

Composición y distribución del ensamble de Orthoptera (Insecta) en una cuenca árida del norte-centro de Chile *

Composition and distribution of the Orthoptera assemblage (Insecta) in an arid basin in North-Central Chile

Fermín M. Alfaro ¹
Jaime Pizarro-Araya ¹

Jorge Cepeda-Pizarro ¹
Andrés Bodini ²

Originales: Recepción: 03/06/2010 - Aceptación: 17/03/2011

RESUMEN

La cuenca del valle del río Elqui (Región de Coquimbo, Chile) es un importante foco de actividad agrofrutícola y turística dentro de la zona norte-centro de Chile cuyas condiciones climáticas se caracterizan por el aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación. En el contexto del calentamiento global es esperable que la hoya hidrográfica del río Elqui experimente una tendencia ascendente en la aridez, alteraciones en la fenología de plantas y artrópodos y cambios en la riqueza y biodiversidad local de los ecosistemas. En este sentido, en el presente trabajo, mediante colectas manuales en sectores de secano y cultivo de las localidades de Marquesa, Diaguitas y Pisco Elqui en el valle de Elqui, se documentó la composición taxonómica y abundancia del ensamble de Orthoptera (Insecta) en la cuenca del valle del Elqui, se analizó la distribución espacial de las especies constituyentes del ensamble mediante SIG y se documentó la importancia de Orthoptera como potenciales plagas dentro de esta cuenca árida del norte-centro de Chile. Se capturó

ABSTRACT

The Elqui river basin (Coquimbo Region, Chile) is an important fruit-growing and tourist center in the North and Central area of Chile, where climate conditions are characterized by a rise in temperature and decrease in precipitation. Within the context of global warming, the hydrographical basin of the Elqui River is expected to show a rising trend toward aridity, as well as alterations in the phenology of plants and arthropods, and changes in the local biodiversity and richness of ecosystems. In this respect, this research analyzes the taxonomic composition, abundance and distribution of the assemblage of Orthoptera (Insecta) through hand-collecting in rangeland and farmland of the localities of Marquesa, Diaguitas, and Pisco Elqui in the Elqui valley. We documented the taxonomic composition and abundance of the Orthoptera assemblage (Insecta), and analyzed the spatial distribution of its component species by using SIG. We also documented the potential orthopterans have to become a plague in this

* Trabajo financiado por los proyectos: Institutional adaptations to climate change: comparative study of dryland river basins in Canada and Chile (SSHRC-MCRI Project), University of Regina (Canada) - Universidad de La Serena (Chile) y DIULS-PF07101 de la Universidad de La Serena, La Serena (JPA). Este trabajo, además, forma parte del programa "Ecology and taxonomic diversity of arthropods and vertebrates of the transitional coastal desert of Chile" del Departamento de Biología, Universidad de La Serena, La Serena, Chile.

1 Laboratorio de Entomología Ecológica. Dpto. de Biología. Universidad de La Serena. Casilla 599. La Serena. Chile. japizarro@userena.cl, falfaro@alumnosul.cl, jcepeda@userena.cl

2 Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA). Raúl Bitrán s/n. La Serena. Chile. abodini@yahoo.com

un total de 204 ejemplares, correspondientes a cuatro familias y seis especies, de las cuales cinco especies fueron capturadas en sectores de secano y cultivo. Acrididae fue la familia más abundante y diversa dentro de los sitios de estudio (65,2% del total capturado) y *Trimerotropis ochraceipennis* la especie más abundante dentro del sitio de estudio. Las familias Gryllidae, Ommexechidae y Tristiridae estuvieron representadas por una sola especie. La presencia de estas especies en los sectores de secano puede constituir un factor de riesgo para la agricultura, al considerarse potenciales focos irruptivos frente a determinadas condiciones climáticas, y además ocasionar daños en cultivos agrícolas, plantaciones y pastizales. La relación entre la microdistribución del ensamble de Orthoptera presente en el valle de Elqui y el índice NDVI mostró una clara preferencia por la vegetación densa y poco densa (NDVI = 0,1 - 0,49). El presente trabajo es una primera aproximación al estudio de los ortópteros considerados plagas potenciales para el valle del Elqui.

arid watershed of North-Central Chile. A total of 204 specimens were captured, belonging to four families and six species, five of which were common to rangeland and farmland. Acrididae was the most abundant and varied family among the study sites (65.2% of the total captured) and *Trimerotropis ochraceipennis* the most abundant species. The families Gryllidae, Ommexechidae and Tristiridae were represented by only one species. The presence of these species in the rangeland can be a risk factor for agriculture, considering potential irruptive outbreaks under certain climate conditions, and can also cause damage to crops, plantations and grasslands. The relationship between microdistribution of the Orthoptera assemblage present in the Elqui valley and the NDVI index showed a clear preference for dense and not so dense vegetation (NDVI = 0.1 - 0.49). This is a first approach to the study of orthopterans which are considered potential plagues to the Elqui valley.

