



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Estacionalidad y diversidad de ortópteros de la porción  
oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera  
Tehuacán-Cuicatlán, México**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**B I Ó L O G A**

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

**SILVINA MONGE RODRÍGUEZ**



**DIRECTOR DE TESIS:  
Dr. Zenón Cano Santana**

**2010**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

1. Datos de la alumna.  
Monge  
Rodríguez  
Silvina  
56 76 57 43  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
300205589
2. Datos del tutor.  
Doctor  
Zenón  
Cano  
Santana
3. Datos del sinodal 1.  
Doctora  
Alicia  
Callejas  
Chavero
4. Datos del sinodal 2.  
Maestro en Ciencias  
Arturo  
García  
Gómez
5. Datos del sinodal 3.  
Maestro en Ciencias  
Iván Israel  
Castellanos  
Vargas
6. Datos del sinodal 4.  
Maestro en Ciencias  
Víctor  
López  
Gómez
7. Datos del trabajo escrito.  
Estacionalidad y diversidad de ortópteros de la  
porción oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera  
Tehuacán-Cuicatlán, México.  
48 p.  
2010

A mi familia...  
la genética... la otra...  
y a la de diferente especie.

## Agradecimientos

Esta tesis no hubiese sido posible sin el apoyo de tantísima gente que estuvo conmigo durante todo este largo y emocionante camino de convertirme en bióloga, así como sin la ayuda de todos aquellos que colaboraron activamente en la elaboración de este increíble documento que tantas canas nos sacó.

Quiero agradecer al M. en C. Iván Castellanos Vargas y al Dr. Zenón Cano Santana, por darme la oportunidad de realizar la tesis con ellos e incluirme dentro del proyecto de Orthoptera de Oaxaca, gracias por enseñarme el increíble mundo de la ecología y la bellísima y diversa vida de los insectos. Gracias por ser mis “padres” académicos que me regañaron cuando lo merecía, me apoyaron cuando lo necesitaba y que confiaron en mí a pesar de todo. Aunque solamente aparece un tutor de manera formal, en realidad fue el esfuerzo de ambos lo que me permitió terminar este trabajo.

No hubiera podido llegar muy lejos en las colectas realizadas, vaya no habría llegado ni a Oaxaca, de no haber contado con el valor del Dr. Rafael Chávez para prestarme el mejor vehículo que hubiera podido desear para trabajar en campo, ese jeep maravilloso que aguantó de todo en la mera sierra, que nos llevó a lugares de muy difícil acceso y nunca nos dejó tirados a pesar de todas las dificultades encontradas en el camino ¡Gracias Rafa! Incluso no hubiese llegado hasta allá con todo y jeep, de no haber contado con mis amigos Adair Chávez, Nikolay Luna, Gastón Ochoa, Roberto Arreola y Darío Escudero que verdaderamente se rifaron y la hicieron de conductores, colectores, fotógrafos, cocineros y hasta evisceradores de chapulines ¡Muchas gracias carnalitos! Sin su esfuerzo, ganas, compañía y buen humor ninguno de los ortópteros oaxaqueños estudiados en esta tesis habría llegado hasta el D.F.

Agradezco la enorme ayuda que representó para mí realizar los primeros dos días de colecta con el Dr. Filippo María Buzzetti y los M. en C. Ricardo Mariño y Víctor López Gómez, quienes me orientaron en la selección de las primeras localidades y me ayudaron en la identificación taxonómica.

A la M. en C. Patricia García, muchas gracias por enseñarme sobre los ortópteros tanto teóricamente como en el laboratorio y en el campo, así como por regalarme material para coleccionar y montar ejemplares, pero sobre todo gracias Paty por la ayuda y por todas las aventuras que tuvimos durante la colecta de julio, nunca olvidaré ese viaje justo antes de tu boda.

Quiero agradecer la amable colaboración de la M. en C. Cristina Mayorga de la Colección de Insectos del Instituto de Biología UNAM, por darme todas las facilidades para montar los ejemplares en sus instalaciones.

La identificación taxonómica en su mayoría fue realizada con la guía y colaboración constante del Dr. Eduardo Rivera del INECOL de Xalapa, a quien quiero agradecer muchísimo porque me enseñó lo poquito que sé de taxonomía, me ayudó clasificar a los chapulines, participó también en las correcciones de esta tesis y me ayudó a

conseguir valiosísimos artículos sobre Orthoptera. Las dos estancias que realicé en el INECOL para identificar los ortópteros con Eduardo, fueron posibles mediante la colaboración económica conjunta de las fundaciones Castellanos-Vargas y Monge-Sánchez ¡Gracias Iván! ¡Gracias Papá!

Quiero agradecer a todos y cada uno de los sinodales cuyos puntos de vista y correcciones permitieron el crecimiento de esta tesis: la Dra. Alicia Callejas, el M. en C. Víctor López y el M. en C. Arturo Gómez. En particular quiero agradecer al M. en C. Iván Castellanos, por sentarse conmigo a leer en voz alta la última versión de la tesis, así como por apoyarme en los momentos más difíciles de las correcciones.

Gracias a todos los alumnos y ex-alumnos del grupo de Ecología de Artrópodos Terrestres (ahora llamado Grupo de Interacciones y Procesos Ecológicos): Adriana, Mónica, Miriam, Daniela, Ixchel Gina, Estefanía, Erandi, Viridiana, Ariana, Olivia, León, Ramiro y Rodrigo. Gracias a todos por hacerme parte del equipo, por su alegría y apoyo, por cada una de nuestras reuniones de chicas maravillosas, por todas las jornadas de restauración que compartimos, por todas las tazas de café y las chelas que bebimos juntos. ¡Gracias por hacer del b101 un excelente lugar de trabajo!

Muchas gracias Adriana por ese semestre de ayudantía, fue una sin duda una experiencia maravillosa y muy importante para mí, no cabe duda que no hubiera sido lo mismo sin ti, gracias por estar ahí para echarle ganas en equipo permitiéndome conocerte y quererte mucho en el inter. Creo que no lo hicimos tan mal ya que de ese grupo salió mi Ixchelito adorada, a quien le debo un gran ¡Gracias! Por todo el apoyo conceptual otorgado a altas horas de la noche vía msn, así como por todas las porras para que este trabajo llegara a término.

También quiero agradecer a mi gran amiga Eleonor Cortés, por todo el apoyo que me brindó durante la elaboración de la tesis, gracias Nonorcita por discutir conmigo muchos de los análisis estadísticos, por ayudarme a madurar ideas y conceptos ecológicos, por enseñarme tanto de tecnología y por todo, todo lo demás.

Agradezco a la CONABIO por financiar el proyecto GE001 “Ortopteroides de Oaxaca, México: Orthoptera, Mantodea y Phasmatodea”, en el cual estuvo incluido este trabajo. Es una fortuna que una institución como CONABIO exista en beneficio del conocimiento, uso y protección de la biodiversidad.

Asimismo quiero agradecer a la UNAM que me ha otorgado una excelente educación desde que ingresé a la Escuela Nacional Preparatoria “Antonio Caso”, es un gran orgullo para mí pertenecer a la mejor Universidad del país, la cual es autónoma, pública y gratuita gracias al esfuerzo de mucha gente a través de las diversas luchas ganadas a lo largo del tiempo.

Especialmente estoy muy agradecida con la Facultad de Ciencias, en cuyas aulas, laboratorios y jardinerías me formé, un sitio extraordinario donde tuve la oportunidad de recibir cátedra de gente igualmente extraordinaria, un lugar que me permitió concebir la vida de un modo diferente. Mi hermosa Fac, llena de gente que habla en otro idioma, donde lo mismo escuchas las anécdotas de las nauyacac encontradas en la última práctica de campo en Los Tuxtlas, como discusiones interminables acerca del bosón de Higgs, te enteras de los últimos hits en programación,

o te topas con un enardecido discurso político del Cruz que grita en la fuente del Prometeo. Mi linda casa, en cuyos jardines disfruté de la ciencia más pura escuchando piezas en vivo de Leo Brouwer o Ravi Shankar, así como un poco de circo de fondo con malabares y gente caminando por la cuerda floja. Es un honor haberme educado en Ciencias, llevo a su gente y al conocimiento que me regalaron tatuados en el corazón.

Detrás de esta tesis hay seis años de intenso trabajo, en los cuales me involucré en diversas áreas de la biología en búsqueda de aquella que me apasionara por completo. El camino fue muy largo y lleno de gente linda que me dio muchas oportunidades y las que quiero agradecer por enseñarme tanto y luego dejarme ir para seguir en mi búsqueda. Por orden cronológico quiero agradecer a todos estos personajes maravillosos que me permitieron entrar a su grupo de trabajo:

A la M. en C. Aurora Zlotnik por mostrarme el maravilloso mundo de las plantas y algunos misterios ocultos de la etnobotánica xochimilca.

A la Dra. Sara Frías, a la M. en C. Bertha Molina y todas las integrantes del Laboratorio de Citogenética del Instituto de Pediatría, por enseñarme a leer los secretos de la herencia encerrados en los cromosomas.

Al Dr. Sigfrido Sierra por inculcarme la enorme diversidad de hongos y educar mi nariz de una manera tan divertida.

A los doctores. Sergio Cevallos y Laura Calvillo por enseñarme el increíble y largo mundo del pasado, por permitirme conocer mi país a través de todas las colectas de fósiles que hicimos. Gracias por la terapia que representó para mi trabajar con las hojas fósiles de Tlaxcala. Pero sobre todo gracias Laura por dejarme entrar en tu corazón, hacerme parte de tu familia y regalarme el mejor hermanito postizo que hubiera podido desear ¡Te adoro Jiusepe!

He tenido la fortuna de contar en todo momento por mi diversa y abundante familia, a quienes quiero agradecer por haber estado ahí para mí. Siempre me han apoyado mis padres quienes además de darme la vida, me dieron la conciencia y el valor para afrontarla. Agradezco a mi hermano quien fue mi primer maestro de entomología; a mi abuelita linda que siempre me escucha y a quien le ha encantado aprender un poco de biología; a mis tías consejeras y a mi primo Leo. Además soy doblemente afortunada, ya que cuento con la otra familia: mi increíble hermano Adair a quien le debo más de lo que podría escribir ¡Te adoro carnal!; mis hermanos Tarek, Derossi, Darío, Juan, Dago, Miguel, Emilio Castelló y Emilio Chupis, Guaca, Rodas, Rubén, Henrik, Memo Castillo, Memo D'Olivo y Ricardo; mis hermanas adoradas Sofía, Michelle, Eleonor y Renata; y mis mamás postizas mamá Gina y Lucero ¡Gracias a todos! ¡Los amo tanto!

No me extiendo más en cursilerías porque no acabaría jamás. A todos les agradezco su apoyo incondicional y les dedico con gran cariño esta tesis llena de esfuerzo y pasión, de numeritos, tablas, gráficos y fotografías, pero sobre todo ¡Llena de chapus diversos y abundantes como ustedes!

# ÍNDICE

<b>Resumen</b>	1
<b>I. Introducción</b>	2
1.1 Los ortópteros	
1.2 Estado del conocimiento ortopterológico en México	
1.3 Relevancia ecológica y económica.	
1.4 Factores que determinan las comunidades de Orthoptera	
1.4.1 Estructura y composición vegetal	
1.4.2 Clima	
1.4.3 Distribución altitudinal	
1.4.4 Características del suelo	
1.5 Justificación del trabajo	
<b>II. Objetivos e hipótesis</b>	10
<b>III. Zona y sitios de estudio</b>	11
3.1 La Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán	
3.2 Selección de sitios	
3.3 Clima	
<b>IV. Materiales y métodos</b>	17
4.1 Colecta	
4.2 Sacrificio	
4.3 Montaje	
4.4 Crianza	
4.5 Métodos y técnicas de identificación de ejemplares	
4.6 Análisis de datos	
<b>V. Resultados</b>	22
5.1 Listado taxonómico global de especies	
5.2 Composición de especies	
5.3 Variación espacial de la composición de la comunidad	
5.4 Variación estacional	
5.5 Crianza de ninfas	
<b>VI. Discusión y conclusiones</b>	34
6.1. Estructura y variación espacial de la comunidad	
6.2. Variación estacional de la composición de la comunidad	
6.3. Crianza de ninfas	
6.4. Conclusiones	
<b>Literatura citada</b>	42



Monge, R. S. 2010. Estacionalidad y diversidad de ortópteros de la porción oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, México. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 47 pp.

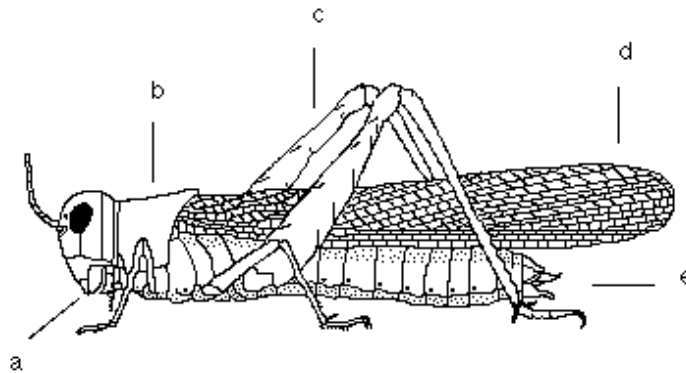
## **RESUMEN**

Los ortópteros son insectos relevantes en términos ecológicos, ya que ocupan un lugar clave dentro del ciclo de nutrientes de los ecosistemas, ubicándose en la parte intermedia de las cadenas alimentarias. Este grupo también tiene gran una importancia económica, debido a que muchas especies son consideradas plaga, mientras que otras son parte importante de la alimentación de la población oaxaqueña. El objetivo general de este trabajo fue conocer la estacionalidad y diversidad de ortópteros de la porción oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC), por lo que se analizaron once comunidades de Orthoptera, durante cuatro muestreos realizados en abril, julio y septiembre de 2008 y enero de 2009, se colectaron 257 ejemplares adultos que se clasificaron dentro de 33 morfoespecies. En las localidades muestreadas se registraron valores de abundancia en un intervalo de 4 a 92 ejemplares, y valores de riqueza en un intervalo de 3 a 21 morfoespecies. Se realizó un análisis de componentes principales y un dendograma Bray-Curtis, ambos separaron las comunidades en tres grupos: el primer grupo se integra por las comunidades más abundantes y diversas El Capulín y La Nopalera, las cuales tienen en común, la característica de presentar pasto abundante, altos niveles de precipitación media anual, así como una altitud similar (2,011 y 1,668 m); el segundo grupo se compone de las comunidades de ortópteros encontradas en encinares y bosques mixtos con altitudes mayores a 1,800 m; el tercer grupo, se compone de las comunidades menos diversas y abundantes, con tipos de vegetación más desértica como el matorral xerófilo o la selva baja caducifolia, que comparten una altitud menor a 715 m. Por lo que la altitud y el tipo de vegetación al parecer son factores que intervienen en la diversidad y abundancia de ortópteros de la RBTC.

# I. INTRODUCCIÓN

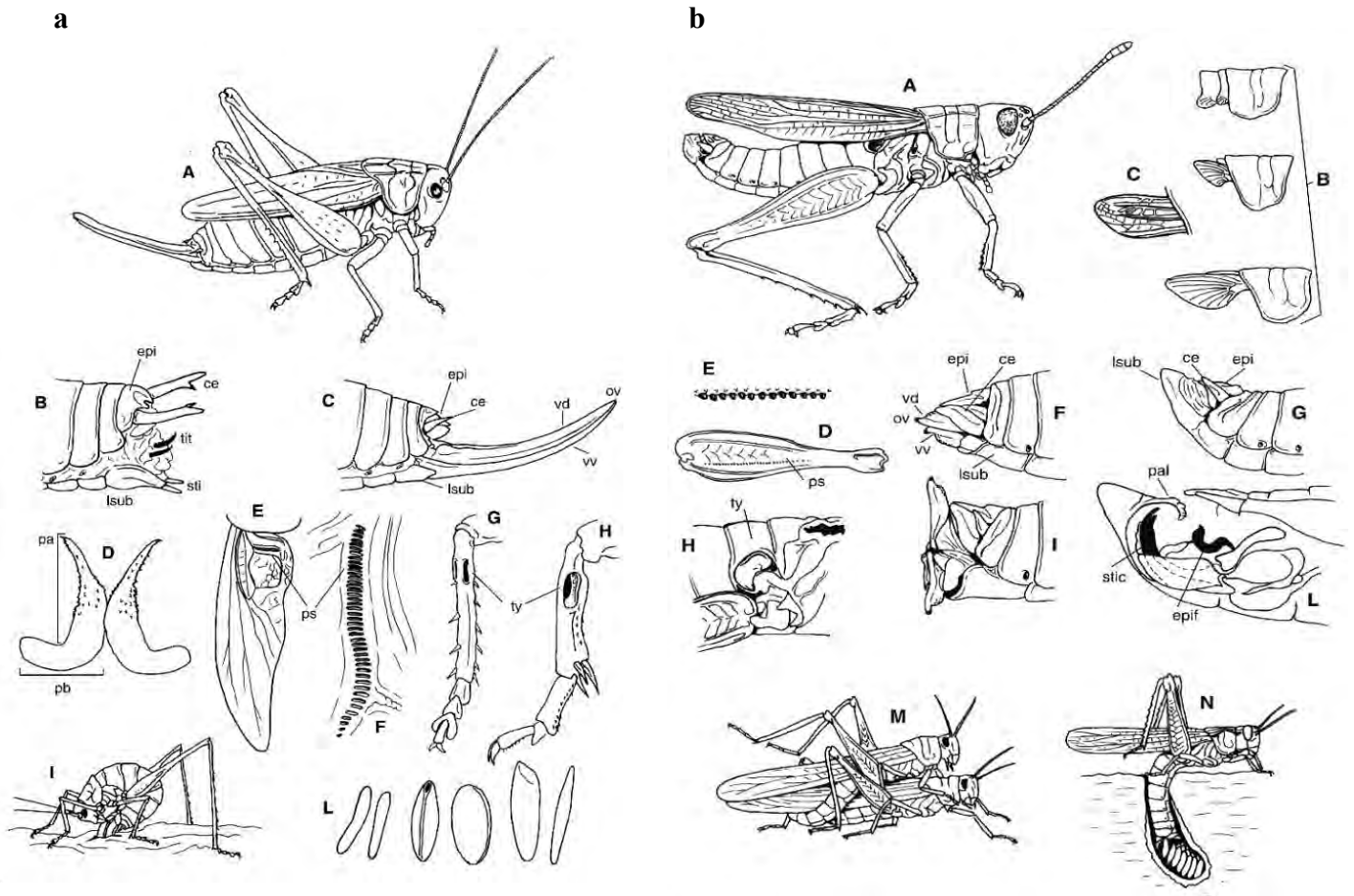
## 1.1 Los ortópteros

Los chapulines, grillos, langostas y esperanzas constituyen un numeroso grupo de insectos que en conjunto integran al orden Orthoptera. De acuerdo con Uvarov (1966), Otte (1981), McGavin (2002) y Fontana *et al.* (2008), los ortópteros son insectos generalmente hipognatos, de cabeza grande ligeramente hundida en un pronoto ensanchado en forma de silla de montar o de escudo, con ojos compuestos bien desarrollados y en ocasiones tres ocelos en forma de triángulo (con excepción de las formas troglobias y ápteras), antenas filiformes o moniliformes; los primeros dos pares de patas son muy semejantes y generalmente ambulatorios con excepción de dos familias (Gryllotalpidae y Trydactylidae), donde las patas delanteras son cavadoras, las posteriores son saltatorias y se caracterizan por tener los fémures engrosados, aunque en ciertos géneros como *Stenopelmatus*, las patas posteriores no se utilizan para el salto. Estos autores mencionan que no todos los ortópteros tienen alas, y si las presentan éstas pueden ser braquípteras o macrópteras; las alas anteriores son endurecidas y estrechas, llamadas tegminas y pueden ser utilizadas para emitir sonidos; las posteriores son amplias y membranosas plegadas en forma de abanico con venas longitudinales y transversales; el abdomen se compone de diez segmentos articulados; el onceavo segmento se transforma y se divide en un par de cercos bien desarrollados (Fig. 1.1); presentan un marcado dimorfismo sexual, donde los sexos pueden diferir en color, tamaño del cuerpo y de las alas, incluso en algunas especies los sexos son tan diferentes que han sido colocados erróneamente en diferentes géneros.



