y 17 fueron de 0% (Tabla 5.2).

15.2.3. Las bandas de ninfas gregarias. Las ninfas gregarias de *S. p. piceifrons* también tienen una gran capacidad ambulatoria para moverse en diferentes tipos de vegetación (Mapas 2 y 3). En este trabajo se avistaron moviéndose y sentándose en el sur de la isla desde el matorral de *Croton* hasta el pastizal aledaño al subsector naval. Las ninfas del primer estadio prefirieron alimentarse de una Gramineae no identificada. Se registran densidades para estas ninfas de entre 0.03 y 91.16 ind/m² (Tabla 10.2).

Las ninfas también sufren mortalidad por las tres morfoespecies de parasitoides, así como por el hongo *Beauveria bassiana* (Tabla 5.3).

15.3. Biología y ecología de la langosta de Socorro.

Schistocerca americana socorro es una langosta solitaria de color gris o café con dimorfismo sexual marcado que tiene un pronoto de forma angular (Tabla 2.1).

Las langostas de Socorro prefieren hábitats húmedos, fríos y abiertos donde domina tanto vegetación herbácea como arbustiva y arbórea, por lo cual se le ha encontrado en la pradera mixta en el cráter del volcán, en los helechales del SE y E de la isla, en el matorral de *Dodonaea*, en el bosque de *Bumelia* (a 520 m s.n.m.), en el bosque de *Ficus* y en el matorral costero de Playa Norte (Tabla 2.2), donde alcanzan densidades de promedio estimadas de entre 0.05 y 6.38 ind/100 m² (Tabla 10.4), aunque este dato es basado en un método cualitativo. La proporción sexual en esta especie no difirió significativamente de 1:1.

Se tienen los siguientes datos sobre la fenología de la especie de Socorro. Durante todo el año (a lo largo de las siete visitas a la isla) se registraron adultos de esta especie. El 24 de febrero de 2004 se colectó en el cráter una ninfa de la especie endémica que se sospecha puede ser de 6° estadio (ver figura 12.1) y bajo condiciones de laboratorio sobrevivió aprox. 5 días. Es posible que se trate de una ninfa tardía con retraso en su tasa de desarrollo, debido probablemente a las frías condiciones prevalecientes a 950 m s.n.m. (ver Tabla 12.2). Por su parte, entre octubre y diciembre de 2004 se registraron ninfas de los tres primeros estadios en el campo, pero no se detectó la época ni los sitios de eclosión. Asimismo, se registraron dos periodos de

oviposición de la especie endémica, el primero de ellos ocurrió a finales de noviembre y principios de diciembre de 2004, durante la sexta visita a la isla. El segundo periodo de oviposición se registró el 6 de febrero de 2005 en un ejemplar colectado en las inmediaciones del bosque de *Bumelia* el 28 de enero de 2005 durante la séptima visita. Ambos datos sugieren que la oviposición de esta especie se verifica durante los meses del invierno, los cuales se caracterizan por tener temperaturas frescas y humedad relativa superior al 90% (ver Tabla 12.2 y Figs. 12.1A y B).

A una hembra colectada en el cráter se le detectó la incidencia de una mosca parasitoide de la familia Tachinidae, posiblemente del género *Cerasia* (M. Wood, com. pers.; Tabla 1.4), la cual se detectó en 1 de 17 ejemplares cultivados en laboratorio, lo cual representa un nivel de parasitoidismo del 5.9%, pero esto requiere de mayor atención. Lamentablemente, el parasitoide emergido de este ejemplar fue atacado por hongos y fue imposible determinar su especie. Nuevos ejemplares han sido obtenidos y enviados al extranjero para ser identificados.

15.4. Biología comparada de ambas especies.

15.4.1. Fenología. Se registraron ambas especies de langostas de nuestro interés en estado adulto durante todo el año. El apareamiento, la oviposición y el desarrollo de las ninfas ocurre de manera más temprana en la langosta centroamericana que en la langosta de Socorro (Figs. 9.1 y 9.2). Por su parte, los datos climáticos (obtenidos por tres sensores colocados en la isla desde abril de 2004 y hasta febrero de 2005) parecen indicar la existencia de una correlación estrecha con la fenología de ambas poblaciones de langostas. Durante la estación seca y fría (esto es, de noviembre a marzo) se favorece la formación de mangas de langostas en diapausa reproductiva para sobrevivir el invierno; mientras que durante la estación seca y cálida, (de abril a mayo y en la primera quincena de junio) se pueden seguir dando las condiciones de gregarización de las langostas inmaduras y finalmente, durante la estación lluviosa y cálida (de agosto a octubre) se pueden formar las mangas de individuos reproductivos asimismo, ocurre el apareo y la oviposición. Finalmente, durante ese mismo periodo de tiempo también se realiza la eclosión de las primeras ninfas de la nueva generación y comienzan a formar bandas de los primeros estadios.

15.4.2. Enemigos naturales. Se han detectado más de 14 especies de enemigos naturales de la langosta centroamericana, entre depredadores, patógenos y parasitoides de los adultos de la langosta centroamericana, en tanto que en la langosta de Socorro se ha registrado un patógeno y un parasitoide (Tabla 5.1). El hongo patógeno es el mismo en ambas especies (*Beauveria bassiana*) y es probable que *Sarcophaga* sp. esté atacando a ambas especies. Sin embargo, es importante llevar a cabo nuevas colectas y obtención de parasitoides en buen estado para confirmar esta observación. A pesar de que Barrientos (1990) no describe a *Sarcophaga* como enemigo natural de la langosta centroamericana, Vázquez (1960) sí la describe como parasitoide de langostas de la isla Socorro. Los insectos del género *Sarcophaga* son dípteros vivíparos que depositan las larvas recién eclosionadas en el tegumento de langostas, las cuales se introducen rápidamente en el interior del cuerpo del hospedero y destruyen los órganos internos (Vázquez, 1960).

