

Diversidad y composición estacional de la escorpiofauna (Arachnida: Scorpiones) del archipiélago Los Choros (Región de Coquimbo, Chile)

Diversity and seasonal composition of the scorpiofauna (Arachnida: Scorpiones) of the Choros archipelago (Coquimbo Region, Chile)

JAIME PIZARRO-ARAYA^{1*}, ANDRÉS A. OJANGUREN-AFFILASTRO², FRANCISCO LÓPEZ-CORTÉS³, PABLO AGUSTO¹, RAÚL BRIONES⁴ & JORGE CEPEDA-PIZARRO¹

¹Laboratorio de Entomología Ecológica, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de La Serena, Chile.

²División Aracnología, Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Buenos Aires, Argentina.

³Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de La Serena, Chile.

⁴Bioforest S.A. División Manejo Ecosistémico. Programa Conservación de Fauna. Km 15 Concepción, Chile.

*E-mail: japizarro@userena.cl

RESUMEN

Se estudió la composición taxonómica, la abundancia y la estructura espacial y temporal de la escorpiofauna presente en el archipiélago de Los Choros (Región de Coquimbo, Chile). Se registró la presencia de cuatro especies: *Bothriurus coriaceus* Pocock 1893, *Brachistosternus (Brachistosternus) roigalsinai* Ojanguren-Affilastro 2002, *Brachistosternus (Brachistosternus) cepedai* Ojanguren-Affilastro *et al.* 2007a (Bothriuridae) y *Caraboctonus keyserlingi* Pocock 1893 (Caraboctonidae). Se registraron diferencias entre las especies de escorpiones en sus niveles de abundancia total, presencia y abundancia tanto estacional como en los diferentes ambientes pedológicos. El 53,1% del total de la abundancia correspondió a *B. coriaceus*, que estuvo presente en ocho de los nueve ambientes pedológicos analizados y mostró actividad en las tres estaciones del año muestreadas, al igual que *Br. roigalsinai*, el cual representó el 30,3 % de la abundancia total y fue registrado en siete ambientes pedológicos. La especie *Br. cepedai* tuvo baja abundancia (4,1 %) y su distribución estuvo restringida a los ambientes dunarios, en los meses de primavera y verano. Por otra parte, *Caraboctonus keyserlingi* representó la situación opuesta, con un 12,5% de la abundancia, restringida a los ambientes de la isla Choros y a los meses de primavera. No existe una estructuración temporal, pero es reconocible un patrón de estructuración espacial. En base a estos antecedentes proponemos que las diferencias en las especies, tanto en su densidad, como en las estrategias de uso y ocupación de los ambientes podrían explicar los patrones observados.

PALABRAS CLAVES: desierto costero, escorpiones, sistemas insulares, Reserva Nacional Pingüino de Humboldt, Chile.

ABSTRACT

We studied the taxonomic composition, abundance and degree of spatial and temporal structure of the scorpion fauna present in Los Choros Archipelago (Coquimbo Region, Chile). We recorded the presence of four species: *Bothriurus coriaceus* Pocock 1893, *Brachistosternus (Brachistosternus) roigalsinai* Ojanguren-Affilastro 2002, *Brachistosternus (Brachistosternus) cepedai* Ojanguren-Affilastro *et al.* 2007a (Bothriuridae) and *Caraboctonus keyserlingi* Pocock 1893 (Caraboctonidae). Among scorpion species we found differences in the levels of total abundance, seasonal presence and abundance as well as in the different pedological environments. *Bothriurus coriaceus* accounted for 53.1% of the total abundance, it was recorded in eight of the nine pedological environments studied and showed activity in the three sampled seasons. Likewise, *Br. roigalsinai*, accounted for 30.3 % of the total abundance and it was recorded in seven pedological environments. The species *Br. cepedai* had low abundance (4.1 %) and its distribution was restricted to dune environments and to spring–summer seasons. The species *Caraboctonus keyserlingi* accounted for 12.5% of the abundance and its distribution was spatially restricted to the Los Choros island and spring season months. There is not a temporal structure but a spatial structure pattern is recognized. Based on this background we propose that differences in species adaptability to temporal density as well as their strategies of use and environment occupation could explain the observed patterns.

KEYWORDS: coastal desert, scorpions, island systems, Pingüino de Humboldt National Reserve, Chile.

INTRODUCCIÓN

El desierto costero transicional de Chile (DCT, 25°-32° S) se ubica entre el desierto hiperárido de Atacama por el norte y la zona de tipo mediterráneo por el sur, abarcando una extensión latitudinal de ~400 km, y corresponde al límite septentrional del “*hotspot chileno*” (Gaston 2000; Klausmeyer & Shaw 2009), el cual representa un foco de diversidad y endemismo vegetal (Armesto *et al.* 1993; Vidiella *et al.* 1999; Cavieres *et al.* 2001, 2002). En los últimos años ha aumentado el conocimiento de la fauna del DCT, en particular de los artrópodos epigeos (Pizarro-Araya & Jerez 2004; Cepeda-Pizarro *et al.* 2005a, 2005b; Augusto *et al.* 2006; Valdivia *et al.* 2008; Ojanguren-Affilastro *et al.* 2012; Flores & Pizarro-Araya 2012; Pizarro-Araya *et al.* 2012a, 2012b; Elgueta 2013; Laborda *et al.* 2013; Ojanguren-Affilastro & Pizarro-Araya 2014; Bustamante *et al.* 2014). La mayor parte de las investigaciones se han realizado en las áreas continentales, y sólo unas pocas se han realizado en áreas insulares. En estas áreas insulares se han descrito varias especies endémicas (Pizarro-Araya & Flores 2004; Ojanguren-Affilastro *et al.* 2007a; Pizarro-Araya *et al.* 2012a), se ha analizado el ensamble de tenebriónidos epigeos (Alfaro *et al.* 2009) y sus variaciones morfológicas (Benítez *et al.* 2014) y se ha comparado la fauna de Solifugae (Arachnida) entre las áreas insulares y continentales aledañas (Valdivia *et al.* 2011).

Entre los arácnidos, los escorpiones cumplen un rol importante en la estructura y función de los ecosistemas áridos y semiáridos (Polis 1980, 1993; Williams 1987; Prendini 2001), participando en los procesos de fragmentación biológica, en el ciclo de nutrientes, y en las cadenas tróficas locales, ejerciendo roles como depredadores y formando parte de la dieta de organismos consumidores, principalmente vertebrados (Polis 1980; Polis & Farley 1980; Williams 1987).