Palabras clave

Orthoptera • cuencas áridas • secano chileno • irrupciones poblacionales • valle del Elqui

Keywords

Orthoptera • arid watershed • Chilean rangeland • population outbreaks • Elqui valley

INTRODUCCIÓN

El valle del río Elqui forma parte de la región de los valles transversales transicionales que caracterizan al norte-centro de Chile (27-33° Lat S). Constituye, dentro de la Región de Coquimbo (Chile), un importante foco de actividad agrofrutícola y turística (26); recientemente ha sido objeto de estudio en el contexto del cambio climático (51). Sus principales cultivos son forrajeras, tanto anuales como permanentes, frutales, hortalizas, viñas y parronales viníferos en constante expansión hacia las laderas áridas circundantes (26). Una vez cultivadas, las mejores condiciones ambientales de estas laderas -e.g., mayor disponibilidad y seguridad de alimentos, microhábitats más protegidos y con temperaturas más favorables, suelo laboreado- pueden hacer de ellas focos de atracción para la fauna del entorno árido y semiárido (e.g., roedores e insectos) (35, 38), especialmente si las condiciones climáticas cambian como consecuencia del efecto a nivel de hoya hidrográfica del cambio climático (51).

Se espera que la hoya hidrográfica del río Elqui muestre algunos de estos efectos; por ejemplo, la tendencia al incremento de la aridez predicha por algunos autores (17, 42) y la expansión de los cultivos hacia las laderas áridas facilitada por el riego tecnificado podrían favorecer en términos poblacionales -colonización y crecimiento- algunos grupos de Arthropoda presentes en el valle (39, 51, 52). No obstante, a pesar de las acciones de vigilancia fitosanitaria y de salud animal realizadas permanentemente en el valle por los servicios del agro (Programa de vigilancia agrícola forestal - SAG), la información disponible en la literatura especializada respecto de especies de insectos y taxones relacionados (e.g., ácaros) es escasa (22, 39). Según estos trabajos, uno de los grupos potencialmente favorecidos por la aridización del entorno serían los insectos Orthoptera, taxón característico de ambientes áridos y semiáridos (27, 29). Sin embargo, uno de los problemas que enfrenta el estudio de estas respuestas es el pobre conocimiento taxonómico y biológico que se tiene de las especies locales.

Objetivos

- Documentar la composición taxonómica y abundancia del ensamble de Orthoptera en la cuenca del valle del Elqui.
- Analizar la distribución espacial de las especies constituyentes del ensamble mediante SIG.
- Documentar la importancia de Orthoptera como potenciales plagas dentro de una cuenca árida del norte-centro de Chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el valle del río Elqui, en la Región de Coquimbo, Chile (figura 1, pág. 100). Este valle forma parte de la hoya hidrográfica del río del mismo nombre. La hoya total tiene una superficie aproximada de 9.657 km², siendo el ecosistema de secano gran parte de ella (6, 41).

El clima es mediterráneo. La estación seca dura nueve meses, la precipitación anual promedio del área es ~104 mm; junio es el mes más lluvioso, con 25,9 mm. La temperatura media mensual del aire se mantiene sobre los 10°C entre enero y diciembre. La evaporación estimada llega a 1.220 mm anuales, con un máximo mensual de 172 mm en enero y un mínimo mensual en junio de 47 mm.

De mar a cordillera, las formaciones vegetales de secano corresponden a matorral estepario costero, desierto costero del Huasco, desierto florido de las serranías, matorral estepario interior, matorral preandino y estepa altoandina (6, 24). Más detalles de los sistemas naturales del área estudiada se encuentran en la investigación de Cepeda-Pizarro (8).