Por otra parte, Barrientos (1990) identifica como enemigos naturales de la langosta centroamericana a *Oedematocera dampfi* (Diptera: Tachinidae) y a *Blaesoxipha angustifrons* (Diptera: Sarcophagidae), sin mencionar a *Cerasia*.

Essig (1942) describe a las moscas Dexiidae como endoparasíticas de orugas y larvas de Coleoptera que tienen una morfología similar a la de los taquínidos. No se tienen datos de que las moscas de esta familia ataquen a ortópteros.

Todo lo anterior confirma la necesidad de confirmar la identidad taxonómica de los parasitoides de las langostas de Isla Socorro.

estamos en espera de que se identifiquen los dípteros parasitoides de ambas especies.

15.4.3. Hábitats. Los hábitats de *S. americana socorro* y de *S. piceifrons piceifrons* están separados. La langosta centroamericana se distribuye preferentemente en lugares bajos y abiertos, en tanto que la langosta de Socorro se distribuye a mayor altitud en lugares boscosos y arbustivos. Por ello, es poco probable que la langosta centroamericana afecte la densidad de la langosta endémica, aunque Song *et al.* (enviado) sugieren que hay una posibilidad de que la langosta de Socorro haya sido desplazada por la centroamericana en las partes bajas de la isla.

15.5. Ataques por hongos

La presencia de hongos en las langostas de isla Socorro pueden explicarse porque en octubre de 1996 se hicieron aspersiones de conideas de *Metarhizium flavoviride* (= *M. anisopliae* var. *acridum* según Magalhaes y Boucias, 2004) en dos zonas de 0.5 ha en el camino al volcán Evermann (Arrieta, 1996). Hernández-Velázquez *et al.* (1997) detectó la presencia del hongo de esta especie en ejemplares de *S. p. piceifrons* y de *S. a. socorro*, la cual resultó ser muy virulenta (Milner *et al.*, 2003).

Se recomienda cesar las aplicaciones de esporas, dado que:

1. Ambas especies de hongos **no son específicos**. *B. bassiana* ataca activamente a mosquitas blancas (Homoptera: Aleyrodidae; Poprawski *et al.*, 2000), y otros ortópteros como *Locusta migratoria migratorioides* (Halouane *et al.*, 2001) y *Sphenarium purpurascens* (Alfaro-Lemus, 1995). Mientras que *M. anisopliae* provoca daños a escarabajos Scarabeidae (Barrientos, 2001a); arañas, moscas y avispas (Milner, 2001b); así como otros ortópteros, como *Stipra robusta* (Vicentini, 1999), *Rhammatoceros schistocercoides* (Magalhaes *et al.*, 2001), *Locusta migratoria migratorioides* (Halouane *et al.*, 2001; Scanlan *et al.*, 2001), *Schistocerca gregaria* (Blanford y Thomas, 2001) y *Chortoicetes terminifera* (Milner y Hunter, 2001).
2. La efectividad de la aplicación de hongos puede ser reducida debido a la conducta de termorregulación de las langostas, las cuales suben a asolearse, provocando la muerte de los hongos (Ouedraogo *et al.*, 2004).

La inoculación de esporas de ambas especies de hongos no ha reducido las poblaciones de la langosta centroamericana, pero sí han afectado a las langostas endémicas. En el mismo sentido, no se sabe el efecto de estas inoculaciones sobre la artropodofauna de la isla.

15.6. Niveles de parasitoidismo.

Las langostas solitarias registraron niveles de parasitoidismo 2.4 veces más altos que los que sufren las gregarias (Entre febrero y junio: 8.5% vs 3.5%; solitarias: 30 de 352 individuos; gregarias: 17 de 490 individuos; $\chi^2 = 9.925$, g.l. = 1, $P < 0.005$; Tabla 5.6). Datos similares se presentan en agosto donde los niveles de infestación de las mangas

registradas en agosto variaron entre 1.79 y 3.06%, mientras que en las solitarias se registraron niveles de infestación de entre 2 y 50%. Sin embargo, estos resultados se deben tomar con reserva, dado que los niveles de parasitoidismo pueden estar sobreestimados en las solitarias, y subestimados en las gregarias. Esto debido a que las langostas solitarias fueron colectadas ahuyentándolas de la vegetación, persiguiéndolas y atrapándolas con una red aérea, lo cual provoca que sea más probable atrapar a los individuos debilitados por la acción dañina de los parasitoides. En contraste, las langostas gregarias fueron colectadas al vuelo o asentadas en la vegetación, pero siempre formando parte de la manga. En este caso, los individuos gregarios parasitados son dejados por la manga, de modo que los ejemplares sobrevivientes deben ser organismos sanos, o bien, langostas que apenas están sufriendo ataques iniciales de los parasitoides, lo cual aún les permite volar siguiendo a la manga.

15.7. La langosta centroamericana y los más importantes factores de disturbio

Aunque no fue objetivo de este proyecto hacer prospecciones de los niveles de daño de las langostas al ecosistema insular, nuestras observaciones de campo sugieren que el impacto de la langosta centroamericana no constituye un peligro a éste. Más bien, esta langosta parece constituir un elemento importante de la dieta de varias especies de animales que habitan la isla, incluyendo especies endémicas (Tabla 5.1).