En Chile, la escorpiofauna está representada por 50 especies, pertenecientes a las familias Bothriuridae, Buthidae (sólo especies introducidas) y Caraboctonidae (Mattoni 2007; Ojanguren-Affilastro & Ramírez 2009; Ojanguren-Affilastro *et al.* 2010, 2011, 2012). En el DCT se han registrado 20 especies, pertenecientes a las familias Bothriuridae y Caraboctonidae; y se han documentado elevados niveles de diversidad y endemismo (Augusto *et al.* 2006; Ojanguren-Affilastro *et al.* 2007a, 2012; Ojanguren-Affilastro & Pizarro-Araya 2014).

Nuestros estudios sobre la escorpiofauna del DCT, realizados hasta el momento, han estado centrados en las dunas costeras continentales ubicadas frente a la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt (Augusto *et al.* 2006; Ojanguren-Affilastro *et al.* 2007a), área que pertenece al Sistema Nacional de Áreas

Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE). Parte de esta reserva abarca el archipiélago de Los Choros, que incluye tres islas: Choros, Damas y Gaviota. A la fecha no se han realizado estudios descriptivos de estos artrópodos a nivel insular, ni estudios comparativos en términos de abundancia y riqueza con las comunidades continentales aledañas. Los objetivos del presente trabajo son: i) describir la diversidad taxonómica, riqueza y abundancia de escorpiones presentes en el archipiélago de Los Choros y ii) comparar la composición de la escorpiofauna entre estaciones y entre ambientes pedológicos presentes en este archipiélago.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó el año 2006 en el archipiélago de Los Choros, el cual incluye las islas: Choros (29° 15' S, 71° 32' O), con 322 ha; Damas (29° 13' S, 71° 31' O), con 56 ha, y Gaviota (29° 15' S, 71° 28' O), con 182 ha (Fig. 1). Estas islas están situadas en el extremo nor-occidental de la zona de Punta de Choros, a 114 km al norte de La Serena (Región de Coquimbo, Chile) (Castro & Brignardello 2005). El área corresponde a una zona desértica costera, con un clima de tendencia mediterránea (di Castri & Hajek 1976) con presencia de neblina. La temperatura es relativamente baja para su ubicación latitudinal, y debido a la influencia oceánica de la corriente de Humboldt posee una baja amplitud térmica diaria y anual (Armesto *et al.* 1993). Las precipitaciones son escasas e irregulares, y se concentran en los meses de invierno (de Mayo a Agosto) con 29 días de lluvia en promedio y con montos que no superan los 90 mm anuales. Hay años secos con menos de 25 mm anuales y años húmedos con aportes de más de 175 mm, en ciclos irregulares y aparentemente relacionados con la influencia de ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) (Novoa & Villaseca 1989). Las características geomorfológicas y biofísicas del área de estudio se encuentran en Castro & Brignardello (2005) y la descripción florística en Marticorena *et al.* (2001) y Arancio & Jara (2007).

METODOLOGÍA DE MUESTREO

Se seleccionaron nueve sitios (tres por isla) que representaron los ambientes pedológicos característicos, identificados como: i) Isla Choros, estepa costera (ECCh), hábitat pedregoso interior (HPICH) y hábitat pedregoso interior sur (HPISCh); ii) Isla Damas, duna costera norte (DCNDa), duna costera sur (DCSDa) y duna interior (DIDa); iii) Isla Gaviota, estepa costera (ECGa), duna costera norte (DCNGa) y duna interior (DIGa) (Tabla 1) (Fig. 1). En cada uno de los nueve sitios, se instalaron dos parcelas de 4 x 5 m, cada una de las cuales estuvo constituida por 20 trampas de intercepción dispuestas en una grilla. Cada trampa consistió en un dispositivo formado por dos vasos plásticos

dispuestos uno dentro del otro, con el vaso interior de fácil remoción (*sensu* Cepeda-Pizarro *et al.* 2005a, 2005b). Las dimensiones de ambos vasos fueron 7,4 y 7,6 cm de diámetro x 10,2 y 12,0 cm de alto, respectivamente. El vaso interior fue llenado, hasta los dos tercios de su capacidad, con una mezcla de agua de mar, detergente doméstico y alcohol etílico 95°. Las trampas operaron durante cuatro días (tres noches activas), en los meses de Agosto, Octubre y Diciembre del 2006. Las trampas de intercepción fueron complementadas con prospecciones nocturnas con luz

UV, que permite la detección de los escorpiones por la fluorescencia del tegumento (Stahnke 1972). El material colectado fue procesado y determinado a nivel específico siguiendo a Mattoni & Acosta (2006), Ojanguren-Affilastro (2002, 2005) y a Ojanguren-Affilastro *et al.* (2007a, 2007b). Los especímenes capturados están depositados en la colección aracnológica del Laboratorio de Entomología Ecológica de la Universidad de La Serena (LEULS) y en el Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia (MACN).

