



**Universidad Nacional de La Plata**  
**Facultad de Ciencias Naturales y Museo**

# Biogeografía histórica y diversidad de arañas Mygalomorphae de Argentina, Uruguay y Brasil: énfasis en el arco peripampásico

Trabajo de Tesis doctoral



**TOMO I**

**Lic. Nelson Ferretti**

**Directora: Dra. Alda González**

**Codirector: Dr. Fernando Pérez-Miles**

Argentina, 2012



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO

**Biogeografía histórica y diversidad de arañas  
Mygalomorphae de Argentina, Uruguay y Brasil:  
énfasis en el arco peripampásico**

Trabajo de tesis doctoral

**TOMO I**

**Lic. Nelson E. Ferretti**

Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores CEPAVE (CCT- CONICET- La  
Plata) (UNLP)

Directora: Dra. Alda González

Codirector: Dr. Fernando Pérez-Miles

**Argentina**

**Año 2012**

*“La tierra y la vida evolucionan juntas”...*

León Croizat (Botánico y Biogeógrafo italiano)

*“Hora tras hora... otra de forma de vida desaparecerá para siempre de la faz del planeta... y la tasa se está acelerando”*

Dave Mustaine (Músico Estadounidense)

*A la memoria de mi padre,*

*Edgardo Ferretti*



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

## TOMO I

Agradecimientos	v
Resumen	vii
Abstract	xi

### *Capítulo I: Introducción general.*

---

I. Biogeografía.	2
II. Biogeografía histórica.	5
III. Áreas de endemismo.	11
IV. Marco geológico.	14
IV.1- Evolución geológica de América del Sur.	15
IV.2- Arco peripampásico.	23
V. Arañas Mygalomorphae.	30
VI. Objetivos generales.	34

### *Capítulo II: Diversidad, abundancia, distribución espacial y fenología de la comunidad de Mygalomorphae de Isla Martín García, Ventania y Tandilia.*

---

I. INTRODUCCIÓN.	36
I.1- Isla Martín García.	36
I.2- El sistema serrano de Ventania.	37
I.3- El sistema serrano de Tandilia.	38
I.4- Las comunidades de arañas en áreas naturales.	39
I.5- ¿Porqué estudiar las comunidades de arañas migalomorfas?	40
II. OBJETIVOS.	42
II.1- Objetivos específicos.	42
III. MATERIALES Y MÉTODOS.	43
III.1- Áreas de estudio.	43
III.1.1- Isla Martín García.	43
III.1.2- Sistema de Ventania.	46
III.1.3- Sistema de Tandilia.	49
III.2- Métodos de recolección.	52
III.2.1- Isla Martín García.	52

III. 2.2- Ventania y Tandilia.	53
III.3- Tareas de laboratorio.	55
III.4- Análisis de los datos.	56
IV. RESULTADOS.	58
IV.1- Isla Martín García.	58
IV.1.1- Composición taxonómica y estructura demográfica.	58
IV.1.2- Variación estacional.	61
IV.1.3- Fenología de las especies presentes en isla Martín García.	63
IV.1.4- Diversidad, distribución espacial y preferencia de hábitats.	68
IV.2- Ventania.	72
IV.2.1- Composición taxonómica, riqueza específica y estructura demográfica.	72
IV.2.2- Variación estacional.	76
IV.2.3- Fenología de las especies presentes en Ventania.	80
IV.3. Tandilia.	89
IV.3.1- Composición taxonómica, riqueza específica y estructura demográfica.	89
IV.3.2- Variación estacional.	93
IV.3.3- Fenología de las especies presentes en Tandilia.	96
V. DISCUSIÓN.	101
V.1- Composición taxonómica y riqueza específica.	101
V.2- Demografía y variación estacional.	104
V.3- Fenología de las especies de Mygalomorphae.	107
VI. CONSIDERACIONES FINALES.	111

**Capítulo III: Análisis de los patrones de distribución de arañas migalomorfas en el arco peripampásico (Argentina, Uruguay y Sur de Brasil).**

---

I. INTRODUCCIÓN.	115
I.1- Arco peripampásico.	115
I.2- Arañas migalomorfas.	119
I.3. Panbiogeografía.	120
I.4- Análisis de parsimonia de endemismo.	123
I.5- Análisis multivariado en biogeografía.	125
II. OBJETIVOS.	127
II.1- Objetivos específicos.	127
III. MATERIALES Y MÉTODOS.	128
III.1- Áreas de estudio.	128
III.2- Taxones.	132

III.3- Análisis de trazos.	135
III.4- Análisis de parsimonia de endemismo (PAE) basado en áreas, cuadrículas y como una herramienta panbiogeográfica.	139
III.5. Análisis multivariado.	142
<b>IV. RESULTADOS.</b>	<b>143</b>
IV.1- Análisis y compatibilidad de trazos.	143
IV.2- PAE como una herramienta panbiogeográfica.	149
IV.3- PAE basado en áreas y cuadrículas.	153
IV.4- Análisis multivariado.	159
<b>V. DISCUSIÓN.</b>	<b>162</b>

### **Capítulo IV: Patrones biogeográficos y áreas de endemismo de arañas migalomorfas en Argentina.**

---

<b>I. INTRODUCCIÓN.</b>	<b>170</b>
I.1- Áreas de endemismo.	170
I.2- Regionalización biogeográfica.	174
<b>II. OBJETIVOS.</b>	<b>178</b>
II.1- Objetivos específicos.	178
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.</b>	<b>179</b>
III.1- Área de estudio.	179
III.2- Datos de distribución.	180
III.3- Análisis de parsimonia de endemismo (PAE).	183
III.4- Criterio de optimación (NDM).	184
III.5- Propuestas biogeográficas.	187
III.5.1- Propuesta de Cabrera & Willink (1973).	187
III.5.2- Propuesta de Morrone (2001b, 2006).	192
III.6- PAE y análisis multivariado para evaluar relaciones entre las provincias biogeográficas de Morrone (2001b, 2006).	196
<b>IV. RESULTADOS.</b>	<b>197</b>
IV.1- Áreas de endemismo.	197
IV.1.1- Análisis de parsimonia de endemismo (PAE).	197
IV.1.2- Criterio de optimación (NDM).	200
IV.2- Relaciones entre las provincias biogeográficas de Morrone (2001b, 2006).	210
<b>V. DISCUSIÓN.</b>	<b>214</b>
V.1- Áreas de endemismo comunes bajo diferentes metodologías.	214
V.2- Otras áreas de endemismo obtenidas.	217

V.3- Relaciones entre las provincias biogeográficas de Argentina <i>sensu</i> Morrone (2001b, 2006).	220
VI. CONSIDERACIONES FINALES.	223

**Capítulo V: Patrones de distribución de arañas migalomorfas en Argentina y áreas prioritarias para la conservación.**

---

I. INTRODUCCIÓN.	226
I.1- Biogeografía y conservación.	226
I.2- Ecoregiones.	229
II. OBJETIVOS.	231
II.1- Objetivos específicos.	231
III. MATERIALES Y MÉTODOS.	232
III.1- Panbiogeografía.	232
III.2- Áreas de endemismo.	232
IV. RESULTADOS.	233
IV.1- Panbiogeografía.	233
V. DISCUSIÓN.	237
V.1- Áreas prioritarias para la conservación.	237
VI. CONSIDERACIONES FINALES.	243

**TOMO II**

Referencias bibliográficas.	244
ANEXOS.	299
Anexo I. Distribución de las especies analizadas.	300
Anexo II. Mapas con la distribución geográfica de las especies de Mygalomorphae utilizadas en los análisis y sus respectivos trazos individuales.	324
Anexo III. Tablas.	359
Publicaciones generadas a partir de la presente tesis.	393

## *AGRADECIMIENTOS*

En primer lugar, merecen toda mi gratitud mis directores, Fernando Pérez-Miles y Alda González, ya que sin ellos esta tesis no habría sido posible. Gracias a ambos, porque a la vez de brindarme su confianza para trabajar con ellos y animarme desde el principio, me han guiado durante todo este tiempo. No deja de sorprenderme su brillantez científica, por lo que espero seguir aprendiendo de ellos mucho más. Pero sobre todo, han sido también amigos y siempre grata su compañía. Quiero destacar sus estimables asesoramientos científicos y disposiciones permanentes para aclarar todas mis dudas y consultas. Muchas gracias a ambos por todo el tiempo que me han prestado, he tenido muchísima suerte de conocerlos.

Seguidamente quisiera agradecer la enorme labor de mis compañeros de trabajo, de campañas, de viajes, de la vida... a Gabriel Pompozzi, Sofía Copperi y Leonela Schwerdt. Gracias por acompañarme en todos los momentos de mi trabajo, hemos conocido lugares nuevos, hemos soportado condiciones únicas, calor, frío, lluvia, granizo, nieve e incluso cenizas volcánicas! y aún así siempre estuvimos juntos y tirando para adelante. Gran parte de esta tesis también es de ustedes, no sólo por colaborar en la toma de datos, sino también por alentarme y aportar numerosas ideas y preguntas mejorando nuestro trabajo día a día.

También quiero agradecer a mis compañeros de laboratorio, Vero, Caro, Nati, Jorge, Sabri, Merce, Patri y en especial a Adriana Ferrero, quién me ha brindado todo su apoyo incondicional en el momento más importante de mi carrera, cuándo todo esto comenzaba... gracias por dejarme compartir mi pasión por las arañas con uds. y por aguantarme en el lab.!

Agradezco al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por el financiamiento de la beca de posgrado; a todo el personal del Centro de Estudios Parasitológicos (CEPAVE-CCT-La Plata-CONICET) y al

Laboratorio de Zoología de Invertebrados II, Universidad Nacional del Sur por el apoyo incondicional durante la realización de la tesis. Gracias a la Dirección de Áreas Naturales Protegidas (La Plata) y al Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) por la autorización para trabajar en la Reserva Natural Isla Martín García y en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist”. Agradezco a los guardaparques Maximiliano D’Onofrio, Facundo Casalle-Pintos y Anibal Areco (PPET). También quiero agradecer al Ing. Ulises Barletta por permitir el trabajo en la Reserva Natural “Sierra del Tigre” (Tandil) y al guardaparque Marcelo por su ayuda y recepción.

Gracias a todos los investigadores, colegas, estudiantes, etc. que he conocido durante estos años, por su simpatía y ayuda. A Miguel Simó, Alfredo Peretti, Martín Ramírez, Cristina Scioscia, Cristian Grismado, Luis Pereira, Paula Posadas, Jorge Barneche, Sandra González, Mara Maldonado, Patricio Cavallo, Luciano Peralta, Mariana Griotti, Luis Piacentini, Matías Izquierdo, Mariana Grossi, Fernando Costa, Carmen Viera, Laura Montes de Oca, Cintya Perdomo, Macarena González, David Ortiz, Carlos Perafán, Rodrigo Postiglioni, Álvaro Laborda, Manuel Castro y Marcelo Alves Díaz.

Gracias a todos mis amigos, a los de siempre, a los que veo más, a los que veo menos... todos estuvieron cerca en algún momento para escuchar. Gracias a Magno Olsen (Cristian, Rodrigo, Mariano y Ezequiel) por aguantar mis ausencias en los ensayos.

Esta tesis está especialmente dedicada a mi padre y a mis abuelos, a los que sigo queriendo mucho y echo de menos. Por todo lo que me dieron. Y, por supuesto, a mi madre, mi hermana, mi abuela, al resto de la familia, que me han apoyado en momentos difíciles y a los que quiero mucho, un abrazo a todos.

A mi mujer, Daniela, por su amor, cariño, aliento, conversaciones y hacer que cada día merezca la pena, Muchas gracias por tu apoyo y paciencia.

*Nelson*

## *RESUMEN*

La biogeografía histórica se ocupa de cómo los procesos (por ej. evolutivos, tectónicos) que suceden en una gran escala de tiempo, a través de millones de años, afectan a los patrones de distribución de los seres vivos. Dentro de la biogeografía histórica, la importancia del reconocimiento de las áreas de endemismo se basa en que son las de menor unidad y, como tales, constituyen la base para la construcción de hipótesis sobre los procesos responsables en la formación de la biota de una región. Consecuentemente, las áreas de endemismo poseen un conjunto de especies únicas que pueden ser priorizadas en programas de conservación. Desde hace aproximadamente unos 4,5 mil millones de años, el planeta ha sufrido una serie de alteraciones, más o menos drásticas, que influenciaron e influyen la evolución de las especies y son algunos de los eventos responsables de la continua modificación de las características de la tierra. De esta manera, los cambios geológicos y climáticos-ambientales más relevantes en el Sur de América del Sur han tenido lugar a partir de la era Mesozoica hasta la actualidad. El sistema orogénico extra-andino conocido como arco peripampásico comprende un grupo de sierras en Argentina, Uruguay y Sur de Brasil. Se ha postulado que dichos sistemas serranos exhibían conexiones antiguas de sus biotas, que posteriormente han sufrido fragmentación, posiblemente durante el Terciario. Las arañas pertenecientes al infraorden Mygalomorphae representan uno de los tres linajes principales dentro de las arañas y comprenden aproximadamente 2693 especies. Son arañas con ciclos de vida extensos, generalmente poseen sólo una camada de crías por año, y muestran altos valores de endemismo local. Algunas especies pueden vivir entre 15 y 30 años y tardar entre 5 y 7 años en alcanzar la madurez sexual; son especialistas y dependientes de un tipo determinado de hábitat y las hembras generalmente son sedentarias. Por sus características biológicas las arañas migalomorfas constituyen un grupo de organismos adecuado para estudios biogeográficos. A pesar de ello, hasta la actualidad no existen contribuciones formales a la biogeografía de las arañas migalomorfas basadas en metodologías explícitas y cuantitativas. Por otra parte, en Argentina, el conocimiento taxonómico de algunas arañas Mygalomorphae es

amplio. Sin embargo, no existen estudios referidos a aspectos ecológicos de comunidades de arañas migalomorfas en áreas naturales de la Argentina. Teniendo en cuenta la limitada información acerca de la biogeografía de arañas Mygalomorphae y de aspectos ecológicos de la comunidad de arañas migalomorfas en áreas naturales de Argentina, se consideró de interés ampliar los estudios de estas temáticas. Para ello, se estudió la comunidad de arañas migalomorfas en tres áreas naturales de Argentina: Ventania, Tandilia (forman parte del arco peripampásico), e isla Martín García. Así también, se analizaron los patrones de distribución de las arañas migalomorfas en Argentina, Uruguay y Sur de Brasil con énfasis en las especies que se distribuyen a lo largo del arco peripampásico. Se compararon los patrones obtenidos con propuestas biogeográficas previas y se interpretó la evolución biogeográfica de estas arañas en el contexto de la evolución geobiótica de América del Sur. Finalmente, se identificaron áreas de endemismo en Argentina para obtener regiones prioritarias desde un punto de vista de la conservación. Respecto al estudio de los aspectos ecológicos de la comunidad de arañas migalomorfas, los muestreos en la isla Martín García se realizaron cada dos meses durante el período Marzo 2004 – Marzo 2006. En Ventania (Parque Provincial “Ernesto Tornquist”) y Tandilia (Reserva Natural “Sierra del Tigre”) los muestreos fueron mensuales durante Octubre 2009 – Octubre 2010 y Mayo 2011 – Mayo 2012 respectivamente. Para la recolección de las arañas se utilizaron las técnicas de recolección manual y trampas de intercepción. Del total de individuos recolectados a lo largo del período muestreado en cada área, se determinó la composición taxonómica, riqueza específica, estructura demográfica, y se realizaron curvas de acumulación de especies basadas en el número de individuos. Se comparó también la abundancia relativa de las arañas entre las diferentes estaciones. Se determinó la fenología de cada especie capturada en las áreas de estudio. En la isla Martín García se registraron cuatro especies pertenecientes a cuatro familias; en Ventania, cinco especies representadas en cuatro familias; y en Tandilia, cuatro especies pertenecientes a dos familias. De acuerdo a lo observado en este trabajo, las especies de arañas Mygalomorphae comprenden un grupo importante de arañas sedentarias y criptozoicas que parecen ser altamente dependientes del tipo de factores ambientales. La diversidad y abundancia de estas