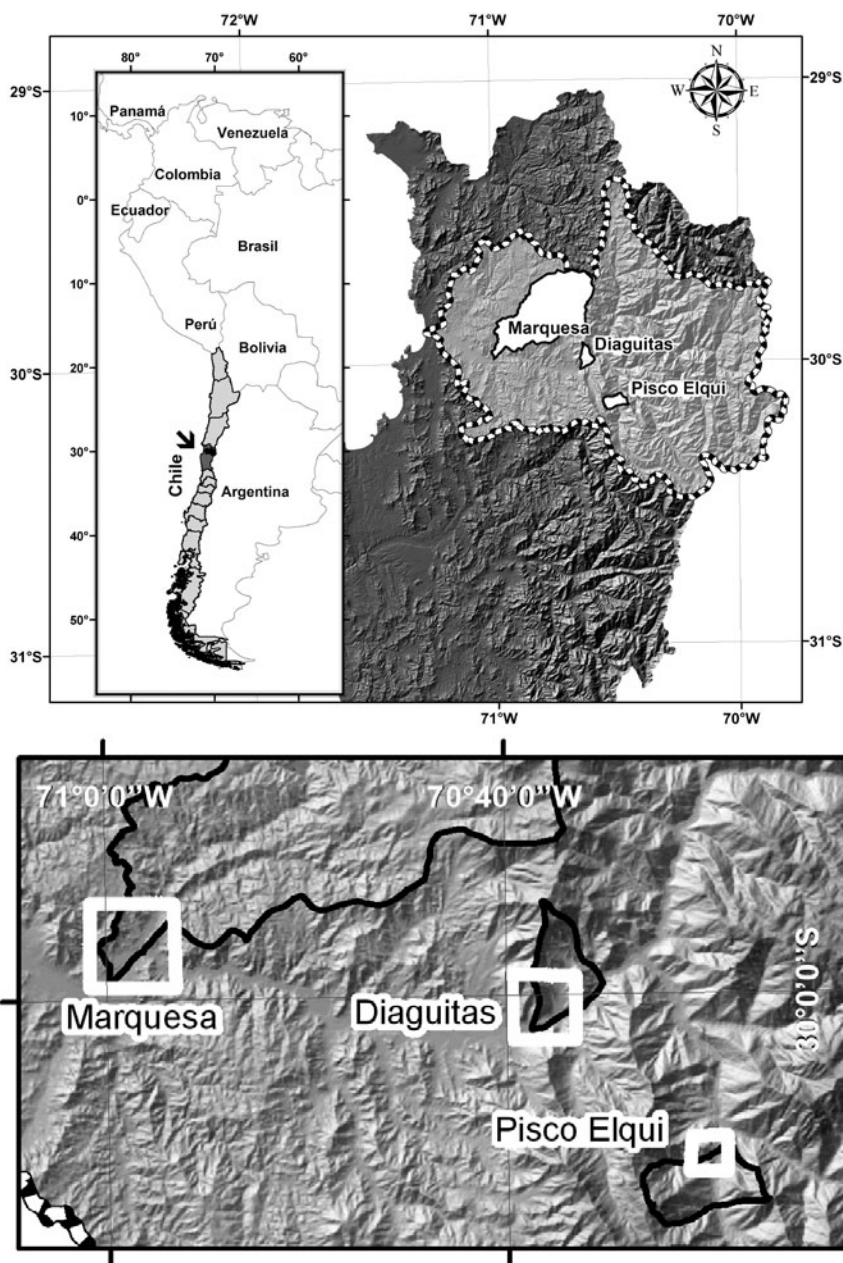


Figura 1. Ubicación de las tres áreas de estudio en el valle del Elqui (Región de Coquimbo, Chile): Marquesa ($29^{\circ}56'29.7''$ S, $70^{\circ}57'28.5''$ W), Diaguitas ($30^{\circ}00'30.4''$ S, $70^{\circ}37'33.7''$ W) y Pisco Elqui ($30^{\circ}07'27.5''$ S, $70^{\circ}29'41.2''$ W).

Figure 1. Location of the three study areas in the Elqui valley (Coquimbo Region, Chile): Marquesa ($29^{\circ}56'29.7''$ S, $70^{\circ}57'28.5''$ W), Diaguitas ($30^{\circ}00'30.4''$ S, $70^{\circ}37'33.7''$ W), and Pisco Elqui ($30^{\circ}07'27.5''$ S, $70^{\circ}29'41.2''$ W).

Métodos de captura

La composición taxonómica y abundancia de Orthoptera se estimó mediante capturas con red entomológica realizadas en sectores cultivados y de secano en las siguientes localidades: Marquesa (29°56'29,7" S, 70°57'28,5" W, 373 m s.n.m.), Diaguítas (30°00'30,4" S, 70°37'33,7" W, 855 m s.n.m.) y Pisco Elqui (30°07'27,5" S, 70°29'41,2" W, 1272 m s.n.m.) (figura 1, pág. 100).

Las capturas se realizaron en diciembre y enero entre los años 2005 y 2008. Las recolecciones fueron hechas entre las 10:00 y 17:00 h, durante tres días de cada mes mencionado y en cada uno de los sitios estudiados.

Los ejemplares capturados se depositaron en la colección de referencia del Laboratorio de Entomología Ecológica de la Universidad de La Serena (La Serena, Chile). Para la nomenclatura y determinación taxonómica se siguió a Cigliano (12), Artigas (1) y Elgueta *et al.* (18).

Distribución del ensamble de Orthoptera

La descripción de la distribución de las especies se basó en capturas georreferenciadas y su relación con el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI en adelante). Este índice varía entre -1 a 1 y se representa gráficamente por una graduación de color que va del rojo intenso (-1, áreas sin vegetación) a verde intenso (1, áreas con vegetación en crecimiento vigoroso).

Para localizar la posición geográfica de los ortópteros se utilizaron equipos GPS Garmin® (± 10 m de precisión planimétrica). La conversión a la proyección UTM (zona 19, datum de referencia WGS84) se realizó mediante el programa Mapsource de Garmin -ArcGIS (4)-. El índice NDVI se obtuvo con el programa ERDAS-ARC View (19).

Las imágenes originales correspondieron a las del Satélite Landsat 7 ETM-PLUSD-NASA (2001). La distribución de las especies de Orthoptera en su relación con el NDVI se mapeó mediante el programa ArcGIS (19).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición taxonómica y abundancia del ensamble de Orthoptera en el valle del Elqui

Para las localidades del área de estudio se reconoció la presencia de cuatro familias y seis especies de Orthoptera: cinco especies de ellas fueron comunes para los sectores de secano y cultivo.

A nivel familiar, Acrididae fue el taxón más abundante y diverso en las capturas (65,2% del total, tres especies). Gryllidae, Ommexechidae y Tristiridae, todas con sólo una especie, representaron el 27,9%, 1,0% y 5,9%, respectivamente (tabla 1, pág. 102).

Tabla 1. Relaciones porcentuales del ensamble de Orthoptera, presentes en sectores de secano y cultivo en tres distritos del valle de Elqui (Región de Coquimbo, Chile).

Table 1. Percentage relationship of the assemblage of orthopterans present in rangelands and croplands in three different districts of the Elqui valley (Coquimbo Region, Chile).