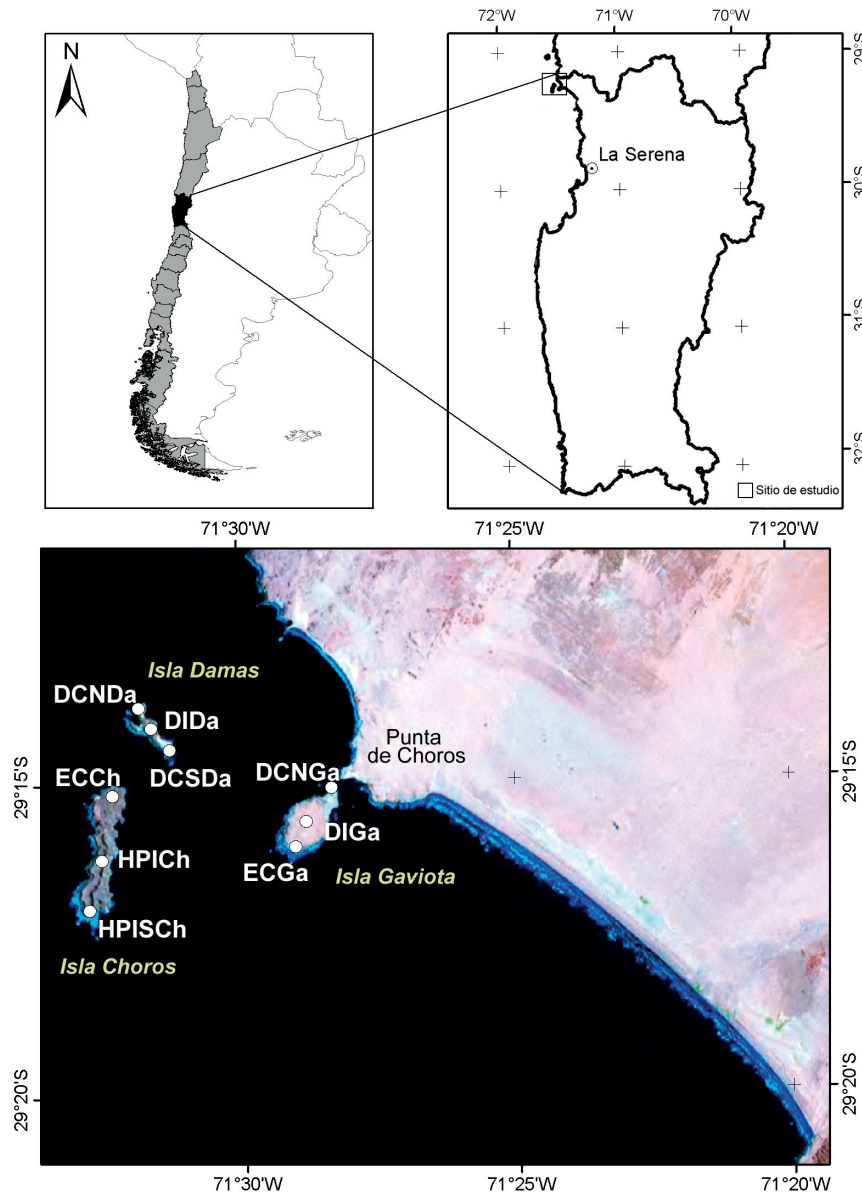


FIGURA 1. Archipiélago de Los Choros (Región de Coquimbo, Chile): a) Isla Choros (29° 15' S, 71° 32' O), b) Isla Damas (29° 13' S, 71° 31' O), c) Isla Gaviota (29° 15' S, 71° 28' O).

FIGURE 1. Los Choros Archipelago (Coquimbo Region, Chile): a) Choros Island (29° 15' S, 71° 32' W), b) Damas Island (29° 13' S, 71° 31' W), c) Gaviota Island (29° 15' S, 71° 28' W).

TABLA 1. Especies de escorpiones presentes en los diferentes ambientes pedológicos en las islas del archipiélago de Los Choros.

TABLE 1. Species of scorpions present in different pedological environments in the islands of Los Choros Archipelago.

ESPECIE	ISLA								
	CHOROS			DAMAS			GAVIOTA		
	ECCh	HPICH	HPISCh	DCNDa	DIDa	DCSDa	DCNGa	DIGa	ECGa
<i>Br. roigalsinai</i>	+			+	+	+	+	+	+
<i>Br. cepedai</i>								+	+
<i>B. coriaceus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>C. keyserlingi</i>	+	+	+						
TOTAL	3	2	2	2	2	2	2	3	2

Abreviaciones: Isla Choros, estepa costera (ECCh), hábitat pedregoso interior (HPICH) y hábitat pedregoso interior sur (HPISCh); Isla Damas, duna costera norte (DCNDa), duna costera sur (DCSDa) y duna interior (DIDa) e Isla Gaviota, estepa costera (ECGa), duna costera norte (DCNGa) y duna interior (DIGa).

Abbreviations: Choros Island, coastal steppe (ECCh), interior stony habitat (HPICH) and coastal stony habitat south (HPISCh); Damas Island, north coastal dunes (DCNDa), south coastal dunes (DCSDa) and interior dunes (DIDa); Gaviota Island, coastal steppe (ECGa), north coastal dunes (DCNGa) and interior Dunes (DIGa).

ANÁLISIS DE DATOS

Se analizó la diversidad y abundancia de la escorpiofauna en cada isla (Isla Choros (Ch), Isla Damas (Da), e Isla Gaviota (Ga)), en tres estaciones del año: Invierno (agosto), Primavera (octubre) y Verano (diciembre). Se calcularon los siguientes estimadores: (1) riqueza o número total de especies; (2) abundancia; (3) índice de diversidad de Shannon-Weiner (H') y (4) equidad de Pielou (J') (Magurran 1988).

El grado de estructuración estacional y por ambiente pedológico se determinó usando un análisis de ordenación Cluster sobre el cálculo de la matriz de similitud, tanto de Bray-Curtis como de Jaccard (Faith *et al.* 1987). Tanto para evaluar la significancia estadística de las diferencias entre estaciones del año, como entre unidades, se utilizó un Análisis de Similitudes ANOSIM de una vía basado en las medidas de distancia de los índices de Bray-Curtis y de Jaccard, con apoyo del programa PAST v2.1 (Hammer *et al.* 2001).

RESULTADOS

DIVERSIDAD TAXONÓMICA, RIQUEZA Y ABUNDANCIA

En el sistema insular estudiado se capturaron un total de 145 especímenes que corresponden a las especies; *Bothriurus coriaceus* Pocock 1893, *Brachistosternus roigalsinai* Ojanguren-Affilastro 2002, *Brachistosternus cepedai* Ojanguren-Affilastro *et al.* 2007a (Bothriuridae) y *Caraboctonus keyserlingi* Pocock 1893 (Caraboctonidae). La especie *Bothriurus coriaceus* fue la más abundante (53,1 % del total de la abundancia), seguida por *Brachistosternus*

roigalsinai (30,3 %), *Caraboctonus keyserlingi* (12,5 %) y *Brachistosternus cepedai* (4,1 %).

En las islas Choros y Gaviota se registró la mayor riqueza específica, con tres de las cuatro especies presentes en el Archipiélago (Fig. 2). La duna costera norte y la estepa costera fueron los ambientes pedológicos donde se registró la mayor riqueza específica ($S = 3$) y abundancia total de individuos. Los restantes ambientes presentan una riqueza específica ($S = 2$) y abundancia total menor, destacándose en este aspecto los ambientes de duna interior (DIGa) y de estepa costera (ECGa), con tres y nueve individuos, respectivamente. *Bothriurus coriaceus* se encuentra en ocho de los nueve ambientes pedológicos muestreados, con las mayores abundancias en los ambientes de estepa y pedregosos (Tabla 1), mientras que *Br. roigalsinai* se encuentra en siete ambientes, con abundancias mayores en los ambientes de dunas (costera e interior). *Brachistosternus cepedai* se encuentra exclusivamente en dunas de la isla Gaviota, mientras que *C. keyserlingi* se encuentra exclusivamente en isla Choros (Fig. 3).