arañas en las áreas de estudio es mayor a la hallada en otras áreas, por ejemplo en Chile, Bolivia e incluso similar a la encontrada en áreas muy diversas como Brasil o Bolivia. Las condiciones microclimáticas y la vegetación de las áreas de estudio podrían proveer un hábitat adecuado para dichas especies criptozoicas. Para el análisis biogeográfico de los patrones de distribución de arañas migalomorfas en el arco peripampásico se definieron siete áreas de estudio basadas en la superposición de taxones y en aspectos geológicos. Se utilizaron 1117 registros de distribución georeferenciados pertenecientes a 52 especies de migalomorfas. Mediante un enfoque panbiogeográfico se realizó un análisis de trazos utilizando TRAZOS<sub>2004</sub> y MartiTracks. A partir de los trazos individuales obtenidos, se calcularon trazos generalizados y nodos biogeográficos. Complementariamente, se efectuó un análisis de compatibilidad de trazos para la obtención de “cliques” mediante el programa SECANT. Se realizó un análisis de parsimonia de endemismo (PAE) como una herramienta panbiogeográfica utilizando áreas predefinidas y trazos individuales. Finalmente, a partir de los datos de distribución de las especies de Mygalomorphae en las unidades geográficas propuestas se utilizó en enfoque multivariado evaluado mediante diferentes índices. Se obtuvo una vinculación estrecha entre los sistemas serranos de Tandilia y Ventania con las sierras Pampeanas y las sierras Subandinas de Argentina. Por otra parte, se reconoció una estrecha relación entre las sierras del Sur de Brasil y el escudo uruguayo se recuperó como una unidad. Además, las unidades tectónicas de Uruguay mostraron una relación estrecha con la Isla Martín García. En consecuencia, las relaciones encontradas entre las unidades geográficas pueden ser explicadas como consecuencia de dos eventos tectónicos y geobióticos relevantes: i) las transgresiones marinas sucesivas del Atlántico durante la mitad y fines del Mioceno en el Sur de Sudamérica; y ii) los cambios climáticos drásticos durante el Mioceno hasta el Plioceno, resultando en un clima árido en el Sur de Sudamérica debido al lento levantamiento del cordón Andino y una corriente fría. Además, la conexión de la isla Martín García con el escudo uruguayo se evidenció en relación a la evolución geobiótica del Cratón del Río de La Plata. Para la identificación de áreas de endemismo y áreas prioritarias para la conservación en Argentina, se utilizaron 772 registros pertenecientes a 55 especies. Se realizó un enfoque panbiogeográfico, PAE

basado en cuadrículas y criterio de optimación (NDM). Se evaluó la relación de las provincias biogeográficas de Argentina a través de un PAE basado en áreas. La utilización de un enfoque panbiogeográfico produjo cuatro nodos, los cuales representan endemismos o centros de alta diversidad. Por otra parte, el PAE produjo tres y dos áreas de endemismo utilizando diferentes tamaños de grilla y finalmente, mediante NDM, el número máximo de áreas de endemismo obtenido fue de ocho. Las áreas de endemismo mejor soportadas resultaron la Selva Paranaense, Yungas, Chaco + Yungas, Pampeana, y la zona de transición Sudamericana + Patagonia + Monte. Como resultado del análisis de parsimonia de endemismo basado en áreas se obtuvo un grupo monofilético formado por las provincias de Pampa, Chaco, Monte y Prepuna pertenecientes a la subregión Chaqueña y la zona de Transición Sudamericana; y a su vez mostrando una relación estrecha entre Pampa y Chaco. Otras relaciones obtenidas resultaron entre las provincias de Bosque Paranaense y Bosque de *Araucaria angustifolia* de la subregión Paranaense, y una relación entre las provincias de Patagonia Central y Patagonia Subandina pertenecientes a la subregión Patagónica. Los estudios biogeográficos contribuyen de manera sustancial a las políticas de conservación; por ejemplo, las áreas de endemismo y los nodos panbiogeográficos representan áreas bióticas complejas, las cuáles merecen ser conservadas. A partir del presente estudio se resalta la importancia de determinadas áreas de interés particular para la conservación de la biodiversidad en Argentina, resultantes de la identificación de nodos biogeográficos y áreas de endemismo mediante NDM y PAE. Finalmente, a pesar de que un número razonable de datos de distribución de arañas migalomorfas ha permitido el reconocimiento de numerosas áreas de endemismo en Argentina, aún es necesario explorar esta área y obtener más información a partir de material de Museos y campañas. Esta nueva información podría permitir la delimitación de dichas áreas a una resolución más detallada, estableciendo su importancia de acuerdo a la diversidad “gamma”, grado de endemismo y la ocurrencia de taxones relictuales dentro de ellas.

## *ABSTRACT*

Historical biogeography deals with how the processes (for example, evolutionary, tectonics) that occur under a great time scale, across million years, affect the distributional patterns of species. In historical biogeography the relevance of the identification of an area of endemism is based that are those of minor unit and constitute the starting point to formulate hypothesis about the processes responsible in the formation of the biota of a region. In addition, areas of endemism possess a set of unique species that can be prioritize in conservation programs. Since about 4.5 billion years, the planet has suffered a series of alterations, more or less drastic, influencing the evolution of species, and are some of the events responsible for the continuous modification of the earth characteristics. Moreover, the more relevant geological and climatic – environmental changes in southern South America have taken place since the Mesozoic. The extra-Andean orogenic system of the peripampasic arc comprises a group of mountain ranges from Argentina, Uruguay and southern Brazil. There have been postulated that these hilly systems were exhibiting ancient connections of their biota, which later have suffered fragmentations, probably during Tertiary. Mygalomorphae spiders represent one of the three main spider lineages and comprise approximately 2693 species. They are long-life cycle spiders, usually with one eggsac per year, and high endemism values. Some species live for 15-30 years and require 5-7 years to reach reproductive maturity; they are habitat specialists and females are sedentary. These biological characteristics of the Mygalomorphae make them a promising group of organisms for biogeographical studies. However, to date there are no formal contributions of Mygalomorphae biogeography based on explicit and quantitative methodologies. Conversely, in Argentina, the taxonomic knowledge of some Mygalomorphae species is large. Nevertheless, there are no studies about ecological aspects of mygalomorph spider community in natural areas of Argentina. Given the limited information about the biogeography and the ecology of the Mygalomorphae community in natural areas of Argentina, it was considered of interest to extend the studies on these issues. For that, we studied the mygalomorph spider community in three natural areas of

Argentina: Ventania, Tandilia (of the peripampasic arc), and Martín García island. Moreover, we analyzed the distributional patterns of mygalomorph spiders in Argentina, Uruguay and southern Brazil, with emphasis on species distributed along the peripampasic arc. We compared the obtained patterns with previous biogeographical proposals and interpreted the results in the context of the geobiotic evolution of southern South America. Finally, we identified areas of endemism in Argentina to prioritize areas for conservation. Regarding the study of ecological aspects of mygalomorph spider community, the samplings on Martín García island were realized every two months during the March 2004 – March 2006 period. In Ventania (“Ernesto Tornquist” Provincial Park) and Tandilia (“Sierra del Tigre” Natural Reserve) the samplings were monthly during October 2009 – October 2010 and May 2011 – May 2012 respectively. We collect spiders with manual collection and pitfall traps. From the total number of individuals collected during the sampled period in the natural areas, we determined the taxonomic composition, specific richness, demographic structure, and we made species-accumulation curves based on the number of individuals. The relative abundances of spiders were also compared among the different stations. We determined the phenology of species captured in studied areas. In Martín García Island, we registered four species belonging to four families; in Ventania, five species represented in four families; and in Tandilia, four species of two families. According to this study, the mygalomorph species comprises an important group of sedentary and cryptozoic spiders that seem to be highly dependent on habitat type and environmental factors. The diversity and abundance of these spiders in the study areas is higher in relation to other areas, for example in Chile and Bolivia, or even similar to found in very diverse areas as Brazil or Bolivia. The microclimatic conditions and vegetation of these areas could provide a suitable habitat for these cryptozoic species. For the biogeographical analysis, on the basis of several overlapping taxa distribution and geological criteria, we delimited seven areas. The analysis was performed using 1117 distributional records of 52 Mygalomorphae species. For a panbiogeographical approach we made track analysis using TRAZOS2004 and MartiTracks. From the individuals tracks obtained, we calculated the generalized tracks and biogeographical nodes. In addition, we made a

compatibility track analysis to obtain “cliques” through the program SECANT. A parsimony analysis of endemism (PAE) was used as a panbiogeographical tool considering predefined areas and individual tracks. Finally, of the distributional data of Mygalomorphae species through the peripampasic arc we used a multivariate analysis evaluated with different indices. We obtained a connection between Ventania and Tandilia with the Pampean and Subandean mountain ranges in Argentina. Furthermore, we recognized a link between the mountains or southern Brazil and the Uruguayan shield was recovered as a unit. Moreover, the geographical units of Uruguay showed a closer relation with Martín García Island. Consistently, the relations found between the geographical units could be explained as a consequence of two tectonic and geobiotic events: i) Atlantic marine transgressions during the middle and late Miocene in southern South America; and ii) changes in the climate from the Miocene to Pliocene, caused by the gradual raising of the Andean chain, and also a cold current. Moreover, the link found between the Uruguayan shield and Martín García Island could be explained by the geobiotic evolution of the Río de La Plata Craton. The identification of areas of endemism and prioritize areas for conservation in Argentina was based on 772 records of 55 species. We used a panbiogeographical approach, PAE based on grids and an optimality criterion (NDM). The relationship of the biogeographic provinces from Argentina was evaluated through a PAE based on areas. From the panbiogeographical analysis we obtained four nodes, which represent endemism or highly diversity centers. The PAE produced three and two areas of endemism using different grid sizes and finally, through NDM, we obtained eight areas of endemism. The better supported areas of endemism were Paranaense Jungle, Yungas, Chaco + Yungas, Pampeana, and the Southamerican Transition Zone + Patagonia + Monte. The results of parsimony analysis of endemism showed a monophyletic group formed by the provinces of Pampa, Chaco, Monte and Prepuna of the Chaqueña subregion and the Southamerican Transition zone; also showing a closer relation between Pampa and Chaco. Another relationships obtained were between the provinces of Paranaense Forest and *Araucaria angustifolia* Forest of Paranaense subregion, and a link between Central Patagonia and Subandean Patagonia of the Patagonic subregion.

Biogeographical studies contribute in a substantial way to the policies of conservation; for example, the areas of endemism and biogeographical nodes represent biotic complex areas, which deserve to be preserved. From this study is highlighted the importance of certain areas of particular interest for the biodiversity conservation in Argentina, resulting from the identification of biogeographical nodes and areas of endemism through NDM and PAE. Finally, however of the fact that a reasonable number of distributional records of Mygalomorphae have allowed the recognition of many areas of endemism in Argentina, it is necessary to explore this area and to obtain more information from material of Museums and field campaigns. This new information might allow the delimiting of the above mentioned areas with a more detailed resolution, establishing their relevance in order of the “gamma” diversity, degree of endemism and the occurrence of relictual taxa inside them.

CAPÍTULO I

# Introducción general



*Acanthogonatus confusus* (Nemesiidae)



*Grammostola doeringi* (Holmberg 1882) (Theraphosidae)

## ***I. BIOGEOGRAFÍA***

Los biólogos comparativos formulan modelos que explican la historia de organismos en términos de linajes filogenéticos o genealogías y comparan sus observaciones en forma de clasificación. Dicha práctica de comparación y explicación son inherentes a los estudios sistemáticos e influenciaron en el desarrollo y la creación del campo de estudio conocido hoy en día como biogeografía (Ebach & Tangney 2009).

La biogeografía constituye un concepto aparentemente simple: el estudio de la distribución geográfica de los individuos (Huggett 2004, Cox & Moore 2006, Posadas *et al.* 2006). Esta simple definición es precisa pero oculta la gran complejidad que exhibe dicha disciplina (Crisci 2001). Zunino & Zullini (2003) señalan que la biogeografía es el estudio de los aspectos espaciales y espacio-temporales de la biodiversidad, o en otras palabras, la ciencia que estudia la dimensión espacial de la evolución biológica. El término expresa de manera directa la idea del tratamiento



conjunto de información biológica y geográfica (Huggett 2004, Cox & Moore 2006, Almeida & Santos 2011). La biogeografía es la disciplina que estudia la distribución de los seres vivos, tanto en el tiempo como en el espacio, considerando también los procesos causales que dieron lugar a dicha distribución (Morrone *et al.* 1996, Contreras *et al.* 2001, Posadas *et al.* 2006, Echeverry 2011). Además, la biogeografía trasciende las disciplinas clásicas incluyendo temáticas como la geología, la geografía y la biología (Hernández & Bousquets 2000, Crisci 2001, Crisci *et al.* 2001, 2003, Cox & Moore 2006). Más importante aún, la biogeografía es una ciencia comparativa que interpreta la complejidad de las relaciones y distribuciones de la vida en la tierra con respecto a su historia geológica (Parenti & Ebach 2009).

Esta disciplina comprende un campo de estudio de integración que engloba un amplio rango de métodos, datos, ambientes y organismos. Asimismo, esta disciplina nos ayuda a comprender nuestro planeta y su geografía, geología y a sus organismos, donde han interactuado a lo largo del tiempo evolucionando juntos para formar las áreas que conocemos hoy en día (Huggett 2004, Parenti & Ebach 2009). A una escala mayor, la biogeografía proporciona la perspectiva histórica necesaria tanto para comprender la evolución de las biotas como así también la evolución geológica del planeta (Ebach & Humphries 2002, Almeida & Santos 2011).

El tema central en biogeografía evolutiva consiste en que la diferenciación biológica es el resultado de un proceso espacial y temporal. Para muchos biólogos evolutivos, la biogeografía parecería ser una disciplina de antaño que está fuera de lugar en la teoría de la evolución, la cual trata predominantemente sobre el registro fósil y la posible acción de la selección natural a través del tiempo (Grehan 2011). Sin embargo, la biogeografía debe ser central en la teoría evolutiva debido a que la evolución tiene lugar en el espacio y el tiempo, como así también en la forma biológica (Grehan 2011). A saber, el desarrollo de la disciplina como ciencia, especialmente a lo largo de los últimos tres siglos, tuvo una fuerte relación con el desarrollo y mejora de los sistemas de clasificación estables junto con un incremento

en el conocimiento de la distribución geográfica de las especies y la geología del planeta (Almeida & Santos 2011).

El estudio de las situaciones resultantes de eventos históricos constituye un desafío, ya que existe una multiplicidad de factores, pasados y presentes, que son responsables de la presencia de un grupo biológico en un área determinada (Huggett 2004, Cox & Moore 2006, Almeida & Santos 2011). Es exactamente ésta acumulación de eventos a lo largo del tiempo, lo que genera que la reconstrucción de la historia de la distribución espacial de linajes de organismos constituya una actividad compleja y que exija más que el desarrollo de un solo simple método analítico (Almeida & Santos 2011, Posadas *et al.* 2006). En este sentido, el enfoque científico de la biogeografía difiere de las llamadas ciencias experimentales, en las que experimentos controlados permiten comprender las causas de un evento y se presenta evidencia empírica para predecir eventos futuros de naturaleza semejante. Por ser una ciencia histórica, la biogeografía, contrariamente, regresa hacia el pasado para intentar establecer conexiones entre una serie de eventos responsables de situaciones que no pueden ser repetidas experimentalmente (Cox & Moore 2006, Almeida & Santos 2011).



*Euathlus* sp. (Theraphosidae).

## ***II. BIOGEOGRAFÍA HISTÓRICA***

Tradicionalmente, dentro de la biogeografía se reconocen dos líneas de investigación: la biogeografía ecológica y la biogeografía histórica (Crisci *et al.* 2000, 2006, Huggett 2004, Cox & Moore 2006). Mientras que la biogeografía ecológica se ocupa de cómo los procesos ecológicos, que suceden a escalas cortas de tiempo y a nivel local, actúan sobre los patrones de distribución de los seres vivos (Brown & Gibson 1983, Hernández & Bousquets 2000), la biogeografía histórica se ocupa de cómo aquellos procesos (por ej. evolutivos, tectónicos) que suceden en una gran escala de tiempo, a través de millones de años, afectan a dichos patrones (Morrone *et al.* 1996, Crisci *et al.* 2000, 2003, Morrone 2004). La biogeografía histórica procura descubrir patrones de distribución compartidos de los organismos que conforman una biota, en lugar de explicar la distribución de un solo organismo a la vez (Morrone & Crisci 1995, Andersson 1996, Parenti 2007). Asimismo, desde un enfoque evolutivo, una propuesta biogeográfica histórica representa un conjunto de hipótesis

referentes a la distribución de la biota y sus interpretaciones históricas (Morrone 2006). La distinción entre “ecológica” e “histórica” es artificial, pues implica dividir un continuo, donde los extremos son identificables fácilmente como “ecológico” o “histórico”, pero en la parte media resulta difícil justificar tal distinción, como ocurre con algunos enfoques, como la biogeografía de los refugios cuaternarios, la macroecología o la filogeografía (Morrone 2004). Finalmente, varios autores han criticado la falta de integración entre la biogeografía histórica y la ecológica, llegando a sostener que sería deseable integrarlas en un programa de investigación unificado (Morrone 1993, Holloway 2003, Crisci *et al.* 2006).

Desde hace aproximadamente unos 4,5 mil millones de años, el planeta ha sufrido una serie de alteraciones, más o menos drásticas, que influenciaron e influyen la evolución de las especies. Movimientos de las placas tectónicas, orogénesis, aparición y desaparición de ríos y otros cuerpos de agua, erosiones, severos cambios climáticos, ocurriendo a escalas de millones, decenas de millones o centenas de millones de años, son algunos de los eventos responsables de la continua modificación de las características de la tierra (Briggs 1995, Bassett 2009, Almeida & Santos 2011). Dichos eventos afectan la distribución de los seres vivos: por ejemplo, una población anteriormente continua se subdivide en subpoblaciones; una especie expande su rango de distribución por expansión de áreas aisladas anteriormente o grupos enteros pueden extinguirse a nivel local o global (Almeida & Santos 2011).