**Figura 1.1.** Anatomía general de un ortóptero. **A.** Aparato bucal masticador. **B.** Pronoto. **C.** Patas posteriores con fémures engrosados. **D.** Alas. **E.** Cercos bien desarrollados (Tomado de la fototeca digital del Instituto Nacional de la Investigación Agronómica, Francia, 1997).

El orden Orthoptera se divide en dos subórdenes: Ensifera (grillos y esperanzas), insectos que se caracterizan por tener antenas delgadas generalmente más largas que el cuerpo, un tímpano en la base de las tibiae anteriores y las hembras presentan un ovipositor largo (Figura 1.2a); y Caelifera (saltamontes y langostas), los cuales poseen antenas cortas, tienen un tímpano en la base del abdomen y las hembras muestran un ovipositor corto (Figura 1.2b. Fontana *et al.*, 2008).



**Figura 1.2. a. Ensifera.** A: aspecto general. B: parte terminal del abdomen masculino, epi=epiprocto; ce=cercos; tit=titiladores, lsub=lámina subgenital, sti=estilos. C: parte terminal del abdomen femenino vd=valva dorsal; ov=ovipositor; vv=valva ventral. D: titiladores pa=parte apical; pb=parte basal. E: tegmina izquierda ps=pars stridens. F: pars stridens. G: tibia anterior de *Gryllus campestris*. I: oviposición de *Leptophyes* sp. L: huevos.

**b. Caelifera.** A: aspecto general. B: esbozos alares en varios estadios de desarrollo. C: ala escuamiforme de *Podisma pedestris*. D: margen interno del fémur posterior, ps=pars estridens. E: pars estridens. F: parte terminal del abdomen femenino, ce=cercos; epi=epiprocto; ov=ovipositor; vd=valva dorsal; vv=valva ventral; lsub=lámina subgenital. G: parte terminal del abdomen masculino. H: primer segmento abdominal, ty=tímpano. I: ovipositor con las valvas extendidas. L: anatomía de la genitalia masculina, pal=palio; epif=epifalo, stic=estilete copulatorio. M: acoplamiento. N: oviposición. Tomado de Fontana *et al.* (2008).

Estos organismos son paurometábolos: sus estados de desarrollo son huevo, varios estadios ninfales (por lo regular entre cinco y seis) y adulto; las ninfas son una versión pequeña del adulto, sin embargo no poseen alas ni genitales bien desarrollados (Fontana *et al.*, 2008). En un ciclo biológico típico de los ortópteros, los huevos eclosionan en primavera, las ninfas se desarrollan en verano y los adultos se reproducen entre verano y otoño; la mayoría de las especies son univoltinas y las pocas especies multivoltinas, habitan en zonas de climas muy fríos y a grandes altitudes; además, hay especies que requieren más de un año para completar su ciclo (Capinera *et al.*, 2004).

La mayoría de estos individuos son herbívoros y presentan los tres grados de especialización hacia las plantas de las que se alimentan: monofagia, oligofagia y polifagia; aunque también ciertas especies pueden presentar canibalismo como *Gryllus assimilis* y *Brachystola magna*, o bien ser depredadores como es el caso de *Saga pedo* (Isely, 1938; Mulkern *et al.*, 1969; Otte y Joern, 1977; Uvarov, 1977; Chapman, 1990).

Los ortópteros viven en hábitats terrestres y como otros seres vivos, la mayor diversidad de especies se concentra alrededor de los trópicos (Pianka, 1966). Existen muy pocos hábitats en donde no se encuentren este tipo de insectos, ya que por lo general donde se encuentran plantas de talla pequeña, también veremos una alta diversidad de ortópteros, debido a que éstos después de los hemípteros, son los insectos fitófagos más abundantes sobre todo en hábitats abiertos con vegetación baja, donde los rayos solares inciden de forma directa, como las praderas, los pastizales, los matorrales y las áreas de cultivo (Capinera *et al.*, 2004; Schowalter, 2006).

El orden Orthoptera contiene más de 20 mil especies, la mayoría tropicales (Preston-Mafham, 1990; Fontana *et al.*, 2002). En México los estudios sobre la diversidad de este orden se encuentran en desarrollo, no obstante Barrientos-Lozano (2004), enumera 274 géneros y 920 especies, mientras que Fontana *et al.* (2008), lista 651 especies pertenecientes a 250 géneros, 19 familias y 9 superfamilias, siendo las subfamilias mejor representadas: Melanoplinae, Phaneropterinae, Gomphocerinae, Oedipodinae y Pseudophyllinae.

## **1.2 Estado actual del conocimiento ortopterológico en México**

El conocimiento actual del orden Orthoptera en México se encuentra disperso en la literatura, son pocos los géneros que han sido revisados recientemente y de manera global la fauna de Ortopteroides, se conoce escasamente (Fontana *et al.*, 2008). Sin embargo, en las últimas décadas se han realizado diversos listados faunísticos de ortópteros mexicanos, así como revisiones a varios géneros para conocer la gran diversidad de este tipo de insectos dentro de nuestro país, donde destacan los trabajos de Hebard (1925; 1932) quien

presentó un listado de especies de ortópteros y dermápteros del estado de Sinaloa y enlistó las especies nuevas de ortópteros de México. Roberts (1947) hizo una revisión de los Melanoplinae mexicanos; Cohn (1965) describió las especies de *Neobarrettia* (Tettigoniidae) dentro del país; y posteriormente Cohn y Cantrall (1974) revisaron el género *Barytettix* de altitudes bajas del Este de México. Kevan (1977), por su parte, hizo una revisión sobre Pyrgomorphae mexicanos (Acridoidea).

Márquez, personalmente o con otros investigadores (Márquez 1962, 1963, 1964, 1965, 1966 y 1969; Márquez-Mayandon 1954 y 1957; Mariño y Márquez 1984; Márquez y Ortega 1988) hicieron registros y descripciones de ortópteros mexicanos, por ejemplo, se determinan las especies de acrididos de Puebla, Guerrero y de la Reserva de la Biósfera de Chamela, Jalisco, y se registra la composición de especies de acrididos, tetigónidos y grillos del Pedregal de San Ángel. Descamps (1975), estudió los acrididos del estado de Veracruz.

Rivera-García (1986, 1992, 2006, 2008) llevó a cabo varios estudios faunísticos de los Acridoidea de la Reserva de la Biósfera de Mapimí, Durango y del desierto Chihuahuense. Delgado-Saldívar *et al.* (2000) realizaron un análisis taxonómico de las diferentes especies de ortópteros de Aguascalientes; Anaya-Rosales *et al.* (2000) elaboraron un manual para el diagnóstico de las especies de chapulines de Tlaxcala y los estados circundantes. Zárate-Torres y Barrientos-Lozano (2005), enlistaron los acridoideos de la Reserva de la Biósfera “El Cielo” en Tamaulipas. Posteriormente, Salas-Araiza *et al.* (2003) enlistaron las especies de acridoideos de Guanajuato; Song (2006) hizo una contribución sobre el género *Schistocerca* en México; Castellano-Vargas (2007) revisó los ortópteros de la zona Sureste de la Ciudad Universitaria, en México, D. F. García-García y Fontana (2008) presentaron una guía sobre los ortópteros del Parque Nacional El Cimatario, Querétaro; y Fontana *et al.*, (2008) publicaron una guía fotográfica de chapulines, langostas, grillos y esperanzas de todo el país.

### **1.3 Relevancia ecológica y económica**

Los ortópteros son organismos relevantes en términos ecológicos, ya que ocupan un lugar clave dentro del ciclo de nutrientes de los ecosistemas debido a que: (1) consumen grandes cantidades de plantas, frecuentemente ingieren su peso en tejido vegetal diariamente; y (2) aceleran la degradación de celulosa y otros materiales mediante la fragmentación de láminas foliares en pedazos pequeños que pueden ser consumidos por hongos y bacterias. La materia fecal que expulsan es degradada fácilmente por la microbiota, lo que resulta en un incremento en la solubilidad de los nutrientes químicos esenciales para el crecimiento de las plantas, e incluso su comportamiento de alimentación selectiva puede afectar la

abundancia relativa de especies de una comunidad vegetal, por lo que la ausencia de estos organismos podría provocar que muchos de los nutrientes de un ecosistema se mantuvieran dentro de tejido vegetal muerto, insoluble y no disponible para que nuevamente las plantas los incorporen (Otte, 1981; Capinera *et al.*, 2004; Schowalter, 2006).

Estos insectos, por ser el alimento de otros animales y ser consumidores primarios se ubican en la parte intermedia de las cadenas alimentarias. Son alimento importante para otros invertebrados, como Diptera, Hymenoptera, Mantodea y Araneae, además de vertebrados como reptiles, aves y mamíferos, los cuales encuentran en los ortópteros una fuente de alimento con altos niveles de proteínas y grasas necesarias para su desarrollo (Reese, 1973; Preston-Mafham, 1990; Capinera *et al.*, 2004; Fontana *et al.*, 2008). Asimismo, estos organismos tienen parásitos y parasitoides de distintas familias de hongos, Diptera, Hymenoptera, Nematoda y Acari (Reese, 1973; Schowalter, 2006).

Este grupo también tiene gran una importancia económica, debido a la intensa competencia que establece con otros animales por pasto y con los humanos por cultivos de granos, por lo que muchas especies son consideradas plaga y se encuentran permanentemente dentro de las diez peores plagas de insectos (Otte, 1981). Usualmente consumen una cantidad considerable de follaje durante su desarrollo ninfal, así como durante su vida adulta, las langostas y los saltamontes en particular pueden causar altos niveles de daño a la vegetación, perjudicando cultivos de forraje, de vegetales, de granos, de frutas y de plantas ornamentales mediante la defoliación (Capinera *et al.*, 2004).

En México, hay 12 estados afectados por alguna de las más de 30 especies consideradas como plaga, los cultivos más afectados son de maíz, frijol, sorgo, cebada y calabaza, así como pastizales inducidos (Anaya-Rosales *et al.*, 2000).

Así mismo Ramos-Elorduy *et al.* (1997), indican que los ortópteros son una parte importante de la alimentación diaria de la población oaxaqueña, gracias a que proveen de una gran cantidad de proteínas, vitaminas y minerales que complementan significativamente la dieta de la población de la región, ya que mientras 100 g de carne de res contienen entre 54 y 57% de proteínas, 100 g de chapulines contienen entre 62 y 75%. Se han registrado 24 especies que se consumen en el estado, donde las más relevantes son: *Sphenarium mexicanum histrio*, *S. purpurascens*, *Xyleus discoideus mexicanus*, *Abracris flavolineata*, *Schistocerca* spp., *Rhammatocerus viatorius viatorius*, *Melanoplus mexicanus*, *Encoptolophus otomitus*, *Arphia* sp., y *Boopedon flaviventris*.

## 1.4 Factores que determinan las comunidades de Orthoptera

La estructura de las comunidades de ortópteros puede variar considerablemente con el tiempo, en términos de la riqueza específica y la abundancia relativa dependiendo del tipo de hábitat (Joern y Pruess, 1986; Kemp *et al.*, 1990; Cigliano *et al.*, 2000).

De acuerdo con Whittaker *et al.* (1975), la selección de un hábitat específico, representa un compromiso entre los múltiples factores usados para monitorear el hábitat sustentable por un organismo. Para los ortópteros, en particular, se ha mostrado que la riqueza y la diversidad de la vegetación genera cambios en sus rasgos poblacionales y comunitarios (Isely, 1938; Clarke, 1948; Anderson, 1964; Otte, 1977; Otte y Joern, 1977; Squiter y Capinera, 2002; Joern, 1982; Joern, 1986; Kemp *et al.*, 1990), asimismo el microclima y la distribución altitudinal (Clarke, 1948; Gordon y Hilliard, 1969; Anderson, 1973; Uvarov, 1977; Joern, 1982; Kemp *et al.*, 1990); la disponibilidad de alimento, sitios de oviposición y refugios (Isely, 1937; 1938; Otte y Joern, 1977; Uvarov, 1977; Joern, 1982); así como algunas características del sustrato que permitan la crípsis de ciertas especies (Isely, 1938; Otte y Joern, 1977), son factores que modifican la diversidad de ortópteros.

*1.4.1 Estructura y composición vegetal.* La estructura de la vegetación, de acuerdo con Joern (1982) afecta varios factores simultáneamente, entre los que se cuenta el microclima, las respuestas de los ortópteros a la luz, la disponibilidad de plantas comestibles, las señales olfativas y las superficies apropiadas para la funcionalidad de la coloración críptica. Estos factores afectan la elección específica de un hábitat por parte de un ortóptero.

La disponibilidad de plantas está determinada por la diversidad vegetal de un microhábitat dado, mientras que la selección de plantas comestibles, dependerá principalmente de los componentes químicos de ésta y la concentración y distribución de los nutrientes vegetales (Otte y Joern 1977). Un sitio con alta diversidad vegetal y una estructura compuesta de varios estratos, representa una gran variedad de recursos alimenticios y sitios de refugios disponibles para los ortópteros, lo que afecta positivamente su diversidad; consecuentemente en un sitio con escasa diversidad vegetal, se reduce significativamente la diversidad de ortópteros y al mismo tiempo se incrementa la abundancia de algunas especies muy particulares (Joern, 1982; Kemp *et al.*, 1990; Fielding y Brusven, 1992; Cigliano *et al.*, 2002).

*1.4.2 Clima.* Debido a que el funcionamiento de los organismos exotérmicos depende de la temperatura ambiental, existe una clara correlación entre el clima y la abundancia y distribución de los ortópteros

(Uvarov, 1966; Whitman, 1987, Willott, 1997; Willott y Hassall, 1998), ya que los cambios anuales, estacionales y diarios en temperatura, humedad, precipitación, viento e insolación, pueden producir efectos fisiológicos en los insectos, modificando la actividad del sistema endócrino, la supervivencia, el desarrollo y la reproducción (Varley *et al.*, 1973).

Tanto el crecimiento como el desarrollo de los ortópteros, son procesos sensibles al cambio de temperatura, y generalmente dentro de ciertos límites el desarrollo, el crecimiento y la reproducción se incrementan con la temperatura (Uvarov, 1966; Begon *et al.*, 2006; Whitman, 1987). La humedad también es un factor clave en el ciclo de vida de los ortópteros, debido a que favorece la eclosión de los huevos y la inducción del término de la diapausa (Uvarov, 1966).

*1.4.3 Distribución altitudinal.* Gordon y Hilliard (1969) mencionan que estos insectos presentan un rango altitudinal muy amplio que va de 1 a 4,265 m, así mismo discuten que la altitud se relaciona de manera inversamente proporcional con la diversidad de especies de ortópteros, ya que estos insectos presentan un decremento pronunciado al incrementar la altitud, por lo que en un sistema montañoso se puede registrar un gradiente altitudinal en su distribución. La altitud tiene efectos sobre la fenología de los insectos y sobre la fenología de las plantas de las cuales los ortópteros se alimentan, debido a que al incrementarse la altitud, se retrasa la expresión de rasgos característicos de la primavera, como el incremento en la temperatura, el crecimiento y la floración vegetal.

*1.4.4 Características del suelo.* Isely (1938), sugiere que la distribución de ciertas especies de ortópteros, está relacionada con tipos específicos de suelo, ya que las hembras generalmente prefieren para la oviposición sitios con suelos de partículas finas, compuestos de arena o calcita, o sitios con suelos compuestos por materiales gruesos. Además el color del suelo es importante para los ortópteros, tal como describe este autor, se ha registrado que los Oedipodinae y Gomphocerinae, presentan coloración críptica y seleccionan fondos café-rojizos o café claro que realzan dicho efecto.

## **1.5 Justificación del trabajo**

La Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) se localiza en la parte Sureste del estado de Puebla y Noroeste de Oaxaca, y constituye una de las zonas áridas más importantes de nuestro país debido a su alta riqueza específica, diversidad biológica y número de endemismos (Rios-Casanova *et al.*, 2004). Entre las causas de la elevada diversidad y riqueza de especies de este sitio, destacan la compleja historia geológica, la actual influencia de las zonas biogeográficas Neártica y Neotropical, así como la cercanía de áreas húmedas



de varios estados como Oaxaca y Guerrero, las cuales forman un corredor estacional altitudinal que permite la entrada de especies de afinidad métrica (Rojas-Martínez y Valiente-Banuet, 1996; Dávila *et al.*, 2002). Además, la región Tehuacán-Cuicatlán se caracteriza por la presencia de un complejo escenario fisiográfico y un amplio intervalo altitudinal que tienen como consecuencia la formación de diferentes tipos de suelos y de vegetación (Dávila *et al.*, 2002), generando diversos hábitats disponibles para los ortópteros.

A pesar del complejo escenario fisiográfico, el alto nivel de diversidad y endemismos que caracterizan a la RBTC, se desconocen los patrones de diversidad para los Orthoptera. Los únicos grupos para los que actualmente se tiene algún conocimiento son Hemiptera (Brailovsky *et al.*, 1994), Hymenoptera (Rico-Gray *et al.*, 1998) y Formicidae (Rios-Casanova *et al.*, 2004). Estos trabajos en su mayoría fueron realizados en la porción poblana de la Reserva, por lo que es relevante determinar la diversidad de ortópteros en la RBTC dentro de la porción oaxaqueña y conocer los factores que afectan su distribución.

Es importante registrar la estacionalidad de ciertas especies comestibles, como es el caso del género *Sphenarium*, debido a que son un recurso ampliamente utilizado entre la población de la región quienes incluyen en su dieta 24 especies de ortópteros (Ramos-Elorduy *et al.*, 1997). Asimismo, en México se han realizado pocos estudios acerca de la ecología de comunidades de Orthoptera, por lo que el presente trabajo contribuye de manera significativa al conocimiento ecológico de este orden de insectos.

## II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El objetivo general de este trabajo es conocer la estacionalidad y diversidad de ortópteros de la porción oaxaqueña de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC).

Los objetivos particulares son:

1. Determinar la abundancia y riqueza de especies de ortópteros que se encuentran en siete diferentes tipos de vegetación (encinar, pastizal, bosque mixto de *Juniperus-Quercus*, selva baja caducifolia, mezquital, bosque de cactáceas columnares y matorral xerófilo), dentro de la porción oaxaqueña de la RBTC.
2. Analizar la relación entre las características del hábitat (tipo y altura de la vegetación, temperatura media anual, precipitación total anual, altitud y pendiente del terreno) y los atributos de la comunidad de ortópteros.
3. Registrar los cambios estacionales generales de las comunidades de ortópteros de esta zona, mediante el muestreo de ejemplares en temporada seca (abril 2008 y enero 2009) y en temporada de lluvias (julio 2008 y septiembre 2008).
4. Crianza en cautiverio de las ninfas de Orthoptera colectadas para su posterior identificación taxonómica.