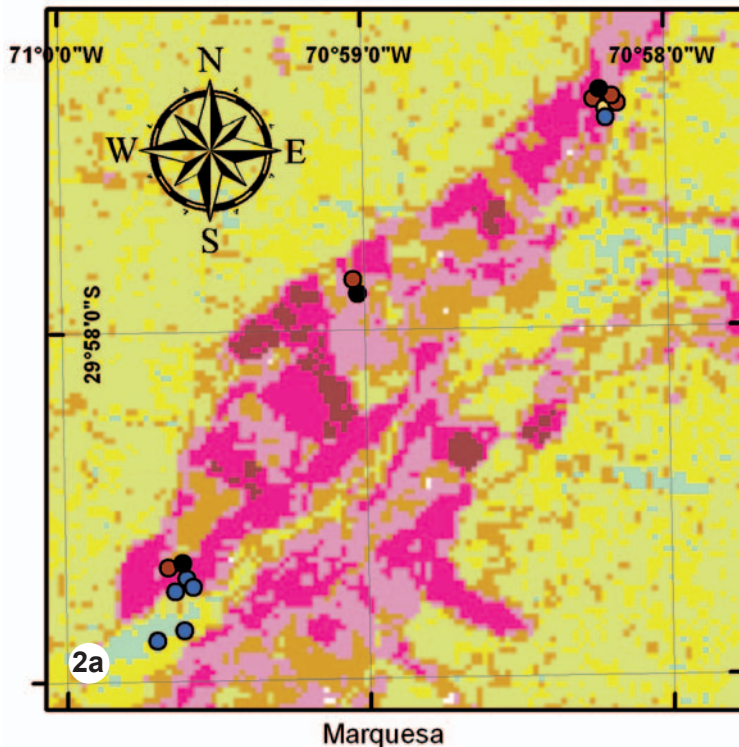
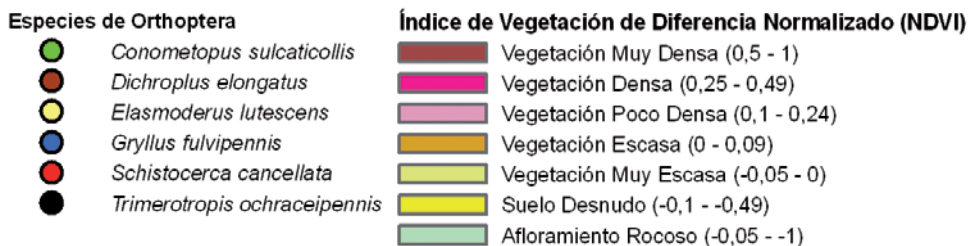
Familia	Especie	Secano						Cultivo						Total periodo	
		Marquesa		Diaguitas		Pisco Elqui		Marquesa		Diaguitas		Pisco Elqui		n	%
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%		
	<i>Dichroplus elongatus</i>	4	30,8	2	5	4	13,8	4	11,4	12	24	9	24,3	35	17,2
Acridae	<i>Schistocerca cancellata</i>	1	7,7	1	2,5	2	6,9	0	0	4	8	12	32,4	20	9,8
	<i>Trimerotropis ochraceipennis</i>	6	46,2	23	57,5	19	65,5	14	40	10	20	6	16,2	78	38,2
Gryllidae	<i>Gryllus fulvipennis</i>	1	7,7	9	22,5	1	3,4	15	42,9	24	48	7	18,9	57	27,9
Ommexechidae	<i>Conometopus sulcatifollis</i>	0	0	0	0	0	0	1	2,9	0	0	1	2,7	2	0,98
Tristiridae	<i>Elasmoderus lutescens</i>	1	7,7	5	12,5	3	10,3	1	2,9	0	0	2	5,4	12	5,88
Total		13	100	40	100	29	100	35	100	50	100	37	100	204	100

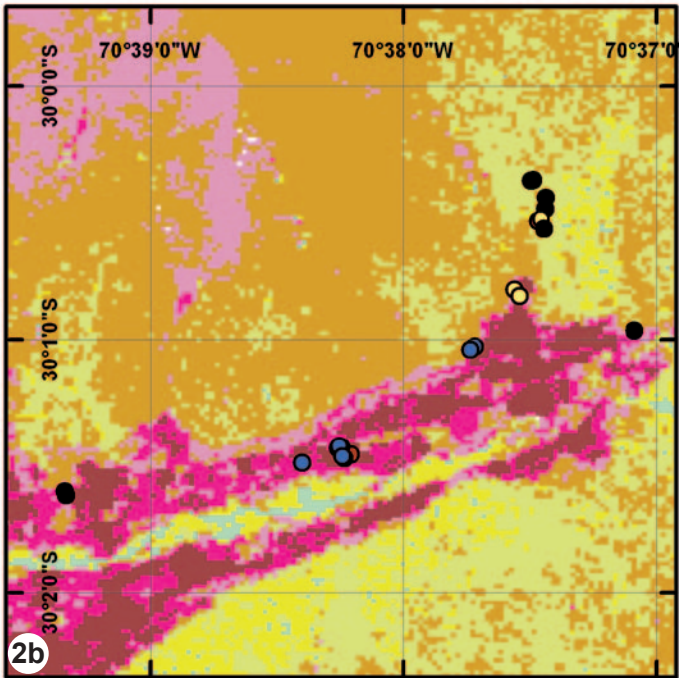
Las especies más abundantes para todo el sitio de estudio fueron *Trimerotropis ochraceipennis* (Blanchard) (38,2% del total capturado) y *Gryllus fulvipennis* Blanchard (27,9% del total capturado).

Las familias Acrididae, Gryllidae y Tristiridae se registraron en las localidades de Marquesa (figura 2a), Diaguitas (figura 2b) y Pisco Elqui (figura 2c), mientras que Ommexechidae sólo se encontró en la localidad de Pisco Elqui.