La mayor riqueza específica y abundancia se encontró en primavera (66 % del total de capturas), seguido por el verano (22 %) y el invierno (12 %) (Fig. 4). El mayor número de especies se encontró en la isla Gaviota en primavera. La isla Choros mostró una menor riqueza de especies en invierno y la incorporación al registro de *C. keyserlingi* en primavera, con una importante contribución a la abundancia total. En la isla Damas se observó un aumento en la riqueza de escorpiones desde el invierno hasta el verano, con los mayores valores de abundancia en primavera.

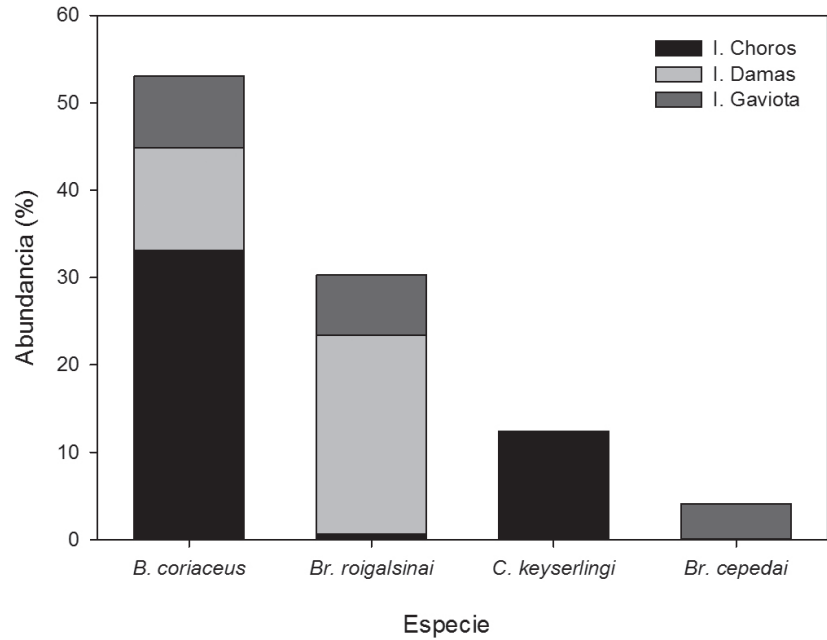


FIGURA 2. Abundancia de las especies registradas en cada una de las islas del Archipiélago de Los Choros.
 FIGURE 2. Abundance of the species recorded in each island of Los Choros Archipelago.

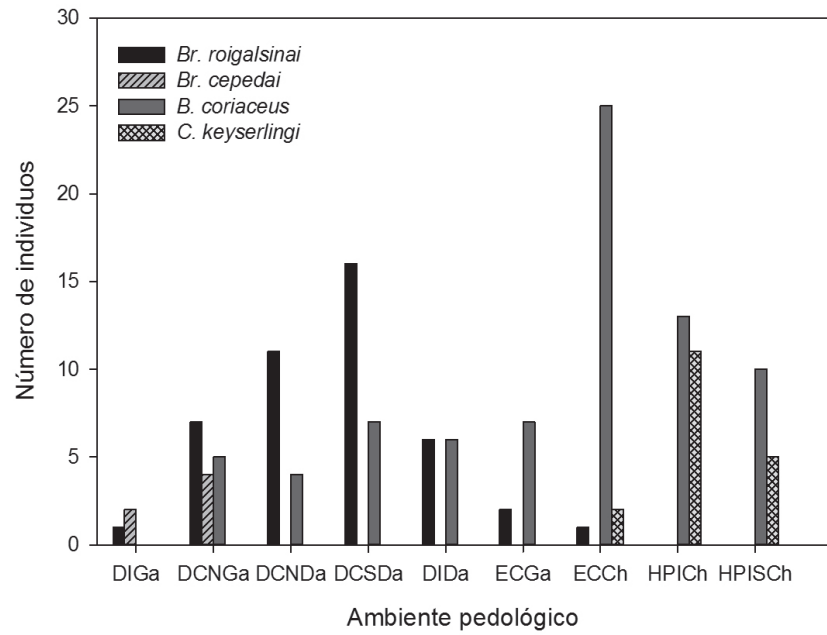


FIGURA 3. Presencia de las especies en cada uno de los ambientes pedológicos por isla.
 FIGURE 3. Species presence in each of the pedological environments per island.

El análisis temporal muestra que las especies *B. coriaceus* y *Br. roigalsinai* se registran en todas las estaciones estudiadas, mientras que *Br. cepedai*, con una abundancia menor a las especies anteriores, sólo se registra en primavera y verano en la isla Gaviota (Fig. 4).

SIMILITUD POR UNIDAD DE MUESTREO Y ESTACIONAL

Mediante el análisis de similitud usando la matriz de Bray-Curtis y la matriz de Jaccard, se encontró que no existen diferencias significativas en la composición de especies entre estación ($R=0,049$; $p=0,331$) ($R=0,20$; $p=0,97$) (Fig. 5). Pero si habrían diferencias al considerar los ambientes

pedológicos estudiados ($R=0,523$; $p=0,003$) ($R=0,601$; $p=0,01$) (Fig. 6).

El dendograma de estructuración espacial usando la matriz de Bray-Curtis muestran tres grupos con una similitud mayor al 70 %. Estos son: 1) el conformado mayoritariamente por ambientes de dunas costeras (i.e., DCNDa, DCSDa, DIDA, DCNGa, ECGa); 2) el grupo que reúne a los ambientes pedológicos pedregosos de la isla Choros y 3) dos unidades con una menor similitud que mezclan ambientes de duna interior y estepa costera (DIGa y ECCh) (Fig. 6).