Las hipótesis del presente estudio son:

- a) Durante la época de lluvias se incrementa la disponibilidad de agua en el suelo y la temperatura del ambiente, lo que permite la suspensión de la diapausa del huevo y favorece el crecimiento de este tipo de insectos (Uvarov 1966; Begon *et al.*, 2006; Whitman 1986), debido a esto se espera encontrar altos valores de abundancia de ninfas durante los muestreos en los meses de julio y septiembre, así como altos valores de riqueza y abundancia de adultos durante la temporada de secas registradas en los meses de enero y abril.
- b) Como lo han registrado Gordon y Hilliard (1969), las especies de ortópteros presentan un decremento pronunciado al incrementar la altitud, por lo que se espera encontrar un gradiente altitudinal en el que los valores de diversidad disminuyan al incrementarse la altitud. Esto debido a la correlación negativa entre la diversidad de especies y las bajas temperaturas asociadas a grandes altitudes.
- c) Se espera encontrar mayor abundancia de ortópteros en aquellas localidades con presencia de claros en la vegetación predominado por plantas de hábito herbáceo, así como en sitios con pastizales secundarios, ya que de acuerdo con Joern (1982), Fielding y Brusven (1992) y Cigliano *et al.* (2002) la abundancia de ortópteros se incrementa significativamente en pastizales secundarios, debido a que la incidencia de los rayos solares en hábitats abiertos con vegetación baja incrementa la temperatura, lo que favorece el desarrollo y la reproducción de estos organismos.

### III. ZONA Y SITIOS DE ESTUDIO

#### 3.1 La Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC).

Esta Reserva cubre una superficie total de 490,186 ha y está ubicada dentro del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, que incluye las Sierras de Juárez, Zongolica y Tecamachalco en la parte Sureste del estado de Puebla y Noroeste de Oaxaca (Rzedowski, 1981). Fisiográficamente, el Valle de Tehuacán es parte de la provincia Mixteca-Oaxaqueña, y abarca varios valles de origen tectónico, entre los que destacan los de Cuicatlán, Huajuapán, Tehuacán, Tepelmeme y Zapotitlán, formando parte de la Cuenca Alta del río Papaloapan principalmente, y en menor proporción de la Cuenca Alta del río Balsas (Valiente-Banuet *et al.*, 2000). Sus límites orográficos principales son al Este y Noreste la Sierra Madre Oriental (en esta sección llamada Sierra Zongolica), y la Sierra de Juárez al Sur. Todos estos valles que conforman la provincia están limitados por una serie de serranías que en su conjunto determinan la Sierra Mixteca, la cual forma parte de la Sierra Madre Oriental (Ochoa, 2001).

La aridez de la zona se debe al fenómeno de sombra orográfica provocada por la Sierra Madre Oriental sobre el Valle, específicamente la Sierra de Zongolica (Valiente-Banuet *et al.*, 2000; Dávila *et al.*, 2002). En los lugares cálidos la precipitación media anual es de 700 a 800 mm, en los semicálidos es de 400 a 500 mm, mientras que en los templados llega a 600 mm. Los tipos climáticos son templado (Cb), semicálido (Ac) y seco (BS y BW) (Dávila *et al.*, 2002).

Valiente-Banuet *et al.* (2000) caracterizaron la vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, reconociendo 29 asociaciones vegetales entre las que se encuentra el jicotillal de *Escontria chiotilla*, el cardonal de *Pachycereus weberi*, la tetechera de *Neobuxbamia tetetzo*, la selva baja espinosa perennifolia o mezquital de *Prosopis laevigata*, el cuajicotal, el fouquerial, el izotal, el bosque de *Juniperus flaccida* y *J. deppeana*, el bosque de encino y el de pino-encino, el bosque de galería, el tular, el matorral rosulifolio de *Dasyllirion* spp., así como el de *Agave* spp., y el candelillar de *Euphorbia antisiphilitica*.

#### 3.2 Selección de sitios

Se seleccionaron once localidades ubicadas dentro de la región oaxaqueña de la RBTC (Fig. 3.1), pertenecientes a los municipios: San Juan Bautista, Coixtlahuaca, San Juan de los Cues, Santa María Tecmovaca, Valerio Trujano y Santiago Nacaltepec.

De las once localidades bajo estudio, La Nopalera es la que se encuentra en el extremo Norte y se localiza a 60.6 km de Santiago Nacaltepec en el extremo sur, y a 46.3 km de Coixtlahuaca en el extremo Oeste. Sus principales características se describen en la Tabla 3.1.



**Figura 3.1.** Mapa de la Reserva de la Biósfera Tehuacán Cuicatlán, los puntos en color rojo señalan la localización de los sitios de colecta.

**Tabla 3.1** Características de las once localidades seleccionadas dentro de la RBTC.

Localidad	Georeferencia	Altitud (m)	Pendiente	Tipo de vegetación	Altura de la vegetación (m)	Tipo de clima	Observaciones
Santiago	17° 53'35.6" N	522	30°	Bosque de cactáceas columnares	4	Semicálido árido con lluvias en verano	Muestreo junto a un río.
Quiotepec	97° 59'47.1" O						
Santa María	18° 55'48.1" N	559	0°	Mezquital	5	Templado árido con lluvias en verano	Muestreo cercano a un río, registro de alta perturbación en los dos últimos muestreos.
Tecomovaca	97° 00'21.6" O						
Valerio	17° 47'44.2" N	606	21°	Matorral xerófilo	3	Semicálido árido con lluvias en verano	-
Trujano	96° 56'30.6" O						
San Juan de los Cues	18° 1'5.75" N 97° 3'8.5" O	713	4°	Selva baja caducifolia	7	Semicálido árido con lluvias en verano	-
La Nopalera	18° 2'27.7" N 97° 1'7.7" O	1,668	35°	Pastizal secundario	0.6	Templado árido con lluvias en verano	-
San Juan Tonaltepec	17° 33'45.3" N 96° 56'45.2" O	1,824	45°	Encinar	6	Semicálido árido con lluvias en verano	El muestreo fue difícil debido a la pendiente.
El Capulín	17° 32'26.9" N 97° 57'15.2" O	2,011	5°	Claro en bosque mixto <i>Juniperus-Quercus</i>	7	Templado árido con lluvias en verano	Claro de vegetación.
Santiago Nacaltepec	17° 30'14.6" N 96° 55'23.4" O	2,080	12°	Encinar	8	Templado árido con lluvias en verano	Claro de vegetación.
Río Poblano	17° 47'29.7" N 97° 15'24.4" O	2,124	25°	Bosque mixto <i>Juniperus-Quercus</i>	4	Semifrío árido con lluvias en verano	-
Coixtlahuaca	17° 43'47" N 97° 18'34.9" O	2,278	5°	Pastizal halófito	0.5	Semifrío árido con lluvias en verano	Evidencia de siembra de pinos en la última colecta.
Río Blanco	17° 44'7.4" N 97° 15'8.8" O	2,373	39°	Encinar	7	Semicálido árido con lluvias en verano	-



Las localidades registradas en el presente estudio, fueron seleccionadas debido a su lejanía con cultivos, asentamientos humanos y por presentar su cobertura vegetal íntegra sin perturbación por pastoreo (Fig. 3.2).

Santiago Quiotepec (bosque de cactáceas columnares).



Santa María Tecmovaca (mezquital).



Valerio Trujano (matorral xerófilo)



San Juan de los Cues (selva baja caducifolia)



La Nopalera (pastizal secundario).



San Juan Tonaltepec (encinar).



**Figura 3.2.**



El Capulín (claro en bosque mixto de *Juniperus-Quercus*).



Santiago Nacaltepec (encinar).



Río Poblano (bosque mixto de *Juniperus-Quercus*).



Coixtlahuaca (pastizal halófito).



Río Blanco (encinar).

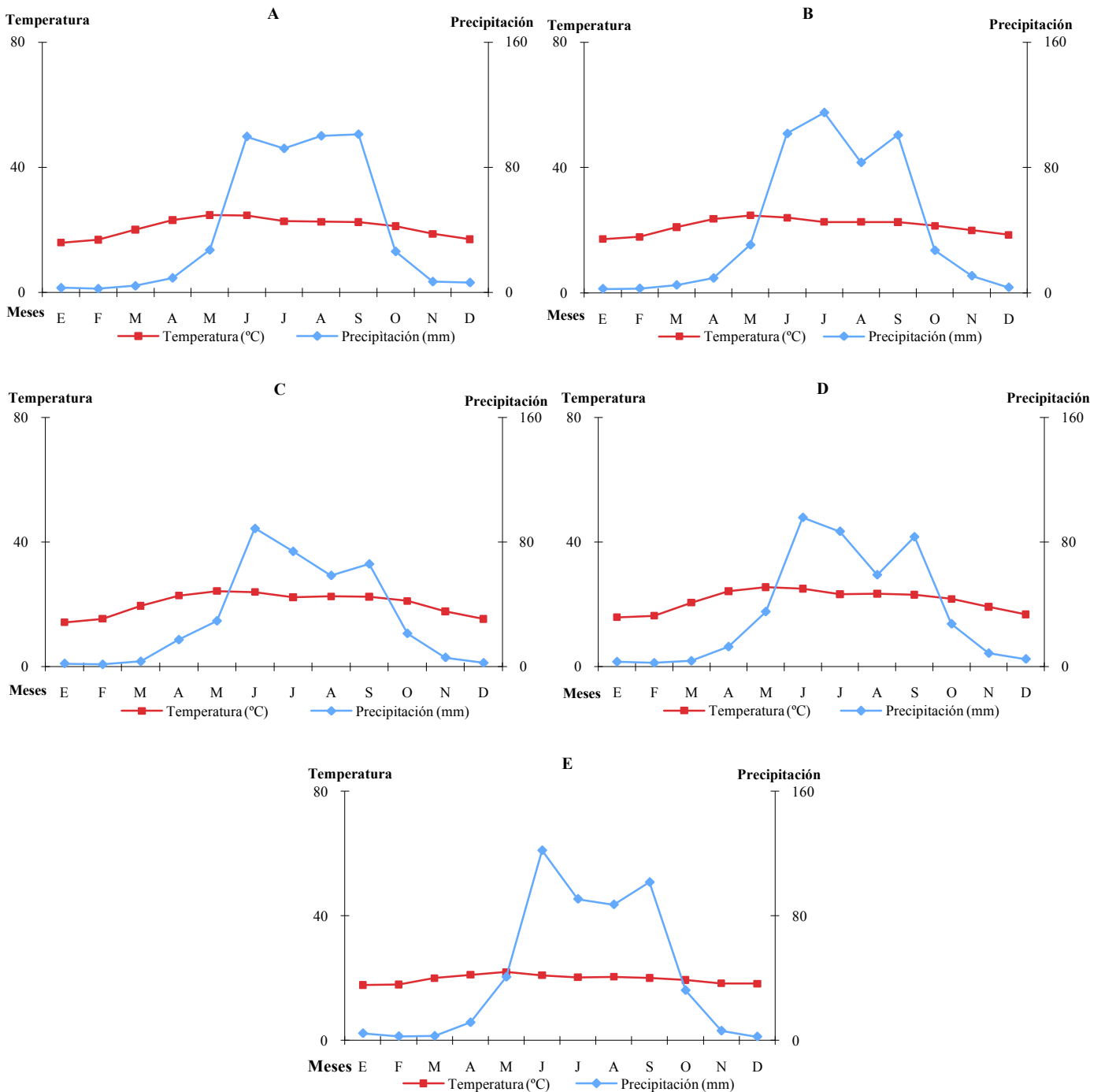


**Figura 3.2.** Aspecto de las once localidades seleccionadas en este estudio, dentro de la porción oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

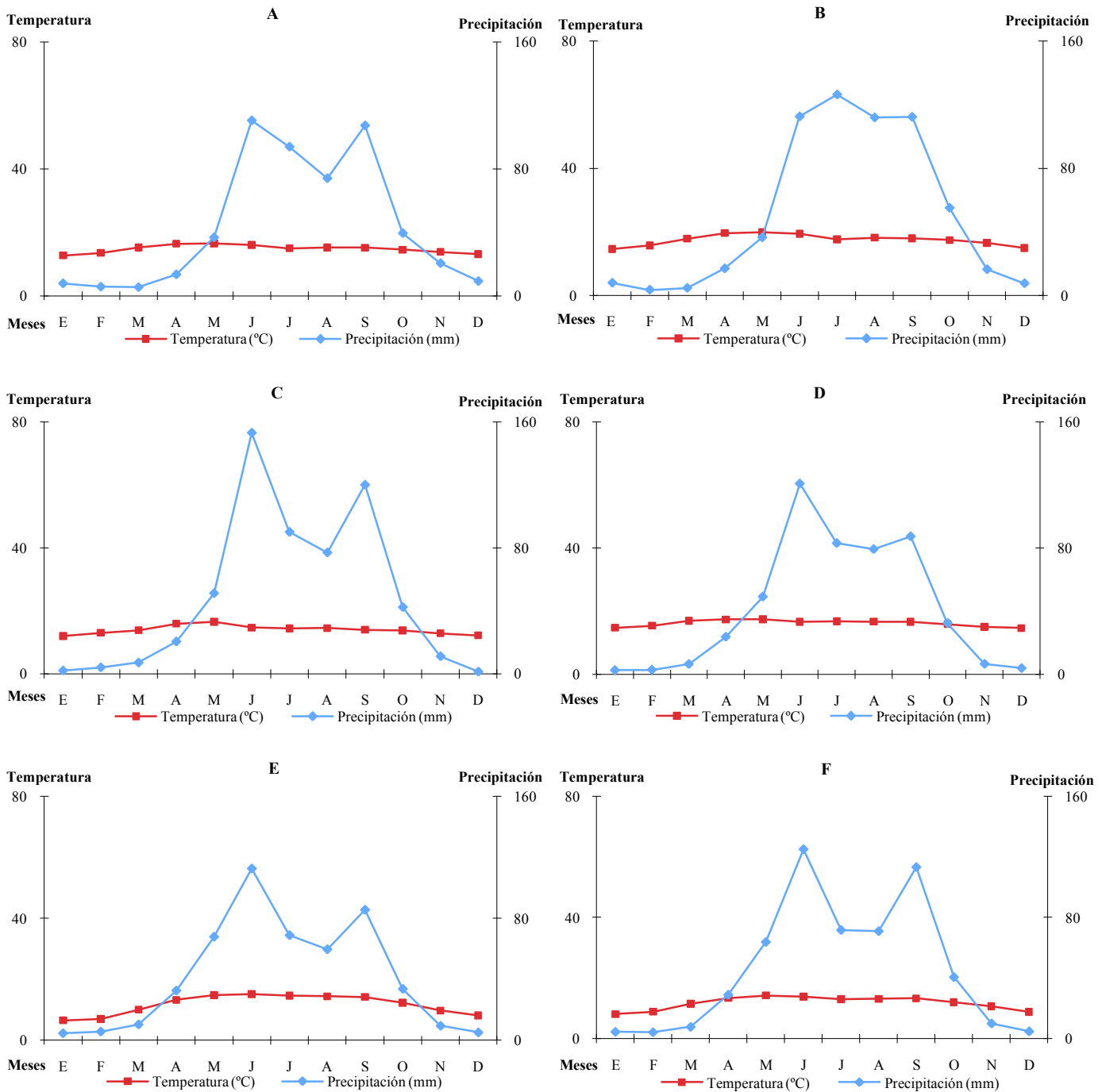
### 3.3 Clima

De acuerdo con los datos de precipitación y temperatura registrados en el Servicio Meteorológico Nacional, se determinaron los distintos tipos de clima para los diferentes sitios. En Santiago Quiotepec, Valerio Trujano, San Juan de los Cues, San Juan Tonaltepec y Río Blanco el clima es semicálido; en Santa María Tecmovaca, La

Nopalera, El Capulín y Santiago Nacaltepec es templado; y en Río Poblano y Coixtlahuaca es semifrío. En ninguna de las localidades seleccionadas la precipitación promedio mensual es mayor a 160 mm, por lo que el régimen de lluvias para todas las localidades es árido con lluvias en verano (Figs. 3.3 y 3.4).



**Figura 3.3.** Climogramas ombrotérmicos de A: Santiago Quiotepec, B: Valerio Trujano, C: San Juan de los Cues, y D: Río Blanco, Oaxaca, estos sitios presentan un clima semicálido árido extremo. E: San Juan Tonaltepec presenta un clima semicálido árido isotermal.



**Figura 3.4.** Climogramas ombrotérmicos de A: Santa María Tecmovaca, B: La Nopalera, C: El Capulín y D: Santiago Nacaltepec, Oaxaca, estas localidades presentan un clima templado árido isotermal. E: Río Poblano presenta un clima semifrío árido extremo y F: Coixtlahuaca presenta un clima semifrío subhúmedo con poca oscilación térmica.

#### IV. MATERIALES Y MÉTODOS



#### **4.1 Colecta**

Se realizaron cuatro colectas en las once localidades seleccionadas dentro de la porción oaxaqueña de la RBTC. La primera colecta se realizó del 25 al 28 de abril, la segunda del 25 al 30 de julio, la tercera del 26 al 29 de septiembre, todas de 2008 y la última colecta se llevó a cabo del 16 al 23 de enero de 2009. Durante los muestreos de cada sitio, se capturaron todos los ejemplares posibles durante una hora, registrando para la colecta de abril un total de 40 horas/colector mediante el trabajo de cinco colectores en seis de las once localidades y, dos colectores en las otras cinco localidades; para la colecta de julio tres colectores registraron un total de 33 horas/colector, para el muestreo de septiembre dos colectores registraron un total de 22 horas/colector; mientras que para la colecta de enero tres colectores registraron un total de 33 horas/colector; generando un total de 128 horas de colecta.

En todas las colectas se usaron redes entomológicas aéreas, en la vegetación corta y sobre el suelo. En este último caso, frecuente en temporada de seca, se colocó la red rápidamente sobre el insecto que se encontró en el suelo, lo que facilitó la colecta de organismos de movimientos rápidos.

#### **4.2 Sacrificio de los ejemplares**

Los ejemplares adultos colectados fueron sacrificados utilizando cámaras letales de acetato de etilo o de cianuro de potasio. La cámara letal de acetato de etilo, consta de un frasco de vidrio con tapa, con toallas de papel mojadas con unas gotas de acetato de etilo, esta cámara presenta la ventaja de mantener a los ejemplares blandos y flexibles para su posterior manejo, sin embargo, con mucho tiempo de exposición puede provocar un cambio en la coloración original de los organismos a tonos rosas (Fontana *et al.*, 2008). La cámara letal de cianuro, estuvo compuesta de un frasco de vidrio con tapa, pero éste contiene una base de yeso con orificios llenados con cianuro, presenta la ventaja de no cambiar la coloración de los ejemplares sin embargo, es mucho más tóxico para los humanos que el acetato de etilo.

Los ortópteros fueron mantenidos dentro de la cámara letal por 15 min., para posteriormente guardarlos en envases plásticos, en donde previamente se colocaron pedazos de naftalina y toallas desechables de papel. Posteriormente los ejemplares fueron acomodados por localidad con su respectiva etiqueta.

Los ejemplares de tamaño mediano a grande ( $\geq 3$  cm), fueron eviscerados después de ser sacrificados para evitar la putrefacción. La evisceración se realizó haciendo un pequeño corte lateral en el abdomen e introduciendo las pinzas entomológicas dentro del ejemplar para sacar el tubo digestivo, posteriormente se rellenó la cavidad con papel para evitar la pérdida de volumen.