Dentro de la biogeografía histórica contemporánea existen tres procesos diferentes en el espacio-tiempo que pueden modificar la distribución espacial de los organismos, a saber: extinción de las poblaciones (o especies) en ciertas áreas; permanencia de los organismos en determinadas regiones del planeta, expansión o retracción de los límites de su distribución (dispersión); y finalmente, fragmentación de la distribución de una especie ancestral a partir del surgimiento de una barrera geográfica, aislando las poblaciones que se diferenciarán alopátricamente (vicarianza) (Crisci *et al.* 2000, 2003, Almeida & Santos 2011). La extinción, resultante de procesos estocásticos, comprende la muerte de todos los individuos de una población

local, de una especie o de un taxón de rango mayor, y ha sido aceptada por biogeógrafos sin ninguna controversia. Este no es el caso de los otros dos procesos, dispersión y vicarianza, siendo considerados durante mucho tiempo como dos explicaciones que compiten entre sí al analizar la distribución geográfica de los organismos (Crisci *et al.* 2000, 2003, Morrone 2004).

El más antiguo de estos dos enfoques es la biogeografía dispersalista, surgida a partir de las ideas de Linnaeus (1744), Darwin (1859) y Wallace (1876), que postula que son los organismos los que se dispersan sobre una geografía estable (Crisci & Morrone 1992, Llorente-Bousquets *et al.* 2000, Contreras *et al.* 2001). El rango de una población ancestral se encuentra limitado por una barrera, la cual es atravesada por algunos de sus miembros (Fig. 1A) (Morrone 2002). Si ellos colonizan la nueva área y permanecen aislados de la población original, se diferenciarán eventualmente en un nuevo taxón. Es en la dispersión donde la barrera es más antigua que la disyunción (Crisci *et al.* 2000, 2003, Morrone 2002). Estos eventos pueden ser fortuitos y dependen de características específicas de cada especie que determinan qué constituye una barrera para los organismos de cada taxón. Igualmente, la expansión de la distribución geográfica se relaciona con la vagilidad de los organismos y la relación entre preferencias ambientales y la disponibilidad de hábitats ecológicamente apropiados (Almeida & Santos 2011).

Como respuesta al enfoque dispersalista y con gran influencia sobre el desarrollo de la teoría vicariancista, surge la panbiogeografía, propuesta originalmente por León Croizat (1958). La panbiogeografía de Croizat comparte con la biogeografía de la vicarianza el principio de que la biota muestra áreas de distribución recurrentes, no explicable por dispersión aleatoria. Además, el espacio, el tiempo y la forma, son concebidas por Croizat ya no como categorías absolutas, sino en relación recíproca, proponiendo que la vida y la Tierra evolucionan juntas. Este autor realizó énfasis en el análisis conjunto de diferentes taxones para buscar patrones comunes de distribución, evitando analizar un solo taxón. Esto se debe a que

distintas capacidades de dispersión pueden compartir similitudes en sus distribuciones (Craw *et al.* 1999).

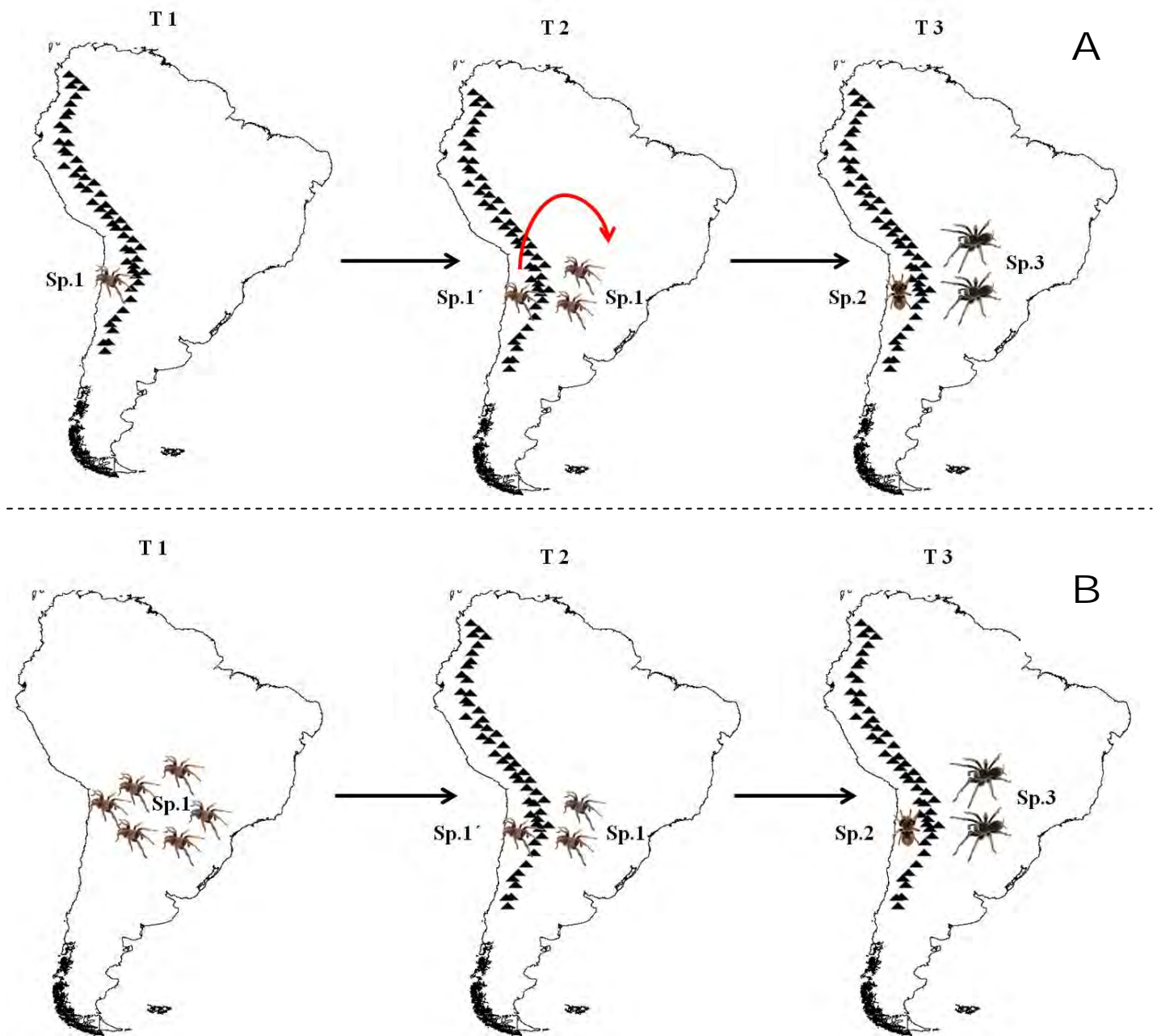


Figura 1. Representación de dos escenarios biogeográficos alternativos para explicar la disyunción espacial de dos especies hermanas, los escenarios son representados en tres momentos diferentes llamados T1, T2 y T3. A. La especie 1 (ancestro común inmediato de 2 y 3) poseía como límite Este la Cordillera de los Andes; individuos que se dispersan al Este en el momento T2, posibilitarán el establecimiento de una nueva población. En el momento T3, las especies 2 y 3 se encontrarán aisladas y diferenciadas. B. La especie 1 se distribuía ampliamente en América del Sur, previamente al surgimiento de los Andes. Este evento geológico resulta en el aislamiento de dos poblaciones en el momento T2 posibilitando la diferenciación de las especies descendientes 2 y 3, una situación de vicarianza seguida de especiación alopátrica.

El surgimiento de barreras geográficas y una consecuente fragmentación del área de distribución ancestral de las especies, resultando en la formación de especies descendientes alopátricas, pueden ser considerados una serie de eventos independientes de los atributos de los propios organismos. En la vicarianza (Croizat *et al.* 1974, Nelson & Platnick 1980, 1981, Nelson & Rosen 1981), la población ancestral se divide en dos subpoblaciones por el desarrollo de barreras que sus miembros no pueden atravesar, por lo que la barrera no puede ser más antigua que la disyunción (Fig. 1B) (Crisci *et al.* 2000, 2003). La vicarianza comprende a su vez, tres tipos de eventos:

- Eventos de vicarianza seguidos de especiación (este proceso produce especies hermanas en áreas hermanas).
- Eventos de vicarianza seguidos de especiación, pero que se producen *a posteriori* de un evento previo de especiación que fue independiente de la vicarianza del área.
- Eventos de vicarianza sin especiación (este proceso produce una especie ampliamente distribuida).

Finalmente, a pesar de que los biogeógrafos del siglo XIX prefirieron a la dispersión sobre una geografía estable como el mecanismo primario, a mediados del siglo XX surgió la vicarianza como una explicación alternativa a la dispersión (Morrone 2004). Sin embargo, Grehan (1991) postula que no consiste en elegir un mecanismo u otro, sino que hay que desarrollar un razonamiento diferente. A partir de allí surge que el proceso de vicarianza también incluye a la dispersión, aunque esta ocurre antes de que surjan las barreras geográficas (Cook & Crisp 2005, Halas *et al.* 2005, McGlone 2005, de Queiroz 2005, Cowie & Holland 2006). Por lo tanto, las distribuciones geográficas de las especies evolucionan en dos etapas (Morrone 2004):

- Cuando los factores climáticos y geográficos son favorables, los organismos expanden su área de distribución geográfica de acuerdo con sus capacidades de dispersión o vagilidad, adquiriendo su distribución ancestral. Esta etapa corresponde al proceso de dispersión.
- Cuando los organismos han ocupado todo el espacio geográfico o ecológico disponible, su distribución se estabiliza. Este período permite el aislamiento espacial de las poblaciones en distintos sectores del área, mediante el surgimiento de barreras geográficas y la consecuente diferenciación de nuevas especies. Esta etapa corresponde al proceso de vicarianza.





*Acanthogonatus confusus* Goloboff 1995 (Nemesiidae).

### III. ÁREAS DE ENDEMISMO

Pocos conceptos en biogeografía histórica han causado tanta controversia como el de área de endemismo. Un área de endemismo generalmente comprende una región geográfica determinada a partir de la combinación de áreas de distribución de especies o taxones endémicos, esto es, especies con ocurrencia exclusiva en una región en particular (Morrone 1994a, Linder 2001, Casazza & Minuto 2009, Carvalho 2011). Por otra parte, a través de la historia, se ha visto que en las distintas regiones del planeta hay conjuntos de especies que muestran áreas de distribución coincidentes y que no existen en otras áreas. Estas regiones son conocidas como áreas de endemismo y pueden ser definidas sobre la base de un conjunto de especies pertenecientes a taxones no relacionados que ocupan un hábitat determinado y que no existen en otras áreas (Nelson & Platnick 1981, Roig-Juñent *et al.* 2002).

Existen dos razones principales para la importancia del reconocimiento de las áreas de endemismo: (a) son las de menor unidad en biogeografía histórica y, como

tales, constituyen la base para la construcción de hipótesis sobre los procesos responsables en la formación de la biota de una región (Linder 2001, Szumik *et al.* 2002); (b) las áreas de endemismo poseen un conjunto de especies únicas que pueden ser priorizadas en programas de conservación (Carvalho 2011). A su vez, la delimitación constituye uno de los pasos fundamentales y uno de los más problemáticos en un análisis biogeográfico histórico (Crisci *et al.* 2000, Szumik *et al.* 2002, Domínguez *et al.* 2006). La base para el reconocimiento de las áreas de endemismo es la distribución congruente de taxones endémicos (Platnick 1991, Morrone 1994a, Szumik *et al.* 2002). Las áreas de endemismo resultan difíciles de reconocer debido a que los patrones biogeográficos básicos son oscurecidos por varios factores, como la dispersión, extinción, etc. (Domínguez *et al.* 2006).

A pesar de ser una condición básica en estudios de biogeografía histórica (Deo & DeSalle 2008), existen diversos criterios para la definición de un área de endemismo. El mayor número de definiciones se concentra en el reconocimiento del grado de congruencia de la distribución de especies o taxones en un área. Dentro de este tipo de definición, varios conceptos fueron resumidos por Morrone (2009):

- Áreas razonablemente pequeñas con un número de especies significativo que ocurren apenas en esas áreas; áreas delimitadas por distribuciones coincidentes de taxones que no están presentes en otras áreas (Nelson & Platnick 1981).
- Áreas definidas por los límites de distribución congruente de dos o más especies (Platnick 1991).
- Áreas definidas por la distribución de taxones endémicos que ocurren en áreas determinadas (Humphries & Parenti 1999).

- Áreas delimitadas por la distribución congruente de, por lo menos, dos especies de distribución restringida, con las áreas de distribución de dichas especies fuertemente congruentes (Linder 2001).
- Áreas con numerosas especies que se encuentran solamente en áreas determinadas y no en otras (Szumik *et al.* 2002).

Las áreas de endemismo constituyen hipótesis que pueden ser puestas a prueba y modificadas mediante la incorporación de nuevos datos de distribución. Además, poseen la misma interpretación en sistemática que cuando los taxones no monofiléticos son redefinidos (Nelson & Platnick 1981). Las relaciones entre taxones en tres o más áreas conforman caracteres u homologías que sugieren la relación entre dichas áreas (Humphries & Parenti 1999). Esas relaciones pueden ser testadas a la luz de nuevos datos disponibles, pudiendo indicar una relación histórica entre las áreas de endemismo (Carvalho 2011).



*Catumiri parvum* (Keyserling 1878) (Theraphosidae).

#### ***IV. MARCO GEOLÓGICO***

La historia evolutiva de América del Sur en los últimos 250 millones de años (Ma) está relacionada a una sucesión de grandes eventos geológicos que han modificado tanto a los continentes como a las cuencas oceánicas en cuanto al clima y a la propia evolución de las especies. Cabe, por lo tanto, destacar que en la historia de la Tierra, el único factor inmutable es la continuidad de las transformaciones. En este sentido, los últimos 250 Ma de historia de nuestro planeta presentan numerosas particularidades (Lavina & Fauth 2011).

Por otra parte, los arácnidos son raros en el registro fósil debido a la naturaleza terrestre de sus hábitats, alejados de los lugares donde se depositaron sedimentos para formar rocas y a sus esqueletos blandos biodegradables. Sin embargo, entre los arácnidos fósiles las arañas son relativamente frecuentes, y se conocen de todos los períodos geológicos a partir del Carbonífero (Selden & Gall 1992, Selden 1996, Selden *et al.* 2006, Dunlop *et al.* 2009, Dunlop 2010). Por lo tanto,

la diversificación del linaje de las arañas del infraorden Mygalomorphae habría comenzado hace más de 200 millones de años, durante inicio del Mesozoico (Dunlop 2010) y las especies de este infraorden posiblemente habrían presentado una distribución mundial antes de la separación del supercontinente Pangea (Selden & Gall 1992).

Teniendo en cuenta el posible tiempo de origen y registro de las arañas, junto con la ausencia del registro de arañas fósiles previo al Carbonífero, se comentarán los cambios geológicos y climáticos-ambientales más relevantes en el Sur de América del Sur a partir de la era Mesozoica hasta la actualidad.

#### ***IV.1- Evolución geológica de América del Sur.***

Al comienzo de la era Mesozoica, la geografía del planeta se encontraba dominada por Pangea, cercada por un único e inmenso Océano denominado “Panthalasa”, cuya representación actual correspondería al Océano Pacífico (Fig. 2). Por lo tanto, América del Sur, tal y como la conocemos hoy en día, no poseía división en relación al resto de los demás terrenos gondwánicos (Lavina & Fauth 2011). El territorio sudamericano se ubicaba en el sector Sudoeste de Pangea conectado directamente con África y la Antártida. Sus rocas más antiguas pertenecen a los cratones de Amazonas, San Francisco, Río de La Plata, San Luis y Luis Alves, que registran una historia geológica anterior a mil millones de años, proporcionando elementos importantes para la construcción de la historia precámbrica de la tierra (De Wit *et al.* 2008). Sobre éstos cratones, las cuencas sedimentarias, ocasionalmente de grandes dimensiones, se desarrollaron durante el Mesozoico y Paleozoico. Las rocas más jóvenes, y especialmente las cuencas sedimentarias que evolucionaron durante el Mesozoico y el Cenozoico (por ejemplo, cuencas del Paraná, Paranaibá, Amazonas y Neuquén, y cuencas cercanas a los Andes), están relacionadas con los eventos geológicos ocurridos en los últimos 250 Ma (Lavina & Fauth 2011).

Durante el Triásico, un clima árido predominaba en toda la parte Norte, desde el Sur de la provincia de Buenos Aires hasta el Norte de Brasil, Guyana, Venezuela y el margen Oeste del continente. Esto se debió, principalmente, a la gran extensión de tierra en la latitud tropical (Hallam 1985) junto con el desarrollo a nivel mundial de un sistema de grandes monzones (Parrish 1993). Las condiciones de mayor humedad se encontraban hacia la parte Sur, lo que hoy constituye Tierra del Fuego y la Patagonia. Hacia el margen Oeste, en lugar de la Cordillera de los Andes, un inmenso sistema volcánico, que se tornó activo hacia la parte superior del Pérmico (270 Ma), se encontraba en pleno desarrollo (Lavina & Fauth 2011).



Figura 2. Configuración del supercontinente neopaleozoico Pangea. CH = Chilenia, CP = Caba + Preme, P = Pampia, RLP = Río de La Plata, AM = Amazonia, PIM = Patagonia-Islas Malvinas, PA = Península Antártica, EW = Ellsworth-Whitmore, AU = Australia, PP = Papúa-Nueva Guinea, M = Madagascar, AR = Arabia, TU = Turquía, IR = Irán, TB = Tíbet, B = Barentia, C = Corea, BA = Báltica, HE = Hispania-Europa Central, G = Groenlandia. Modificado de Sureda & Omarini (1999).