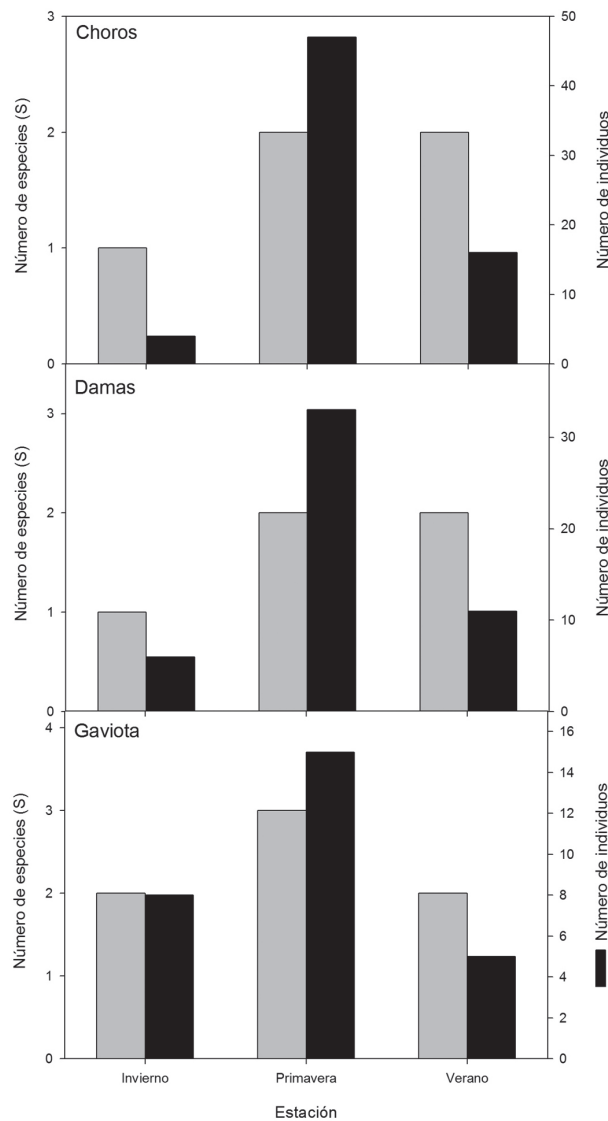


FIGURA 4. Riqueza y abundancia de especies en las distintas estaciones del año muestreadas en cada una de las islas del Archipiélago de Los Choros.

FIGURE 4. Abundance and species richness in the different seasons sampled along the year in each island of Los Choros Archipelago.

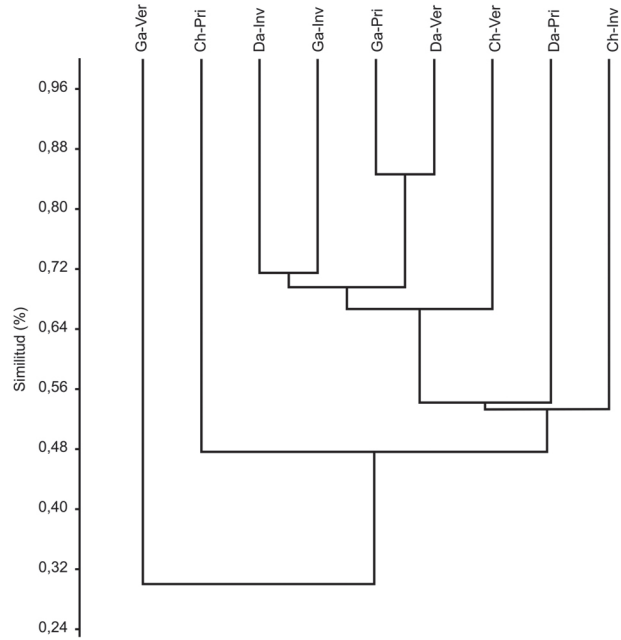


FIGURA 5. Estructuración estacional usando análisis de Cluster de la matriz de Bray-Curtis.

FIGURE 5. Seasonal structuring using the cluster analysis of Bray-Curtis matrix.

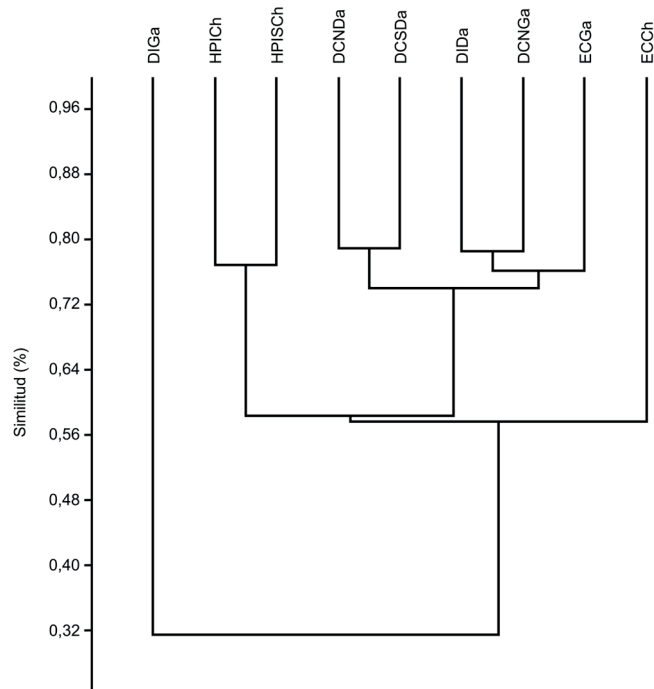


FIGURA 6. Estructuración por ambiente pedológico usando análisis de Cluster de la matriz de Bray-Curtis.

FIGURE 6. Structure per pedological environment using the cluster analysis of Bray-Curtis matrix.

DISCUSIÓN

COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DE LA ESCORPIOFAUNA

La escorpiofauna presente en el archipiélago de Los Choros se encuentra representada por dos familias, tres géneros y cuatro especies, las cuáles también han sido registradas en áreas continentales aledañas al archipiélago (Agusto *et al.* 2006). Las especies presentes en las islas seguramente forman parte de poblaciones, otrora continentales, que quedaron aisladas al separarse las islas del continente (Aguirre 1967). Debido a la poca vagilidad de las especies de Bothriuridae presentes en la zona, así como al tipo de ambiente y poblamiento, es improbable que estas hayan llegado vehiculizadas, natural o artificialmente. De las especies presentes en la zona continental cercana a la costa (Agusto *et al.* 2006), sólo *Brachistosternus artigasi* y *Bothriurus dumayi* no han sido colectadas en las islas; sin embargo la presencia de estas especies en esta latitud parece más bien marginal, por lo que no sorprende su ausencia en los ambientes insulares.