### **4.3 Montaje**

Previo al montaje de los ejemplares, éstos fueron colocados en una cámara húmeda durante tres días, para hidratarse y de esta manera facilitar el manejo y acomodo de antenas, alas y apéndices. Se separaron en machos y hembras, se atravesaron transversalmente con un alfiler entomológico del lado derecho del pronoto; los apéndices y antenas se colocaron contraídos hacia el cuerpo fijándolos con la ayuda de alfileres. Los individuos con coloración en las alas fueron montados con el par de alas derechas extendidas. Las especies pequeñas y delicadas como algunos grillos, se montaron sobre cartones entomológicos.

Los ejemplares se dejaron montados de 15 a 20 días en un lugar seco y bien ventilado. Se removieron todos los alfileres que auxiliaron para fijar la posición del insecto, se colocó una etiqueta de papel opalina debajo del organismo con los datos correspondientes a su localidad y se procedió a la identificación de especies con ayuda de claves taxonómicas. Posteriormente, se conservaron en cajas entomológicas cerradas herméticamente. Todos los ejemplares fueron colectados con los fondos del proyecto CONABIO GE001, fueron depositados en la Colección Nacional de Insectos (CNIN) del Instituto de Biología, UNAM.

### **4.4 Crianza**

Los ortópteros colectados en estados ninfales fueron criados en condiciones de laboratorio hasta la edad adulta, ya que es necesario que este tipo de insectos tengan desarrolladas las alas y el aparato reproductor, para poder identificarlos taxonómicamente.

Las ninfas fueron separadas por localidad en morfotipos y así registrar un seguimiento de su crecimiento. Una vez separados, los ortópteros fueron colocados en cajas de plástico transparente con tapa de red, previamente etiquetadas. En cada caja se colocó una base de alimento compuesta de pasto fresco y hojas de lechuga y espinaca, así como torundas de algodón empapadas en agua (Fig. 4.1a). Para mantener a las ninfas en buenas condiciones para su desarrollo, se proporcionó alimento fresco cada tercer día; asimismo diariamente se realizó una rotación en el acomodo de las cajas, para que recibieran los rayos del sol (Fig. 4.1b). Las ninfas que murieron antes de llegar a adultos fueron conservadas en frascos con alcohol al 70%.

**a**

**b**



**Figura 4.1. a)** Cajas con alimento para criar chapulines. **b)** Ubicación de las cajas de crianza de chapulines.

#### 4.5 Métodos y técnicas de identificación de ejemplares

La identificación taxonómica de los ejemplares muestreados, se realizó con base en la anatomía descrita por Colvard (1981), y mediante la ayuda de las claves propuestas por Saussure *et al.* (1899), Bruner *et al.* (1909), Descamps (1973, 1975), y Otte (1981); se utilizaron los esquemas de Capinera *et al.* (2004), las fotografías de Fontana *et al.* (2008) y el sitio *Orthoptera Species File Online* Versión 2.0/4.0 (Eades y Otte, 2010). Asimismo, se contó con la colaboración del Dr. Eduardo Rivera del INECOL y del Dr. Filippo Maria Buzzetti de la Universidad de Padua, Italia.

#### 4.6 Análisis de datos

Se elaboró una curva de acumulación de especies registradas por colecta y una global para los cuatro muestreos, para determinar si el esfuerzo de muestreo alcanzó el nivel necesario para generar una muestra representativa de las especies colectadas en todas las comunidades. Se registraron los valores de abundancia ( $N$ ) y riqueza específica ( $S$ ) de cada sitio, mediante el conteo del número total de especies obtenidas durante los cuatro muestreos. Se calcularon dos índices de dominancia, el índice de Simpson ( $D$ ) y el índice de Berger-Parker ( $B'$ ), debido a que el primero está fuertemente influido por la importancia de especies más dominantes, mientras que un incremento en el valor del segundo índice se interpreta como un aumento en la equidad y una disminución de la dominancia de especies (Moreno, 2001). El índice de Simpson se calculó como:

$$D = \sum p_i^2$$

Donde  $p_i$  es la abundancia relativa de la especie  $i$  (Peet, 1974; Magurran, 1988) y, el índice de Berger-Parker por su parte, se calculó como:

$$B' = \frac{N_{max}}{N}$$

Donde,  $N$  es el número de especies totales y  $N_{max}$  es el número de individuos de la especie más abundante (Magurran, 1988).

Para conocer el nivel de equidad entre las especies muestreadas en las once localidades, se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener y el índice de equitabilidad de Pielou, ya que el primero expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra y, el segundo índice mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. El índice de Shannon-Wiener se calculó como:

$$H' = - \sum p_i \log_{10} p_i$$

Donde  $p_i$  es la abundancia relativa de la especie  $i$ .

Mientras que el índice de equitabilidad de Pielou ( $J$ ), se calculó como:

$$J = \frac{H'}{\ln S}$$

Donde  $H'$  es el índice de Shannon-Wiener y  $S$  es la riqueza de especies de la comunidad (Moreno, 2001).

Se evaluó la similitud de la diversidad entre las comunidades bajo estudio, calculando el índice de similitud Sørensen ( $I_s$ ) con la ecuación:

$$I_s = \frac{2c}{a + b}$$

Donde  $a$  es la riqueza de especies en la localidad A;  $b$  es la riqueza de especies presentes en la localidad B; y  $c$  es el número de especies presentes en ambas localidades (Magurran, 1988).

Con los valores de  $H'$  registrados para todas las comunidades, se realizó pruebas de  $t$  para probar la hipótesis nula de que las diversidades de las muestras son iguales (Zar, 1999), con la ecuación:

$$t = \frac{|H'_1 - H'_2|}{SH'_1 - H'_2}$$

$$\text{Donde } SH'_1 - H'_2 = \sqrt{S^2 H'_1 + S^2 H'_2}$$

La varianza de cada  $H'$  puede ser aproximada por:

$$S_{H'}^2 = \frac{\sum f_i \log^2 f_i - (\sum f_i \log f_i)^2/n}{n^2}$$

Donde  $S$  es la riqueza de especies de la comunidad,  $n$  es el tamaño de muestra y  $f_i$  es el número de observaciones en la categoría  $i$ , utilizando logaritmo en base 10. Los grados de libertad, se calcularon mediante la ecuación:

$$v = \frac{(S_{H'_1}^2 + S_{H'_2}^2)^2}{\frac{(S_{H'_1}^2)^2}{n_1} + \frac{(S_{H'_2}^2)^2}{n_2}}$$

Asimismo, la similitud espacial entre comunidades se representó gráficamente con un dendrograma Bray-Curtis y un análisis de Componentes Principales, realizados con el paquete Biodiversity Professional Versión 2 (1997).

Se calcularon los coeficientes de correlación entre la abundancia, riqueza, e índice de Shannon-Wiener, contra la altitud, la altura de la vegetación, la pendiente del terreno, la temperatura media anual y la precipitación acumulada anual total.

Se elaboró una tabla de presencia-ausencia de las morfoespecies de ortópteros dominantes, y finalmente, para conocer si la presencia de ninfas y adultos de Orthoptera presentaron diferencias significativas a lo largo de los cuatro muestreos realizados se realizó una prueba de  $\chi^2$ , con la ecuación:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

Donde  $f_o$  es la frecuencia observada y  $f_e$  es la frecuencia esperada.

## V. RESULTADOS

### 5.1 Listado taxonómico global de especies

Se colectaron 394 ejemplares del orden Orthoptera, 192 adultos y 202 ninfas de las cuales 65 alcanzaron el estado adulto durante la crianza, estas ninfas se agruparon de acuerdo a su fecha de muestreo con los ejemplares adultos, generando un total de 257 ejemplares adultos que se clasificaron dentro de 33 morfoespecies, pertenecientes a seis familias, ocho subfamilias, 18 géneros y 15 ejemplares identificados hasta nivel de especie (Tabla 5.1).

**Tabla 5.1** Listado taxonómico de los 257 ejemplares de ortópteros adultos colectados a lo largo del presente estudio en los sitios de muestreo localizados dentro de la RBTC.

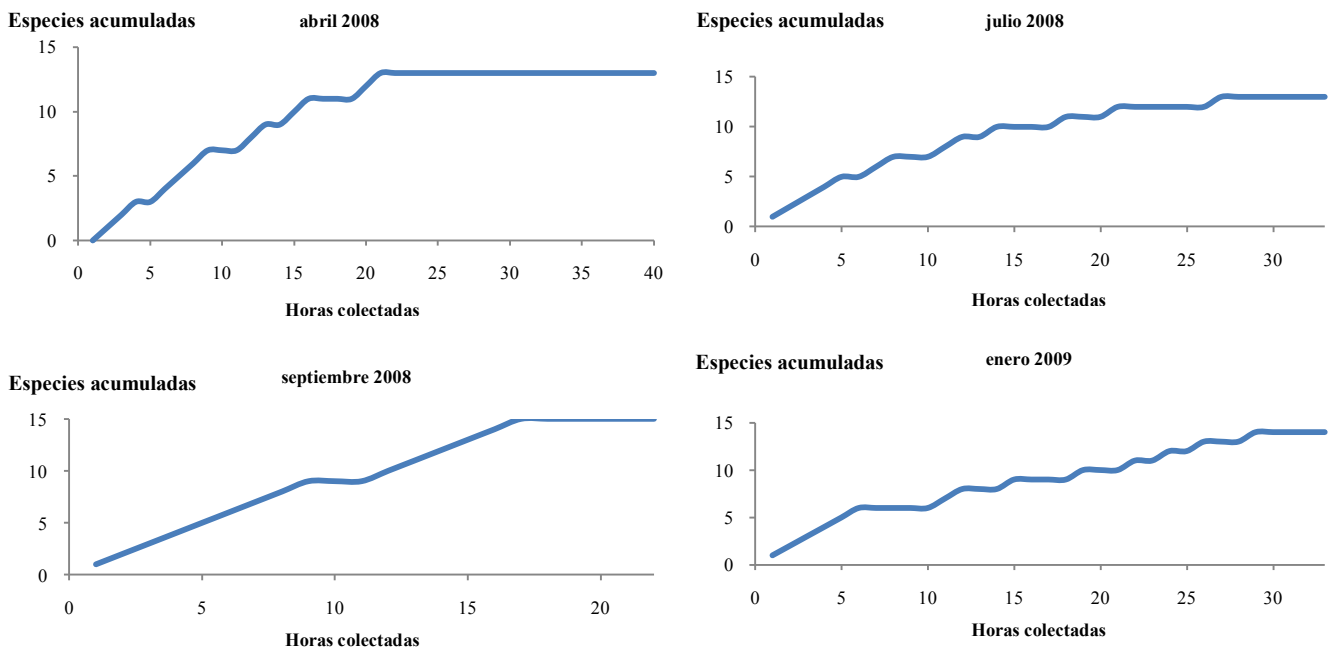
Clasificación Taxonómica	Autor	N	
Clase Insecta			
Orden Orthoptera			
<b>Suborden Ensifera</b>			
<u>Familia Tettigoniidae</u>			
Subfamilia Phaneropterinae			
Género y especie	<i>Archnitus filicrus</i>	Hebard, 1932	8
	<i>Dichopetala</i> sp.	Brunner von Wattenwyl, 1878	8
<u>Familia Mogoplistidae</u>			
Subfamilia Mogoplistinae			
Género y especie	<i>Hoplosphyrum</i> aff. <i>aztecum</i>	(Saussure, 1897)	8
<b>Suborden Caelifera</b>			
<u>Familia Eumastacidae</u>			
Subfamilia Episactinae			
Género y especie	<i>Teicophrys</i> aff. <i>halfpteri</i>	Bolívar y Coronado, 1955	1
<u>Familia Pyrgomorphidae</u>			
Subfamilia Pyrgomorphinae			
Género y especie	<i>Ichthyotettix mexicanus</i>	(Saussure, 1859)	7
	<i>Ichthyotettix</i> sp. 1	Rehn, 1901	1
	<i>Sphenarium</i> aff. <i>mexicanum</i>	Saussure, 1859	41
<u>Familia Acrididae</u>			
Subfamilia Cyrtacanthacridinae			
Género y especie	<i>Schistocerca nitens</i>	(Thunberg, 1815)	8
Subfamilia Gomphocerinae			
Género y especie	<i>Achurum</i> sp.	Saussure, 1861	5
	<i>Amblytropidia mysteca</i>	(Saussure, 1861)	12
	<i>Aulocara</i> sp.	Scudder, 1876	8
	<i>Orphulella</i> sp.	Giglio-Tos, 1894	1
	<i>Rhammatocerus viatorius viatorius</i>	(Saussure, 1861)	48
	<i>Syrbula festina</i>	Otte, 1979	2
Subfamilia Melanoplinae			
Género y especie	<i>Melanoplus lakinus</i>	(Scudder, 1878)	20
	<i>Melanoplus mexicanus</i>	(Saussure, 1861)	11
	<i>Melanoplus sanguinipes atlanis</i>	(Riley, 1875)	2
	<i>Melanoplus</i> sp. 1	Stål, 1873	2
	<i>Melanoplus</i> sp. 2	Stål, 1873	3

**Continuación tabla 5.1**

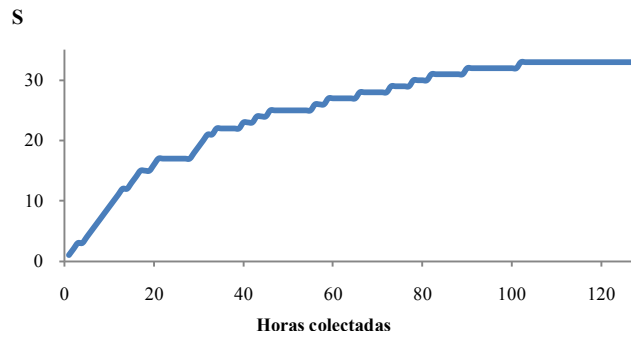
<b>Clasificación Taxonómica</b>	<b>Autor</b>	<b>N</b>	
Subfamilia Melanoplinae (continuación)			
Género y especie	<i>Melanoplus</i> sp. 3	Stål, 1873	10
	<i>Perixerus squamipennis</i>	Gerstaecker, 1873	1
Subfamilia Oedipodinae			
Género y especie	<i>Arphia behrensi</i>	Saussure, 1884	5
	<i>Arphia pseudonietana</i>	(Thomas, 1870)	31
	<i>Arphia</i> sp. 1	Stål, 1873	3
	<i>Arphia</i> sp. 2	Stål, 1873	3
	<i>Heliastus</i> sp. 1	Saussure, 1884	1
	<i>Heliastus</i> sp. 2	Saussure, 1884	1
	<i>Hippiscus</i> sp. 1	Saussure, 1861	1
	<i>Hippiscus</i> sp. 2	Saussure, 1861	1
Superfamilia Tetrigoidea	N.D*	Serville, 1838	1
	Sp. 1 (Familia no identificada)		1
	Sp. 2 (Familia no identificada)		1
	Sp. 3 (Familia no identificada)		1

\*N.D.= Ejemplar no determinado.

En las gráficas de acumulación de especies (Fig. 5.1), puede apreciarse que la riqueza de especies alcanza un comportamiento asintótico, cuando se dedica una mayor cantidad de horas a la revisión acumulada en las once localidades. Asimismo, la curva de acumulación de especies global (Fig. 5.2), indica que se generó una muestra representativa de las especies de Orthoptera dentro de la porción oaxaqueña de la RBTC.



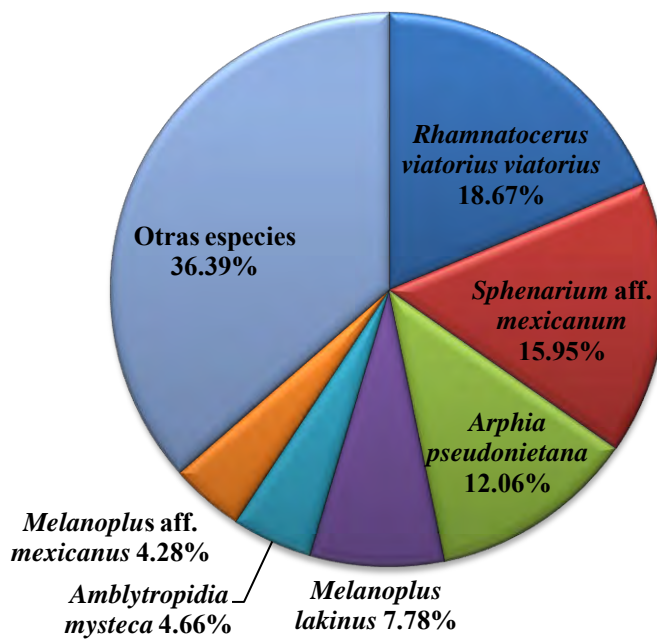
**Figura 5.1** Curva de acumulación de especies para los ejemplares adultos colectados durante los cuatro muestreos realizados en el presente trabajo, para la colecta de abril y julio  $S=13$ , en la colecta de septiembre  $S=15$ , mientras que para la colecta de enero  $S=14$ .



**Figura 5.2.** Curva de acumulación de especies para los ejemplares adultos colectados a lo largo de todo el estudio, donde  $S=33$ .

## 5.2 Composición de especies

De las 33 morfoespecies de Orthoptera colectadas solamente seis, *Rhammatocerus viatorius viatorius*, *Sphenarium aff. mexicanum*, *Arphia pseudonietana*, *Melanoplus lakinus*, *Amblytropidia mysteca* y *Melanoplus aff. mexicanus*, presentaron una abundancia relativa mayor al 4% (Fig. 5.3).



**Figura 5.3** Abundancia relativa de las especies de Orthoptera colectadas durante los cuatro muestreos realizados en la región oaxaqueña de la RBTC. Otras especies= 27 morfoespecies colectadas con menos del 4% de abundancia relativa  $N= 257$  ejemplares adultos.



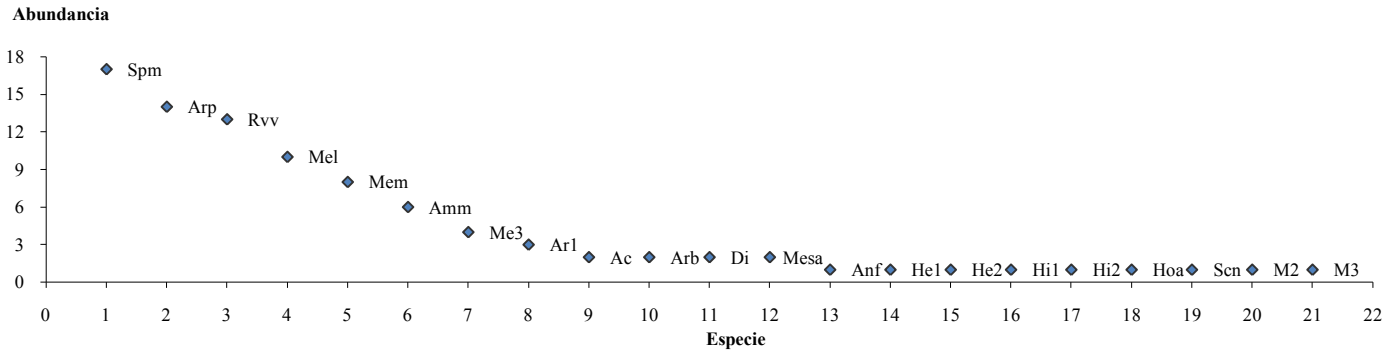
En las comunidades muestreadas se registraron valores de abundancia en un intervalo de 4 a 92 ejemplares, y valores de riqueza en un intervalo de 3 a 21 morfoespecies. Los valores de abundancia, riqueza y los índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ), Simpson ( $D$ ), Berger-Parker ( $B'$ ), Pielou ( $J$ ) y Sørensen ( $I_s$ ), variaron entre localidades entre los valores 0.300-1.098, 0.106-1.449, 0.185-0.714 y 0.273-0.462, respectivamente (Tabla 5.2). El Capulín además de ser la comunidad con mayor abundancia fue la más diversa, al tener un valor de 1.098 de  $H'$ , y también la que presentó los menores valores de dominancia, registró 0.106 y 0.185 para el índice de dominancia de Simpson ( $D$ ) y de Berger-Parker ( $B'$ ) respectivamente. En contraste la comunidad de Orthoptera de Santa María Tecmovaca resultó ser la que registró menor abundancia, diversidad y equidad, con un valor de  $H'$  de 0.300, y un valor de  $J$  de 0.273, consecuentemente fue la que presentó los valores más altos de dominancia con 1.449 para el valor de  $D$ , y 0.714 para el valor de  $B'$ .