La separación entre continentes involucra largos períodos de tiempo, encontrándose siempre ligada a importantes episodios volcánicos, extensas regiones afectadas por terremotos, y eventos de expansión y retracción de grandes áreas,

marcando la historia geológica de América del Sur y que ocurren hasta hoy en día. La apertura y surgimiento del Océano Atlántico tiene inicio luego de la separación de Pangea, durante la fase de fragmentación de Gondwana (Fig. 3), que ocurrió durante el final del Triásico e inicio del Jurásico (Lavina & Fauth 2011). La división entre África y América del Sur se dio a partir de los extremos Norte y Sur, como dos separaciones continentales prácticamente simultáneas. La primera comenzó hace aproximadamente unos 222 Ma en la región de Venezuela, y está relacionada con la separación entre el Norte de África y América del Norte. El segundo evento de separación comenzó hace unos 200 Ma en el Sur de Argentina (al Norte de las Islas Malvinas) y África del Sur. Estas aperturas oceánicas al Norte y Sur funcionaron como una especie de “cierre o cremallera”, en las cuales, la corteza oceánica fue siendo rasgada con sentido Este-Oeste en la región de Venezuela y con un sentido Sur-Norte a partir de Argentina (Lavina & Fauth 2011). El último nexo físico entre América del Sur y África se rompió al inicio del Cretácico (110 Ma) (Arthaud *et al.* 2008).

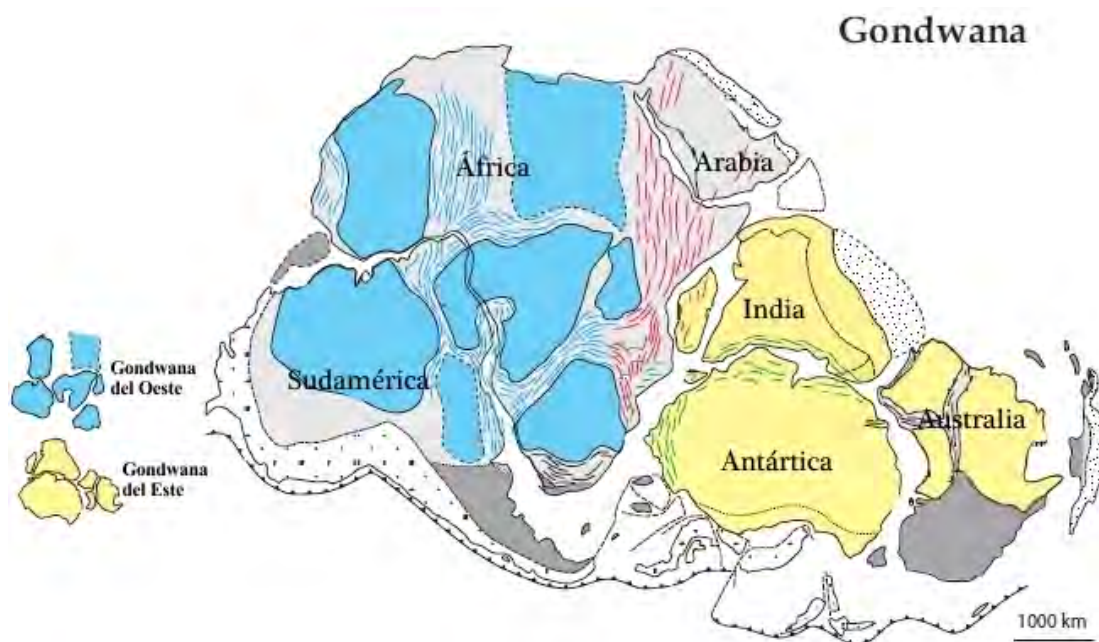


Figura 3. Configuración del supercontinente Gondwana. Modificado de Meert & Lieberman (2008).

La fragmentación de Pangea y Gondwana durante el Cretácico produjo estiramiento de la corteza, reduciendo la corteza continental y provocando la elevación progresiva del nivel del mar. La invasión del mar sobre grandes extensiones

continentales permitió el establecimiento de condiciones ambientales húmedas y el desarrollo de la flora en varios continentes. A modo general, sin embargo, luego de la separación de África, la mitad Norte de América del Sur continuó con clima cálido y seco hasta el final del Mesozoico. Por otra parte, la Patagonia y Norte de la península Antártica, han mantenido la mayor parte del tiempo condiciones climáticas más húmedas (Lavina & Fauth 2011).

Uno de los eventos más importantes en la evolución del Sur de América del Sur es, sin dudas, el levantamiento de los Andes, provocando no solo importantes cambios tectónicos, sino también grandes cambios climáticos (Gregory-Wodzicki 2000). La Cordillera de los Andes evolucionó de diferentes formas a lo largo de su gran extensión debido a la variación en las fuerzas tectónicas. En los últimos 200 Ma, dos grandes eventos contribuyeron a la formación de la geografía andina actual. El primero se relaciona con la separación de África y la migración del continente sudamericano hacia el Oeste. Este hecho generó una tensión al límite con la placa Nazca (Océano Pacífico), como así también una expansión de la corteza produciendo las primeras elevaciones del terreno, asociada a una cadena de picos volcánicos. El segundo, y más fuerte de los eventos, se inició a fines del Mesozoico, y estuvo relacionado con la intensificación de las fuerzas convergentes al límite con la placa Nazca, generando el cordón montañoso Patagonides. La principal consecuencia fue la subducción de la placa Nazca por debajo de la placa sudamericana (Lavina & Fauth 2011).

La intensificación del levantamiento de los Andes provocó cambios climáticos sustanciales en el margen Oeste de la placa sudamericana, por ejemplo, al Norte de la Patagonia Argentina, el mar interno que existía al Este de los Andes desde el inicio de la era Cenozoica desaparece y el clima se torna extremadamente árido (Gregory-Wodzicki 2000, Lavina & Fauth 2011).

Durante el Paleogeno (Paleoceno-Oligoceno, 65-25 Ma) se registró una pausa en el levantamiento de los Andes y en la retracción marina (Uliana & Biddle 1988,



Pascual *et al.* 1996, Ortiz-Jaureguizar & Cladera 2006). Asimismo, hacia fines del Cretácico e inicio del Paleoceno, la ausencia de barreras topográficas a nivel continental permitió la extensión de la transgresión marina Atlántica (denominada “Mar de Salamanca”) que cubrió la mayor parte del Sur de América del Sur, desde la Patagonia en el Sur hasta Bolivia y Perú en el Norte (Fig. 4). Esta vía marítima permitió la división del continente en dos grandes regiones: Noreste y Sudeste. Además, el área Sudoeste se dividió en numerosos y extensos territorios insulares (Pascual *et al.* 1996, Donato *et al.* 2003, Ortiz-Jaureguizar & Cladera 2006). Obviamente, esta transgresión marina influyó el clima y la distribución espacial de la biota continental (Wilson & Arens 2001).

Durante el inicio del Eoceno (55-33 Ma), una regresión local de áreas de la plataforma Atlántica formó una conexión terrestre entre Patagonia e Islas Malvinas, causando una marcada continentalidad y estacionalidad climática (Uliana & Biddle 1988, Markgraf *et al.* 1996). A fines del Eoceno, se registró una deformación tectónica en la Cordillera de los Andes en Bolivia, Perú, Sur de Chile y Argentina (Riccardi & Rolleri 1980, Marshall & Sempere 1993, Malumián 1999, Salfity & Marquillas 1999). Como consecuencia de este evento, el Sur de los Andes se reactiva en el centro de la Patagonia provocando una fuerte regresión marina (Ricardi & Rolleri 1980, Haq *et al.* 1987, Ortiz-Jaureguizar & Cladera 2006).



Figura 4. Áreas geográficas principales del Sur de Sudamérica afectadas por la transgresión marina hacia fines del Cretácico y comienzo del Paleoceno (Modificado de Ortiz-Jaureguizar & Cladera 2006).

La mayor parte del Oligoceno (33-23 Ma) fue un período de quiescencia tectónica (Malvicini & Llambías 1982). Hacia fines del Oligoceno (aproximadamente 25 Ma) el cambio en la dirección de convergencia entre las placas de Nazca y Sudamericana indujeron cambios importantes en el cordón montañoso de los Andes, por ejemplo, la actividad ígnea se expandió hacia grandes áreas e invadió las tierras altas en el centro-Oeste de Argentina, Bolivia y Perú, pero en el Sur de Argentina y Chile la actividad magmática fue menor (Uliana & Biddle 1988, Donato *et al.* 2003, Donato 2006, Ortiz-Jaureguizar & Cladera 2006). Luego, hacia fines del Oligoceno y comienzos del Mioceno (26-20 Ma), la actual configuración morfo-estructural de los Andes comenzaba su desarrollo. Asimismo, durante este período, ocurrió una nueva transgresión marina Atlántica Patagónica (denominada “Mar Patagónico”) en las mismas áreas generales que habían sido cubiertas previamente por el “Mar de Salamanca” (Ortiz-Jaureguizar & Cladera 2006). Al mismo tiempo, durante la última

fase de esta transgresión, ocurrió una transgresión del Pacífico en el margen Oeste de Sudamérica (Malumián 1999).

Aproximadamente hacia la mitad del Mioceno (17-15 Ma), se instaló en la Patagonia una estacionalidad climática bien definida (Tauber 1997). Además, durante este período, se registraron tres transgresiones marinas sucesivas del Atlántico en el Sur de América del Sur, todas ellas conocidas como “Mar del Paraná” (Fig. 5) (Ortiz-Jaureguizar & Cladera 2006). En consecuencia, una nueva vía marítima separó los ambientes terrestres del Norte, dividiendo virtualmente todo el Este de Argentina, Oeste de Uruguay, Sur de Paraguay y Sudeste de Bolivia. Además, durante este período, aumentó el gradiente térmico en el sentido ecuador-polo, como resultado del levantamiento de los Andes y de la glaciación Antártica en el Oeste (Hinojosa & Villagrán 1997, Gregory-Wodzicki 2000, Zachos *et al.* 2001).

Finalmente, las cordilleras centrales y Patagónicas se elevaron sucesivamente hacia los 14-10 Ma aproximadamente, formando una barrera para los vientos del Pacífico Sur (Riccardi & Rolleri 1980). El efecto resultante, conocido como “rain-shadow” hacia el Este de la Patagonia, condujo a la diferenciación temprana de las subregiones biogeográficas conocidas en la actualidad como Subantártica y Patagonia (Pascual *et al.* 1996). Hacia fines del Mioceno y comienzo del Plioceno (5-2 Ma) se registra la elevación de la Cordillera de los Andes en el centro de Argentina y Chile, como así también de los sistemas orográficos al Este de Argentina (por ejemplo, Puna y Sierras Pampeanas). Estos eventos produjeron notables consecuencias ecológicas, produciendo un efecto “rain-shadow” que resultó en condiciones extremadamente áridas presente en las áreas que se encuentran entre dichos sistemas orogénicos (Pascual *et al.* 1996, Alberdi *et al.* 1997, Donato 2006). La elevación final de la Puna, también provocó efectos dramáticos en la biota, instalando condiciones climáticas extremas, como así también una gran aridez en la zona que conocemos hoy en día (Ortiz-Jaureguizar & Cladera 2006).



Figura 5. Áreas geográficas principales del Sur de Sudamérica afectadas por la transgresión marina durante el Mioceno (Modificado de Ortiz-Jaureguizar & Cladera 2006).

Durante el Pleistoceno, el avance cíclico y retroceso de los glaciares produjo una marcada expansión y retracción de los biomas áridos (como savanas, estepas) y húmedos (como bosques tropicales y subtropicales). Este patrón generó distintas oportunidades para la biota que ocupaba esos hábitats, mientras que al mismo tiempo produjo altas tasas de extinción como consecuencia de la reducción de áreas favorables (Marshall & Cifelli 1990).

Las diferencias más evidentes entre las condiciones climáticas y ambientales del Terciario y el Cuaternario están relacionadas con la amplitud y la frecuencia de dichos cambios. Durante el Terciario, los registros geológicos y bióticos muestran períodos largos de condiciones ambientales uniformes, interrumpidas esporádicamente por períodos de cambios geológicos cortos pero intensos. Por otra parte, los cambios climáticos ocurridos durante el Cuaternario presentan mayor amplitud y frecuencia. Ambos tipos de cambios produjeron efectos diferentes sobre la

biota: los cambios durante el Terciario han modificado drásticamente la composición taxonómica y ecológica de la biota, actuando en sentido de cladogénesis, extinción, e inmigración; por otro lado, los cambios del Cuaternario fueron responsables de la modificación de los patrones de distribución de los organismos, expandiendo o contrayendo las áreas de distribución de los taxones, comunidades, y biomas (Pascual 1984a, b; Cronin 1985, Ortiz-Jaureguizar 1986, Pascual & Ortiz-Jaureguizar 1990, Pascual *et al.* 1996, Ortiz-Jaureguizar & Cladera 2006).

#### *IV.2- Arco peripampásico.*

En la Argentina existen numerosos sistemas orogénicos extraandinos, los cuales han llamado la atención de los biogeógrafos por las relaciones particulares mostradas por su biota (Roig-Juñent *et al.* 2003). Uno de ellos es el conocido sistema de “Sierras Peripampeanas” (De La Sota 1967), “Arco Orogénico Peripampásico” (Frenguelli 1950) o “Trazo Peripampásico” (Acosta 1989, 1993, Mattoni & Acosta 1997). Estas Sierras Peripampeanas han sido consideradas como sistemas orogénicos antiguos que estaban relacionados con sistemas afines de África del Sur (Jeannel 1967, Cicchino & Roig-Juñent 2001). En América del Sur dicho sistema describe un arco que comienza en el Sur de Brasil, continúa en las sierras del Sureste de Uruguay, luego en Argentina en la provincia de Buenos Aires en los sistemas de Tandilia y Ventania, las Sierras de la provincia de Córdoba (Pampa de Achala), para finalizar en las Sierras Subandinas de las provincias de Tucumán, Salta y Jujuy (Frenguelli 1950). Además, se presume que dichos sistemas serranos exhibían conexiones antiguas de sus biotas, que posteriormente han sufrido fragmentación, posiblemente durante el Terciario (Ringuelet 1961, Acosta 1989, 1993, Mattoni & Acosta 1997, Crisci *et al.* 2001).

Las Sierras Subandinas conforman un grupo montañoso en el Noroeste de Argentina, extendiéndose en las provincias de Tucumán, Salta y Jujuy entre los 23°22' latitud Sur - 65°19' longitud Oeste y los 28°51' latitud Sur - 65°34' longitud

Oeste. Estas sierras marcan el límite Este de los Andes centrales desde Perú hasta el Norte de Argentina (Echavarría *et al.* 2003). Este sistema presenta montañas con altitudes entre los 3000 y 5000 metros sobre el nivel del mar (Fig. 6) (Mingramm *et al.* 1980). Sobre el lado Este de los Andes predominan las rocas de origen Cámbrico y Precámbrico, mientras que las Sierras Subandinas, se caracterizan por poseer rocas pertenecientes al Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico. El levantamiento de dicho sistema habría comenzado en el Terciario junto con el inicio de la orogenia de los Andes y se extendió hacia el Cuaternario (Mingramm *et al.* 1980, Echavarría *et al.* 2003, Poblet *et al.* 2008). Durante este período, se registraron dos eventos de deformación: el más antiguo comenzó sobre el Oeste de las sierras entre los 9 y los 8,5 Ma, propagándose gradualmente hacia el Este, y finalizando a los 1,2 Ma aproximadamente; el segundo evento de deformación, más reciente, comenzó hacia los 4,5 Ma y continúa en la actualidad (Echavarría *et al.* 2003, Poblet *et al.* 2008).



Figura 6. Sierras Subandinas en la provincia de Salta, cerca de la localidad de Cachi.



El sistema montañoso denominado Sierras Pampeanas se localiza al Noroeste y centro de Argentina entre los  $29^{\circ}41'$  latitud Sur –  $64^{\circ}51'$  longitud Oeste y los  $33^{\circ}20'$  latitud Sur –  $65^{\circ}33'$  longitud Oeste. Las Sierras Pampeanas se ubican en las provincias de Córdoba, al Este de Catamarca, San Luis y Santiago del Estero. Dicho sistema presenta alturas máximas de 3000 metros sobre el nivel del mar rodeado por llanuras de unos 600 a 900 metros sobre el nivel del mar (Fig. 7) (Gordillo & Lencinas 1980). Las Sierras Pampeanas están compuestas por un conjunto de elevaciones orientadas con sentido Norte-Sur, y limitadas por fallas inversas neógenas debidas a la orogenia Andina (Baldo *et al.* 1996). Estas sierras están formadas por rocas metamórficas Neoproterozoicas y del Paleozoico temprano junto con granitoides Paleozoicos (Gordillo & Lencinas 1980, Kraemer *et al.* 1995, Baldo *et al.* 1996, Rapela *et al.* 1998, Bonalumi *et al.* 1999, Guerreschi & Martino 2008). Finalmente, la elevación de las Sierras Pampeanas se registró a partir del Cuaternario durante el ciclo orogénico de los Andes (Von Gosen 1998, Guerreschi & Martino 2008).



Figura 7. Sierras Pampeanas en la provincia de Córdoba.