Considerando que el peso promedio de una langosta gregaria es 0.58 g (Tabla 8.2) y que su densidad promedio en una manga es de 72.5 ind/m² (Sección 10.4.2) y que su tasa promedio de consumo de dos especies de plantas muy apetecibles es de 414 mg ps g ps⁻¹ día⁻¹ (Tabla 8.2), se calcula que la tasa de consumo de plantas es de sólo 17.4 g ps m⁻² día⁻¹. Estos niveles de consumo pueden ocurrir en un área de 9.3 a 50 ha y nunca se sostienen por más de un día en un solo sitio. Se calcula que una manga puede consumir entre 1.6 y 8.7 toneladas de materia vegetal seca por día. Es posible que la isla soporte sólo una manga de langostas simultáneamente, pues nunca se avistaron dos de ellas al mismo tiempo. Considerando que la isla tiene 167 km², y que una manga puede ocupar una superficie de 0.09 a 0.50 km², ésta sólo ocupa potencialmente una fracción de la isla de entre el 0.05 y el 0.3% de su superficie. Para

moverse por toda la isla requeriría una manga moverse entre 333 y 2000 días (promedio: 3.2 años). Suponiendo que la Isla tiene una producción primaria neta (PPN) promedio de $500 \text{ g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$, valor muy conservador si se toma en cuenta el promedio registrado en los desiertos ($3 \text{ g ps m}^{-2} \text{ año}^{-1}$) y los bosques templados ($1300 \text{ g ps m}^{-2} \text{ año}^{-1}$) y el valor típico de matorrales ($250\text{-}1200 \text{ g ps m}^{-2} \text{ año}^{-1}$; promedio $700 \text{ g ps m}^{-2} \text{ año}^{-1}$) (datos de Whittaker, 1975), la isla produciría $83,500 \text{ ton ps año}^{-1}$ ó $229 \text{ ton ps día}^{-1}$, lo cual sugiere que las langostas sólo remueven entre el 0.7 y el 3.8% de la PPN (promedio: 2.2%), valor muy por debajo de lo que se ha registrado en otros ecosistemas bajo forrajeo de acridoideos (0.3 a 20.1%; Kohler *et al.*, 1987; Cano-Santana, 1994).

Las densidades de langostas gregarias registradas en Socorro están muy por debajo de las abundancias, extensiones y densidades registradas para el género y la especie en ambientes continentales. Uvarov (1977) registra bandas de 34,000 a 157,000 individuos, con densidades de 40 a $30,570 \text{ ind/m}^2$. Este autor también registra mangas que se distribuyen en áreas de 0.03 a $2,400 \text{ km}^2$, con densidades de 160 a $1,500 \text{ ind/m}^2$, constituidas por 5 millones a 13,000 millones de individuos.

Nuestras observaciones de campo sugieren que las principales fuentes causantes de disturbio en la Isla Socorro son: (1) la actividad militar y (2) el impacto que la población de borregos ferales como un efecto de su forrajeo en el ecosistema.

15.7.1. La actividad militar. Las prácticas y ejercicios militares, principalmente en la zona sur de la isla Socorro, implican la apertura de caminos y brechas que fragmentan a las comunidades vegetales asentadas en esta región de la reserva y también, promueven la existencia de sitios con suelo descubierto que pueden ser empleados por las langostas como sitios de agregación y de oviposición. Asimismo, los ejercicios militares, los cuales pueden incluir detonación de artefactos explosivos de alto poder, pueden impactar negativamente en la vegetación que se desarrolla en la porción centro-sur de la isla y afectar los sitios de anidación de varias especies de aves. Por ejemplo, durante la séptima visita a la isla, en el claro de un bosque dominado por la presencia de *Ficus-Cordia-Dodonea*, aproximadamente 500 m antes de llegar a la pradera de *Senna* ($18^\circ 45' 38.7''$ y $110^\circ 56' 20.0''$) se contaron 128 casquillos de arma de fuego ya percutidos en un área de 0.80 m^2 . En la tabla 15.1 mostramos algunas evidencias de los ejercicios militares que se desarrollan en la isla.

En un CD anexo ofrecemos fotografías de estas evidencias.

Tabla 15.1. Evidencias del disturbio ocasionado por las prácticas militares en algunos sitios de la isla Socorro, Revillagigedo.

Fecha de observación	Tipo de vegetación	Localidad o sitio	Latitud	Longitud	Altitud (mm)	Evidencias encontradas
21 de enero de 2005	<i>Ficus - Cordia - Dodonea</i>	NW de la pradera de <i>Senna</i>	18° 45' 44.9"	110° 56' 58.4"	426	Casquillos de balas
	Bosque de <i>Ficus</i>	Camino al Paradero	18° 45' 54.4"	110° 57' 7.1"	454	Oquedad probablemente debida a detonación de bomba
	<i>Dodonea - Cordia</i>	500 m antes de llegar a la pradera de <i>Senna</i>	18° 45' 38.7"	110° 56' 20"	351	Casquillos de cañón percutidos
26 de enero de 2005	Matorral de <i>Dodonea - Opuntia</i>	Cerca de la Laguna	18° 45' 31.7"	110° 56' 16.9"	367	Trincheras
	Matorral de <i>Croton</i>	El Espejo	18° 44' 6.3"	110° 57' 33.7"	33	Cartuchos de varios calibres percutidos

Existe la sospecha de que los árboles de *Ficus cotinifolia* muertos, que preocupan a los ornitólogos de otros proyectos de investigación, han muerto a causa de las detonaciones de explosivos.

15.7.2. La población de borregos ferales. El borrego (*Ovis aries*) es sólo una de las especies de mamíferos exóticos que se han introducido en la isla. Se alimentan de muchas especies de plantas, principalmente de plántulas y de la corteza de *Ficus cotinifolia* (obs. pers.). En el campo, por ejemplo, no se observaron plántulas de esta especie la cual, al parecer, es muy importante para el anidamiento de las aves. Se ha sugerido que el efecto de los borregos se observa solamente en el sur de la isla, sin embargo, nuestras observaciones de campo indican que están presentes en todos los ambientes de la isla. Al abrir el camino a Playa Norte por el oriente de la isla en febrero de 2004, se detectaron manadas de borregos y un complejo sistema de veredas y hechaderos producidas por ellos en los helechales de *Pteridium* y en las cañadas con presencia de bosques de *Ficus*. Por su parte, en todas las salidas restantes cuando se arribo a Playa Norte, por vía marítima, también se encontraron excretas de estos animales en las asociaciones vegetales del norte de la reserva.