**Tabla 5.2** Valores de abundancia ( $N$ ), riqueza ( $S$ ), índice de diversidad Shannon-Wiener ( $H'$ ), los índices de dominancia de Simpson ( $D$ ) y Berger-Parker ( $B'$ ), y el índice de equitabilidad de Pielou ( $J$ ), para cada una de las once comunidades muestreadas en abril, julio y septiembre del 2008 y enero del 2009 dentro de la RBTC. Los valores más altos se destacan en negritas.

Comunidad	$N$	$S$	$H'$	$D$	$B'$	$J$
El Capulín	92	21	1.098	0.106	0.185	0.360
La Nopalera	59	9	0.632	0.332	0.492	0.287
Río Poblano	22	8	0.762	0.219	0.364	0.366
Santiago Nacaltepec	19	9	0.862	0.168	0.316	0.392
San Juan de los Cues	19	6	0.720	0.207	0.263	0.402
Valerio Trujano	12	5	0.639	0.25	0.333	0.397
San Juan Tonaltepec	9	5	0.619	0.283	0.444	0.385
Río Blanco	7	5	0.744	0.448	0.429	0.462
Coixtlahuaca	7	3	0.415	0.428	0.571	0.377
Santa María Tecmovaca	7	3	0.300	1.449	0.714	0.273
Santiago Quiotepec	4	3	0.451	0.375	0.5	0.411

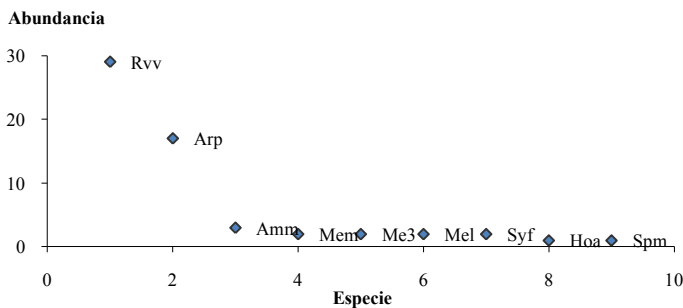
La comunidad de El Capulín presentó un total de 92 ejemplares de 21 morfoespecies distintas, cuya especie más abundante fue *Sphenarium aff. mexicanum* (Fig. 5.4). La comunidad de La Nopalera, la segunda más abundante, tuvo un registro de 59 ejemplares, una riqueza de nueve morfoespecies, y a *Rhammatocerus viatorius viatorius* como la especie más abundante (Fig. 5.5). Río Poblano presentó una abundancia de 22 ejemplares de ocho morfoespecies diferentes, y al igual que en El Capulín presentó a *S. aff. mexicanum* como la especie más abundante (Fig. 5.6). La comunidad de Santiago Nacaltepec registró una abundancia de 19 ejemplares, una riqueza igual a nueve morfoespecies y presentó a *S. aff. mexicanum* como la especie de ortóptero más abundante (Fig. 5.7). San Juan de los Cues tuvo una abundancia de 19 ejemplares, una riqueza igual a seis morfoespecies y fue la única comunidad que presentó dos especies igualmente abundantes, *Dichopetala sp.* e *Ichthyotettix mexicanus* con un registro de  $N=5$  (Fig. 5.8).

A



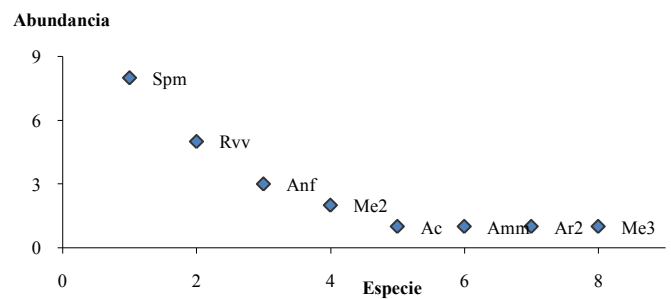
**Figura 5.4** Curva de abundancia de los Orthoptera presentes en El Capulín, Oaxaca, donde Spm= *Sphenarium*. aff. *mexicanum*; Arp=*Arphia pseudonietana*; Rvv=*Rhammatocerus viatorius viatorius*; Mel= *Melanoplus lakinus*; Mem= *M. mexicanus*; Amm=*Amblytropidia mysteca*; Me3=*M. sp. 3*; Ar1=*A. sp.1*; Ac=*Achurum sp*; Arb=*A. behrensi*, Di=*Dichopetala sp*; Mesa=*M. sanguinipes atlantis*; Anf=*Arachnitus filicrus*; He1=*Heliastus sp. 1*; He2=*Heliastus sp. 2*; Hi1=*Hippiscus sp. 1*; Hi2=*Hippiscus sp. 2*; Ho=*Hoplosphyrum aff. aztecum*; Scn=*Schistocerca nitens*; M2=Morfoespecie 2; M3=Morfoespecie 3; N= 92 y S=21.

B



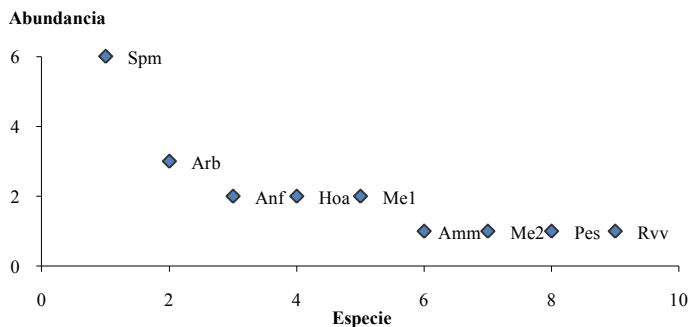
**Figura 5.5** Curva de abundancia de los Orthoptera presentes en La Nopalera, Oaxaca, donde Rvv=*R. viatorius viatorius*; Arp=*A. pseudonietana*; Mem=*M. mexicanus*, Me3=*M. sp. 3*; Mel=*M. lakinus*; Syf=*Syrbula festina*; Ho=*H. aff. aztecum*; Spm=*S. aff. mexicanum*; N=59 y S=9.

C



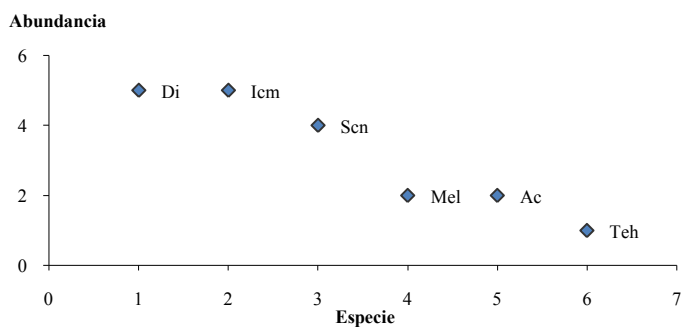
**Figura 5.6** Curva de abundancia de los Orthoptera presentes en Río Poblano, Oaxaca, donde Spm= *S. aff. mexicanum*; Rvv=*R. viatorius viatorius*; Anf= *Arachnitus filicrus*; Me2=*Melanoplus sp. 2*, Ac=*Achurum sp*; Amm= *A. mysteca*; Ar2=*Arphia sp. 2*; Me3=Morfoespecie 3; N=22 y S=8.

D



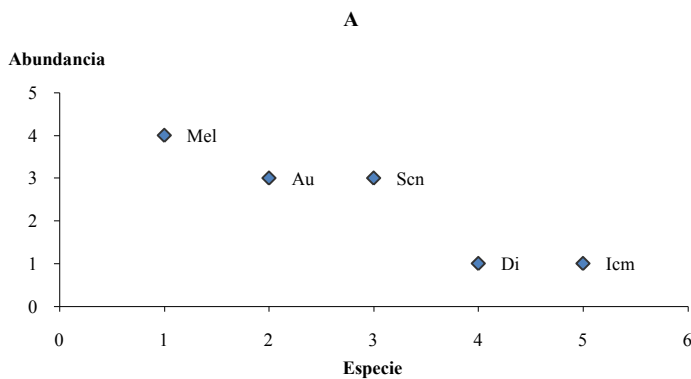
**Figura 5.7** Curva de abundancia de los Orthoptera presentes en Santiago Nacaltepec, Oaxaca, donde Spm= *S. aff. mexicanum*; Arb=*A. behrensi*, Anf=*A. filicrus*; Ho=*H. aff. aztecum*; M1=Morfoespecie 1; Amm=*A. mysteca*; Me2= Morfoespecie 2; Pes=*Perixerus squamipennis*; Rvv= *R. viatorius viatorius*; N=19 y S=9.

E

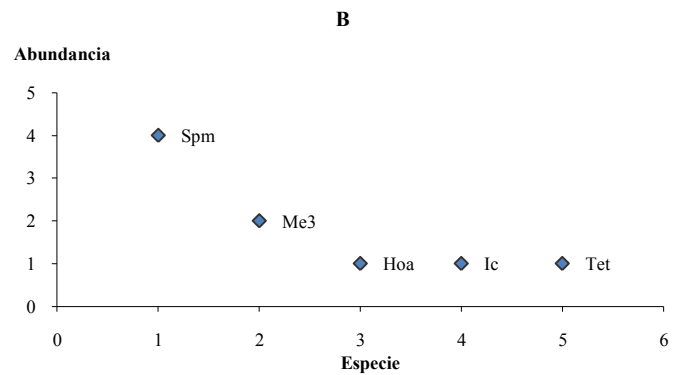


**Figura 5.8** Curva de abundancia de los Orthoptera presentes en San Juan de los Cues, Oaxaca, donde Di=*Dichopetala sp*; Icm=*Ichthyotettix mexicanus*; Scn=*Schistocerca nitens*; Mel=*Melanoplus sp. 1*; Ac=*Achurum sp*; Teh=*Teicophrys aff. halffteri*; N=19 y S=6.

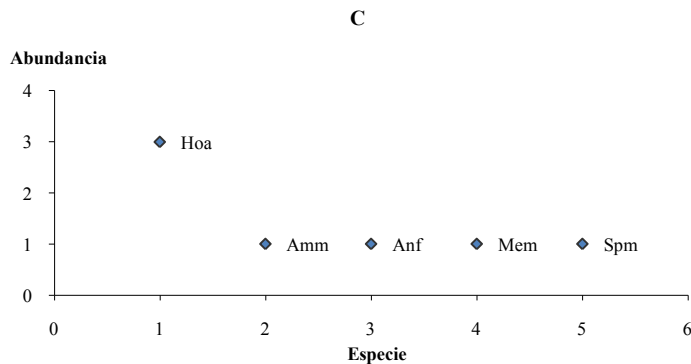
La comunidad de Valerio Trujano presentó una abundancia de 12 ejemplares, una riqueza de cinco especies y a *Melanoplus* sp. 1 como la especie más abundante (Fig. 5.9). San Juan Tonaltepec registró una comunidad de ortópteros con una abundancia de nueve ejemplares, una riqueza de cinco especies y a *S. aff. mexicanum* como la especie más abundante (Fig. 5.10). Río Blanco tuvo una abundancia de siete ejemplares, una riqueza al igual que la comunidad anterior de cinco especies y a *Hoplosphyrum* aff. *aztecum* como la especie más abundante, es importante mencionar que ésta fue la única comunidad en presentar a un miembro del orden Ensifera como especie más abundante (Fig. 5.11). La comunidad de Coixtlahuaca tuvo una abundancia de siete ejemplares, una riqueza de solamente tres especies y registró a *S. aff. mexicanum* como la especie más abundante (Fig. 5.12). Santa María Tecmovaca presentó una abundancia de siete ejemplares, una riqueza igual a tres y a *Aulocara* sp., como la especie más abundante (Fig. 5.13). Finalmente, Santiago Quiotepec fue la comunidad menos abundante con cuatro ejemplares colectados, presentó una riqueza de tres especies y a *M. lakinus* como la especie más abundante (Fig. 5.14).



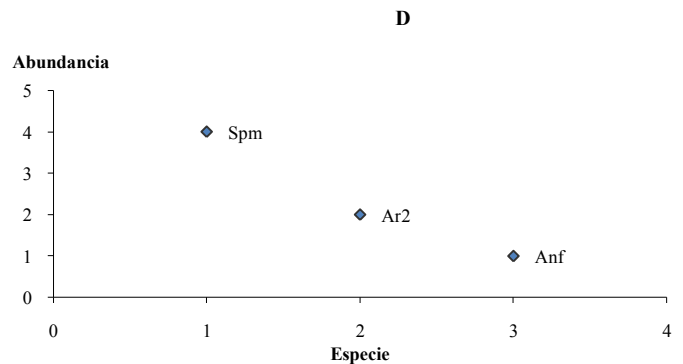
**Figura 5.9** Curva de abundancia de los Orthoptera presentes en Valerio Trujano, Oaxaca, donde Mel=*Melanoplus lakinus*; Au=*Aulocara* sp; Scn=*Schistocerca nitens*; Di=*Dichopetala* sp; Icm=*Ichthyotettix mexicanus*; N=12 y S=5.



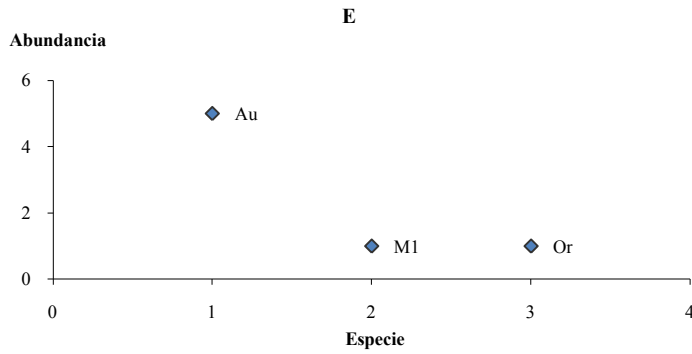
**Figura 5.10** Curva de abundancia de los Orthoptera presentes en San Juan Tonaltepec, Oaxaca, donde Spm=*Sphenarium* aff. *mexicanum*; Me3=Morfoespecie 3; Hoa=*Hoplosphyrum* aff. *aztecum*; Ic= *Ichthyotettix* sp. 1; Tet=Tetrigidae; N=9 y S=5.



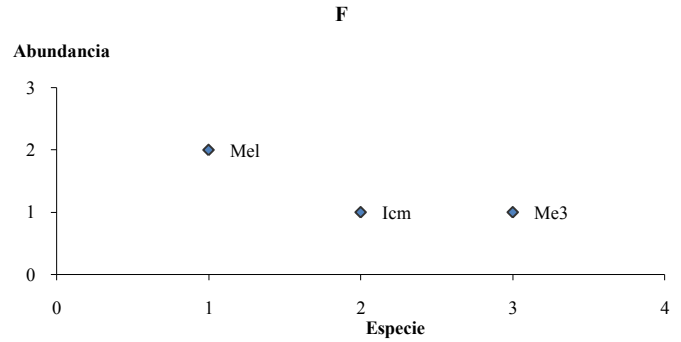
**Figura 5.11** Curva de abundancia de Orthoptera presentes en Río Blanco, Oaxaca, donde Hoa=*H. aff. aztecum*; Amm=*Amblytropidia mysteca*; Anf=*Archnitus filicrus*; Mem=*M. mexicanus*; Spm=*S. aff. mexicanum*; N= 7 y S=5.



**Figura 5.12** Curva de abundancia de los Orthoptera presentes Coixtlahuaca, Oaxaca, donde Spm=*S. aff. mexicanum*; Ar2=*Arphia* sp. 2; Anf=*A. filicrus*, N=7 y S=3.

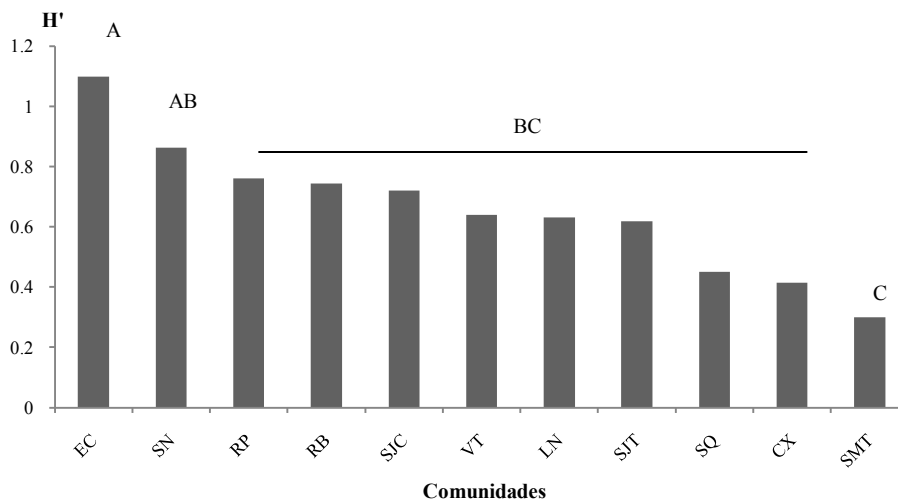


**Figura 5.13** Curva de abundancia de Orthoptera presentes en Santa María Tecmovaca, Oaxaca, donde Au=*Aulocara* sp; M1=Morfoespecie 1; Or=*Orphulella* sp;  $N=7$  y  $S=3$ .



**Figura 5.14** Curva de abundancia de Orthoptera presentes en Santiago Quiotepec, Oaxaca, donde Mel=*Melanoplus lakinus*; Icm=*Ichthyotettix mexicanus*; Me3=Morfoespecie 3;  $N=4$  y  $S=3$ .

Las pruebas de  $t$  de Student para el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) por parejas de comunidades (Figura 5.15), indican que la diversidad entre comunidades varió significativamente, lo que rechaza la hipótesis nula de que las diversidades de las once comunidades de Orthoptera bajo estudio son iguales. Fueron registradas diferencias significativas entre El Capulín y el resto de las comunidades, con excepción de Santiago Nacaltepec comunidad que solamente presentó diferencias significativas con Santiago Quiotepec.



**Figura 5.15** Comparación múltiple de las diferencias en los valores del índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) entre las once comunidades de Orthoptera bajo estudio, donde las letras diferentes denotan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de  $t$ , con  $P<0.05$ . EC=El Capulín; LN=La Nopalera; RP=Río Poblano; SN=Santiago Nacaltepec; SJC=San Juan de los Cues; VT=Valerio Trujano; RB=Río Blanco, CX=Coixtlahuaca; SMT=Santa María Tecmovaca; SQ=Santiago Quiotepec.