El sistema de Ventania, ubicado al Sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina ( $38^{\circ}07'$  latitud Sur –  $62^{\circ}03'$  longitud Oeste) comprende un cordón serrano de 180 kilómetros de extensión y 50 kilómetros de ancho con sentido Noroeste-Sudoeste (Fig. 8) (Demoulin *et al.* 2005). El sistema de Ventania constituye el afloramiento más importante, dentro de la placa Sudamericana, de una extensa cuenca Paleozoica desarrollada en el margen de Gondwana y que, junto con otros sectores ahora expuestos en Sudáfrica, Australia y Antártida, resultó deformado durante el Permo-Triásico para formar Gondwánides (Sellés-Martínez 2001). El sistema está conformado por un basamento sedimentario compuesto por granitos deformados durante fines del Devónico y Pérmico (380-250 Ma) (Sellés-Martínez 2001, Gregori *et al.* 2005).



Figura 8. Sistema de Ventania en el Sudoeste de la provincia de Buenos Aires.

Las sierras de Tandil, también conocidas como sistema de Tandilia o Sierras Septentrionales se localizan al Sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, aproximadamente a los  $37^{\circ}19'$  latitud Sur –  $59^{\circ}09'$  longitud Oeste. El cordón serrano, de unos 350 kilómetros de longitud, presenta un sentido general Noroeste-Sudeste desde Olavarría hasta Mar del Plata (Dalla Salda *et al.* 2006, González-Bonorino *et al.* 1956, Demoulin *et al.* 2005). El cordón serrano es discontinuo y de relieve general



bajo, y su zona central se ensancha hasta unos 60 kilómetros (Fig. 9) (Dalla Salda *et al.* 2006). El sistema de Tandilia constituye la región más estable de la Argentina que, junto con la Isla Martín García, Oeste de Uruguay y Sur de Brasil conforman el Cratón del Río de La Plata (Dalla Salda *et al.* 1988, Dalla Salda 1999). Tandilia se caracteriza por su gran antigüedad, larga historia geológica, diversidad de rocas ígneo-metamórficas, estructuras, y por una cubierta Precámbrica-eopaleozoica (Dalla Salda *et al.* 2006). Asimismo, el basamento ígneo-metamórfico se encuentra cubierto por rocas sedimentarias pertenecientes al Neoproterozoico y comienzo del Paleozoico (2620-2680 Ma) (Teruggi & Kilmurray 1975, Pankhurst *et al.* 2003, Gómez-Peral *et al.* 2007).



Figura 9. Sistema de Tandilia en el Sudeste de la provincia de Buenos Aires.

La isla Martín García se encuentra ubicada inmediatamente al Sur de la desembocadura del río Uruguay, dentro del ambiente del Río de La Plata superior y cercana al límite Sur del delta de los ríos Paraná y Uruguay. La isla se encuentra a unos 37,5 kilómetros de distancia de la costa argentina y a 3,5 kilómetros de la costa

uruguaya (Dalla Salda 1981). Presenta una forma rectangular ligeramente elíptica, alargada en sentido Norte-Sur, diseño controlado por la estructura del basamento cristalino que la conforma (Fig. 10). Cubre una superficie aproximada de 168 hectáreas y constituye la más elevada del ambiente deltaico rioplatense (25 metros sobre el nivel del mar). La isla Martín García, la cual forma parte del Cratón del Río de La Plata (Linares & Latorre 1969, Dalla Salda 1981), consiste en un pequeño remanente de rocas ígneas y metamórficas del basamento cristalino precámbrico, casi totalmente cubierto por sedimentos pleistocénicos y holocénicos (Dalla Salda 1981, Ravizza 1984).

Las rocas del basamento cristalino aflorantes corresponden al Precámbrico medio a superior (Almeida 1971, Dalla Salda 1981). Asimismo, es posible decir que las edades más antiguas de las rocas datadas corresponden a los 2085 - 2050 Ma. (Dalla Salda 1981).



Figura 10. Isla Martín García en el Río de la Plata.

El Cratón del Río de La Plata es el núcleo más antiguo y Sur de Sudamérica constituyendo una pieza clave en el ensamblaje del Sudoeste de Gondwana (Rapela *et al.* 2011). A pesar de que en su mayor extensión se encuentra cubierto por sedimentos recientes (Rapela *et al.* 2011), la gran parte del basamento cristalino del Cratón está cubierta por rocas del Neoproterozoico y comienzo del Paleozoico (Pankhurst *et al.* 2003). En Argentina, rocas pertenecientes a este Cratón se encuentran en la isla Martín García (Dalla Salda 1981, Pankhurst *et al.* 2003) y en el sistema de Tandilia (Cingolani & Dalla Salda 2000, Teixeira *et al.* 2002, Rapela *et al.* 2007). A pesar de que el límite Oeste del Cratón del Río de La Plata aún se encuentra en debate, numerosos autores propusieron que el límite se encuentra en contacto con las rocas del Paleozoico temprano al Este de las Sierras Pampeanas (Booker *et al.* 2004, Rapela *et al.* 2007, Rapela *et al.* 2011).

Además, dentro del Cratón se encuentra la mayor parte del territorio de Uruguay (Rapela *et al.* 2007) con rocas pertenecientes al Proterozoico temprano (2500-2000 Ma). Por lo tanto, en Uruguay, el Cratón del Río de La Plata se conforma de tres unidades tectónicas denominadas de Oeste a Este: Piedra Alta, Nico Pérez y Cuchilla Dionisio (Hartmann *et al.* 2001). Piedra Alta y Nico Pérez comprenden esencialmente unidades del Arcaico y Paleoproterozoico, mientras que Cuchilla Dionisio ha sido considerado como un cinturón móvil que definiría el límite Este del Cratón (Hartmann *et al.* 2001). El límite Norte del Cratón del Río de La Plata estaría ubicado en el Sudeste de Brasil, en los estados de Santa Catarina y Rio Grande do Sul (Saalman *et al.* 2006, Rapela *et al.* 2007). Además, los estados de Santa Catarina y Paraná presentan bloques y microplacas arcaicas y paleoproterozoicas con patrones de edades similares a las del Cratón (Rapela *et al.* 2007, Rapallini & Bettucci 2008). Las características evolutivas más significativas del Cratón del Río de La Plata comprenden: una litología dominada por rocas jóvenes del Paleoproterozoico del ciclo Transamazónico con edades de aproximadamente 2140-2180 Ma; y la ausencia de grandes eventos durante el Mesoproterozoico o incluso más recientes (Preciozzi *et al.* 1999, Pankhurst *et al.* 2003).



*Grammostola vachoni* Schiapelli & Gerschman 1961 (Theraphosidae).

## V. ARAÑAS MYGALOMORPHAE

Las arañas pertenecientes al infraorden Mygalomorphae representan uno de los tres linajes principales dentro de las arañas (Platnick & Gerstch 1976, Coddington 2005) y constituyen el grupo hermano de las arañas más comúnmente conocidas, las del infraorden Araneomorphae. En términos de diversidad, las migalomorfas comprenden aproximadamente 2693 especies distribuidas en 326 géneros y 15 familias (Platnick 2012). Dicha diversidad conocida de especies representa sólo el 7% respecto de la diversidad de arañas del infraorden Araneomorphae, por lo que las tasas de diversificación de estos dos grupos hermanos difieren claramente; las posibles causas de este fenómeno aún permanecen desconocidas (Coddington 2005). Estas arañas se distribuyen prácticamente en todo el mundo, pero las regiones tropicales y templadas australes de Sudamérica, junto con el Sur de África y Australasia conforman centros de diversidad genética o centros de masa, en términos biogeográficos (Raven 1985, Platnick 2012).

Las arañas migalomorfas se reconocen fácilmente por: a) la posición paralela de sus quelíceros (apéndices utilizados para capturar las presas e inyectar el veneno), o sea que mueven sus apéndices de arriba hacia abajo sobre un eje axial; b) hileras

posteriores triarticuladas; c) presencia de cuatro pulmones y d) ausencia de láminas maxilares (Raven 1985, Coddington 2005). Otra característica es que usualmente presentan sólo dos pares de hileras (apéndices abdominales modificados que producen la seda) aunque excepcionalmente pueden tener sólo un par (*Diplotheopsis*) o a veces tres pares, como las migalomorfas de las familias Mecicobothriidae y Hexathelidae. Además, se distinguen por la presencia de cúspulas en el labio y maxilas. Estas estructuras rígidas ubicadas en el labio y maxilas ayudan a mantener la presa cerca del área bucal. También se reconocen por la presencia de “sigillae” (pequeñas manchas en el esternón que funcionan como apodemas de inserción muscular) (Raven 1985).

Muchas de sus especies podrían considerarse como “súper mamíferos”: son arañas con ciclos de vida extensos, generalmente poseen sólo una camada de crías por año, y muestran altos valores de endemidad local (Raven 2010). Como tales, se encuentran entre las primeras arañas que han sido categorizadas como especies amenazadas, pero usualmente, debido a sus hábitos crípticos y comportamiento constructor de cuevas, el conocimiento sobre sus aspectos biológicos es limitado. Además, algunas migalomorfas presentan características biológicas que difieren de las demás arañas: por ejemplo, algunas especies pueden vivir entre 15 y 30 años y tardar entre 5 y 7 años en alcanzar la madurez sexual (Main 1978); son especialistas y dependientes de un tipo determinado de hábitat y las hembras generalmente son sedentarias (Main 1987, Coyle & Icenogle 1994). Por otra parte, una característica importante de las arañas migalomorfas es que los juveniles de sólo un par de especies de este grupo se dispersan utilizando el viento, fenómeno conocido como “balloning” (Coyle 1983, Coyle *et al.* 1985), por lo que la dispersión de la mayoría de las especies se encuentra limitada a la locomoción. Es por esto, que los juveniles de las arañas migalomorfas no se dispersan lejos de su madre y las poblaciones presentan distribuciones espaciales agregadas (Fig. 11).





Figura 11. Juveniles de una especie de Mygalomorphae, *Grammostola vachoni* Schiapelli & Gerschman 1961 (Theraphosidae). Nótese la pequeña distancia entre las cuevas de ambos individuos.

Las características biológicas de las Mygalomorphae y su historia de vida promueven la fragmentación geográfica a lo largo del espacio y el tiempo, resultando en un gran número de taxones que presentan pequeñas distribuciones geográficas (Bond *et al.* 2006). Por lo tanto, las arañas migalomorfas conforman un grupo simple e informativo desde un punto de vista biogeográfico: son animales con una vagilidad reducida y mecanismos de dispersión limitados, presentan hábitos sedentarios, varios grupos han sido aislados en los continentes por deriva continental, y algunos de ellos han reducido su distribución geográfica debido a eventos de glaciación, actividad orogénica y fragmentación del hábitat que ocupan (Raven 2010). Consecuentemente, algunos grupos presentan distribuciones geográficas gondwánicas o incluso muestran un posible origen gondwánico, como es el caso de las familias Microstigmatidae y Migidae (Raven 1984, Griswold 1985).

Por sus características biológicas las arañas migalomorfas constituyen un grupo de organismos adecuado para estudios biogeográficos, como lo son otros grupos de arácnidos: escorpiones (Mattoni & Acosta 1997, Lourenço 1994) y opiliones (Acosta 2002, Pinto-da-Rocha *et al.* 2005). A pesar de ello, hasta la actualidad no existen contribuciones formales a la biogeografía de las arañas migalomorfas basadas en metodologías explícitas y cuantitativas y generalmente sólo se presentan comentarios sobre la distribución geográfica actual en los trabajos de

sistemática o también existen contribuciones antiguas brindando patrones de distribución (Pocock 1903).

Por otra parte, en Argentina el conocimiento taxonómico de algunas familias de arañas Mygalomorphae es amplio (Schiapelli & Gerschman de Pikelín 1960, 1964, 1967, Gerschman de Pikelín & Schiapelli 1963, 1966, 1971) y actualmente se están realizando numerosos estudios ecológicos sobre las comunidades de arañas en áreas alteradas o modificadas por el hombre (Beltramo *et al.* 2006, Ávalos *et al.* 2007, Armendano & González 2010). Sin embargo, los estudios referidos a aspectos ecológicos de comunidades de arañas en áreas naturales de la Argentina son relativamente escasos (Corronca & Abdala 1994, Ávalos *et al.* 2005, Rubio *et al.* 2008, Zvedeniuk 2009, López-Lezama 2010, Grismado *et al.* 2011, Marfil 2012).



*Plesiopelma longisternale* (Schiapelli & Gerschman 1942) (Theraphosidae).

## **VI. OBJETIVOS GENERALES**

Analizar los patrones de distribución de las arañas migalomorfas en Argentina, Uruguay y Sudeste de Brasil con énfasis en las especies que se distribuyen a lo largo del arco peripampásico. Comparar los patrones de distribución geográfica de estas arañas en Argentina y Uruguay con propuestas biogeográficas previas para la región e interpretar la evolución biogeográfica de las migalomorfas en el contexto de la evolución geobiótica del Sur de América del Sur. Determinar áreas de endemismo en Argentina basadas en la distribución de arañas del infraorden Mygalomorphae para obtener regiones prioritarias desde un punto de vista de la conservación.

Por último, contribuir al conocimiento de aspectos ecológicos de las comunidades de arañas migalomorfas en áreas naturales relevantes pertenecientes al arco peripampásico y al Cratón del río de la Plata, como los son los sistemas serranos de Ventania y Tandilia al Sur de la provincia de Buenos Aires, y la isla Martín García.



## CAPÍTULO II

# **Diversidad, abundancia, distribución espacial y fenología de la comunidad de Mygalomorphae de isla Martín García, Ventania y Tandilia**



*Plesiopelma longisternale* (Theraphosidae)

## I. INTRODUCCIÓN

### I.1-Isla Martín García.

Los diversos procesos geológicos que afectaron a la región Mesopotámica Argentina modelaron su geomorfología, como así también contribuyeron a la composición y distribución de la biota que la caracteriza (Martínez & Del Río 2005). Los ríos Paraná, Uruguay y Paraguay comprenden un área costera cuya extensión es la más importante del mundo, y su flora y fauna son consideradas únicas en diversidad y variedad (Orfeo 1995, Cavallotto *et al.* 1999, Rinaldi *et al.* 2006). La Reserva Natural e Histórica “Isla Martín García” (Buenos Aires, Argentina) yace en la confluencia de los ríos Uruguay y Paraná (Río de La Plata superior). Dicha isla constituye un basamento cristalino formado por sedimentos Pleistocénicos y Holocénicos (Ravizza 1984).

La isla Martín García se encuentra a una distancia de 37,5 Km de la costa argentina, a 3,5 km de la costa uruguaya y a 46 km en línea recta de la ciudad de Buenos Aires. La isla comprende un área de 168 hectáreas aproximadamente y constituye el área más elevada dentro del ambiente deltaico (25 metros sobre el nivel del mar) (Dalla Salda 1981). La porción más elevada de la isla se encuentra completamente urbanizada (Lahitte & Hurrell 1997).

La isla cuenta con una población humana numerosa y estable y constituye un importante centro turístico. Debido a su condición de área protegida resulta imperativo conocer la diversidad biológica que pretende conservar. En tal sentido, para contribuir a la conservación de la diversidad regional, es necesario definir y aplicar modelos apropiados para el manejo y la conservación. A pesar de que la fauna aracnológica de la isla Martín García ha sido asociada con la araneofauna de la región Mesopotámica, la isla posee un origen geológico y una formación geológica diferente a la Mesopotamia, por lo que esta hipótesis necesita ser dilucidada.

### *I.2-El sistema serrano de Ventania.*

Comprende un ambiente serrano ubicado en el Sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, y se encuentra en el límite de las provincias fitogeográficas de Pampa y Espinal (Cabrera 1971). El sistema constituye un cordón serrano sigmoideo de 180 kilómetros de extensión con sentido Noroeste – Sudoeste y altura máxima de 1243 msnm, formado por una cobertura de basamento y sedimentaria (Kristensen & Frangi 1995a). El basamento consiste en granitos, riolitos y andesitos deformados a fines del Precámbrico – comienzos del Paleozoico. Las secuencias sedimentarias del Paleozoico pueden dividirse en tres grupos: “Curamalal” (Ordovícico – Silúrico) y “Ventana” (Silúrico – Devónico) compuestos por conglomerados y cuarcitas; y el grupo “Pillahuincó” (Carbonífero superior – Pérmico) compuesto de depósitos glaciales, alunes y areniscas. Los episodios de deformación del sistema de Ventania ocurrieron durante el Devónico superior y el Pérmico (Sellés-Martínez 2001, Gregori *et al.* 2005). La divisoria principal del sistema de Ventania delimita una vertiente nororiental y una sudoccidental con pendientes superiores al 70% y farallones abruptos en los tramos superiores de los cerros altos (Kristensen & Frangi 1995a).

Desde un punto de vista geológico, biológico y ecológico, dicho sistema serrano resulta ser de gran importancia debido a los numerosos tipos de ambientes que puede albergar. Actualmente, se reconocen más de 400 especies de plantas nativas (Bilenca & Miñarro 2004), muchas de ellas endémicas de Ventania, y algunas se encuentran en peligro de extinción como por ejemplo *Polygala ventanensis* Grondona 1948 (Polygalaceae) y *Senecio leucocephalus* Cabrera 1980 (Asteraceae) (Frangi & Bottino 1995, Villamil *et al.* 1996, Delucchi 2006). A pesar de que se han realizado numerosos estudios sobre diversidad y conservación de la fauna de Ventania, la mayoría han sido focalizados a vertebrados (Cozzani *et al.* 2004, 2007, Di Giacomo 2005, Doiny Cabré & Lejarraga 2007, Cozzani & Zalba 2009) e insectos (Konopko *et al.* 2009), no existiendo contribuciones sobre la comunidad de arañas Mygalomorphae en el área.