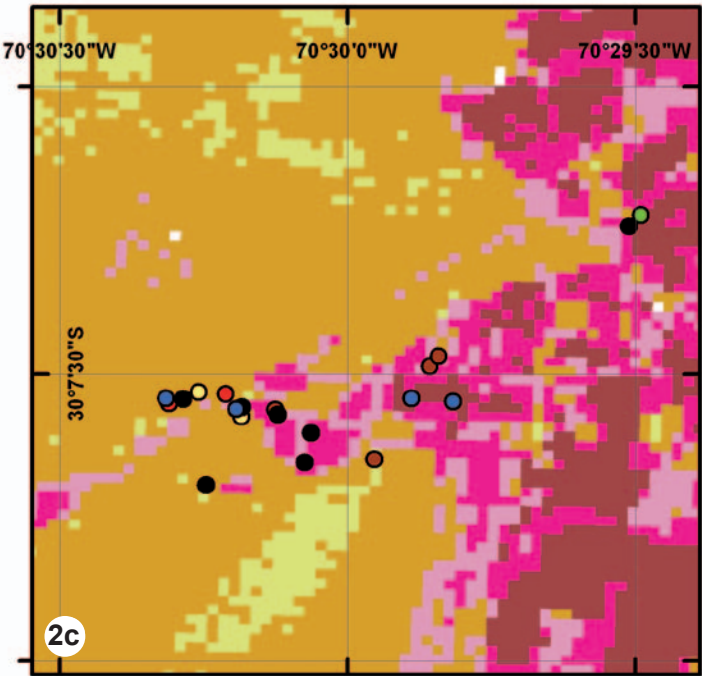
Figura. 2. Distribución espacial de las especies de Orthoptera encontradas en las tres áreas de estudio: Marquesa (figura 2a), Diaguitas (figura 2b, pág. 104) y Pisco Elqui (figura 2c, pág. 104), ubicadas en el valle del Elqui.

Figure 2. Spatial distribution of the orthopteran species found in the three study areas: Marquesa (figure 2a), Diaguitas (figure 2b, pág. 104), and Pisco Elqui (figure 2c, pág. 104), located in the Elqui valley.





Diaguitas



Pisco Elqui

Los sectores de cultivo presentaron la mayor riqueza de especies (seis especies) y la mayor abundancia de individuos (59,8% del total capturado en todo el sitio de estudio) (tabla 1, pág. 102), siendo Acrididae la familia más abundante, con especies de importancia agrícola como *Schistocerca cancellata* (Audinet-Serville) y *Dichroplus elongatus* Giglio-Tos. Esta última especie es muy abundante dentro de zonas de vegetación densa y con gramíneas (47).

Distribución espacial del ensamble de Orthoptera & NDVI

Se observó en todas las localidades del área de estudio una fuerte asociación entre la microdistribución de las especies y los sectores con un mayor NDVI, particularmente vegetación densa y muy densa (*i. e.*, valores entre 0,25 y 1).

Tres grupos de Orthoptera se pueden apreciar en el área de Marquesa (figura 2a, pág.103), el grupo del sector noreste donde predomina *Dichroplus elongatus* además de la presencia de *Elasmoderus lutescens* (Blanchard), *Gryllus fulvipennis* y *Trimerotropis ochraceipennis*. En el grupo del sudoeste predomina *G. fulvipennis*, junto con la presencia de *T. ochraceipennis* y *D. elongatus*.

Tanto el grupo del sector noreste como el grupo sudoeste están ubicados en las cercanías del río Elqui. A una mayor distancia del río Elqui, se encuentra *T. ochraceipennis* y de *D. elongatus*. En los tres sectores, todas las especies de Orthoptera se ubican en lugares con un NDVI de vegetación densa y poco densa.

En el área de Diaguitas (figura 2b, pág. 104), se puede observar el predominio de tres especies: *G. fulvipennis*, *T. ochraceipennis* y *E. lutescens*; mientras que *G. fulvipennis* se encuentra cerca del río Elqui, *T. ochraceipennis* y *E. lutescens* están espacialmente asociadas a la vegetación nativa presente en la Quebrada de Puyalles. Las especies *T. ochraceipennis* y *E. lutescens* se ubican en vegetación escasa y muy escasa, mientras que *G. fulvipennis* se encontró en lugares con vegetación densa y muy densa.

En el lugar de estudio de Pisco Elqui (figura 2c, pág. 104), la mayoría de los especímenes capturados estuvieron asociados a la Quebrada de Pisco Elqui. En la parte superior (hacia el Este) se encontró una mayor cantidad de especímenes con predominio de *T. ochraceipennis*; además de la presencia de *G. fulvipennis*, *E. lutescens*, *S. cancellata* y *D. elongatus*. En la parte inferior de la Quebrada Pisco Elqui se encontró a *D. elongatus* y *G. fulvipennis*, mientras que en las cercanías del río Claro se encontró *Conometopus sulcaticollis* y *T. ochraceipennis*.

Las especies halladas en la parte inferior de la quebrada, así como también cercanas al río Claro estaban asociadas a vegetación densa y poco densa. Las especies encontradas en la parte superior de la quebrada estaban asociadas a vegetación densa y poco densa (NDVI = 0,1 - 0,49) Las variaciones en los valores de NDVI pueden estar condicionadas por el aumento de las temperaturas, las cuales incrementan las tasas de evaporación y evapotranspiración, provocando algún grado en la desecación en la vegetación (49).