### 5.3 Variación espacial de la composición de la comunidad

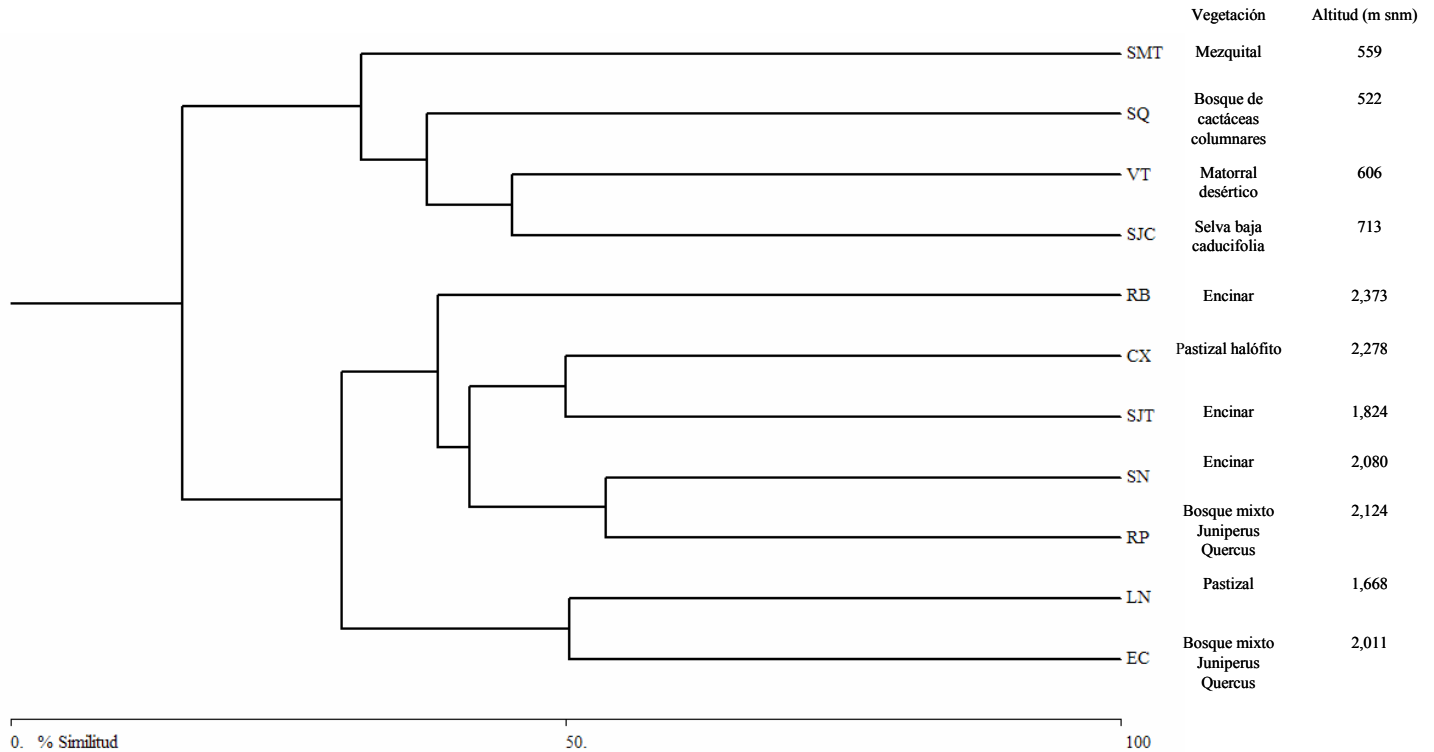
La matriz de similitud entre comunidades (Tabla 5.3), muestra que San Juan de los Cues y Valerio Trujano fueron las comunidades más similares (0.72), seguidas de Río Poblano y Santiago Nacaltepec (0.58). Río Blanco fue la única comunidad que registró la misma similitud (0.57) para las comunidades de Orthoptera presentes en La Nopalera y Santiago Nacaltepec. Asimismo, se determinó que Santa María Tecmovaca es la comunidad con menor similitud al no compartir ninguna especie con nueve de las once comunidades y registró solamente el 0.25 de similitud con Valerio Trujano.

**Tabla 5.3** Matriz de similitud entre las once comunidades de ortópteros muestreadas dentro de la porción oaxaqueña de la RBTC, utilizando el índice de similitud de Sørensen, donde EC=El Capulín; LN=La Nopalera; RP=Río Poblano; SN=Santiago Nacaltepec; SJC=San Juan de los Cues; VT=Valerio Trujano; RB=Río Blanco, CX=Coixtlahuaca; SMT=Santa María Tecmovaca; SQ=Santiago Quiotepec. Los valores más altos para cada comunidad se destacan en negritas.

	EC	LN	RP	SN	SJC	VT	SJT	RB	CX	SMT	SQ
EC	1	<b>0.53</b>	0.41	0.4	0.29	0.23	0.23	0.38	0.16	0.00	0.16
LN		1	0.47	0.44	0.13	0.14	0.42	<b>0.57</b>	0.16	0.00	0.33
RP			1	<b>0.58</b>	0.14	0.00	0.30	0.46	0.54	0.00	0.18
SN				1	0.00	0.00	0.28	<b>0.57</b>	0.33	0.00	0.00
SJC					1	<b>0.72</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44
VT						1	0.00	0.00	0.00	0.25	<b>0.50</b>
SJT							1	<b>0.4</b>	0.25	0.00	0.25
RB								1	<b>0.5</b>	0.00	0.00
CX									1	0.00	0.00
SMT										1	0.00

El dendrograma Bray-Curtis (Fig. 5.16), generó dos grandes grupos que se pueden clasificar de acuerdo a la vegetación y altura de la localidad. El primer grupo incluye cuatro comunidades: Santa María Tecmovaca, Santiago Quiotepec, Valerio Trujano y San Juan de los Cues, las cuales presentan los tipos de vegetación, mezquital, bosque de cactáceas columnares, matorral xerófilo y selva baja caducifolia respectivamente, tienen clima cálido árido con gran oscilación térmica y se encuentran a una altitud menor a los 1,000 m. El segundo grupo está compuesto por siete comunidades localizadas a más de 1,500 m con clima templado árido isotermal, estas comunidades se subdividen en dos grupos, el primero de ellos se compone de las comunidades de Río Blanco, Coixtlahuaca, San Juan Tonaltepec, Santiago Nacaltepec y Río Poblano, las cuales con excepción de Coixtlahuaca que es un pastizal halófito, presentan un tipo de vegetación tipo encinar y bosque mixto de *Juniperus-Quercus*. El segundo subgrupo lo componen las dos

localidades con mayor presencia de pasto, ya que La Nopalera tiene una vegetación de pastizal secundario, mientras que El Capulín a pesar de encontrarse inmerso en un bosque mixto de *Juniperus-Quercus* el muestreo fue realizado en un claro con pasto como componente principal de la vegetación.

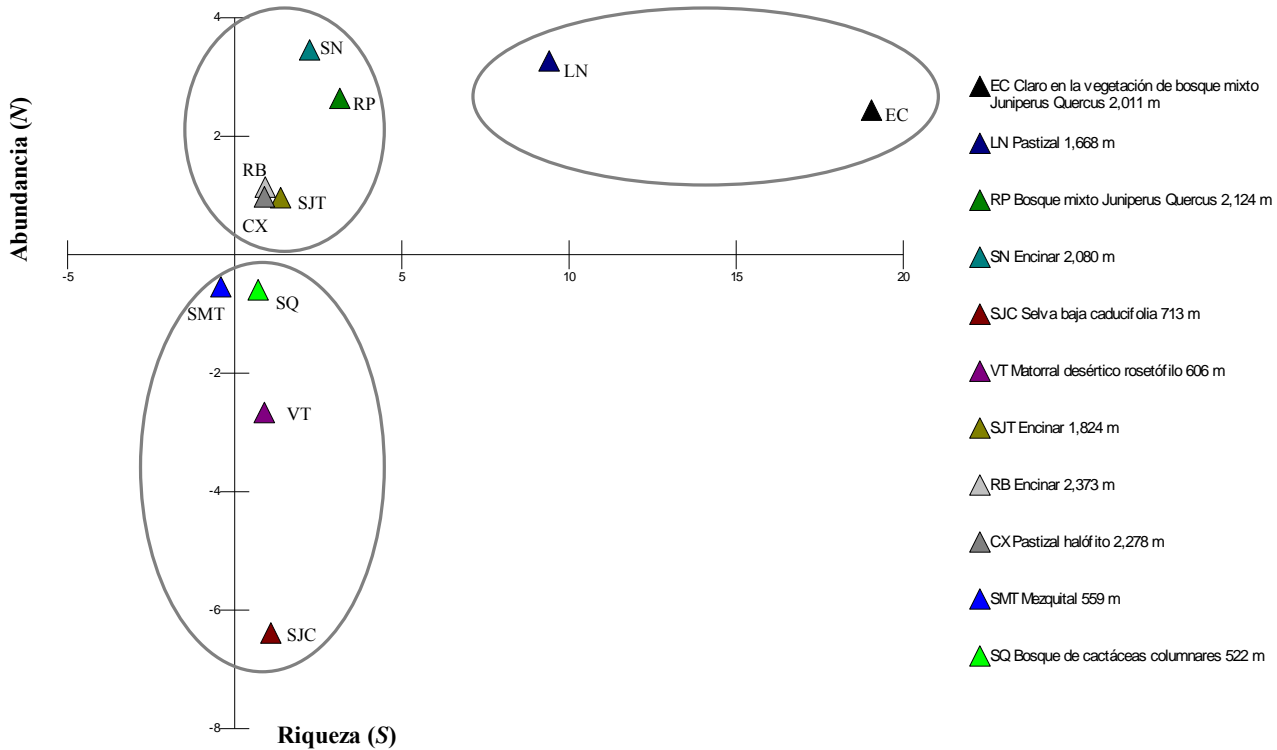


**Figura 5.16** Dendrograma Bray-Curtis de las once comunidades de Orthoptera analizadas, donde SMT=Santa María Tecmovaca; SQ=Santiago Quiotepec; VT=Valerio Trujano; SJC=San Juan de los Cues; RB=Río Blanco; CX=Coixtlahuaca; SJT=San Juan Tonaltepec; SN=Santiago Nacaltepec; RP=Río Poblano; LN=La Nopalera; EC=El Capulín.

El análisis de Componentes Principales (Fig. 5.17), elaborado a partir de los datos de abundancia y riqueza de cada comunidad, generó tres grupos. El primer grupo se compone de las cuatro localidades con altitud menor a los 1,000 m, Santa María Tecmovaca, Santiago Quiotepec, Valerio Trujano y San Juan de los Cues. El segundo grupo lo componen las comunidades muestreadas en los encinares de San Juan Tonaltepec, Río Blanco y Santiago Nacaltepec, el pastizal halófito de Coixtlahuaca y, en el bosque mixto de *Juniperus-Quercus* de Río Poblano. Finalmente, el tercer grupo se compone de los pastizales encontrados en las comunidades de La Nopalera y El Capulín.

No se registraron correlaciones significativas entre las variables ambientales (altitud, altura de la vegetación, temperatura media anual y precipitación total anual) y las variables *N*, *S* y *H'* de las comunidades de ortópteros (Tabla 5.4). Sin embargo, se registró una correlación negativa significativa entre

la pendiente del terreno y los valores de  $N$  y  $S$  registrados, donde el incremento en la pendiente fue inversamente proporcional.



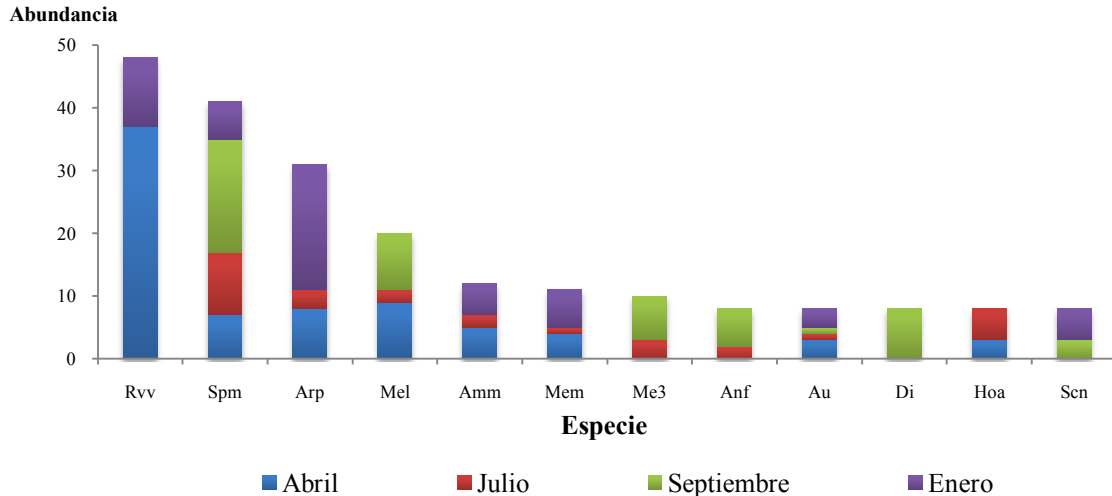
**Figura 5.17** Análisis de componentes principales para la abundancia ( $N$ ) y riqueza ( $S$ ) de Orthoptera presentes en las once comunidades muestreadas durante 2008-2009 dentro de la RBTC, donde EC=El Capulín, LN=La Nopalera, RP=Río Poblano; SN=Santiago Nacaltepec; SJC=San Juan de los Cues; VT=Valerio Trujano; SJT=San Juan Tonaltepec; RB=Río Blanco, CX=Coixtlahuaca; SMT=Santa María Tecomovaca; SQ=Santiago Quiotepec. Se pueden apreciar los tres grupos que dividió este análisis. Para cada comunidad se indica el tipo de vegetación y la altitud en metros.

**Tabla 5.4** Coeficientes de correlación entre la abundancia absoluta ( $N$ ), riqueza de especies ( $S$ ), índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y algunos rasgos ambientales de las localidades, donde  $P < 0.05$ , grados de libertad = 9. Los valores significativos se resaltan en negritas.

	Altitud	$P$	Altura de la vegetación	$P$	Pendiente	$P$	Temperatura media anual	$P$	Precipitación total anual	$P$
$N$	0.41	n. s.	0.91	n. s.	<b>-0.69</b>	0.017	0.36	n. s.	0.08	n. s.
$S$	0.23	n. s.	0.32	n. s.	<b>-0.62</b>	0.041	0.40	n. s.	0.24	n. s.
$H'$	0.14	n. s.	0.08	n. s.	0.12	n. s.	0.88	n. s.	0.97	n. s.

## 5.4 Variación estacional

A partir de los datos registrados en los cuatro muestreos, se elaboró una tabla de presencia-ausencia para todas las especies de ortópteros que presentaron más de siete ejemplares (Fig. 5.18).



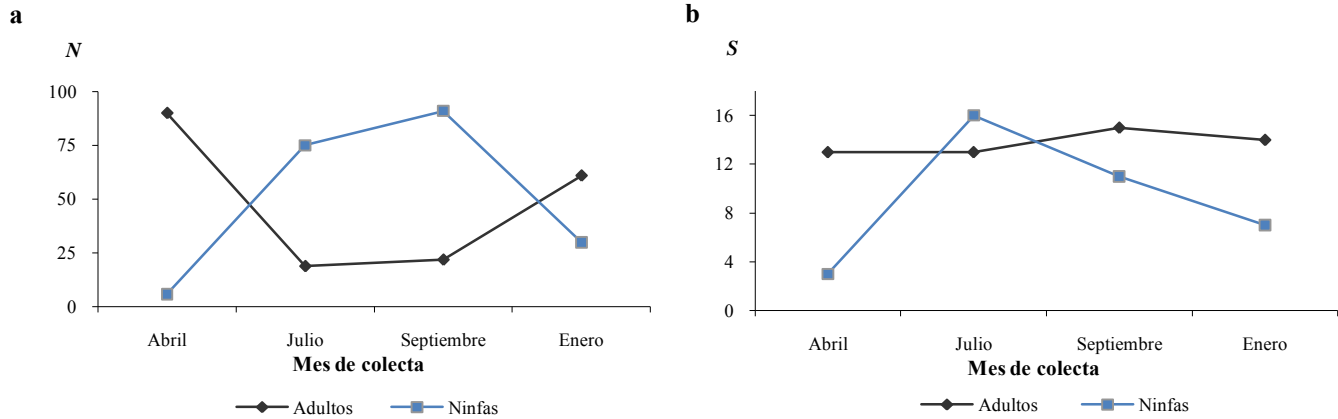
**Figura 5. 18** Meses en los que se registran los individuos adultos de cada especie de ortóptero dominante registrados en la parte oaxaqueña de la RBTC. Las especies están ordenadas de acuerdo con su abundancia, donde Rvv=*Rhammatocerus viatorius viatorius*; Spm=*Sphenarium* aff. *mexicanum*; Arp=*Arphia pseudonietana*; Mel=*Melanoplus lakinus*; Amm=*Amblytropidia mysteca*; Mem=*M. mexicanus*; Me3=*Melanoplus* sp. 3; Anf=*Archnitus filicrus*; Au=*Aulocara* sp; Di=*Dichopetala* sp; Hoa=*Hoplosphyrum* aff. *aztecum*; Scn=*Schistocerca nitens*.

El gráfico de presencia ausencia (Fig. 5.18), muestran que sólo dos especies, *Sphenarium* aff. *mexicanum* y *Aulocara* sp. se registraron durante los cuatro muestreos; cuatro especies se encontraron en tres colectas, *Arphia pseudonietana*, *Melanoplus lakinus*, *Amblytropidia mysteca* y *M. mexicanus*; siete especies se encontraron en dos colectas, *Rhammatocerus viatorius viatorius*, *Melanoplus* sp. 3, *Archnitus filicrus*, *Hoplosphyrum* aff. *aztecum*, *Schistocerca nitens*, *Ichthyotettix mexicanus* y *Achurum* sp.; mientras que las 20 especies restantes se encontraron solamente en una de las colectas llevadas a cabo.

La abundancia y la riqueza de ninfas y adultos de Orthoptera colectados presentaron diferencias a lo largo de los cuatro muestreos llevados a cabo. Los ejemplares adultos fueron registrados con mayor abundancia en los muestreos realizados en temporada de secas (abril 2008 y enero 2009), sin embargo, presentaron mayor riqueza en el muestreo de septiembre (Fig. 5.19 a). Mientras que las ninfas colectadas se registraron con mayor abundancia en la temporada de lluvia (julio 2008 y septiembre 2008) y presentaron un pico en la riqueza de especies en julio (Fig. 5.19 b). Asimismo, las pruebas de  $\chi^2$  realizadas para los datos de abundancia de ninfas y adultos (Tabla 5.5), muestran que hay diferencias significativas entre la abundancia



de ortópteros colectados en temporada de lluvia y en temporada de secas, debido a que hay una abundancia significativamente mayor de ninfas en la época de lluvias y, una abundancia significativamente mayor de adultos durante la época de sequía.



**Figura 5.19** Comparación del cambio temporal en la (a) abundancia y (b) riqueza de adultos y ninfas de Orthoptera colectados, donde  $N=394$  y  $S=33$ .

**Tabla 5.5** Valores de la prueba de  $\chi^2$ , donde la hipótesis nula ( $H_0$ ) implica que las ninfas y adultos de Orthoptera se encuentran distribuidos uniformemente a lo largo del año, donde  $P < 0.005$  y grados de libertad=1.