### *I.3-El sistema serrano de Tandilia.*

Las sierras de Tandil se encuentran en el Sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Dicho sistema forma un conjunto de serranías que se extienden en sentido Noroeste - Sudeste, formando un cordón de alrededor de 300 kilómetros de largo y 60 kilómetros de ancho máximo. Tandilia se caracteriza por su gran antigüedad, larga historia geológica, diversidad de rocas ígneo-metamórficas, y por una cubierta precámbrica-eopaleozoica. Corre con un rumbo general desde Olavarría hasta Mar del Plata. El cordón serrano es discontinuo y de relieve general bajo, y se reconocen tres grupos serranos principales: Olavarría-Sierras Bayas-Azul hacia el Noroeste, Tandil-Barker en el sector central y Balcarce-Lobería-Mar del Plata en el extremo sudoriental. En todos ellos el basamento cristalino está expuesto, pero parcialmente cubierto en los extremos por las sedimentitas neoproterozoicas del Grupo Sierras Bayas (al Norte) y las eopaleozoicas de la Formación Balcarce (al Sur) (Dalla Salda *et al.* 2006). En el complejo ígneo-metamórfico, que constituye el basamento central, se encuentran las alturas máximas (500 msnm), en la parte central del cordón. Además, en el centro del sistema de Tandilia, el conjunto de serranías próximas a la ciudad de Tandil constituyen el afloramiento de mayor antigüedad, entre 2200 y 1800 millones de años (Teruggi & Kilmurray 1975, Dalla Salda *et al.* 2006).

La vegetación natural está conformada por numerosas especies nativas comprendiendo el 80% del total de las especies del sistema de Tandilia (un 20% corresponde a exóticas). Algunas de las especies que están presentes y que se hallan con algún grado de amenaza corresponden a *Tillandsia bergeri* Mez 1916, *Baccharis tandilensis* Speg. y *Senecio bravensis* Cabrera, *Cypella herbertii* (Lindl.) y *Poa iridifolia* Hauman 1917. El ambiente de pastizal serrano se conserva aún en algunas áreas reducidas, con bajas alteraciones. En estos relictos, el ambiente natural es sumamente rico, a lo que ha contribuido el extenso tiempo en que esta zona ha permanecido sobre la superficie terrestre, dando lugar a diversos procesos biológicos adaptativos. Dado que la región ha sufrido cambios muy importantes de clima, se

encuentran ejemplos de procesos de adaptación a climas húmedos, secos e incluso organismos adaptados a incendios naturales. Además, en el sistema de Tandilia, sólo existe un área o reserva natural cuyo objetivo es proteger los relictos de pastizal serrano.

#### *I.4-Las comunidades de arañas en áreas naturales.*

Las arañas comprenden uno de los grupos más numerosos del Reino Animal, con más de 43000 especies descritas (Platnick 2012) y ocupan una gran variedad de biótupos (Coddington & Levi 1991, Foelix 2011). Como depredadores cumplen una función destacada en la regulación de las poblaciones de artrópodos, influyen en la densidad de la fauna de detritívoros y afectan los procesos de descomposición (Wise 1993, 2002). Las arañas son el grupo de invertebrados depredadores más diverso y abundante en los ecosistemas terrestres, alimentándose principalmente de insectos (Wise 1993, Nyffeler 2000). Debido a su gran abundancia, su depredación sobre insectos y su relativo sedentarismo, las arañas se consideran como un principal agente controlador de las comunidades de insectos en ecosistemas terrestres (Riechert & Lockley 1984, Nyffeler & Benz 1987, Marc *et al.* 1999, Nyffeler 2000, Cheli *et al.* 2006, Armendano & González 2010, Armendano & González 2011a, 2011b, Almada *et al.* 2011).

Estas características convierten a las arañas en buenos indicadores para comparar la biodiversidad en distintos ambientes y también para estimar los efectos de los disturbios en la biodiversidad (Clausen 1986, Churchill 1997, Topping & Lövei 1997, Marc *et al.* 1999, Riecken 1999). Por lo tanto, son ampliamente utilizadas en los estudios ecológicos como indicadores de calidad ambiental (Clausen 1986, Rubio *et al.* 2008). En tal sentido, las arañas comprenden un grupo eficaz para estimar cambios en la estructura del hábitat, tipo de hábitat, viento y exposición a temperatura (Wheater *et al.* 2000). Dado que la diversidad de arañas varía en respuesta a factores bióticos y abióticos (Gunnarsson 1990), se esperaría que cambios fundamentales en los ambientes naturales (como fragmentación y reducción) afecten

a la diversidad de este grupo “megadiverso” (Wettstein & Schmid 1999, Atauri & de Lucio 2001).

En Argentina, el conocimiento taxonómico de algunas familias de arañas es amplio (Schiapelli & Gerschman 1960, Galiano 1963, Schiapelli & Gerschman 1970, Galiano 1979, Ramírez 2003, Soto & Ramírez 2012) y actualmente, se están realizando numerosos estudios sobre las comunidades de arañas en áreas alteradas o modificadas (Liljestromm *et al.* 2002, Beltramo *et al.* 2006, Ávalos *et al.* 2007, González *et al.* 2009, Armendano & González 2010, Armendano & González 2011a). Sin embargo, las investigaciones referidas a aspectos ecológicos de comunidades de arañas asociadas a áreas naturales de Argentina son relativamente escasas. Al respecto se puede mencionar los estudios efectuados en un área natural protegida de la provincia de Formosa (Corronca & Abdala 1994), en la Reserva Provincial Iberá en la provincia de Corrientes (Ávalos *et al.* 2005), en bosques degradados del Chaco Húmedo (Avalos *et al.* 2007), en el Parque Nacional Mburucuyá, provincia de Corrientes (Rubio *et al.* 2008), en la Reserva Natural Otamendi, provincia de Buenos Aires (Grismado *et al.* 2011) y en la Isla Martín García, provincia de Buenos Aires (Zvedeniuk 2009, López Lezama 2010, Marfil 2012). Hasta el momento, no existen contribuciones formales acerca de aspectos ecológicos de las comunidades de arañas migalomorfas en áreas naturales de Argentina.

### *1.5-¿Por qué estudiar las comunidades de arañas migalomorfas?*

Las arañas migalomorfas (Araneae, Mygalomorphae) representan uno de los tres linajes principales de arañas (Platnick & Gertsch 1976). Actualmente, el infraorden incluye 2693 especies descritas, 326 géneros y 15 familias (Platnick 2012). A pesar de que las arañas migalomorfas se distribuyen prácticamente en todo el mundo, las regiones tropicales y las regiones templadas australes de Sudamérica, Sur de África y Australasia constituyen centros de diversidad genética (Raven 1985, Platnick 2012). En comparación con la mayoría de las arañas Araneomorphae, se



caracterizan por su tendencia a presentar grandes tamaños corporales. Usualmente son arañas hirsutas, con quelíceros fuertes, viven en cuevas y no utilizan la seda como mecanismo esencial para la captura de sus presas (Coddington *et al.* 2004).

La presencia de arañas migalomorfas en cualquier comunidad de artrópodos aumenta la diversidad filogenética de la misma, debido a que las migalomorfas (al igual que el Suborden de las Mesothelae) constituyen un grupo basal con buena divergencia en relación con el resto de las arañas (Faith 1992, Bond *et al.* 2006). Las migalomorfas poseen características de historia de vida que marcadamente difieren del resto de las arañas y de los artrópodos en general; por ejemplo: algunas especies viven entre 15 y 30 años y tardan entre 5 a 6 años en alcanzar la madurez sexual (Main 1978, Bond *et al.* 2006). La mayoría de las especies son especialistas en sus hábitats, como así también extraordinariamente sedentarias (Main 1987, Coyle & Icenogle 1994). Dicha fidelidad a sus sitios y refugios, conduce a un agrupamiento espacial considerable en microambientes apropiados, como así también a una estructuración genética poblacional extrema (Bond *et al.* 2001, 2006, Ramírez & Chi 2004).

## II. OBJETIVOS

El objetivo general del estudio que comprende este capítulo consistió en conocer la composición taxonómica y estructura de las comunidades de arañas migalomorfas en las siguientes reservas naturales ubicadas en la provincia de Buenos Aires: Reserva Natural e Histórica Isla Martín García, Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Sistema de Ventania) y Reserva Natural Sierra del Tigre (Sistema de Tandilia).

### *II.1-Objetivos específicos.*

- Determinar la abundancia relativa, composición taxonómica, distribución espacial y fenología de las comunidades de arañas migalomorfas en tres reservas naturales.
- Evaluar la preferencia de hábitat de las especies presentes en los ambientes de la isla Martín García y analizar las relaciones de las especies presentes en la isla respecto a su origen geológico.
- Evaluar la abundancia de las especies en relación con la variación estacional, y analizar la relación de la abundancia con la temperatura y precipitación.
- Comparar las comunidades de arañas presentes en las diferentes áreas estudiadas.



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### III.1- Áreas de estudio.

##### III.1.1- Isla Martín García.

El área de estudio se ubicó en la Reserva Natural e Histórica Isla Martín García sobre el Río de La Plata superior, en la desembocadura del río Uruguay, al Noreste de la provincia de Buenos Aires, Argentina ( $34^{\circ}11'25''$  S –  $58^{\circ}15'38''$  O).

Se trabajó dentro de de la isla en cinco lugares ecológicamente distintos (Fig. 1) en base a los aspectos fisionómicos de la vegetación (Lahitte & Hurrell 1997): selva (S), bosque ribereño (BqRib), bosque xerófilo del arenal (BqXerAr), bosque xerófilo del aeropuerto (BqXerAep) y arenal (A). La selva (S) se caracteriza por un bosque complejo con más de un estrato arbóreo, con *Cytharexylum montevidense* Mold. 1923, *Terminalia australis* (Cambess.), y *Senna corymbosa* Irwin & Barnebay 1982, y una gran abundancia de plantas epífitas, plantas trepadoras y lianas como *Tillandsia aeranthes* (Loisel. 1943), *Vigna luteola* Benth., *Ipomoea alba* L., *Macfadyena unguiscati* Miers 1863, *Smilax campestris* Griseb y *Lanicera japonica* Thunb. Las selvas ubicadas sobre las costas son marginales o en galerías debido a su proximidad a las bardas del río. El bosque ribereño (BqRib) presenta especies arbóreas como *Sesbania punicea* (Cav.) y *Senna corimbosa* Irwin & Barnebay 1982 junto con numerosos arbustos, como por ejemplo, *Phyllanthus sellowianus* (Klothzsch.). En el estrato inferior es común la presencia de gramíneas y hierbas como *Nierembergia repens* Ruiz & Pav. y *Zephirantes candida* L..



Figura 1. Mapa mostrando las áreas ecológicas estudiadas en la isla Martín García (Buenos Aires, Argentina). S = Selva; BR = Bosque ribereño; BXAr= Bosque xerófilo del arenal; BxAep = Bosque xerófilo del aeropuerto; A = Arenal.

El bosque xerófilo del arenal (BqXerAr) y del aeropuerto (BqXerAep) generalmente presentan árboles de tamaños similares como *Erythrina crista-galli* L., *Salix humboldiana* Willd., *Tessaria integrifolia* L. y *Fagara hyemalis* (St. Hil.); y un sotobosque formado por arbustos y diferentes tipos de hierbas tales como *Pavonia* spp., *Abutilon* spp., *Thelypteris riograndensis* (Lindm.), *Zephyranthes candida* L., y *Trifolium repens* L. Finalmente, el arenal (A) se ubica al Norte de la isla en el centro de un terreno plano que finaliza en el río. El arenal consiste en tres dunas de origen incierto y su vegetación característica consiste en algunas especies arbóreas como *Sesbania punicea* (Cav.) y varios arbustos como *Sebastiania schottiana* (Müll. Arg.) y *Cephalanthus glabratus* K. Schum.



Figura 2. Mapa mostrando los sitios de muestreos (🕸) en la isla Martín García (Buenos Aires, Argentina).

Las áreas de estudio donde se realizaron los muestreos dentro de cada área ecológica se muestran en la figura 2.

### III.1.2-Sistema de Ventania.

El área de estudio se ubicó dentro del sistema serrano de Ventania al Sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, a una elevación aproximada de 650 metros sobre el nivel del mar. Dentro de este sistema serrano, el estudio se desarrolló en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Fig. 3) ( $38^{\circ}00'$  -  $38^{\circ}07'$  S y  $61^{\circ}52'$ - $62^{\circ}03'$  O). Se encuentra ubicado en la ruta 76, km. 222 a 25 km de la localidad de Sierra de la Ventana y a 30 km. de la localidad de Tornquist. El Parque Provincial “Ernesto Tornquist” fue creado como tal (Espacio Natural Protegido) durante 1937 por la Ley Provincial N°5.421/1958. La reserva comprende un área aproximada de 6700 hectáreas y se pueden reconocer cuatro ambientes geodafológicos (Cappanini *et al.* 1971): serrano, intraserrano, periserrano y de llanura (Fig. 4).

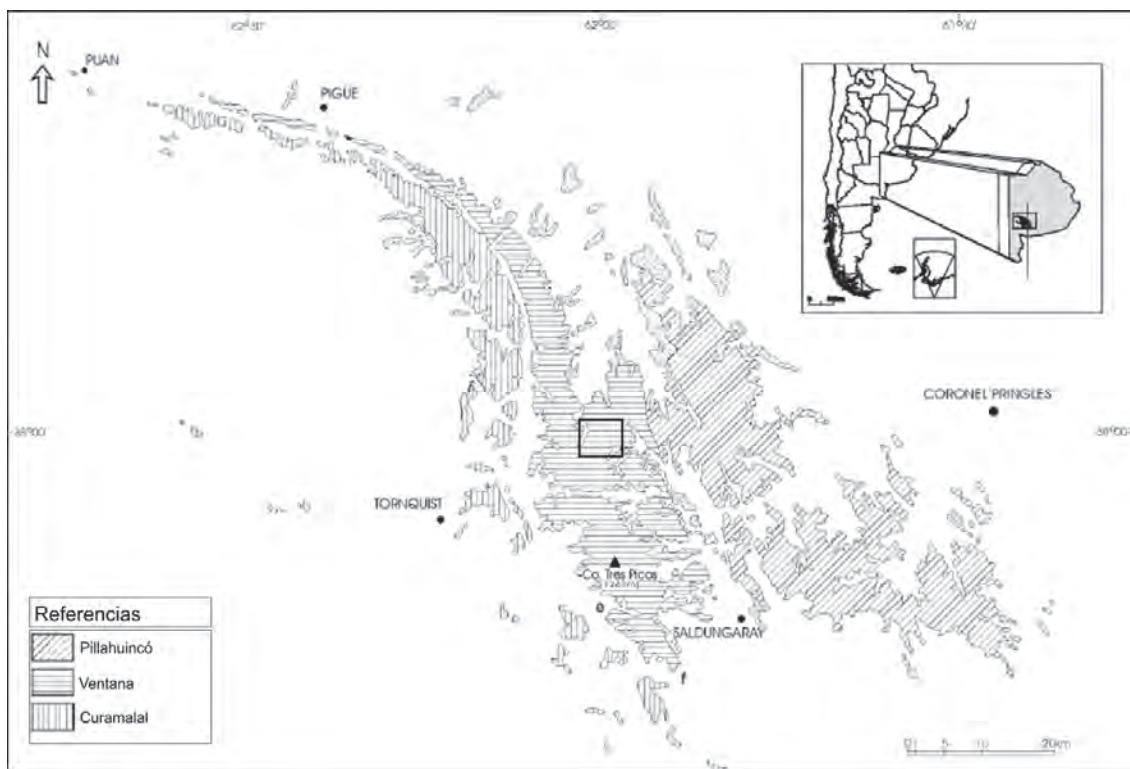


Figura 3. Mapa geológico de Ventania (Buenos Aires, Argentina) (modificado de Suero *et al.* 1972) mostrando la ubicación del Parque Provincial “Ernesto Tornquist” donde se llevó a cabo este estudio (recuadro).





Figura 4. Laderas rocosas del pastizal serrano características dentro del Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina) donde se llevó a cabo el presente estudio.

El clima es húmedo y templado, con mayor humedad en las zonas inter-serranas; las precipitaciones oscilan entre 500 y 800 mm anuales que decrecen de Noreste a sudoeste y las épocas más lluviosas corresponden a la primavera, fines del verano y principios del otoño. Las precipitaciones aumentan con la altitud, desde los 745 mm en la base aproximadamente hasta los 828 mm en las cimas (Pérez & Frangi 2000). La temperatura media anual es de 14,5°C (también disminuye de Noreste a Sudoeste) y durante el verano es de 20,5°C, con una máxima absoluta de 40°C. En invierno la temperatura media es de 8°C y se producen heladas y ocasionalmente algunas nevadas. En el sistema serrano es evidente un gradiente térmico altitudinal, el cuál muestra una disminución de 6,9°C/1000 metros (Kristensen & Frangi 1995b). La temperatura media mensual y los registros de las precipitaciones durante el período de estudio en el área se muestran en la figuras 5 y 6.