15.8. Disturbio e incidencia de mangas.

Antes de 1996 no se había verificado incidencia de mangas en la Isla Socorro, pero hay evidencias de la presencia de *S.p. piceifrons* en 1925 (ver anexo 1). Sin embargo,

Hanna (1926) en su expedición a las Revillagigedo en 1925 registró “nubes” de langostas en la Isla San Benedicto, localizada a 74 km al norte de Socorro. En las nubes Hanna reconoció dos especies de langostas. Desafortunadamente, una erupción ocurrida el 1 de agosto de 1952 barrió con todas las poblaciones de seres vivos en San Benedicto (Song *et al.*, enviado), destruyendo las evidencias de langostas presentes allí. A pesar de este cataclismo, en 1996 Arrieta (1996) registró mangas de langostas en esta isla, lo cual demuestra la posibilidad de que las langostas centroamericanas se muevan entre estas islas.

Lo anterior sugiere que la langosta centroamericana es un elemento más o menos natural del ecosistema y la incidencia de mangas se debe a factores que ocurren esporádicamente. Las mangas registradas de manera persistente desde 1996 y que no cesan pueden ser favorecidas por los disturbios ocasionados por el hombre y el ganado bovino. Benfekih *et al.* (2002) sostienen que estos dos factores han favorecido la aparición de mangas de *Dociostaurus maroccanus* y *Locusta migratoria* en Argelia. Skaf (1972), de manera similar, registra una estrecha asociación entre ovejas y vacas con la presencia de zonas de agregación de *D. maroccanus* en Siria. Latchininsky (1998) registra el resurgimiento de plagas de *D. maroccanus* en Tajikistán asociado a las actividades bélicas llevadas a cabo en ese país desde 1990. Un factor similar ha sido discutido por Shoowler (2003) para explicar las plagas de langostas en zonas de conflictos armados de Asia y África.

Benfekih *et al.* (2002) también discuten que la incidencia de malezas asociadas a cultivos ha favorecido la presencia de mangas de *Locusta migratoria* en Argelia.

Es por ello probable que los ejercicios militares (ver Tabla 15.1) y los disturbios provocados por las ovejas favorezcan la presencia de malezas, lo que estimulan los brotes masivos de *S. p. piceifrons* lo cual, a su vez, favorece la conducta gregaria y la presencia de mangas (Uvarov, 1966). Song *et al.* (enviado) aceptan la posibilidad que esto haya ocurrido y esté ocurriendo en la isla Socorro.

15.9. Propuesta de control.

La propuesta de control depende de la respuesta a una pregunta previa: ¿es *Schistocerca piceifrons piceifrons* una especie centroamericana? Si este insecto fue

colectado desde 1925 (H. Song, com. pers.; ver Anexo 1) es muy probable que éste no constituya un elemento extraño al ecosistema. Es posible que los ejemplares que Vázquez (1960) encontró en la isla en 1958 y que identificó como *S. vaga vaga* sea realmente *S. piceifrons piceifrons*. Asimismo, Jiménez *et al.* (1994) identificaron a dos especies de *Schistocerca* en muestreos realizados entre 1998 y 1991 y a una de ellas la identificaron como *S. paranensis*. Es posible que se trate de la langosta centroamericana.

Sin embargo, si aún se cree necesario el control biológico de las langostas centroamericanas, debido al peligro que representan para el aterrizaje y despegue de aeronaves, una opción puede ser el uso restringido y controlado de parasitoides, siempre y cuando los trabajos de identificación confirmen que los que atacan a la langosta centroamericana son diferentes a los que atacan a la de Socorro. La detección de al menos cuatro especies de dípteros parasitoides de *S. p. piceifrons* en la isla Socorro (Tabla 5.1), así como los altos niveles parasitoidismo por moscas registrados en esta especie (Tabla 5.2) sostiene la posibilidad de criar los parasitoides de manera local y liberarlos para controlar a la langosta presuntamente centroamericana, reduciendo sus densidades y previniendo la formación de mangas. Para ello es indispensable comprobar que los parasitoides liberados no atacan a la langosta de Socorro. Adicionalmente, es importante tomar en cuenta las opiniones de Peveling (2001), quien propone que al llevar a cabo un programa de manejo de plagas se lleven a cabo estudios de largo plazo del ecosistema afectado y se incorpore el principio de precaución en la toma de decisiones. Esto hubiera sido central cuando se aprobaron las aspersiones de esporas en hongos, lo cual ya está afectando a la fauna de la isla, entre las que se cuentan varias especies endémicas de artrópodos (más de 20, según Jiménez *et al.*, 1994).

Los comentarios adicionales son las siguientes:

1. No se recomiendan nuevas aspersiones de esporas de hongos, por tratarse de patógenos generalistas que afectarían a la fauna endémica y a la langosta de Socorro (ver Sección 15.5), a pesar de su probada efectividad (Hernández-Velázquez *et al.*, 2000)

2. No se recomienda la aplicación de insecticidas por su efecto negativo sobre la fauna en general (Speight *et al.*, 1999; Milner, 2001). Se conoce muy bien en ecología que la aplicación de pesticidas tóxicos se concentran sobre todo en los depredadores, mediante el fenómeno de amplificación trófica (Woodwell, 1967). La Isla constituye parte de una Reserva de la Biosfera y contiene muchas especies de animales endémicos que serían afectados por este factor.
3. No se recomienda control biológico por ningún elemento extraño al ecosistema, ya que éste afectaría potencialmente a la langosta endémica y a *S. nitens*. Por ejemplo, el protozooario *Nosema locustae* puede controlar a *Schistocerca cancelata* efectivamente; sin embargo, este organismo ataca también a varias especies de ortópteros (Lange *et al.*, 2000).
4. Es necesario erradicar la fauna y flora introducida (ovejas, gatos, ratones, gekos y malezas), así como recomendar el cese de los ejercicios militares en la isla, los cuales favorecen la presencia de malezas por el disturbio que ocasionan. Estos factores pueden favorecer la presencia de mangas (ver Sección 15.8).
5. Educación básica al personal militar puede ser implementado para que sepan el efecto negativo de algunas de sus acciones (Song *et al.*, enviado).