Se observa una tendencia unimodal de la abundancia y riqueza de especies con los valores menores en invierno y verano y el máximo en primavera, esto debido al ritmo biológico que presentan estas especies de escorpiones, ya que la mayoría de las actividades (i.e., reproducción, depredación) las realizan en los meses cálidos (Bradley 1982; Polis & McCormick 1986). Esta diferencia de actividad estacional está determinada por una relación directa entre la temperatura de la superficie y la densidad de la abundancia (Fet 1980; Polis 1980; Warburg & Polis 1990). Esto es más notorio para la especie *Br. cepedai* que sólo fue registrado en primavera y verano, y para *C. keyserlingi*, sólo registrado en ésta última estación. Colectas previas en el DCT indicaban que todas las especies conocidas de Bothriuridae del área poseen un ciclo de actividad estival (Ojanguren-Affilastro *et al.* 2007a, 2012); nuestros actuales resultados apoyan esto, y nos permiten inferir que el *peak* de actividad en superficie se da en primavera, cuando los machos buscan activamente hembras para reproducirse (Nime *et al.* 2013). Nuestros resultados nos permiten extrapolar también, una situación bastante similar al género *Caraboctonus*, del que hasta ahora casi no se tenían datos sobre su biología (Lourenço 1995).

Las características físicas del ambiente como la temperatura, precipitaciones y particularmente las propiedades del suelo son determinantes para comprender la distribución espacial de los escorpiones (Bradley 1986; Polis 1980, 1990; Prendini 2001). El análisis con la matriz de Jaccard mostró que existen diferencias en la abundancia entre los ambientes de las islas, pero no para las distintas fechas (estaciones). Esto último indica que las especies se encuentran presentes durante todo el año, pero con grandes fluctuaciones en su densidad en las

diferentes estaciones, tal como fue notado anteriormente. A diferencia de *Br. cepedai* y de *C. keyserlingi*, las especies *B. coriaceus* y *Br. roigalsinai* tienen actividad en todas las estaciones del año muestreadas, pero exhiben marcadas diferencias en la abundancia, la que tiende a ser mayor para ambas especies en primavera. Si bien la temperatura ambiental es un factor trascendental en la actividad de los escorpiones (Warburg & Polis 1990), existe evidencia de que en la mayoría de las especies de escorpiones de zonas templadas y calidas, durante los meses fríos la actividad descende, pero no cesa completamente (Polis 1980; Bradley 1982; Due & Polis 1986; Ojanguren-Affilastro *et al.* 2011), y en este estudio se observaron evidencias de actividad invernal, aunque con poca abundancia para *B. coriaceus* y *Br. roigalsinai*. Existen también especies que presentan su *peak* de actividad en invierno (Ojanguren-Affilastro *et al.* 2010, 2011), pero este no es el caso de ninguna de las especies colectadas en esta trabajo.

El hecho que existan diferencias relacionadas con la abundancia entre las distintas islas, reflejada por una diferencia de taxa que solo es relevante entre la isla Choros y Damas-Gaviota, pero no, entre Damas y Gaviota, reafirma las propuestas del efecto del micro-hábitat en la distribución y abundancia de los escorpiones (Polis 1990; McReynolds 2004; 2008), lo que implicaría que el sustrato y las formaciones vegetacionales presentes en cada hábitat influyen directamente en la presencia y niveles de abundancia de algunas especies de escorpiones (Polis 1980, 1990; Prendini 2001; McReynolds 2004, 2008). Esto es interesante ya que en el sistema insular estudiado, la cobertura vegetal es baja y predominan los ambientes dunarios en las islas Damas y Gaviota, a diferencia de la isla Choros en la que es notorio el predominio de los ambientes pedregosos. Esta heterogeneidad de hábitat es mayor en las dos últimas islas, ya que también combinan la presencia de ambientes de estepa. La especie *B. coriaceus* habita en todos los ambientes (estepa, duna, pedregoso), mientras que *Br. roigalsinai* es considerablemente más abundante en los ambientes dunarios, y su abundancia en ambientes de estepa es baja (7,0 %). Para *Br. cepedai* sólo se registraron individuos en dunas, mientras que *C. keyserlingi* sólo fue colectada en ambientes pedregosos.

La separación existente entre las islas y el continente representa una barrera infranqueable para la mayoría de los artrópodos epigeos de desierto, ya que no poseen los medios para llegar vehiculizados a las mismas, por lo que son esperables fenómenos de especiación en ellas. De hecho el archipiélago de Los Choros, posee al menos un artrópodo epigeo endémico conocido: *Gyriosomus granulipennis* Pizarro-Araya & Flores 2004 (Coleoptera: Tenebrionidae) (Pizarro-Araya & Flores 2004; Alfaro *et al.* 2009; Pizarro-Araya *et al.* 2012a).

Preliminarmente hemos detectado ligeras diferencias morfológicas entre los ejemplares continentales y los insulares de algunas de las especies colectadas; sin embargo, por el momento hemos decidido considerarlas como variaciones intra-específicas, aunque seguramente en el futuro, y con el aumento de material colectado, estas serán objeto de nuevos análisis.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Iván Benoit (Corporación Nacional Forestal, CONAF) y a CONAF Región de Coquimbo por la ayuda en los permisos y facilidades para trabajar en la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt (Proyectos N° 18/2011 y N° 006/2014). A Claudio Canut de Bon (ex-académico del Departamento de Minas, Universidad de La Serena) por la entrega de información en relación a la geología y geomorfología del sitio de estudio. A Julio R. Gutiérrez por la lectura crítica del manuscrito (Departamento de Biología, Universidad de La Serena), a Luis Letelier (Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México) por la asistencia en SIG, y a Marco Figueroa por la asistencia en las figuras (Departamento de Biología, Universidad de La Serena). El presente estudio fue financiado por los proyectos FPA 04-015-2006 (CONAMA, Región de Coquimbo, Chile) y DIULS-PR13121/VACDDI001 de la Universidad de La Serena, La Serena, Chile (JPA).