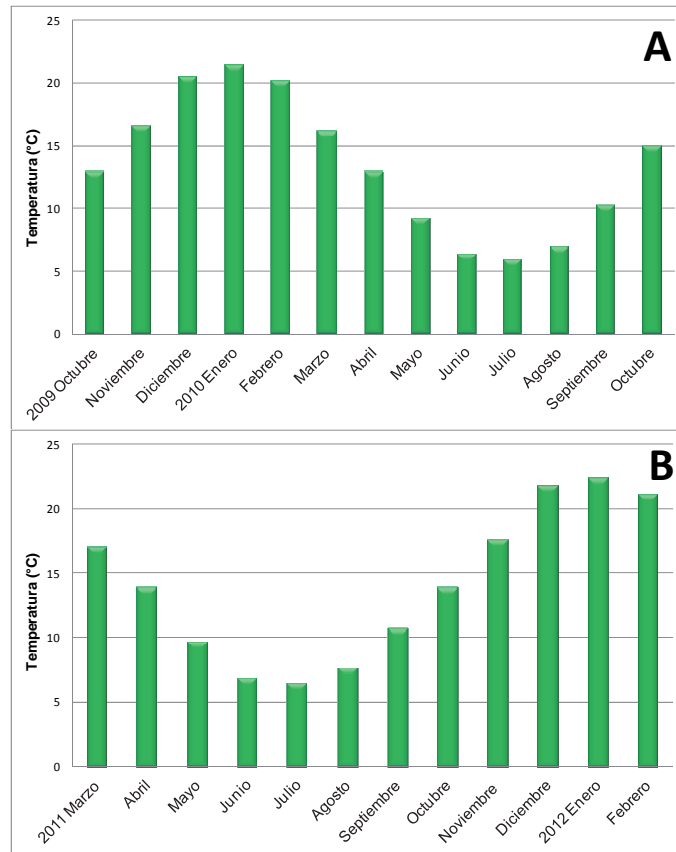


Figura 5. Temperatura media mensual en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina) durante el período de estudio. A. Período 2009-2010. B. Período 2011-2012.

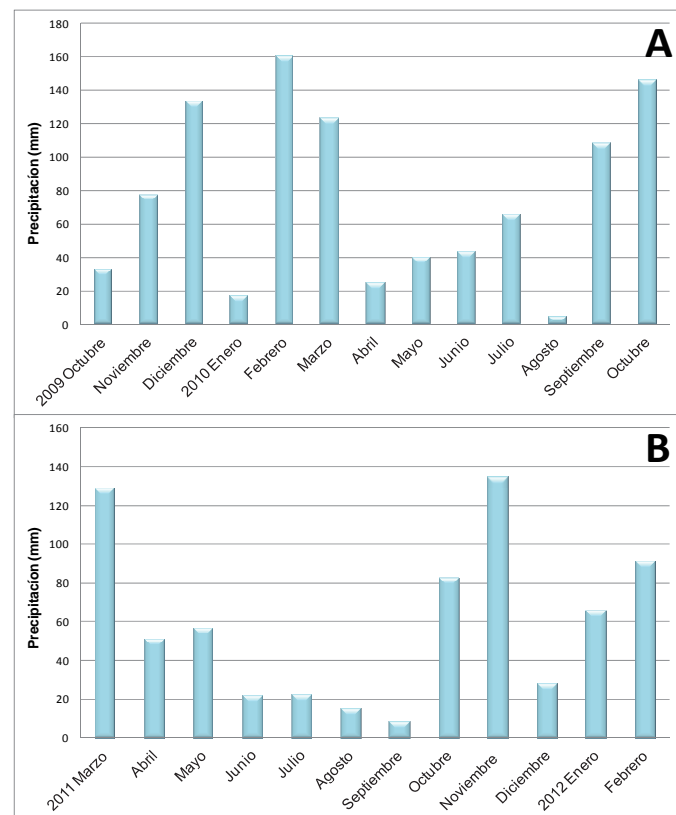


Figura 6. Precipitación media mensual en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina) durante el período de estudio. A. Período 2009-2010. B. Período 2011-2012.

### III.1.3-Sistema de Tandilia.

El área de estudio se ubicó dentro del sistema serrano de Tandilia, al Sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, a una elevación aproximada de 350 metros sobre el nivel del mar. Dentro de este sistema serrano, el estudio se desarrolló en la Reserva Natural “Sierra del Tigre” (Fig. 7) ( $37^{\circ}22'46''\text{S}$ - $59^{\circ}7'44''\text{O}$ ).

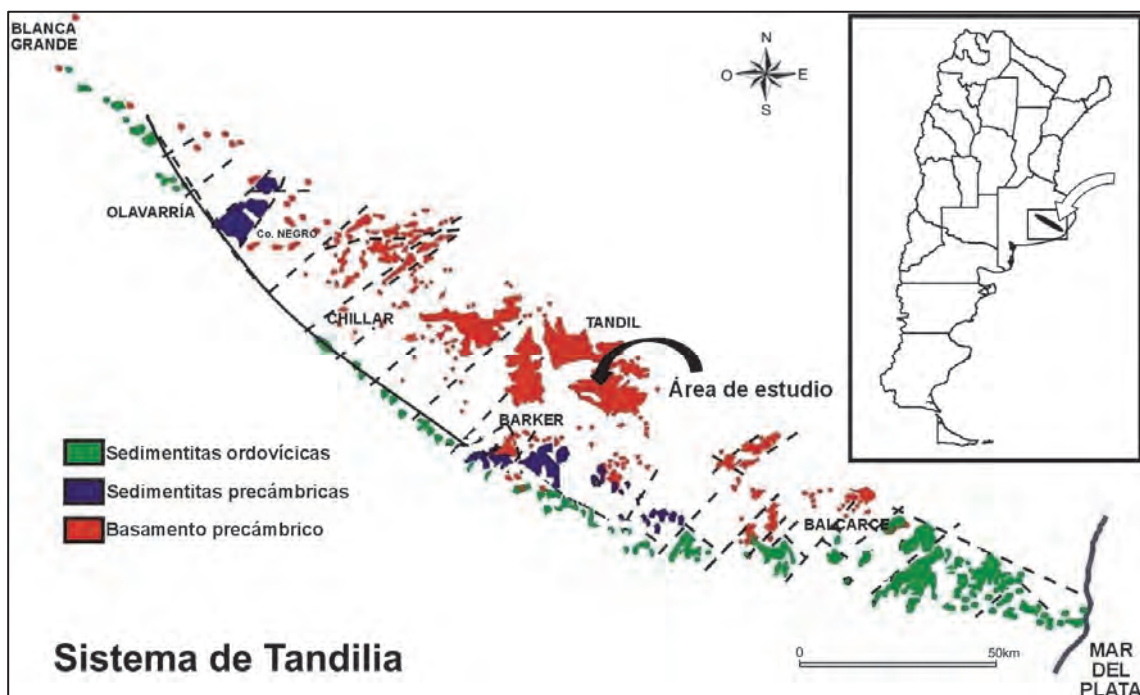


Figura 7. Mapa geológico de Tandilia mostrando la ubicación de la Reserva Natural “Sierra del Tigre” (Buenos Aires, Argentina) donde se llevó a cabo este estudio.

Está ubicada en la avenida Don Bosco y Suiza, a 6 km de la ciudad de Tandil. La Reserva Natural fue creada durante el año 1972 mediante decreto municipal con el objetivo de preservar la excepcionalidad del ecosistema serrano. La reserva comprende un área aproximada de 142 hectáreas, que consta de una estación biológica de 22 hectáreas y 136 de la Reserva. Las alturas máximas alcanzan los 350 a 400 metros sobre el nivel del mar. La recorre un camino consolidado de 3,5 km de longitud y existen tres cerros de los cuales nacen vertientes que forman arroyos que vuelcan sus aguas a las zonas de Mar Chiquita, a la cuenca del río Salado y hacia la zona de Necochea. Los afloramientos rocosos ocupan un 40% del total de la

superficie (Fig. 8), estando el resto representado por estrechas vegas provistas de recursos forrajeros y numerosas fuentes de agua natural.



Figura 8. Laderas rocosas del pastizal serrano características dentro de la Reserva Natural “Sierra del Tigre” (Buenos Aires, Argentina) donde se llevó a cabo el presente estudio.

El clima es templado pampeano con temperaturas medias anuales de 13°C y con precipitaciones anuales de aproximadamente 900 mm. Las precipitaciones son en su mayoría de tipo frontal y las producidas por el viento del Sudoeste (pampero), suelen ser copiosas y de grandes valores, mientras que las del Sudeste pueden resultar en varios días en forma de llovizna persistente. La temperatura media mensual y los registros de las precipitaciones durante el período de estudio en el área se muestran en la figuras 9 y 10.



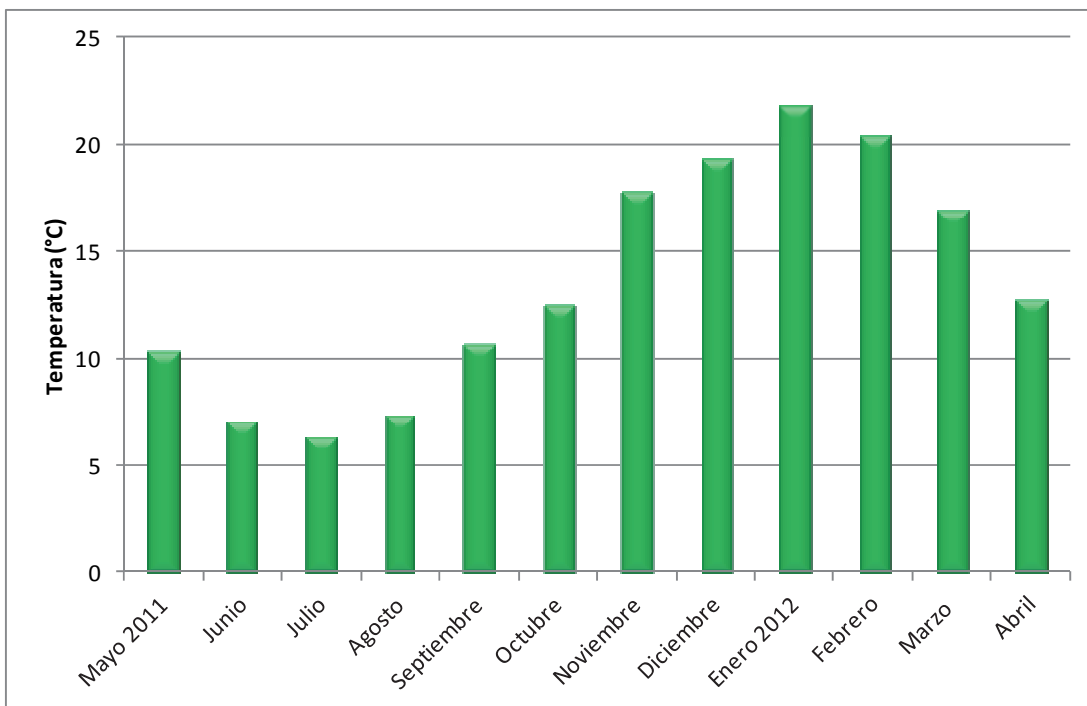


Figura 9. Temperatura media mensual en la Reserva Natural “Sierra del Tigre” (Buenos Aires, Argentina) durante el período de estudio.

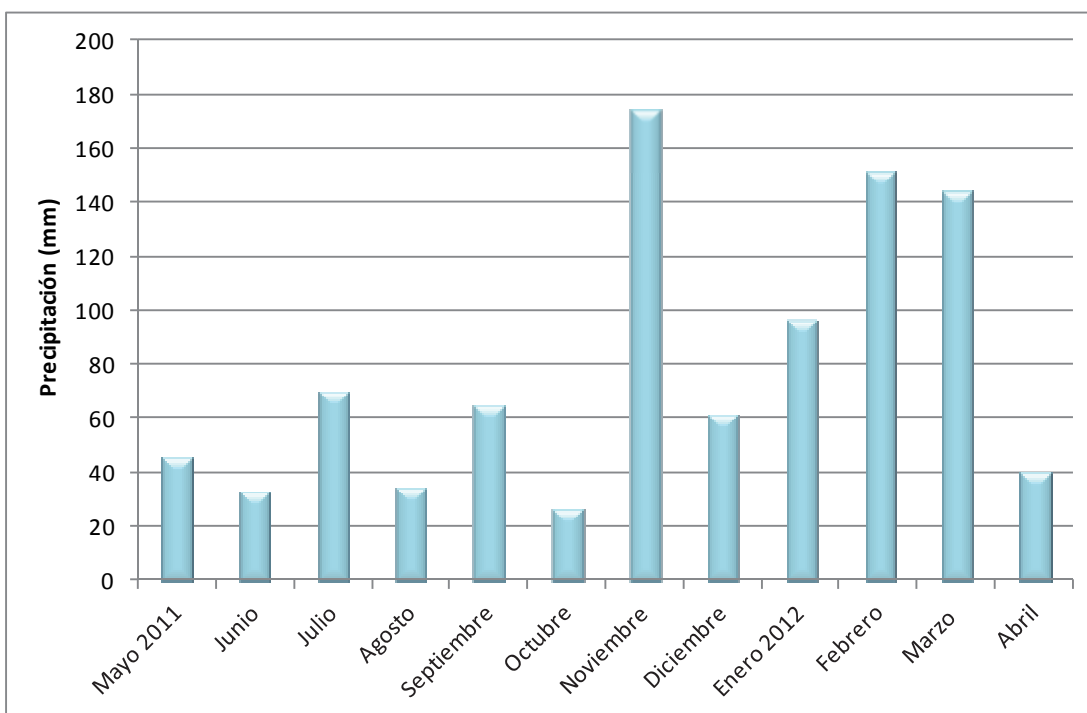


Figura 10. Precipitación media mensual en la Reserva Natural “Sierra del Tigre” (Buenos Aires, Argentina) durante el período de estudio.

### *III.2-Métodos de recolección.*

#### *III.2.1-Isla Martín García.*

Los muestreos se realizaron cada dos meses entre Marzo de 2004 y Noviembre de 2006 utilizando trampas de caída (pitfall) y recolección manual. La recolección manual, en general, resulta efectiva para capturar hembras y juveniles de arañas migalomorfas, ya que son sedentarias forrajeando en cercanías a su refugio (Pérez-Miles *et al.* 2005, M'Rabet *et al.* 2005, 2007). Por otra parte, los machos pueden ser capturados fácilmente con trampas de caída, una técnica considerada estándar para muestrear la diversidad de especies de arañas migalomorfas en estudios de biodiversidad (Pérez-Miles *et al.* 1993).

- *Recolección manual:* se realizaron 12 muestreos manuales durante el día en dos horas ininterrumpidas. Cada muestreo contó con dos colectores examinando bajo piedras, troncos caídos y estiércol (hábitat criptozoico). El material capturado se conservó en alcohol 70% hasta el momento de su análisis en el laboratorio.

- *Trampas de caída:* se utilizaron trampas de caída que consistían en recipientes plásticos cilíndricos de 10 centímetros de diámetro y 15 centímetros de altura (Churchill & Arthur 1999). Las trampas se ubicaron cada 4 metros a lo largo de una transecta (línea recta de 12 metros), completando un total de 4 trampas por transecta y por sitio de muestreo. Las trampas contuvieron 300 mililitros de etilenglicol (1,2-etanodiol) como líquido conservante y se rellenaron y/o cambiaron cada 45-60 días aproximadamente. El líquido conservante no se evaporó luego de transcurridos los 60 días de exposición como ocurre normalmente cuando se utiliza otro conservador, como el etanol o solución salina (Schmidt *et al.* 2006).

### *III.2.2-Ventania y Tandilia.*

En el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Ventania) los muestreos se realizaron mensualmente desde los meses de Octubre de 2009 hasta Octubre de 2010 utilizando trampas de caída y recolección manual; y cada dos meses desde de Marzo de 2011 hasta Marzo de 2012 utilizando sólo trampas de caída. En la Reserva Natural Sierra del Tigre (Tandilia) los muestreos se llevaron a cabo mensualmente desde Mayo de 2011 hasta Mayo de 2012 utilizando trampas de caída y recolección manual.

- *Trampas de caída:* se colocaron 10 trampas de caída a lo largo de una transecta en línea recta de 100 metros; cada trampa separada 10 metros de la siguiente (Tabla 1). Las mismas consistían en recipientes cilíndricos de plástico de 23 centímetros de diámetro y 15 centímetros de alto. Las bocas de las trampas se cubrieron con un techo de plástico de 25 centímetros de diámetro, a una distancia de 15 centímetros sobre el sustrato y sostenido por tres varillas metálicas (el espacio suficiente para la caída de los individuos). La función del techo fue evitar posibles inundaciones de las trampas (Fig. 11). En cada trampa se colocaron aproximadamente 1500 mililitros de etilenglicol como líquido conservante y tres gotas de detergente para reducir la tensión superficial y evitar escapes.

Tabla 1. Ubicación y altura de las trampas de caída colocadas en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina) y la Reserva Natural Sierra del Tigre (Buenos Aires, Argentina).