XVI. AUTOEVALUACIÓN

Se obtuvieron datos muy importantes y abundantes de *S. p. piceifrons*, así como de la langosta de Socorro. En particular, los datos obtenidos de la biología de *S. americana socorro* son nuevos para la ciencia, por tratarse de datos de una especie rara, sobre todo considerando que no se sabía nada de sus etapas inmaduras (H. Song, com. pers.).

En la Tabla 16.1 se presenta una autoevaluación sobre los avances logrados al momento comparados con los prometidos en el proyecto original.

A continuación se comentan de manera general los avances observados.

Determinación de hábitats y distribución espacial. Se hizo y se está haciendo un gran esfuerzo para explorar la mayor superficie de la isla. Se visitó frecuentemente Playa

Norte con lancha, se abrió un camino que logró penetrar al oriente y nororiente de la isla, y se hicieron visitas al sur-poniente de la isla. Siempre se visitó todo el gradiente altitudinal sur del volcán Evermann. Por esto razón, creemos que conocemos mucho sobre los hábitats de ambas poblaciones de langostas (ver Tabla 10.4; Mapas 8 a 13). *Plantas hospederas, preferencias alimentarias y tasas de consumo.* Estos aspectos se analizaron del proyecto no se han cumplido debido a la baja abundancia de la langosta endémica, así como a la ausencia de ninfas, debido a la fenología de ambas especies de langostas (ver Fig. 5.1).

Tabla 16.1. Indicadores de éxito basados en el avance esperado de cada una de las secciones del proyecto.

Sección del proyecto	Avance prometido	Avance observado
Determinación de hábitats	100%	100%
Plantas hospederas	100%	100%
Enemigos naturales	100%	100%
Distribución espacial	100%	100%
Preferencias alimentarias	100%	80%
Tasas de consumo	100%	80%
Abundancia	100%	100%
Fenología y variación temporal	100%	100%
Oviposición	100%	60%
Análisis de datos	100%	100%
Propuesta de control	100%	95%

Enemigos naturales. Consideramos que el avance en el conocimiento de los enemigos de los adultos y ninfas es completamente satisfactorio. La autocrítica se basa en la imposibilidad de ubicar con absoluta certeza la ubicación taxonómica a nivel de especie de las cuatro especies de parasitoides de las langostas. Obtuvimos pocos adultos de parasitoides de la langosta de Socorro, y esos se han mantenido en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos sin identificar y sin saber si llegaron en buen estado.

Abundancia, fenología y variación temporal. El conocimiento de estos aspectos se ha reconocido tal y como se esperaba para ambas especies de langostas.

Oviposición. Debido a la reducida abundancia de la especie endémica, los ensayos de oviposición han sido imposibles, pero se logró registrar su oviposición y se completaron los análisis de oviposición de la langosta centroamericana.

Análisis de datos. En este informe se presentan procesados el 100% de los numerosos datos obtenidos.

Propuesta de control. La obtención de parasitoides en ambas especies de langostas, pero sobre todo en *S. p. piceifrons*, ha permitido generar una propuesta de control de cultivo y de uso de estos insectos para controlar la población de la langosta centroamericana. Sin embargo, dicha propuesta debe estar fundamentada con un estudio que permita conocer si las cuatro especies de parasitoides registradas en la langosta centroamericana atacan también a la langosta de Socorro.

Literatura citada

- Alfaro-Lemus, A.L. 1995. Biología de *Sphenarium purpurascens* Charp. (Orthoptera: Acrididae) y patogenicidad de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. en laboratorio, Chapingo, México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. 67 pp.
- Arrieta G., J.J. 1996. "Sistema Informativo Oceanográfico del Archipiélago de Revillagigedo, como una alternativa para su conservación". Informe Técnico. Dirección General de Oceanografía Naval, Instituto Oceanográfico del Pacífico, Secretaría de Marina. Manzanillo, Col.
- 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.. 2000. An australian experience. *Metaleptea* 20 (1):5-6.
- Barrientos, L. 2001a. *Memorias del Curso I Internacional "Ecología, Manejo y Control de la Langosta Voladora* (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker). Instituto

- Tecnológico de Cd. Victoria. Comité Regional de Sanidad Vegetal del Sur de Tamaulipas. Altamira, Tamps., México.
- Barrientos, L. 2001b. Dinámica poblacional, biología, ecología y comportamiento de la Langosta Voladora (*Schistocerca piceifrons piceifrons*). Pp. 43-54. En Barrientos, L. (ed.). *Memorias del Curso I Internacional "Ecología, Manejo y Control de la Langosta Voladora (Schistocerca piceifrons piceifrons, Walker)*. Instituto Tecnológico de Cd. Victoria. Comité Regional de Sanidad Vegetal del Sur de Tamaulipas. Altamira, Tamps., México.
- Baver, L. D. y W. H. Gardenier. 1980. *Física de Suelos*. Omega, Barcelona.
- Benfekih, L. B. Chara y B. Doumandji-Mitiche. 2002. Influence of anthropogenic impact on the habitats and swarming risks of *Dociostaurus maroccanus* and *Locusta migratoria* (Orthoptera, Acrididae) in the Algerian Sahara and the semiarid zone. *J. Orth. Res.* 11: 243-250.
- Benham, R.W. y J.L. Miranda. 1953. The genus *Beauveria* morphology and taxonomy studies of several species and two strains isolated from wharf-piling borers. *Mycologia* 45: 727-746.
- Blanford, S. y M. B. Thomas. 2000. Thermal behavior of two acridid species: Effects of habitats and season on body temperature and the potential impact on biocontrol with pathogens. *Environ. Entomol.* 29(5):160-169.
- Blanford, S. y M.B. Thomas. 2001. Adult survival, maturation, and reproduction of the desert locust *Schistocerca gregaria* infected with the fungus *metarhizium anisopliae* var *acridum*. *J. Inv. Pathology* 78: 1-8.
- Borror, D.J., C.A. Triplehorn y N.F. Johnson. 1989. *An Introduction to the Study of Insects*. Saunders, Forth Worth.
- Bouyoucos, G. J. 1927. The hydrometer as a new method for the mechanical analysis of soils. *Soil Sci.* 23: 342-353.
- 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. Instituto de Ecología, UNAM, México.