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, L. 1967. Geología de las islas Choros, Damas y de Punta Choros, Provincia de Coquimbo. *Revista Minerales (Chile)* 22: 73-83.
- AGUSTO, P., MATTONI, C.I., PIZARRO-ARAYA, J., CEPEDA-PIZARRO, J. & LÓPEZ-CORTÉS, F. 2006. Comunidades de escorpiones (Arachnida: Scorpiones) del desierto costero transicional de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 407-421.
- ALFARO, F.M., PIZARRO-ARAYA, J. & FLORES, G.E. 2009. Epigeal tenebrionids (Coleoptera: Tenebrionidae) from The Choros archipelago (Coquimbo Region, Chile). *Entomological News* 120: 125-130.
- ARANCIO, G.A. & JARA, P. 2007. Flora y Vegetación de la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile. 71 pp.
- ARMESTO, J.J., VIDIELLA, P.E. & GUTIÉRREZ, J.R. 1993. Plant communities of the free coastal desert of Chile: plant strategies in a fluctuating environment. *Revista Chilena de Historia Natural* 66: 271-282.
- BENÍTEZ H.A., PIZARRO-ARAYA, J., BRAVI, R., SANZANA, M.J. & ALFARO, F.M. 2014. Morphological variation on isolated populations of *Praocis (Praocis) spinolai*. *Journal of Insect Science* 14.11.
- BRADLEY, R.A. 1982. Digestion time and reemergence in the desert grassland scorpion *Paruroctonus utahensis* (Williams) (Scorpionida, Vaejovidae). *Oecologia* 55: 316-318.
- BRADLEY, R.A. 1986. The relationship between population density of *Paruroctonus utahensis* (Scorpionida: Vaejovidae) and characteristics of its habitat. *Journal of Arid Environments* 11: 165-171.
- BUSTAMANTE, A.A., SCIOSCIA, C.L. & CASANUEVA, M.E. 2014. A new species of *Admesturius* Galiano, 1988 from north Chile (Araneae: Salticidae: Amycoida). *Zootaxa* 3774: 197-200.
- CASTRO, C. & BRIGNARDELLO, L. 2005. Geomorfología aplicada a la ordenación territorial de litorales arenosos. Orientaciones para la protección, usos y aprovechamiento sustentables del sector de Los Choros, Comuna de la Higuera, IV Región. *Revista de Geografía Norte Grande* 33: 33-58.
- CAVIERES, L.A., MIHOC, M., MARTICORENA, A., MARTICORENA, C., MATTHEI, O. & SQUEO, F.A. 2001. Determinación de áreas prioritarias de conservación: análisis de parsimonia de endemismos (PAE) en la flora de la IV Región de Coquimbo. En: Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo (Eds. Squeo, F.A., Arancio, G. & Gutiérrez, J.R.), 159-170. Ediciones Universidad de La Serena, Chile.
- CAVIERES, L.A., ARROYO, M.T.K., POSADAS, P., MARTICORENA, C., MATTHEI, O., RODRÍGUEZ, R., SQUEO, F.A. & ARANCIO, G. 2002. Identification of priority areas for conservation in an arid zone: application of parsimony analysis of endemism in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. *Biodiversity and Conservation* 11: 1303-1311.
- CEPEDA-PIZARRO, J., PIZARRO-ARAYA, J. & VÁSQUEZ, H. 2005a. Composición y abundancia de artrópodos del Parque Nacional Llanos de Challe: impactos del ENOS de 1997 y efectos del hábitat pedológico. *Revista Chilena de Historia Natural* 78: 635-650.
- CEPEDA-PIZARRO, J., PIZARRO-ARAYA, J. & VÁSQUEZ, H. 2005b. Variación en la abundancia de Arthropoda en un transecto latitudinal del desierto costero transicional de Chile, con énfasis en los tenebrionidos epigeos. *Revista Chilena de Historia Natural* 78: 651-663.
- ELGUETA, M. 2013. *Geosphaeropterus*, nuevo género de Tropiphorini (Coleoptera: Curculionidae) de Chile, con descripción de tres nuevas especies. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 62: 203-217.
- DI CASTRI, F. & HAJEK, E.R. 1976. *Bioclimatología de Chile*. Imprenta-Editorial de la Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 128 pp.
- DUE, A.D. & POLIS, G.A. 1986. Trends in scorpion diversity along the Baja California peninsula. *American Naturalist* 128: 460-468.
- FAITH, D.P., MINCHIN, P.R. & BELBIN, L. 1987. Compositional dissimilarity as a robust measure of ecological distance. *Vegetatio* 69: 57-68.
- FET, V. 1980. Ecology of the scorpions (Arachnida, Scorpiones) of the southeastern Kara-Kum. *Entomologicheskoe Obozrenie* 59: 223-228.
- FLORES, G.E. & PIZARRO-ARAYA, J. 2012. Systematic revision of the South American genus *Praocis* Eschscholtz, 1829 (Coleoptera: Tenebrionidae). Part 1: Introduction and subgenus *Praocis* s. str. *Zootaxa* 3336: 1-35.
- GASTON, K.J. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature* 405: 220-227.

- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. 2001. PAST: Palaeontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontología Electrónica* 4: 1-9.
- KLAUSMEYER, K.R. & SHAW, M.R. 2009. Climate Change, Habitat Loss, Protected Areas and the Climate Adaptation Potential of Species in Mediterranean Ecosystems Worldwide. *PLoS ONE* 4: e6392.
- LABORDA, A., RAMÍREZ, M.J. & PIZARRO-ARAYA, J. 2013. New species of the spider genera *Aysenia* and *Aysenoides* from Chile and Argentina: description and phylogenetic relationships (Araneae: Anyphaenidae, Amaurobioidinae). *Zootaxa* 3731: 133-152.
- LOURENÇO, W.R. 1995. Considerations sur la morphologie, ecologie et biogéographie de *Caraboctonus keyserlingi* Pocock (Scorpiones, Iuridae). *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción* 66: 63-69.
- MAGURRAN, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, USA. 179 pp.
- MARTICORENA, C., SQUEO, F.A., ARANCIO, G. & MUÑOZ, M. 2001. Catálogo de la flora vascular de la IV Región de Coquimbo. En: Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo (Eds. Squeo, F.A., Arancio, G. & Gutiérrez, J.R.), 105-142. Ediciones Universidad de La Serena, Chile.
- MATTONI, C.I. 2007. The genus *Bothriurus* (Scorpiones, Bothriuridae) in Patagonia. *Insect Systematics & Evolution* 38: 1-22.
- MATTONI, C.I. & ACOSTA, L.E. 2006. Systematics and distribution of three *Bothriurus* species (Scorpiones, Bothriuridae) from central and northern Chile. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 41: 235-250.
- MCREYNOLDS, C.N. 2004. Temporal patterns in microhabitat use for the scorpion *Centruroides vittatus* (Scorpiones, Buthidae). *Euscorpius* 17: 35-45.
- MCREYNOLDS, C.N. 2008. Microhabitat preferences for the errant scorpion, *Centruroides vittatus* (Scorpiones, Buthidae). *Journal of Arachnology* 36: 557-564.
- NIME, M.F., CASANOVES, F., VRECH, D.E. & MATTONI C.I. 2013. Relationship between environmental variables and surface activity of scorpions in the Arid Chaco ecoregion of Argentina. *Invertebrate Biology* 132: 145-155.
- NOVOA, R. & VILLASECA, S. 1989. (eds.) Mapa agroclimático de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile. 221 pp.
- OJANGUREN-AFFILASTRO, A.A. 2002. Nuevos aportes al conocimiento del género *Brachistosternus* en Chile, con la descripción de dos nuevas especies (Scorpiones, Bothriuridae). *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción (Chile)* 73: 37-46.
- OJANGUREN-AFFILASTRO, A.A. 2005. Notes on the genus *Brachistosternus* (Scorpiones, Bothriuridae) in Chile, with the description of two new species. *Journal of Arachnology* 33: 175-192.
- OJANGUREN-AFFILASTRO, A.A. & PIZARRO-ARAYA, J. 2014. Two new scorpion species from Papos, in the Coastal desert of Taltal, Chile (Scorpiones, Bothriuridae, *Brachistosternus*). *Zootaxa* 3785: 400-418.
- OJANGUREN-AFFILASTRO, A.A. & RAMÍREZ, M.J. 2009. Phylogenetic analysis of the scorpion genus *Brachistosternus* (Arachnida, Scorpiones, Bothriuridae). *Zoologica Scripta* 38: 183-198.
- OJANGUREN-AFFILASTRO, A.A., PIZARRO-ARAYA, J. & PRENDINI, L. 2011. New data on Chilean *Urophonius* (Scorpiones, Bothriuridae). *American Museum Novitates* 3725: 1-44.
- OJANGUREN-AFFILASTRO, A.A., AGUSTO, P., PIZARRO-ARAYA, J. & MATTONI, C.I. 2007a. Two new scorpion species of genus *Brachistosternus* (Scorpiones: Bothriuridae) from northern Chile. *Zootaxa* 1623: 55-68.
- OJANGUREN-AFFILASTRO, A.A., MATTONI, C.I. & PRENDINI, L. 2007b. The genus *Brachistosternus* (Scorpiones: Bothriuridae) in Chile, with descriptions of two new species. *American Museum Novitates* 3564: 1-44.
- OJANGUREN-AFFILASTRO, A.A., OCHOA, J.A., MATTONI, C.I. & PRENDINI, L. 2010. Systematic revision of the *granulatus* group of *Urophonius* Pocock, 1893 (Scorpiones, Bothriuridae), with description of a new species from central Chile. *American Museum Novitates* 3695: 1-40.
- OJANGUREN-AFFILASTRO, A.A., MATTONI, C.I., OCHOA, J.A. & PRENDINI, L. 2012. *Rumikiru*, n. gen. (Scorpiones: Bothriuridae), a new scorpion genus from the Atacama desert. *American Museum Novitates* 3731: 1-43.
- PIZARRO-ARAYA, J. & FLORES, G.E. 2004. Two new species of *Gyriosomus* Guérin-Ménéville from Chilean coastal desert (Coleoptera: Tenebrionidae: Nycteliini). *Journal of the New York Entomological Society* 112: 121-126.
- PIZARRO-ARAYA, J. & JEREZ, V. 2004. Distribución geográfica del género *Gyriosomus* Guérin-Ménéville, 1834 (Coleoptera: Tenebrionidae): una aproximación biogeográfica. *Revista Chilena de Historia Natural* 77: 491-500.
- PIZARRO-ARAYA, J., VERGARA, O.E. & FLORES, G.E. 2012a. *Gyriosomus granulipennis* Pizarro-Araya y Flores 2004 (Coleoptera: Tenebrionidae) un caso extremo a conservar. *Revista Chilena de Historia Natural* 85: 345-349.
- PIZARRO-ARAYA, J., ALFARO, F.M., CASTILLO, J.P., OJANGUREN-AFFILASTRO, A.A., AGUSTO, P. & CEPEDA-PIZARRO, J. 2012b. Assemblage of arthropods in the Quebrada del Morel private protected area (Atacama Region, Chile). *Pan Pacific Entomologist* 88: 1-14.
- POLIS, G.A. 1980. Seasonal patterns and age-specific variation in the surface activity of a population of desert scorpions in relation to environmental factors. *Journal of Animal Ecology* 49: 1-18.
- POLIS, G.A. 1990. Ecology. En: *The Biology of Scorpions* (Ed. Polis, G.A.), 247-293. Stanford. Stanford University Press. Stanford, California, USA.
- POLIS, G.A. 1993. Scorpions as model vehicles to advance theories of population and community ecology: The role of scorpions in desert communities. *Memoirs of the Queensland Museum* 33: 401-410.
- POLIS, G.A. & FARLEY, R.D. 1980. Population Biology of a Desert Scorpion: Survivorship, Microhabitat, and the Evolution of Life History Strategy. *Ecology* 61: 620-629.
- POLIS, G.A. & McCORMICK, S.J. 1986. Patterns of resource use and age structure among species of desert scorpion. *Journal of Animal Ecology* 55: 59-73.
- PRENDINI, L. 2001. Substratum specialization and speciation in southern African scorpions: the effect hypothesis revisited. En: *Scorpions 2001*. In *Memoriam Gary A. Polis* (Eds. Fet, V. & Selden, P.A.), 113-138. British Arachnological Society, Burnham Beeches, Bucks, UK.

- STAHNKE, H.L. 1972. UV light, a useful field tool. *BioScience* 22: 604-607.
- VALDIVIA, D.E., PIZARRO-ARAYA, J., CEPEDA-PIZARRO, J. & OJANGUREN-AFFILASTRO, A.A. 2008. Diversidad taxonómica y denso-actividad de solífugos (Arachnida: Solifugae) asociados a un ecosistema desértico costero del centro norte de Chile. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 67: 1-10.
- VALDIVIA, D.E., PIZARRO-ARAYA, J., BRIONES, R., OJANGUREN-AFFILASTRO, A.A. & CEPEDA-PIZARRO, J. 2011. Taxonomical diversity and abundance of solpugids (Arachnida: Solifugae) in coastal ecotopes of north-central Chile. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 1234-1242.
- VIDIELLA, P.E., ARMESTO, J.J. & GUTIÉRREZ, J.R. 1999. Vegetation changes and sequential flowering after rain in the southern Atacama Desert. *Journal of Arid Environments* 43: 449-458.
- WARBURG, M.R. & POLIS, G.A. 1990. Behavioral responses, rhythms, and activity patterns. En: Polis GA (ed) *The Biology of Scorpions*. Stanford University Press. Stanford, California, USA. 587 pp.
- WILLIAMS, S.C. 1987. Scorpion Bionomics. *Annual Review of Entomology* 32: 275-295.

Recibido: 30.07.13
Aceptado: 08.04.14