	$\chi^2$
Ninfas	41.831 > 7.88
Adultos	31.51 > 7.88

### 5.5 Crianza de ninfas

En los cuatro muestreos realizados dentro de la porción oaxaqueña de la RBTC, se colectaron y criaron 202 ninfas, sin embargo sólo el 32.17% (65 ejemplares) alcanzó el estado adulto a través del desarrollo en cautiverio, dichas ninfas pertenecen a nueve especies, de las 25 morfoespecies que se mantuvieron en crianza (Tabla 5.6).

**Tabla 5.6** Especies de ninfas de Orthoptera cultivadas de manera exitosa en cautiverio.

Especie	Ninfas con desarrollo exitoso en crianza
<i>Sphenarium</i> aff. <i>mexicanum</i>	30
<i>Arachnitus filicrus</i>	8
<i>Dichopetala</i> sp.	8
<i>Melanoplus lakinus</i>	5
<i>Melanoplus</i> sp. 3	5
<i>Schistocerca nitens</i>	3
<i>Hoplosphyrum</i> aff. <i>aztecum</i>	3
<i>Ichthyotettix mexicanus</i>	1
<i>Achurum</i> sp.	1
Total	65

## VI. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 6.1 Estructura y variación espacial de la comunidad

Este trabajo representa los primeros registros de la ortopterofauna presente en la zona de la provincia Mixteca-Oaxaqueña que comprende a la porción de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC). Se considera que las 33 morfoespecies colectadas (Tabla 5.1) ofrecen una riqueza de especies similar a la de otras regiones de México, en el caso del centro del país, Salas-Araiza *et al.*, (2003 y 2006) registraron 38 especies de ortóptera para el estado de Guanajuato y 25 especies para Querétaro; dentro de este mismo estado García-García y Fontana (2008) registraron 38 especies para el Parque Nacional El Cimatario; mientras que en el norte del país Rivera-García (2006), registró 60 especies dentro de la Reserva de la Biosfera de Mapimí, Durango.

De acuerdo con las curvas de acumulación (Figs. 5.1 y 5.2), la riqueza de morfoespecies registrada es una muestra representativa de los ortópteros que habitan en las comunidades bajo estudio, sin embargo estos datos deben ser tomados con precaución, ya que las colectas realizadas fueron exclusivamente durante el día, por lo que los muestreos se encuentran sesgados al favorecer el registro de las especies de hábitos diurnos; debido a esto, las especies de hábitos nocturnos pertenecientes mayoritariamente al suborden Ensifera fueron registradas escasamente ( $S=3$ ). Para incrementar el registro de estas especies en futuros estudios, será indispensable la implementación de técnicas de captura nocturna.

El gráfico de pastel para la abundancia relativa de especies de Orthoptera (Fig. 5.3), mostró que las especies dominantes fueron esencialmente tres: *Rhammatocerus viatorius viatorius* (18.67%), *Sphenarium aff. mexicanum* (15.95%) y *Arphia pseudonietana* (12.06%). La especie más abundante *R. viatorius viatorius* es un acrídido de amplia distribución, que se encuentra desde Texas y Arizona hasta el norte de Argentina (Eades y Otte, 2010). En el presente estudio, registró una abundancia de 48 ejemplares, colectados durante temporada de sequía en los muestreos de abril (2008) y enero (2009), se encontró en un rango altitudinal entre 1,668 y 2,124 m en cuatro localidades: El Capulín, La Nopalera, Santiago Nacaltepec y Río Poblano que son sitios de clima templado. La presencia de *R. viatorius viatorius* únicamente en la temporada de secas sugiere que estos insectos alcanzan su etapa adulta una vez al año, por lo que podría tratarse de organismos univoltinos. Esta especie dentro de la RBTC, limita su distribución a zonas altas, donde las

temperaturas templadas permiten un mejor aprovechamiento del factor hídrico, escaso en la estación del año durante la que se desarrolla (Fig. 3.4).

La segunda morfoespecie más abundante *S. aff. mexicanum* presentó una abundancia de 41 ejemplares colectados durante los cuatro muestreos, en siete de las once localidades bajo estudio: La Nopalera, San Juan Tonaltepec, El Capulín, Santiago Nacaltepec, Coixtlahuaca, Río Blanco y Río Poblano, debido a que son sitios con una altitud mayor a los 2,000 m y presentan clima templado o semifrío. Las especies del género *Sphenarium* son de origen Neotropical (Kevan, 1977) y presentan una gran capacidad de colonización de nuevos hábitats gracias a la plasticidad fenotípica de las especies que comprende, hecho que puede explicar su gran tolerancia en ciertos ambientes limitantes (Cueva del Castillo, 2000). Asimismo, Castellanos-Vargas y Cano-Santana (2009) sugieren que la amplia distribución de este género es favorecido por el hombre en el centro del país al trasladar las cosechas de cultivos de importancia económica entre los estados.

*A. pseudonietana* registró una abundancia de 31 ejemplares colectados durante los muestreos de abril, julio (2008) y enero (2009), en El Capulín y La Nopalera, sitios que presentan gramíneas como vegetación dominante y los más altos valores de precipitación total anual registrados en las localidades bajo estudio (Fig. 3.4). Esta especie de la subfamilia Oedipodinae presenta coloración críptica en el cuerpo, por lo que selecciona suelos pedregosos que acentúan dicho efecto (Isely, 1938). La dominancia de *A. pseudonietana*, en sitios con poca cubierta vegetal, puede ser indicador de un disturbio o degradación a nivel de suelo (Castellanos-Vargas com. pers.).

Los valores para abundancia, riqueza, diversidad, dominancia y equitabilidad, presentaron gran variación entre las once comunidades de ortópteros estudiadas (Tabla 5.2). El Capulín, La Nopalera, Río Poblano y Santiago Nacaltepec fueron las comunidades que registraron los valores más altos para estos atributos y bajos niveles de dominancia. En contraste, Santa María Tecmovaca y Santiago Quiotepec, presentaron los valores más bajos de estos parámetros y los más altos de dominancia. Esto se debe a que la diversidad de especies es inversamente proporcional a la dominancia, ya que la existencia de especies dominantes disminuye el efecto de la competencia que es un factor que incrementa la diversidad, mientras que una repartición proporcional de las especies dentro de la comunidad, es directamente proporcional a la diversidad al favorecer la competencia interespecífica (Begon *et al.*, 2006).

Las pruebas de  $t$  para los valores comparativos del índice Shannon-Wiener ( $H'$ ) de las once comunidades de ortópteros (Fig. 5.15), indicaron que la diversidad de especies fue significativamente diferente entre sí, debido a que las características ambientales particulares de cada localidad afectaron la distribución y la estructura de la comunidad de estos organismos.

El Capulín fue la comunidad más abundante ( $N= 92$ ) y diversa ( $H'= 1.098$ ), con un alto valor de equitabilidad ( $J= 0.360$ ) y los menores valores de dominancia ( $D= 0.106$  y  $B'= 0.185$ ), estos resultados se deben a que la colecta se efectuó en un claro de vegetación compuesto fisonómicamente por pasto, el cual se encontraba a su vez inmerso en un bosque mixto de *Juniperus-Quercus*, en este caso el claro funcionó como un sitio de confluencia entre las especies de ortópteros propias del pastizal del claro y especies arbóreas presentes en el bosque (Fig. 5.4), lo que favoreció la captura de organismos que en un bosque más cerrado hubieran sido muy difíciles de coleccionar.

La Nopalera fue la segunda comunidad más abundante ( $N= 59$ ) sin embargo al ser un pastizal secundario, registró valores reducidos de diversidad y equitabilidad ( $H'= 0.632$  y  $J= 0.287$ ), y datos relativamente altos de dominancia ( $D= 0.332$  y  $B'= 0.492$ ). De acuerdo con Joern (1982), Kemp *et al.*, (1990), Fielding y Brusven (1992) y Cigliano *et al.* (2002), en este sitio la simplificación del estrato vegetativo, generó un incremento en la abundancia y dominancia de especies como *Rhammatocerus viatorius viatorius* y *Arphia pseudonietana*, lo que afectó negativamente la diversidad de otros ortópteros (Fig. 5.5), al verse disminuida la cantidad y diversidad de microambientes disponibles, además de los recursos alimenticios ofrecidos por las plantas. Asimismo, *A. pseudonietana* selecciona afloramientos de suelo con cobertura vegetal escasa, lo que posiblemente indica degradación a nivel edáfico en este sitio.

Por otro lado, los altos valores de abundancia y diversidad registrados en El Capulín y La Nopalera, así como la similitud entre las especies de ortópteros presentes en ambas comunidades ( $I_s= 0.53$ ) (Tabla 5.3), se adjudican a la mayor disponibilidad de humedad en el ambiente, ya que ambas localidades presentan los valores más altos de precipitación total anual (579.45 y 611.92 mm respectivamente) (Fig. 3.4), lo que favorece el desarrollo de las comunidades de Orthoptera, debido a la importancia de esta condición para la liberación de la diapausa de estos organismos (Uvarov, 1966).

Las comunidades de Río Poblano y Santiago Nacaltepec presentaron valores similares de abundancia ( $N= 22$  y  $N= 19$ ), riqueza ( $S=8$  y  $S=9$ ), diversidad ( $H'= 0.762$  y  $H'= 0.862$ ), dominancia ( $D= 0.219$ ,  $B'=$

0.364 y  $D= 0.168$ ,  $B'= 0.316$ ) y equitabilidad ( $J= 0.366$  y  $J= 0.392$ ), ya que se localizan dentro de un rango altitudinal cercano, donde el bosque mixto en Río Poblano se encuentra a 2,124 m y el encinar en Santiago Nacaltepec a 2,080 m (Fig. 3.1). El pequeño intervalo de altitud entre los dos sitios, explica que ambas comunidades compartieran a *Sphenarium* aff. *mexicanum* como especie dominante (Figs. 5.6 y 5.7), así como el alto valor registrado para el índice de similitud de Sørensen ( $I_s= 0.58$ ) (Tabla 5.3).

Por su parte, San Juan de los Cues y Valerio Trujano registraron el valor más alto de similitud ( $I_s=0.72$ ) (Tabla 5.3), debido a que todas las especies de las que estuvo compuesta la comunidad de ortópteros muestreados en el matorral xerófilo de Valerio Trujano ( $S= 5$ ), se encontraron representadas dentro de la comunidad de ortópteros de la selva baja caducifolia de San Juan de los Cues ( $S= 6$ ) (Figs. 5.8 y 5.9). Igualmente presentaron similares valores de diversidad, ( $H'= 0.720$  y  $H'= 0.639$ ), dominancia ( $D= 0.207$ ,  $B'= 0.263$  y  $D= 0.25$ ,  $B'= 0.333$ ) y equitabilidad ( $J= 0.402$  y  $J= 0.397$ ). Estas semejanzas se deben a que ambos sitios presentan clima semicálido (Fig. 3.3) y se encuentran en un intervalo de altitud entre 606 y 713 m (Tabla 3.1).

Los bajos valores de riqueza, abundancia y de los índices ecológicos registrados en las comunidades muestreadas en los encinares de San Juan Tonaltepec ( $S= 5$ ,  $N= 9$ ,  $H'= 0.619$ ,  $D= 0.283$ ,  $B'= 0.444$  y  $J= 0.385$ ) y Río Blanco ( $S= 5$ ,  $N= 7$ ,  $H'= 0.744$ ,  $D= 0.448$ ,  $B'= 0.429$  y  $J= 0.462$ ), así como en el pastizal halófito de Coixtlahuaca ( $S= 3$ ,  $N= 7$ ,  $H'= 0.415$ ,  $D= 0.428$ ,  $B'= 0.571$  y  $J= 0.377$ ), de acuerdo con Gordon y Hilliard (1969) fueron producidos por el elevado intervalo de altitud de estos sitios (1,824 - 2,273 m) (Tabla 3.1). Sin embargo la altura posiblemente fue un factor importante para el establecimiento de *Sphenarium* aff. *mexicanum* dentro de las tres comunidades (Figs. 5.10, 5.11 y 5.12).

Las comunidades de Santa María Tecmovaca (Fig. 5.13) y Santiago Quiotepec (Fig. 5.14), presentaron los valores más bajos de abundancia ( $N= 7$  y  $N= 4$ ), riqueza ( $S= 3$ ), diversidad ( $H'= 0.3$  y  $H'= 0.451$ ) y equitabilidad de especies ( $J= 0.273$  y  $J= 0.411$ ), así como los más altos de dominancia ( $D= 1.449$ ,  $B'= 0.714$  y  $D= 0.375$ ,  $B'= 0.411$ ). Lo que pudo deberse a que tanto en el mezquital de Santa María Tecmovaca, como en el bosque de cactáceas columnares presente en Santiago Quiotepec, los muestreos fueron realizados en las inmediaciones de un río, por lo que la humedad del suelo pudo afectar negativamente la oviposición de algunas especies de estos insectos (Isely, 1938). Asimismo, a partir de la segunda colecta realizada en Santa María Tecmovaca, el sitio se encontró con la presencia de abundante basura y cascajo, disturbio que se fue incrementando a lo largo de la tercer y cuarta colecta, lo que explica la

poca similitud entre las especies de ortópteros presentes en esta comunidad en particular y el resto de las comunidades bajo estudio (Tabla 5.3).

El dendrograma Bray-Curtis elaborado a partir del porcentaje de similitud entre las especies de ortópteros que integran todas las comunidades (Fig. 5.16), así como el Análisis de Componentes Principales calculado a partir de los datos de abundancia y riqueza (Fig. 5.17), dividieron en tres grupos a las once comunidades analizadas: 1) El Capulín y la Nopalera, grupo de comunidades más abundantes y diversas, con altos registros de precipitación total anual y con la presencia de gramíneas como vegetación dominante; 2) Río Poblano, Santiago Nacaltepec, San Juan Tonaltepec, Coixtlahuaca y Río Blanco, grupo que estuvo compuesto de comunidades de ortópteros encontradas en encinares, bosques mixtos y un pastizal halófito, con altitudes mayores a los 1,800 m; 3) San Juan de los Cues, Valerio Trujano, Santiago Quiotepec y Santa María Tecmovaca, grupo integrado por las comunidades menos diversas y abundantes, con tipos de vegetación xerofítica que comparten una altitud menor a los 715 m. Lo cual indica el importante papel de las características ambientales como el clima, la altitud y el tipo de vegetación, para la estructura de las especies que integraron las comunidades de este tipo de insectos dentro de la RBTC.

La correlación negativa significativa entre la pendiente del terreno y los valores de abundancia ( $N$ ) y riqueza ( $S$ ) de las comunidades (Tabla 5.4), posiblemente se deba a la naturaleza del muestreo por la dificultad que representó coleccionar ortópteros en sitios con pendientes muy pronunciadas, como fue el caso de San Juan Tonaltepec ( $45^\circ$ ) y Río Blanco ( $39^\circ$ ) (Tabla 3.1). Sin embargo, los coeficientes de correlación elaborados entre los atributos de la comunidad  $N$ ,  $S$  y  $H'$ , contra la altitud, la altura de la vegetación, la temperatura media anual y la precipitación total anual, no mostraron correlaciones significativas, lo cual no quiere decir que dichas correlaciones no existan, sino que es necesario un estudio posterior que contemple un mayor número de comunidades y otros parámetros ambientales, con la finalidad de reflejar con mayor detalle las relaciones presentes.

En el caso particular de la altitud asociada a la riqueza de especies de ortópteros, se observó un comportamiento de campana, donde las comunidades con mayor número de especies se ubicaron en las zonas altitudinales intermedias (1,600-2,000 m) y, las comunidades con menor riqueza se encontraron tanto en los sitios con altitudes mayores a 2,000 m, como en los sitios con altitudes menores a 715 m. Este patrón puede esclarecerse al considerar que los organismos distribuidos en zonas altas, deben tolerar las bajas temperaturas relacionadas con la caída de  $1^\circ\text{C}$  por cada aumento de 100 m en la altitud (Begon *et al.*, 2006),

mientras que los insectos distribuidos en zonas bajas, deben tolerar un menor porcentaje de humedad en el ambiente generado por el efecto de sombra orográfica producido por el complejo relieve característico de la RBTC.

## **6.2 Variación estacional de la composición de la comunidad**

Se encontraron valores significativamente más altos de abundancia y diversidad de ninfas durante los muestreos realizados en época de lluvias (julio y septiembre), independientemente de la comunidad que se tratara (Figs. 5.19a ,5.19b y tabla 5.5), esto debido a que durante esta época, el incremento en la humedad y la temperatura favoreció el crecimiento de los ortópteros (Uvarov 1966; Begon 1983; Capinera *et al.*, 2004). Mientras que los valores más altos para la riqueza de especies de organismos adultos, se encontraron en otoño (septiembre). Este dato es consistente con el ciclo biológico propuesto por Capinera *et al.* (2004), donde los huevos eclosionan en primavera, las ninfas se desarrollan en verano y los adultos se reproducen entre verano y otoño. Sin embargo, contrario a lo que sostiene dicho autor, el valor más alto de abundancia de adultos se registró en invierno (enero), lo cual se puede explicar por el diferente patrón estacional que se presenta en latitudes más cercanas al Ecuador, donde los eventos invernales no causan un decremento drástico en la temperatura, lo que permitió la actividad de este tipo de insectos durante esa estación.

Podemos inferir la presencia de ortópteros durante todo el año dentro de los sitios analizados, ya que a pesar de que solamente se llevaron a cabo cuatro muestreos, en todos ellos se registraron ninfas y adultos, lo que sucede entre otros factores gracias a la proximidad con el Ecuador, que favorece el recambio de especies vinculado al cambio estacional, permitiendo la presencia de organismos exclusivos de temporada de sequía como *Rhammatocerus viatorius viatorius*, especies restringidas a la temporada de lluvias como *Dichopetala* sp. y *Arachnitus filicrus*, así como ortópteros presentes en ambas temporadas, como *Sphenarium* aff. *mexicanum* y *Aulocara* sp. (Figura 5.18). Lo que refleja las diferencias temporales en los ciclos de vida de cada especie originadas a partir de las distintas aceptaciones a distintas curvas de tolerancia.

## **6.3 Historia Natural**

La crianza de ninfas en cautiverio, sugiere la gran importancia de la humedad, el espacio y la temperatura, como factores clave involucrados en la muda y desarrollo de los ortópteros (Uvarov 1966; Whitman 1987, Willott 1997; Willott y Hassall 1998). A pesar de que solamente el 32.1% de las ninfas alcanzó el estado adulto en condiciones de cautiverio, la crianza fue muy importante ya que se pudieron identificar especies de

ortópteros que únicamente se encontraron en estados ninfales, como *Arachnitus filicrus* y *Dichopetala* sp. Cabe mencionar que *Dichopetala* sp., no fue identificada hasta nivel de especie porque es un registro nuevo.

De los 25 morfoespecies que se mantuvieron en crianza, solamente nueve consiguieron desarrollarse exitosamente, ya que fueron tolerantes para soportar las condiciones de cautiverio. Dentro de estas nueve especies, *Sphenarium* aff. *mexicanum* registró los valores más altos de desarrollo exitoso en crianza, con 30 ejemplares que llegaron a la etapa adulta (Tabla 5.6), lo que habla de una alta capacidad de aclimatación a condiciones de laboratorio (Castellanos-Vargas y Cano-Santana, 2009). La especie presenta alta tolerancia a los cambios en su ambiente, lo que genera una gran abundancia e inclusive amplia distribución en el país, debido a lo cual es considerada una plaga.