- Cano-Santana, Z. y K. Oyama. 1992. Tricomas foliares, calidad del alimento y eficiencias de alimentación y crecimiento de *Lophoceramica pyrrha*. *Southwestern Entomologist* 17: 333-339
- Castellanos-Vargas, I. 2001. Ecología de la oviposición de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en la reserva del Pedregal de San Ángel, México, D.F. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. U.N.A.M., México.
- Castellanos-Vargas, I. 2003. El papel de distintos órganos sensoriales de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en la selección de su sitio de oviposición. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. U.N.A.M., México.
- Chapman, R. F. y A. Joern. 1990. Biology of grasshoppers. John Wiley & Sons, Nueva York 562 pp.
- Chlodny, J. 1969. The energetics of larval development of two species of grasshopper from the genus *Chorthippus* Fieb. *Ekol. Pol. Ser. A* 17:391-407.
- Cueva del Castillo, R., J. Núñez-Farfán y Z. Cano-Santana. 1999. The role of body size on mating success of *Sphenarium purpurascens* in Central Mexico. *Ecological Entomology* 24 (2): 146-155.
- Danyk T., D.L. Johnson y M.Mackauer. 2000. Parasitism of the grasshopper *Melanoplus sanguinipes* by a sarcophagid fly, *Blaesoxipha atlanis*: influence of solitary and gregarious development on host and parasitoid. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 94: 259-268.
- Dirsh, V. M. 1974. Genus *Schistocerca* (*Acridomorpha*, *Insecta*). Dr. W. Junk, La Haya.
- Domsch, K.H. y W. Gams.1993. *Compendium of Soil Fungi*. Springer-Verlag, Berlín.
- Ellis, P. E. y C. Ashall. 1957. Field studies on diurnal behaviour, movement and aggregation in the Desert Locust (*Schistocerca gregaria* Forskal). *Anti-Locust Bull.* 25: 1-94.
- Essig, E. O. 1942. *College Entomology*. The McMillan Co. Nueva York. 900 pp.
- 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. *Aust. J. Zool.* 30: 199-222.
- Fryxell, P. A. 1988. Malvaceae of Mexico. *Systematic Botany Monographs* 25: 1-522.

- Gandoy-Bernasconi, W. 1991. *Manual de Laboratorio para el Manejo Físico de los Suelos*. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Halouane, F., A. Benzara, D. Doumandji-Mitiche y M. Bouhacein. 2001. Effet de deux entomopathogènes, *Beauveria bassiana* et *Metarhizium flavoviride* (Hyphomycètes, Deuteromycotina) sur l'hémogramme des larves de 5ème. Stade et des adultes de *Locusta migratoria migratorioides* (Orthoptera: Acrididae). *J. Orth. Res.* 10: 331-334.
- Hanna, G.D. 1926. Expedition to the Revillagigedo Islands, Mexico, in 1925. *Proc. Calif. Acad. Sci.* 15: 1-113.
- Hernández-Velázquez V.M., A.M. Berlanga-Padilla y E. Garza-González. 1997. Detección de *Metarhizium flavoviride* sobre *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Orthoptera: Acrididae) en la isla Socorro, Archipiélago de Revillagigedo, México. *Vedalia* 4: 45-46.
- Hernández-Velázquez, V.M., A.M. Berlanga-Padilla y L. Barrientos-Lozano. 2000. Vegetable and mineral oil formulations of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* to control the Central American locust (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) (Orthoptera: Acrididae). *J. Orth. Res.* 9: 223-227.
- Inglis, D.G., D.L. Johnson y M.S. Goettel. 1996. Effect of temperature and thermoregulation on mycosis by *Beauveria bassiana* in grasshoppers: *Biol. Control.* 7: 131-139.
- Jiménez, M.L., A. Tejas y R. Aguilar. 1994. Los artrópodos terrestres. Pp. 153-183. 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 Noroeste, S.C., La Paz, B.C.S., México.
- Kohler, G., H.-P. Brodhun y G. Shaller. 1987. Ecological energetics of central european grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Oecologia* 74: 112-121.
- Lange, C.E., N.E. Sánchez y E. Wittenstein. 2000. Effect of the pathogen *Nosema locustae* (Protozoa: Microspora) on mortality and development of nymphs of the South American locust *Schistocerca cancellata* (Orthoptera: Acrididae). *J. Orth. Res.* 9: 77-80.