El índice NDVI (SIG) constituye una herramienta sintética y útil en el análisis de irrupciones poblacionales en su relación con variables ambientales (30, 43), siendo una metodología poco explorada en Chile en el estudio de la distribución espacial de poblaciones de insectos y su relación con la emergencia de plagas. Integrando información de diferente naturaleza -e. g., distribución espacial de especies-plaga, preferencias de hábitat, condiciones del cultivo, condiciones del suelo, temperatura ambiental, precipitación, entre otros factores-, esta metodología ha permitido a los investigadores identificar hábitats vulnerables al ataque de plagas, adelantándose a la ocurrencia de éstas con medidas preventivas de control (13, 14, 15, 25).

Plagas potenciales de Orthoptera

La ocurrencia de plagas faunísticas en los valles de Elqui, Limarí y Choapa (Región de Coquimbo) ha sido analizada por Fuentes & Campusano (22), quienes encontraron que aproximadamente 30 especies mostraron, en algún momento del período analizado, un fenómeno irruptivo. Más recientemente, Pizarro-Araya *et al.* (39) han documentando que 36 de 145 especies de insectos y una de 36 especies de arácnidos son consideradas plagas de importancia agrícola que atacan a uno o más hospederos en la cuenca del valle del Elqui; cuatro órdenes dominaron el ensamble de Insecta: Coleoptera (31,3% de total capturado), Orthoptera (13,9%), Hymenoptera (9,3%) y Lepidoptera (13,4%).

Sin embargo, con frecuencia se han reportado brotes de langostas en el secano del sur de la Región de Coquimbo (e. g., Combarbalá). La especie del fenómeno es *Elasmoderus wagenknechti* (Tristiridae) (langosta de Combarbalá), una especie endémica y erémica del norte chico. Forma grupos de varias decenas de individuos que avanzan por caminos interiores y potreros, afectando huertos familiares, cultivos de subsistencia y norias (9, 10, 11, 36, 46). Lugareños del valle del Elqui señalan que, en ciertos años, sectores del secano norte de la cuenca (e. g., el área de Olla de Caldera), experimentan brotes poblacionales de langostas, probablemente *Schistocerca* sp., las que compiten por el forraje con el ganado caprino).

Los ortópteros son elementos característicos del ambiente árido y semiárido en diferentes partes del mundo (3, 5, 45). Tres de las especies cuya presencia ha sido reconocida en el valle son acrididos: *Dichroplus elongatus*, *Schistocerca cancellata* y *Trimerotropis ochraceipennis*. En zonas áridas, Acrididae es representante conspicuo de la entomofauna (50). Ellos muestran marcadas oscilaciones de abundancia, pudiendo constituir brotes irruptivos de considerable duración y densidad (14, 28, 31, 40) y pueden competir con el ganado y fauna silvestre por el forraje en años de irrupciones poblacionales (20). Para otras latitudes (e. g., Canadá) se ha documentado que estadios finales y adultos de algunas especies (e. g., *Camnula* y *Melanoplus*) muestran una selectividad alimentaria, convirtiéndose en problemas económicos a densidades tan bajas como dos individuos/m² (21, 34, 37). Para otras latitudes (e. g., Argentina) se han documentado experimentalmente daños significativos en los rendimientos finales de cultivos frente a irrupciones de *Dichroplus elongatus* (Acrididae) con densidades de 20 y 40 ind/m² (48). Dentro de los acrididos destaca *S. cancellata* por su condición de especie polífaga, con potencialidad para dañar.

De las diversas causas que estarían regulando las irrupciones poblacionales de langostas, el efecto de factores meteorológicos ha sido analizado por distintos autores (7, 27, 33). De acuerdo con varios de ellos, la importancia de estos factores varía según la latitud: e. g., en Norteamérica, a latitudes medias, la precipitación resultaría más importante que la temperatura; aparentemente las especies se encontrarían más limitadas por la disponibilidad de alimento que por la velocidad de desarrollo de los individuos (7, 32). A latitudes altas, la abundancia estaría negativamente relacionada con la precipitación, respuesta aparentemente vinculada a una menor velocidad de desarrollo o a la acción de patógenos (23, 44). Por otro lado, condiciones secas y cálidas favorecerían la abundancia de langostas a latitudes bajas, zonas de montañas, sitios templados o de lluvia estacional (2, 27, 29).

De esta manera, se hace necesario dentro de los sectores de secano y cultivo el conocimiento de la riqueza, aspectos bionómicos y preferencias alimenticias de estas especies para una caracterización de los elementos potencialmente perjudiciales (16).