#### **6.4 Conclusiones**

Las 33 morfoespecies encontradas en los once sitios analizados en el presente trabajo, representan el primer registro del orden Orthoptera dentro de la RBTC. A pesar de que las colectas diurnas favorecieron la presencia de especies del suborden Caelifera en comparación con el orden Ensifera, las cuatro colectas llevadas a cabo son una muestra representativa de la riqueza antes desconocida de este tipo de insectos en la región.

Se encontraron valores más altos de abundancia y diversidad de ninfas durante la época de lluvias (julio y septiembre), mientras que los valores más altos para la riqueza y abundancia de adultos se registraron en la época de sequía durante el otoño (septiembre) y el invierno (enero), respectivamente. Se piensa que la época de lluvias es la estación que favorece a estos insectos ya que es cuando se incrementa la humedad del suelo y la temperatura del ambiente, que son factores que permiten el rompimiento de la diapausa del huevo y promueven el crecimiento de estos organismos.

Se registró la mayor abundancia de ortópteros, en las comunidades que presentaron gramíneas como elemento florístico dominante, como fue el caso del pastizal secundario de La Nopalera y el claro dentro del bosque mixto de El Capulín, debido a que la incidencia de los rayos solares en hábitats abiertos con vegetación baja incrementa la temperatura, lo que favorece el desarrollo y la reproducción de estos organismos. Comparativamente, la comunidad de La Nopalera tuvo menor diversidad de especies, ya que en



este sitio la simplificación del estrato vegetativo disminuyó la oferta de plantas comestibles, así como los sitios de refugio disponibles para estos insectos.

De acuerdo al dendrograma Bray-Curtis y al Análisis de Componentes Principales, las características del hábitat como el clima, la altitud y el tipo de vegetación, fueron los factores que determinan la estructura de la comunidad de ortópteros. Sin embargo los coeficientes de correlación entre los atributos de la comunidad  $N$ ,  $S$ , y  $H'$  y la altura de la vegetación, la altitud, la temperatura media anual y la precipitación total anual, no mostraron correlaciones significativas, debido a que es necesario incluir un mayor número de comunidades para reflejar las relaciones presentes.

Los resultados de la diversidad con respecto al gradiente altitudinal de las localidades sugieren un comportamiento tipo campana, esto es que los valores de diversidad disminuyeron en localidades situadas a más de 2,000 m, así como en los sitios localizados a menos de 700 m. Esta tendencia es promovida por las bajas temperaturas asociadas a regiones altas y a la escasa humedad registrada en zonas de poca altitud producida por el efecto de sombra orográfica, lo que provoca un decremento en la diversidad.

## LITERATURA CITADA

- Anaya-Rosales, S., J. Romero-Nápoles y V. López Martínez. 2000. *Manual de Diagnóstico para las especies de Acridoideos (Orthoptera: Acridoidea) del Estado de Tlaxcala y estados adyacentes*. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Posgraduados. Montecillos, Edo. De Méx. 266 pp.
- Anderson, N. L. 1964. Some relationships between grasshoppers and vegetation. *Annals of the Entomological Society of America*. **57**: 736–742.
- Anderson, N. L. 1973. The vegetation of rangeland sites associated with some grasshopper studies in Montana. *Agronomy Experiment Station Bulletin*. Boletín 668.
- Barrientos-Lozano, L. 2004. Orthoptera. En: Llorente-Bousquets J. E., J. J. Morrone, O. Yañez-Ordoñez, I. Vargas-Fernández. (Eds). *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento. Volumen IV*. Facultad de Ciencias, UNAM-CONABIO, BAYER y Archivo de especies de Orthoptera, México, pp, 603-625.
- Begon, M., C. R. Townsend y J. L. Harper. 2006. *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. Publicaciones (4ta ed.) Blackwell, Malden, Estados Unidos de América, pp. 738.
- Brailovsky, H., E. Barrera, C. Mayorga y G. Ortega-León. 1994. Estudios ninfales de los coreidos del Valle de Tehuacán, Puebla. (Hemiptera-Heteroptera) 1. *Chelinidea staffilesi*, *C. tabulata* y *Narinia femorata*. *Anales del Instituto de Biología UNAM. Serie Zoológica*. **65**:241-264.
- Bruner, L.; A. P. Morse y R. Shelford. *Insecta. 1909. Orthoptera*. Volumen II, Biologia Centrali Americana. Londres. 424 pp.
- Capinera, J. L., y T. S. Sechrist. 1982. Grasshoppers of Colorado: identification, biology and management. *Colorado State University Agronomy Experiment Station Bulletin*. **584**: 1055-1062.
- Capinera, J. L., R. D. Scott, and T. J. Walker. 2004. *Field Guide to Grasshoppers, Katydid and Crickets of the United States*. Cornell University Press. Nueva York. 249 pp.
- Castellanos-Vargas, I. 2007. Diversidad ortofterológica de la zona sureste de la Ciudad Universitaria (UNAM), México D.F. *Entomología Mexicana*. **6**: 1291-1297.
- Castellanos-Vargas I. y Z. Cano-Santana. 2009. Historia natural y ecología de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera:Pyrgomorphidae). En: Lot, A. y Z. Cano-Santana (eds.). Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel. Coordinación de la Investigación Científica, Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 337-346.
- Chapman, R. F. 1990. Food selection. En: R. F. Chapman y A. Joern (eds.) *Biology of Grasshoppers*, John Willey, Nueva York, pp 39-72.
- Cigliano, M. M., M. L. de Wysiecki y, C. E. Lange. 2000. Grasshopper (Orthoptera, Acrididae) species diversity in the pampas, Argentina. *Diversity and Distributions*. **6**: 81-91.

- Cigliano, M. M.; S. Torrusio y M.L. de Wysiecki. 2002. Grasshopper (Orthoptera: Acrididae) community composition and temporal variation in the Pampas, Argentina. *Journal of Orthoptera Research*. **11**: 215-221.
- Clarke, E. J. 1948. Studies in the ecology of british grasshoppers. *Transactions of the Royal Entomological Society of London*. **99**:173–222.
- Cohn, T. J. 1965. The arid-land Katydid of the North American Genus *Neobarretia* (Orthoptera: Tettigoniidae): Their Systematics and Reconstruction of their History. Miscelaneous Publications No. 126.. Museum of Zoology, University of Michigan. 176 pp.
- Cohn, T. J. e I. J. Cantrall. 1974. Variation and speciation in the grasshoppers of the Conalcaeini (Orthoptera: Acrididae: Melanoplinae): the lowland forms of western Mexico: the genus *Barytettix*. San Diego Society of Natural History. Memoir. **6**: 1-136 pp.
- Colvard, J.J. 1981. The anatomy of the grasshopper (*Romalea microptera*). Charles C. Thomas Publisher. Springfield, Illinois, 281 pp.
- Cueva del Castillo, M. R. 2000. Selección sexual en *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera:Pyrgomorphidae). Tesis de doctorado. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.144 pp.
- Dávila, P., M. C. Arizmendi, A. Valiente Banuet, J. L. Villaseñor, A. Casas y R. Lira. 2002. Biological diversity in the Tehucán-Cuicatlán Valley, México. *Biodiversity Conservation*. **11**: 421-432.
- Delgado-Saldívar, L., J. Escoto Rocha, H. J. Cruz Gutiérrez y E. V. de Erice Zúñiga. 2000. Entomofauna del orden Orthoptera del Área Natural Protegida Sierra Fría, Aguascalientes, México. Memorias del XXXV Congreso Nacional de Entomología, Acapulco, Guerrero, México.
- Descamps, M. 1973. Révision des Eumastacoidea (Orthoptera) aux e´chelones des familles et des sous-familles (genitalia, répartition, phylogénie). *Acrida*. **2**: 161-298.
- Descamps, M. 1975. Etude du peuplement acridien de l´etat de Veracruz (Mexique). *Folia Entomológica Mexicana*. **31**: 3-34.
- Eades, D.C. y D. Otte. 2010. *Orthoptera Species File Online*. Version 2.0/3.5. <http://Orthoptera.SpeciesFile.org>
- Fielding, D. J. y M. A. Brusven. 1992. Food and habitat preferences of *Melanoplus sanguinipes* and *Aulocara elliotti* (Orthoptera: Acrididae) on disturbed rangeland in Southwestern Idaho. *Environmental Entomology*. **85**:783–788.
- Fontana P., F. M. Buzzetti, A. Cogo y B. Odé. 2002. Guida al Riconoscimento e allo Studio di Cavallette Grilli, Mantidi e Insetti afín del Veneto. Museo Naturalistico Archeologico di Vicenza. Vicenza, Italia. 592 pp.
- Fontana, P., F. M. Buzzetti y R. Mariño-Pérez. 2008. *Chapulines, Grillos y Esperanzas de México, Guía Fotográfica*. WBA Handbooks, Verona, Italia. 265 pp.
- García-García, P. L. y Fontana P. 2008. Guía para el Reconocimiento y Estudio de los Chapulines del Parque Nacional “El Cimatario”. Querétaro. 48 pp.

- Gordon, A. y Hilliard J.R. 1969. Altitudinal and seasonal distribution of Orthoptera in the Rocky Mountains, Colorado. *Ecological Society of America*. **39**: 385-431.
- Hebard, M. 1925. Dermaptera and Orthoptera of the estate of Sinaloa, Mexico. Part II *Saltatorial Orthoptera*. *Transactions of the American Entomological Society*. **51**: 265-310.
- Hebard, M. 1932. New species and records of Mexican Orthoptera. *Transactions of the American Entomological Society*. **58**: 201-371.
- Isely, F. B. 1937. Seasonal succession, soil relations, numbers and regional distribution of northeastern Texas acridians. *Ecological Monographs*. **7**: 319-344.
- Isely, F. B. 1938. The relation of Texas Acrididae to plants and soils. *Ecological Monographs* **4**: 551-604.
- Joern, A. 1982. Vegetation structure and microhabitat selection in grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *The Southwestern Naturalist*. **27**: 197-209.
- Joern A. 1986. Experimental study of avian predation on coexisting grasshopper populations (Orthoptera: Acrididae) in a sandhills grassland. *Oikos*. **46**: 243-249.
- Joern, A. y K. P. Pruess. 1986. Temporal constancy in grasshopper assemblies (Orthoptera: Acridoidea). *Ecological Entomology*. **11**: 379-385.
- Kemp, W. P., S. J. Harvey, y K. M. Óneil. 1990. Patterns of vegetation and grasshopper community composition. *Oecologia*. **83**: 299-308.
- Kevan, D. K. 1977. The American Pyrgomorphidae. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*. **36**: 3-28.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princenton University Press, Nueva Jersey, 179 pp.
- Márquez, C. 1962. Contribución al estudio de los ortópteros de México II. *Anales del Instituto de Biología México*. **32**: 277-294.
- Márquez, C. 1963. Estudio del género *Proctolabus* Sauss, con la descripción de una especie nueva (Acrididae, Cyrtacanthacrinae). *Anales del Instituto de Biología México*. **33**: 247-258.
- Márquez, C. 1964. Estudio morfológico de tres especies de *Stilpnochlora* (Orthoptera: Tettigoniidae). *Anales del Instituto de Biología México*. **34**: 275-283.
- Márquez, C. 1965. Contribución al estudio de los ortópteros de México III. Estudios ecológicos preliminares de los ortópteros del Valle de Mezcala, Guerrero, México. *Anales del Instituto de Biología México*. **36**: 87-93.
- Márquez, C. 1966. Cinco especies nuevas de Phaneropterinae de la región de los Tuxtlas, Veracruz (Orthoptera: Tettigoniidae). *Anales del Instituto de Biología México*. **36**: 189-198.
- Márquez, C. 1969. Estudio comparativo de los genitales externos y de los cromosomas de algunos grupos de la subfamilia Phaneropterinae (Orthoptera: Tettigoniidae). *Anales del Instituto de Biología México*. **40**: 55-102.

- Márquez-Mayaudon, C. 1954. Contribución al conocimiento de los Orthoptera de México. *Anales del Instituto de Biología México*. **25**: 381-387.
- Márquez- Mayaudon, C. 1957. Tres especies nuevas de Phaneropterinae de México (Orthoptera, Tettigoniidae). *Anales del Instituto de Biología México*. **28**: 289-300.
- Mariño, E. y M.C. Márquez. 1984. Ortópteros de México 5. Un nuevo pseudofilido del género *Melanonotus* (Tettigoniidae: Pseudophyllinae). *Anales del Instituto de Biología México*. **55**: 97-102.
- Márquez, M. C. y G. L. Ortega. 1988. Ortópteros de la estación biológica "Chamela", Jalisco (Insecta:Orthoptera). *Anales del Instituto de Biología México*. **58**: 35-62.
- McGavin, G. C. 2002. *Entomología esencial*, Ed. Ariel, Barcelona, pp 350.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para Medir la Biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, España. Págs. 30-50.
- Mulkern, G.B., K. P. Pruess, H. Knutson, A. F. Hagen, J. B. Campbell y J. D. Lambley. 1969. Food habitats and preferents of grassland grasshoppers of the North Central Great Plains. *Agricultural Experiment Station Bulletin*. **481**: 1-32.
- Ochoa, T. V. 2001. Geomorfología, clima y vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Pue-Oax. México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. Págs. 8-15.
- Otte, D. y A. Joern. 1977. On feeding patterns in desert grasshoppers and the evolution of specialized diets. *Transactions Philadelphia Academy Sciences*. **128**: 89-126.
- Otte, D. 1977. Species richness patterns of New World desert grasshoppers in relation to plant diversity. *Journal of Biogeography*. **3**: 197-209.
- Otte, D. 1981. *The North American Grasshoppers. Vol. I. Acrididae: Gomphocerinae y Acridinae*. Harvard University Press. Cambridge. 275 pp.
- Peet, R. K. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*. **5**: 285-307.
- Pianka, E. R. 1966. Latitudinal gradients in species diversity: A review of concepts. *American Naturalist*. **100**: 33-46.
- Preston-Mafham, K. 1990. *Grasshoppers and Mantis of the World*. Facts of File, Facts On File, Nueva York. 192 pp.
- Ramos-Elorduy J., J. M. Pino-Moreno, E. Escamilla-Prado, M. Alvarado-Pérez, J. Lagunez-Otero y O. Ladrón de Guevara. 1997. Nutritional value of edible insects from the State of Oaxaca, México. *Journal of food composition and analysis*. **10**: 142-157.
- Reese, N. E. 1973. Arthropod and nematode parasites, parasitoids and predators of Acrididae in America north of Mexico, Arizona. *USDA Technical Bulletin*. No. 1460.

- Rico-Gray, V., M. Palacios-Ríos, J.G. García-Franco y W.P. Mackay. 1998. Richness and seasonal variation of ant-plant associations mediated by plant-derived food resources in the semiarid Zapotitlán Valley, México. *American Midwestern Naturalist*. **140**: 21-26.
- Rios-Casanova, L., A. Valiente-Banuet y V. Rico-Gray. 2004. Las hormigas del Valle de Tehucán (Hymenoptera: Formicidae): una comparación con otras zonas áridas de México. *Acta Zoológica Mexicana*. **20**: 37-54.
- Rivera-García, E. 1986. Estudio Faunístico de los Acridoidea de la Reserva de la Biósfera de Mapimí, Durango, México. *Acta Zoológica Mexicana*. **14**: 1-44.
- Rivera-García, E. 1992. Utilización de microambientes por *Trimerotropis pallidipennis* (Burmeister), (Orthoptera: Oedipodinae), en un gradiente típico del Desierto Chihuahuense. *Folia Entomológica Mexicana*. **86**: 1-14.
- Rivera-García, E. 2006. An Annotated checklist of some Orthopteroid insects of Mapimi Biosphere Reserve (Chihuahuan Desert), Mexico. *Acta Zoológica Mexicana*. (**22**): 131-149.
- Rivera-García, E. 2008. An identification key for the most important grasshoppers of Mapimi Biosphere Reserve (Chihuahuan Desert), Mexico. *Folia Entomológica Mexicana*. **47**(En prensa).
- Roberts, H. R. 1947. Revision of the Mexican Melanoplinae (Orthoptera: Acrididae; Cyrtacanthacridinae). Part I. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. **99**: 201-230.
- Rojas-Martínez, A.E. y A. Valiente-Banuet. 1996. Análisis comparativo de la quiropterofauna del Valle de Tehucán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana*. **67**: 1-23.
- Rzedowski, J. 1981. *Vegetación de México*. Limusa, México. 432 pp.
- Salas-Araiza, M. D., E. Salas-Solis y G. Montesinos-Silva. 2003. Acridoideos (Insecta: Orthoptera) del estado de Guanajuato, México. *Acta Zoológica Mexicana*. **89**: 29-38.
- Salas-Araiza, M.D., P. Alatorre-García y E. Uribe-González. 2006. Contribución al conocimiento de los acridoideos (Insecta:Orthoptera) del estado de Querétaro, México. *Acta Zoológica Mexicana*. (**22**): 33-43.
- Saussure, H., L. Zehntner, A. Pictet y Count De Bormans. 1899. *Insecta. Orthoptera*. Biologia Centrali Americana Volume I, Londres.
- Schowalter, T.D. 2006. *Insect Ecology: an Ecosystem Approach*, 2da. Ed. Elsevier/Academic, San Diego, California. 482 pp.
- Song, H. 2006. Description of *Schistocerca cohni* n. sp. and redescription of *Schistocerca socorro* (Orthoptera:Acrididae: Cyrtacanthacridinae) from Mexico. *Zootaxa*. **1150**: 43-52.
- Squitier, M. J., y J. L. Capinera. 2002. Observations on the phenology of common Florida grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Florida Entomologist*. **85**: 227-234.
- Uvarov, B. 1966. *Grasshoppers and Locusts, a Handbook of General Acridology*. Volumen I. Anatomy, Physiology, Development, Phase Polymorphism and Introduction to Taxonomy. Cambridge University Press, Nueva York. 481 pp.

- Uvarov, B. 1977. *Grasshoppers and Locusts: a Handbook of General Acridology*. Volumen II. Cambridge University Press, Nueva York. 613 pp.
- Valiente-Banuet, A., Casas A., A. Alcántara, P. Dávila, H. N. Flores, C. M. Arizmendi, J. Villaseñor y R. J. Ortega. 2000. La vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **67**: 24-74.
- Varley, C. G., G. R. Gradwell y M. P. Hassfil. 1973. *Insect Population Ecology*. Blackwell Scientific Publications. Nueva York, págs. 75-93.
- Whitman, D. W. 1986. Thermoregulation and daily activity patterns in a black desert grasshopper, *Taeniopoda eques*. *Animal Behavior*. **35**: 1814–1826.
- Whittaker, R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* **21**: 213-251.
- Whittaker, R.H., S. A. Levin y R. B. Root. 1975. On the reasons of distinguishing “Niche, habitat and ecotope”. *American Naturalist*. **109**: 479-481.
- Willott, S. J. 1997. Thermoregulation in four species of british grasshoppers (Orthoptera:Acrididae). *Functional Ecology*. **6**: 705-713.
- Willott, S. J. y M. Hassall. 1998. Life-history responses of british grasshoppers (Orthoptera:Acrididae) to temperatures change. *Functional Ecology*. **2**: 232-241.
- Zárate-Torres, J. F. y L. Barrientos-Lozano. 2005. Orthoptera acridoidea de la Reserva de la Biósfera “El Cielo”, sur de Tamaulipas. *Entomología Mexicana*. **4**: 127-135.
- Zar J. H. 1999. *Bioestatistical Analysis*. Prentice Hall, Nueva Jersey, 663 pp.