- Latchininsky, A.V. 1998. Moroccan locust *Doclostaurus maroccanus* (Thunberg 1915): a faunistic rarity or an important pest? *J. Ins. Cons.* 2: 167-178.
- León-de la Luz, J.L., A.B. Solís-Cámara, R. Coria-Benet y J. Cancino-Hernández. 1994. Asociaciones Vegetales. Pp. 115-141. 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., La Paz, B.C.S., México.
- León de la Luz, J.L., A. Breseda y R. Coria. 1996. Las comunidades vegetales en la isla Socorro, México. *Sida* 17: 215-230.
- Levin G. y R. Moran. 1989. *The Vascular Flora of Isla Socorro, Mexico*. MEMEOIR. San Diego Natural History Museum, San Diego, California. 1-71.
- MacLeod D.M. 1954. Investigations in the genera *Beauveria* Vuill and *Tritirachium* Limber. *Can.J.Bot.* 32:818-890.
- Magalhaes, B.P. y D.G. Boucias. 2004. Effects of drying on the survival of conidiospores of *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* Driver & Milner. *J. Orth. Res.* 13: 155-159.
- Magalhaes, B.P., M.R. de Faria, M. Lecoq, F.G.V. Schmidt, J.B.T. Silva, H.S. Frazao, G. Balança y A. Foucart. 2001. The use of *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* against the grasshopper *Rammatocerus schistocercoides* in Brazil. *J. Orth. Res.* 10: 199-202.
- 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. *Can. Entomol.* 119: 901-907.
- Mickel, J.T. y J. M. Baitel. 1988. *Pteridophyte Flora of Oaxaca*.
- Milner, R.J. 2001a. *Beauveria bassiana*- studies on its potential for control of wingless grasshopper. *Locust and Grasshopper Biocontrol Newsletter* 1: 9.
- Milner, R.J. 2001b. The story of green guard – A fungal biopesticide for Australian locusts and grasshoppers. Pp. 142-152. En Barrientos, L. (ed.). *Memorias del Curso I Internacional "Ecología, Manejo y Control de la Langosta Voladora (Schistocerca piceifrons piceifrons, Walker)*. Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

- Comité Regional de Sanidad Vegetal del Sur de Tamaulipas. Altamira, Tamps., México.
- Milner R.J. y D. Hunter. 2001. Recent development in the use of fungi as biopesticides against locust and grasshoppers in Australia. *Journal of Orthoptera Research* 10(2): 271-276.
- Milner, R.J., L. Barrientos-Lozano, F. Driver y D. Hunter. 2003. A comparative study of two Mexican isolates with an Australian isolate of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*-strain characterization, temperature profile and virulence for wingless grasshopper, *Phaulacridium vittatum*. *BioControl* 48: 335-348.
- Mulkern, G.B. Sex ratios of *Melanoplus sanguinipes* and other Acrididae (Orthoptera). *J. Kans. Entomol. Soc.* 56: 457-465.
- Munsell, M. 1992. *Soil Colour Chart*. Munsell Color Co., Baltimore. Department of Agriculture Handbook 18. Soil Survey Manual.
- Muthukrishnan, J. y M.R. Delvi. 1974. Effect of ration levels on food utilization in the grasshopper, *Poeciloceris pictus*. *Oecologia* 16: 227-236.
- Ouedraogo R.M., M.S. Goettel y J. Brodeur. 2004. Behavioral thermoregulation in the migratory locust: A therapy to overcome fungal infection. *Oecologia* 138: 312-319.
- Pdaft, R. E. 1972. Density and diversity of grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) in an outbreak on Arizona rangeland. *Environm. Entomol.* 11: 690-694.
- Peveling, R. 2001. Environmental conservation and locust control – Possible conflicts and solutions. *J. Orth. Res.* 10: 171-187.
- Polinar, G. y G. Thomas. 1984. *Laboratory Guide to Insect Pathogens and Parasites*. Plenum Press, Massachusetts.
- Poot-Pech, M. 2005. Compuestos volátiles y extractos cuticulares de la langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) como inductores de la gregarización. Pp. 74-79. En: Barrientos L., L. y P. Almaguer S. (eds.). *Memorias del Segundo Curso Internacional de Manejo Integrado de la Langosta Centroamericana (Schistocerca piceifrons piceifrons Walker) y Acridoideos Plaga en América Latina*. Cd. Victoria, Tamps.
- Popov, G. 1958. Ecological studies on oviposition by swan of the Desert Locust (*Schistocerca gregaria* Forkal) in eastern Africa. *Anti-Locust Bull.* 31:1-70.

- Poprawski, T.J., S.M. Greengerg y M.A. Ciomperlik. 2000. Effect of host plant on *Beauveria bassiana*- and *Paecilomyces fumosoreceus*-induced mortality of *Trialeurodes vaporarium* (Homoptera: Aleyrodidae). *Environ. Entomol.* 29: 1048-1053.
- Przybyszewski, J. y J.L. Capinera. 1991. Patterns of parasitism among Shortgrass Prairie Grasshopper (Orthoptera: Acrididae) populations. *Journal of the Kansas Entomological Society* 64(1): 5-17.
- Redondo-Arámburo, A. 1988. *Manual de Edafología General*. Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, México.
- Scanlan, J.C., W.E. Grant, D.M. Hunter y R.J. Milner. 2001. Habitat and environmental factors influencing the control of migratory locusts (*Locusta migratoria*) with an entomopathogenic fungus (*Metarhizium anisopliae*). *Ecol. Mod.* 136: 223-236.
- Scriber, J.M. y F. Slansky Jr. 1981. The nutritional ecology of immature insects. *Ann. Rev. Ent.* 26: 183-211.
- Serrano-Limón, G. y J. Ramos-Elorduy. 1989. Biología de *Sphenarium purpurascens* (Charpentier) y algunos aspectos de su comportamiento (Orthoptera: Acrididae). *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México, Ser. Zool.* 59: 139-152.
- Schmidt, D.J. y Reese, J.C. 1986. Sources of error in nutritional index studies of insects on artificial diet. *J. Insect Physiol.* 32 (3): 193-198.
- Simpson, S.J. y J.D. Abisgold. 1985. Compensation by locusts for changes in dietary nutrients: behavioural mechanisms. *Physiol. Ent.* 10: 443-452.
- Showler, A.T. 2003. The importance of armed conflict to desert locust control, 1986-2002. *J. Orth. Res.* 12: 127-133.
- Skaf, M.R.M. 1972. Le criquet marocain *Dociaustorus maroccanus* Thunberg au proche-orient et sa grégarisation sous l'influence de l'homme. Tesis doctoral. Universidad de París, París.
- Smith, R.W. 1965. A field population of *Melanoplus sanguinipes* (Fab.) (Orthoptera: Acrididae) and its parasites. *Can. J. Zool* 43: 179-201.
- Smith, D.S. y F.E. Northcott. 1951. The effects on the grasshopper, *Melanoplus mexicanus mexicanus* (Sauss.) (Orthoptera: Acrididae) of varying nitrogen content in its food plant. *Can. J. Zool.* 29: 297-304.