BIBLIOGRAFÍA

1. Artigas, J. N. 1994. Entomología económica. Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario (nativos, introducidos y susceptibles de ser introducidos). Volumen I. Ediciones Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 1126 p.
2. Bauer, S.; Samietz, J.; Berger, U. 2005. Sexual harassment in heterogeneous landscapes an mediate population regulation in a grasshopper. *Behavioral Ecology*, 16: 39-246.
3. Bock, C. E.; Jones, Z. E.; Bock, J. H. 2006. Grasshopper abundance in an Arizona rangeland undergoing exurban development. *Rangeland Ecology & Management*, 59: 640-647.
4. Booth, B.; Mitchell, A. 2001. Getting started with ArcGIS: GIS by ESRI. Redlands, CA, Environmental Systems Research Institute. 260 p.
5. Branson, D. H. 2005. Effects of fire on grasshopper assemblages in a northern mixed-grass prairie. *Environmental Entomology*, 34: 1109-1113.
6. Cabezas, R.; Cepeda-Pizarro, J.; Bodini, A. (Eds.). 2007. Descripción cartográfica de la hoya hidrográfica del Río Elqui. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile. 84 p.
7. Capinera, J. L.; Horton, D. R. 1989. Geographic variation in effects of weather on grasshopper infestation. *Environmental Entomology*, 18: 8-14.
8. Cepeda-Pizarro, J. 2009. Los sistemas naturales de la cuenca del Río Elqui (Región de Coquimbo, Chile): Vulnerabilidad y cambio del clima. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile. 369 p.
9. _____; Vega, S.; Vásquez, H.; Elgueta, M. 2003. Morfometría y dimorfismo sexual de *Elasmoderus wagenknechti* (Liebermann) (Orthoptera: Tristiridae) en dos eventos de irrupción poblacional. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76: 417-435.
10. _____; Vega, S.; Elgueta, M.; Pizarro-Araya, J. 2006. Algunos antecedentes meteorológicos que explican las irrupciones poblacionales de *Elasmoderus wagenknechti* (Liebermann) (Orthoptera: Tristiridae) en la región del semiárido de Chile. *IDESIA (Chile)*, 24: 49-64.
11. _____; Vega, S.; Vásquez, H.; Elgueta, M.; Pizarro-Araya, J. 2007. Demography of two populations outbreaks of *Elasmoderus wagenknechti* (Orthoptera: Tristiridae) in the semiarid region of Chile. *Neotropical Entomology*, 36: 495-502.

12. Cigliano, M. M. 1989. Revisión sistemática de la familia Tristiridae (Insecta: Orthoptera). Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción (Chile), 60: 89-91.
13. _____; Torrusicio, S. 2003. Sistemas de Información Geográfica y Teledetección en Entomología: Aplicación en tucuras y langostas (Orthoptera: Acridoidea). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, 62: 1-14.
14. _____; Kemp, W. P.; Kalaris, W. P. 1995. Spatiotemporal characteristics of rangeland grasshopper (Orthoptera: Acrididae) regional outbreaks in Montana. Journal of Orthoptera Research, 4: 111-126.
15. _____; de Wysiecki, M. L.; Lange, C. E. 1995. Disminución de la abundancia de *Dichroplus maculipennis* (Blanchard) (Orthoptera: Acridoidea) en comunidades del sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, 54: 41-43.
16. _____; Torrusicio, S.; de Wysiecki, M. L. 2002. Grassland grasshopper (Orthoptera: Acridoidea) communities composition and temporal variation in the pampas, Argentina. Journal of Orthoptera Research, 11: 215-221.
17. CONAMA. 2006. Estrategia nacional de cambio climático. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, Chile.
18. Elgueta, M.; Cammoueight, A.; Carbonnel, C. 1999. Catálogo de Orthoptera (Insecta) de Chile. Publicación Ocasional, Museo Nacional de Historia Natural (Chile), 54: 1-60.
19. ESRI. 2002. ArcView GIS the geographic information system for everyone. Environmental Systems Research Institute Inc., Redlands, USA. 340 p.
20. Fielding, D. J.; Brusven, M. A. 1995. Ecological correlates between rangeland grasshopper (Orthoptera: Acrididae) and plant communities of southern Idaho. Environmental Entomology, 24: 1432-1441.
21. _____; Brusven, M. A.; Shafii, B.; Price, W. J. 2001. Spatial heterogeneity of low-density populations of *Melanoplus sanguinipes* (Orthoptera: Acrididae) associated with grazing and vegetation treatments. Canadian Entomologist, 133: 843-855.
22. Fuentes, E. R.; Campusano, C. 1985. Pest outbreaks and rainfall in the semiarid region of Chile. Journal of Arid Environments, 8: 67-72.
23. Gage, S. H.; Mukerji, M. K. 1977. A perspective of grasshopper population distribution in Saskatchewan and the interrelationship with weather. Environmental Entomology, 6: 469-479.
24. Gajardo, R. 1993. La vegetación natural de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 165 p.
25. Hunter, D.; Deveson, E. 2002. Operational use of a Decision Support System: Detecting Locust Outbreaks in Australia. Advances in Applied Acridology, 3: 23.
26. INE. 2007. Resultados preliminares del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal. Santiago, Chile. 444 p.
27. Joern, A.; Gaines, S. B. 1990. Populations dynamics and regulation in grasshoppers. In: Chapman, R. F.; Joern, A. (Eds.). Biology of grasshoppers. John Wiley and Sons. New York, USA. p. 415-482.
28. Kemp, W. P. 1992. Temporal variation in rangeland grasshopper (Orthoptera: Acrididae) communities in the steppe region of Montana, USA. Canadian Entomologist, 124: 437-450.
29. _____; Cigliano, M. M. 1994. Drought and rangeland grasshopper species diversity. Canadian Entomologist, 126: 1075-1092.
30. _____; Mcneal, D.; Cigliano, M. M. 1996. Geographic Information System (GIS) and Integrated Pest Management of Insects. In: Cunningham, G. L.; Sampson, M. W. (Eds.). Grasshopper Integrated pest management user handbook. Tech. Bull. 180. US Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service, Washington D. C, VI.9-1-VI. p. 9-10.

31. Lockwood, J. A. 1997. Rangeland Grasshopper Ecology. In: Gangwere, S. K.; Muralirangan, M. C.; Muralirangan, M. (Eds.). The Bionomics of Grasshoppers, Katydid and Their Kin. CAB International, Wallingford, Oxon, UK. p. 83-101.
32. _____; Lockwood, D. R. 1991. Rangeland grasshopper (Orthoptera: Acrididae) population dynamics: insight from catastrophe theory. *Environmental Entomology*, 20: 970-980.
33. Luker, L. A.; Hatle, J. D.; Juliano, S. A. 2002. Reproductive responses to photoperiod by a south Florida population of the grasshopper *Romalea microptera* (Orthoptera: Romaleidae). *Environmental Entomology*, 31: 702-707.
34. Magor, J. I.; Lecoq, M.; Hunter, D. M. 2008. Preventive control and Desert Locust plagues. *Crop Protection*, 27: 1527-1533.
35. Metcalf, R. L.; Metcalf, R. A. 1993. Destructive and useful insects: their habits and control. 5th ed. McGraw-Hill, Inc. New York, USA. 1200 p.
36. Moroni, J. 1972. Irrupción de *Elasmoderus rabiosus* (Liebermann) en el Norte Chico (Acrididae, Chilacridinae). *Noticiero Mensual del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)*, 192: 3-6.
37. Olfert, O.; Hinks, C. F.; Biederbeck, V. O.; Slinkard, A. E.; Weiss, R. M. 1995. Annual legume green manures and their acceptability to grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Crop Protection*, 14: 349-354.
38. Péfaur, J. E.; Yáñez, J. L.; Jaksic, F. M. 1979. Biological and environmental aspects of a mouse outbreak in the semiarid region of Chile. *Mammalia*, 43: 313-322.
39. Pizarro-Araya, J.; Cepeda-Pizarro, J.; Barriga, J. E.; Bodini, A. 2009. Biological vulnerabilities analysis, with an emphasis on economically important arthropods in the Elqui valley (Coquimbo Region, Chile). *Ciencia e Investigación Agraria*, 36: 215-228.
40. Pocco, M. E.; Damborsky, M. P.; Cigliano, M.M. 2010. Comunidades de ortópteros (Insecta, Orthoptera) en pastizales del Chaco Oriental Húmedo, Argentina. *Animal Biodiversity and Conservation*, 33: 119-129.
41. Romero, H.; Rovira, A.; Véliz, G. 1988. Geografía IV Región de Coquimbo. Colección de Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 425 p.
42. Santibáñez, F.; Uribe, J. M. 1999. Origen, variabilidad y aspectos agroclimáticos de las sequías en Chile. En: Norero, A.; Bonilla, C. (Eds.) *Las sequías en Chile: causas, consecuencias y mitigación*. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. p. 23-32.
43. Schell, S. P.; Lockwood, J. A. 1997. Spatial analysis of ecological factors related to rangeland grasshopper (Orthoptera: Acrididae) outbreaks in Wyoming. *Environmental Entomology*, 26: 1343-1353.
44. Skinner, K. M.; Child, R. D. 2000. Multivariate analysis of the factors influencing changes in Colorado grasshopper abundance. *Journal of Orthoptera Research*, 9: 103-109.
45. Smith, D. I.; Lockwood, J. A.; Latchinsky, A. V.; Legg, D. E. 2006. Changes in non-target arthropod populations following application of liquid bait formulations of insecticides for control of rangeland grasshoppers. *International Journal of Pest Management*, 52: 125-139.
46. Toro, H. 1972. Notas biológicas sobre la langosta de Combarbalá. *IDESIA (Chile)*, 2: 133-136.
47. Torrusio, S.; Cigliano, M. M.; de Wysiecki, M. L. 2002. Grasshopper (Orthoptera: Acridoidea) and plant community relationships in the Argentine pampas. *Journal of Biogeography*, 29: 221-229.
48. _____; de Wysiecki, M. L.; Otero, J. 2005. Estimación de daño causado por *Dichroplus elongatus* Giglio-Tos (Orthoptera: Acrididae) en cultivos de soja en siembra directa, en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 34: 59-72.

49. Tratalos, J. A.; Cheke, R. A. 2006. Can NDVI GAC imagery be used to monitor desert locust breeding areas? *Journal of Arid Environments*, 64: 342-356.
50. van Huis, A.; Cressman, K.; Magor, J. I. 2007. Preventing desert locust plagues: optimizing management interventions. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 122: 191-214.
51. Young, G.; Zavala, H.; Wandel, J.; Smit, B.; Salas, S.; Jimenez, E.; Fiebig, M.; Espinoza, R.; Díaz, H.; Cepeda-Pizarro, J. 2010. Vulnerability and adaptation in a dryland community of the Elqui valley, Chile. *Climatic Change*, 98: 245-276.
52. Zuleta, C.; Pizarro-Araya, J.; Hiriart, D.; Cepeda-Pizarro, J.; Barriga, J. E. 2009. Artrópodos y vertebrados terrestres del valle del Elqui (Región de Coquimbo, Chile): riqueza, distribución y cambio climático. En: Cepeda-Pizarro, J. (Ed.). *Los sistemas naturales de la cuenca del Río Elqui (Región de Coquimbo, Chile): Vulnerabilidad y cambio del clima*. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile. p. 187-212.

Agradecimientos

A Ricardo Cabezas (Universidad de La Serena) por las facilidades en la entrega de los índices NDVI.

A Héctor A. Vargas (Departamento de Recursos Ambientales, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile), por la lectura crítica del manuscrito.