- Song, H., D.B. Weissman, L. Barrientos-Lozano y Z. Cano-Santana. Enviado. The locust island. *Am. Entomol.* (2005).
- Southwood, T. R. E. 1978. *Ecological Methods*. Chapman Hall, Londres.
- Speight, M.R., M.D. Hunter y A.D. Watt. 1999. *Ecology of Insects*. Blackwell, Oxford. 350 pp.
- Standley, P.C. 1920-1926. Trees and shrubs of Mexico. *Contributions from the United States National Herbarium* 23: 1-1721.
- Standley, P.C. y L. O. Williams. 1975. Flora de Guatemala. Rubiaceae. *Fieldiana Botany* 24 part II: 1-274.
- StatSoft Inc. 2004. *Electronic Statistic Text Book*. Ver. 6.0. Tulsa, Oklahoma.
- Vázquez, L. 1960. Observaciones sobre los artrópodos. Pp. 217-234. En: Adem, J. (ed.). *La Isla Socorro, Archipiélago de las Revillagigedo*. Monografía No. 2 del Instituto de Geofísica, UNAM.
- Tanada, Y. y H. Kaya. 1993. *Insect Pathology*. Academic Press Inc., San Diego, California.
- Uvarov, B. 1966. *Grasshoppers and Locusts. : A Handbook of General Acridology*. Anti-Locust Research Centre, Londres. 481 pp.
- Uvarov, B.P. 1977. *Grasshoppers and Locusts: A Handbook of General Acridology*. Volume 2. Centre of Overseas Pest Research, Londres. 613 pp.
- van Loon, J.J.A. 1993. Gravimetric vs respirometric determination of metabolic efficiency in caterpillars of *Pieris brassicae*. *Ent. Exp. Appl.* 67:135-142.
- Vázquez, L. 1960. Observaciones sobre los artrópodos. En: La Isla Socorro Archipiélago de las Revillagigedo. Monografías del Instituto de Geofísica(2). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Vicentini, S. 1999. Ecologia do gafanhoto *Stiphra robusta* (Orthoptera: Proscopiidae) e seu controle biológico com o fungo entomopatogenico *Metarhizium flavoviride* (Hyphomycetes). Tesis doctoral. Universidad de Brasilia, Brasilia. 1138 pp.
- Walkley, M. S. y C. A. Black. 1934. Methods of soil analysis. *Soil Sci.* 37: 29-35.
- Whittaker, R.H. 1975. *Communities and Ecosystems*. MacMillan, Nueva York.
- Wiggins, L. 1980. *Flora of Baja California*. Stanford University Press, Stanford, California.

Woodwell, G.M. 1967. Sustancias tóxicas y ciclos ecológicos. Pp. 270-277. En: *Ecology, Evolution, and Population Biology*. W.H. Freeman (1978), San Francisco.

Zar, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4^a edición. Prentice Hall, Upple Saddle River, Nueva Jersey.

ANEXO 1
SCHISTOCERCA PICEIFRONS PICEIFRONS ESTÁ REGISTRADA
EN LA ISLA SOCORRO DESDE 1925

From: "Hojun Song" <song.131@osu.edu>
To: "Zenon Cano-Santana" <zcs@hp.fciencias.unam.mx>
Subject: reference
Date: Thu, 2 Dec 2004 17:06:32 -0500
MIME-Version: 1.0
Content-Type: multipart/alternative;

Dear Zenon,

Thank you for your reply. Things are a bit slow because I have so much stuff to do, but we will have a rough draft ready by the end of January or so. I am in the process of estimating how long locusts have been on the island. From the museum specimens, I know that they were there at least since 1925. But, whether they were gregarious or not, I do not know. All the known specimens are now missing. Specimens mentioned in Palacios-Vargas et al. (1982) were supposedly deposited in the Natural History Museum of Los Angeles County, but the curator told me that no such specimens exist. People who visited the island in 1950-1980s all died, and so no first-hand experience can be found.

Dr. Jose G. Palacios-Vargas (one of the authors of 1982 paper) visited the island in 1977, and he was a faculty at UNAM back in 1982. Is he still alive? If so, could you ask him about the locust situation in 1977?

Also, I would like to find a paper, published from UNAM. I don't know if I can get it through my library, but it seems that you are in the better position of finding this than I am. The citation is:

Vazquez G., L. 1960. X. Observaciones sobre los artrópodos. pp. 217-234 = in Adem, J. et al. 1960. La Isla Socorro, Archipiélago de Las Revillagigedo. Monogr. Inst. Geofísica, Univ. Nac. Autónoma México, 2: 1-234.

Thank you for your help.

Best wishes,
Hojun
Hojun Song
The Ohio State University
Department of Entomology
Museum of Biological Diversity
1315 Kinnear Road
Columbus, OH 43212 USA
(Office) 614-292-9794
(Mobile) 614-506-2846
(Fax) 614-292-7774
(e-mail) song.131@osu.edu
(web) www.schistocerca.org

Catálogo fotográfico de los dípteros parasitoides encontrados en las langostas de la isla Socorro.