Ventania			Tandilia	
	Coordenadas	Altura (metros)	Coordenadas	Altura (metros)
Trampa 1	38°3'21,5"S-61°58'87"O	520	37°22'46''S-59°7'44''O	440
Trampa 2	38°3'21,3"S-61°58'87,6"O	520	37°22'47''S-59°7'44''O	435
Trampa 3	38°3'21,8"S-61°58'88"O	522	37°22'47''S-59°7'44''O	429
Trampa 4	38°3'21,9' S-61°58'88"O	522	37°22'48''S-59°7'44''O	420
Trampa 5	38°3'22,3"S-61°58'89,2"O	525	37°22'48''S-59°7'44''O	407
Trampa 6	38°3'22,6"S-61°58'89,8"O	525	37°22'48''S-59°7'40''O	400
Trampa 7	38°3'22,9"S-61°58'90,3"O	526	37°22'49''S-59°7'40''O	360
Trampa 8	38°3'23,3"S-61°58'90,9"O	527	37°22'49''S-59°7'40''O	345
Trampa 9	38°3'23,6"S-61°58'91,4"O	528	37°22'49''S-59°7'40''O	339
Trampa 10	38°3'23,9"S-61°58'92,1"O	530	37°22'50''S-59°7'40''O	323



Figura 11. Trampas de caída utilizadas durante los muestreos en el presente estudio.

Las trampas se mantuvieron abiertas durante aproximadamente un mes, sin observarse la evaporación del líquido conservante. En cada visita, el contenido de las trampas se guardó en recipientes de plástico de 19 cm de altura y 10 cm de diámetro debidamente rotulado para el traslado al laboratorio.

- *Recolección manual:* Se realizaron 12 muestreos manuales con 3 recolectores a lo largo de transectas sucesivas y adyacentes durante 4 horas ininterrumpidas buscando en ambientes criptozoicos (debajo de rocas, troncos y estiércol). Cada transecta consistió en una línea recta de 250 metros de largo y nueve metros de ancho (cada recolector trabajó en una franja de 3 m de ancho). El área cubierta fue de aproximadamente 0,5 ha en ambos sitios. Las transectas de la recolección manual se localizaron a una distancia de 100 metros entre ellas, a ambos lados de la línea de las trampas de caída (Fig. 12). El material capturado se conservó en alcohol 70% hasta el momento de su análisis en el laboratorio.

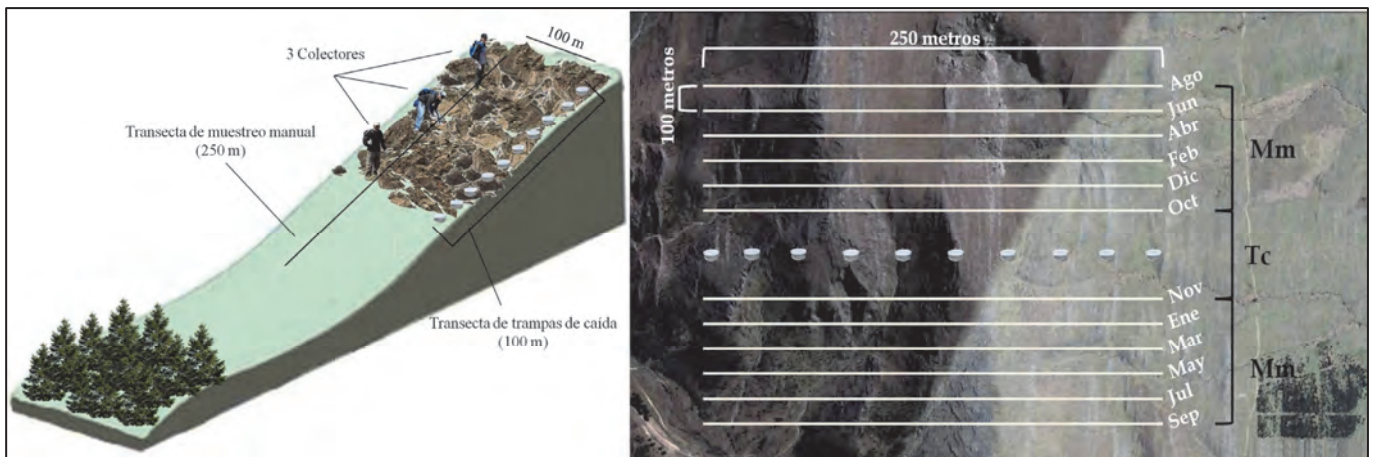


Figura 12. Detalle de la recolección manual en franjas sucesivas de 100 metros a partir de la línea de trampas de caída. Mm = muestreo manual, Tc = trampas de caída.

### III.3-Tareas de laboratorio.

Cada muestra de las trampas de caída proveniente de los tres sitios de muestreo fue tamizada, separándose todos los ejemplares capturados del líquido conservante. Luego, se separaron las arañas migalomorfas y se fijaron en alcohol 70%. Todas las arañas de una misma muestra se acondicionaron en frascos de 100 mililitros, donde se indicó el sitio de procedencia, fecha y tipo de muestreo. Para la identificación taxonómica se utilizaron los siguientes trabajos: Holmberg (1881), Schiapelli & Gerschman de Pikelín (1960, 1970), Goloboff (1995), Raven (1985), Guadanucci (2004), Fukushima *et al.* (2011) y material de colección para su

comparación. Las arañas se determinaron a nivel de especie/morfoespecie. *Actinopus* sp.1, *Actinopus* sp.2 y *Actinopus* sp.3 constituyeron las únicas morfoespecies que no pudieron ser identificadas a nivel específico.

En las arañas migalomorfas la identificación específica depende generalmente de la morfología de las estructuras reproductivas de individuos adultos, como la morfología del órgano palpar en los machos y patrón de espinas en la tibia de la pata I, y la genitalia interna en las hembras (forma de la espermateca). Por lo tanto, se realizaron disecciones de las estructuras genitales de los individuos (aclaramiento con ácido láctico para las espermatecas) para identificar el sexo de cada ejemplar.

### ***III.4-Análisis de los datos.***

La normalidad y homogeneidad de las varianzas se evaluaron con las pruebas de Levene y Shapiro-Wilk. Para comparar la abundancia relativa de las especies de migalomorfas entre los cinco tipos de ambientes de la isla Martín García se efectuó un Análisis de la Varianza (ANOVA) no paramétrico de Kruskal-Wallis. Se realizó un análisis de agrupamiento entre los diferentes hábitats utilizando distancia Euclidiana y método de análisis de agrupamiento de Ward (Pardo 1992). La distancia Euclidiana ha sido ampliamente utilizada en numerosos grupos para estimar diferencias de abundancias entre distintos ambientes (Ríos Lara *et al.* 1996, Grilli & Gorla 2002, De La Vega & Grez 2008, González *et al.* 2011). Cabe destacar que en el presente estudio no se utilizó el coeficiente de Bray-Curtis dado que es extremadamente sensible a valores extremos (Kindt 2008). Complementariamente, se realizó un análisis de componentes principales (PCA) para evaluar y visualizar las relaciones entre los diferentes ambientes de acuerdo a la abundancia de las especies de migalomorfas en la isla Martín García. Ha sido demostrado que el PCA resulta un método efectivo complementario al análisis de agrupamiento para evaluar diferencias en términos de abundancia de arañas en relación a diferentes ambientes (Gajdos & Toft 2002, Bonaldo *et al.* 2007, Corcuera *et al.* 2008, Muff *et al.* 2009, Lubin *et al.* 2011).

Para comparar la abundancia relativa de las arañas entre las diferentes estaciones se utilizó un análisis de la varianza (ANOVA). Además, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para explorar posibles relaciones lineales entre las abundancias de los individuos con el registro de temperatura y precipitación. Finalmente, para determinar el efecto de la abundancia de las muestras en la riqueza de las muestras se realizó una curva de acumulación de especies utilizando el método de rarefacción basado en el número de individuos (Gotelli & Colwell 2001) mediante el programa EstimateS, versión 8,0 (Colwell 2006).

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa PAST statistical package, versión 1,89 (Hammer *et al.* 2009) y SPSS statistical package, versión 14.0.

Los valores de las variables climáticas utilizadas se obtuvieron de la Estación Meteorológica del Parque Provincial “Ernesto Tornquist” ubicada en la base del cerro Bahía Blanca; Estación Meteorológica Aero-Tandil (876450SAZT); FAOCLIM 2.0 y NewLocClim ([www.fao.org](http://www.fao.org)).



## IV. RESULTADOS

### IV.1-Isla Martín García.

#### IV.1.1-Composición taxonómica y estructura demográfica.

En la isla Martín García se capturaron un total de 402 arañas migalomorfas en el transcurso de 36 meses. Se registraron cuatro especies, pertenecientes a cuatro familias representadas por especies únicas: *Actinopus* sp.1 de Actinopodidae; *Stenoterommata platensis* Holmberg 1881 de Nemesiidae (Fig. 13); *Xenonemesia platensis* Goloboff 1989 de Microstigmatidae (Fig. 14), y *Catumiri parvum* (Keyserling 1878) de Theraphosidae (Fig. 15). Las frecuencias absolutas y relativas de los individuos capturados mediante trampas de caída y recolección manual se muestran en la Tabla 2. Del total de arañas capturadas en este estudio, 16 individuos correspondieron a recolección manual y 386 individuos a trampas de caída. *Catumiri parvum* (Theraphosidae) fue la única especie capturada sólo en recolección manual. La única especie capturada con ambas técnicas resultó *Actinopus* sp.1 (Actinopodidae). *Stenoterommata platensis* (Nemesiidae) y *X. platensis* (Microstigmatidae) se capturaron sólo mediante trampas de caída (Fig. 16).

Tabla 2. Frecuencias absolutas y relativas de los individuos capturados en la Reserva Isla Martín García (Buenos Aires, Argentina) mediante recolección manual y trampas de caída. M = machos, H = hembras, J = juveniles, T = total.

	Recolección manual					Trampas de caída				
	M	H	J	T	(%)	M	H	J	T	(%)
<i>Catumiri parvum</i>	1	2	6	9	56,25	0	0	0	0	0
<i>Actinopus</i> sp.1	2	2	3	7	43,75	6	0	0	6	1,55
<i>Stenoterommata platensis</i>	0	0	0	0	0	112	20	6	138	35,75
<i>Xenonemesia platensis</i>	0	0	0	0	0	226	11	5	242	62,7
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>16</b>		<b>344</b>	<b>31</b>	<b>11</b>	<b>386</b>	
<b>Porcentaje (%)</b>	<b>18,75</b>	<b>25</b>	<b>56,25</b>		<b>100</b>	<b>89,12</b>	<b>8,03</b>	<b>2,85</b>		<b>100</b>





Figura 13. *Stenoterommata platensis*, in vivo, en la Reserva Isla Martín García (Buenos Aires, Argentina). A la izquierda, la hembra; a la derecha, el macho.



Figura 14. *Xenonemesia platensis*, in vivo, en la Reserva Isla Martín García (Buenos Aires, Argentina). A la izquierda, la hembra; a la derecha, el macho.



Figura 15. *Catumiri parvum*, in vivo, en la Reserva Isla Martín García (Buenos Aires, Argentina). A la izquierda, la hembra; a la derecha, el macho.

Los individuos juveniles predominaron sobre los adultos en la recolección manual, mientras que utilizando trampas de caída, los individuos adultos (97,15%) resultaron más abundantes que los juveniles (2,85%). Los machos predominaron representado un 89,12% del total de individuos recolectados en estas trampas, mientras que las hembras alcanzaron sólo un 8,03% (Tabla 1).

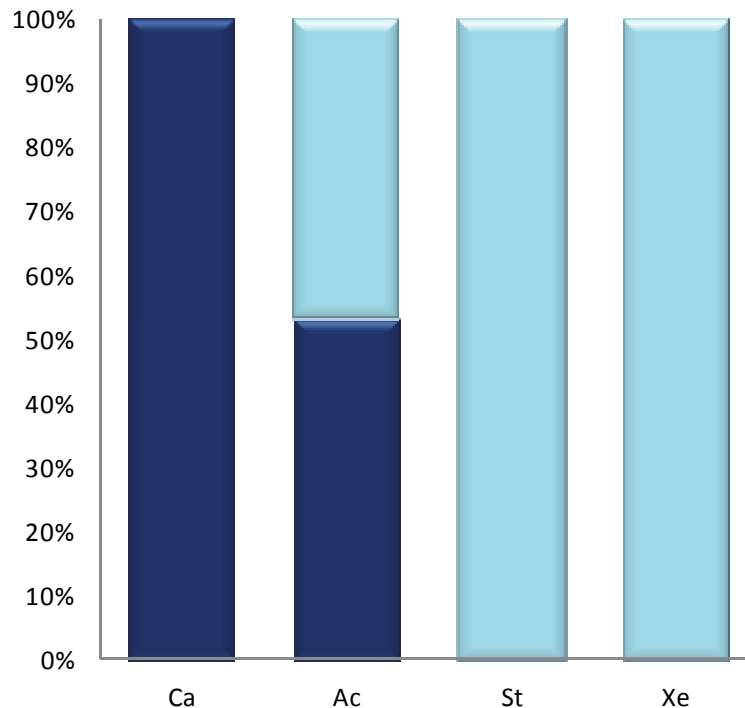


Figura 16. Frecuencia relativa de los individuos capturados en la Reserva Isla Martín García (Buenos Aires, Argentina) con recolección manual (negro) y trampas de caída (gris). Ca = *Catumiri parvum*, Ac = *Actinopus* sp.1, St = *Stenoterommata platensis*, Xe = *Xenonemesia platensis*.

La curva de acumulación de especies de las técnicas de recolección manual y trampas de caída, basada en el número de individuos (Fig. 17), mostró que más del 50% de las especies se obtuvieron luego de recolectar aproximadamente 50 individuos. El número total de especies se alcanzó luego de capturar un total aproximado de 350 individuos.

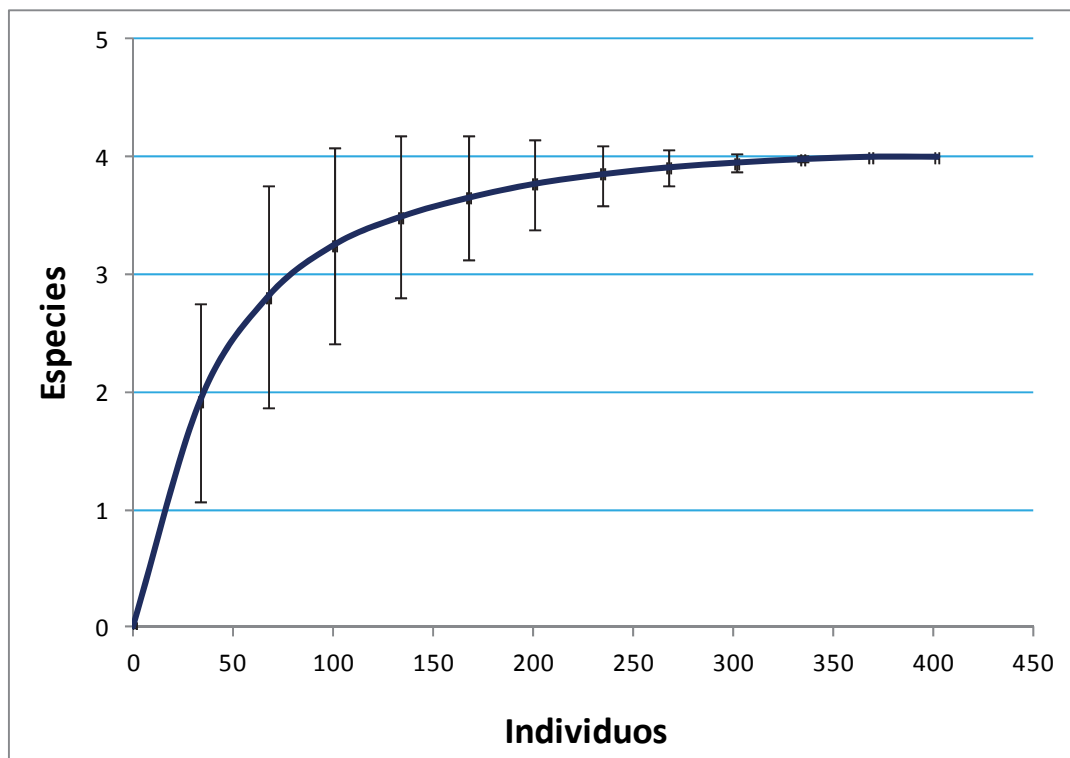


Figura 17. Curva de acumulación de especies (rarefacción) mediante recolección manual y trampas de caída basada en el número de individuos capturados en la Reserva Isla Martín García (Buenos Aires, Argentina).

#### IV.1.2-Variación estacional.

El análisis realizado por estación considerando ambas técnicas de muestreo arrojó abundancias aproximadamente similares de individuos entre verano (diciembre, enero y febrero) e invierno (junio, julio y agosto). Durante la primavera y otoño, las abundancias resultaron menores (Fig. 18). A pesar de ello, no se han encontrado diferencias significativas para las abundancias de las arañas migalomorfas entre las estaciones (ANOVA,  $F = 1,67$ ,  $p > 0,05$ ). La eficacia de ambas técnicas de muestreo durante las estaciones primavera, verano e invierno resultó similar, mientras que durante el otoño, el número de individuos capturados con recolección manual aumentó (Fig. 19).

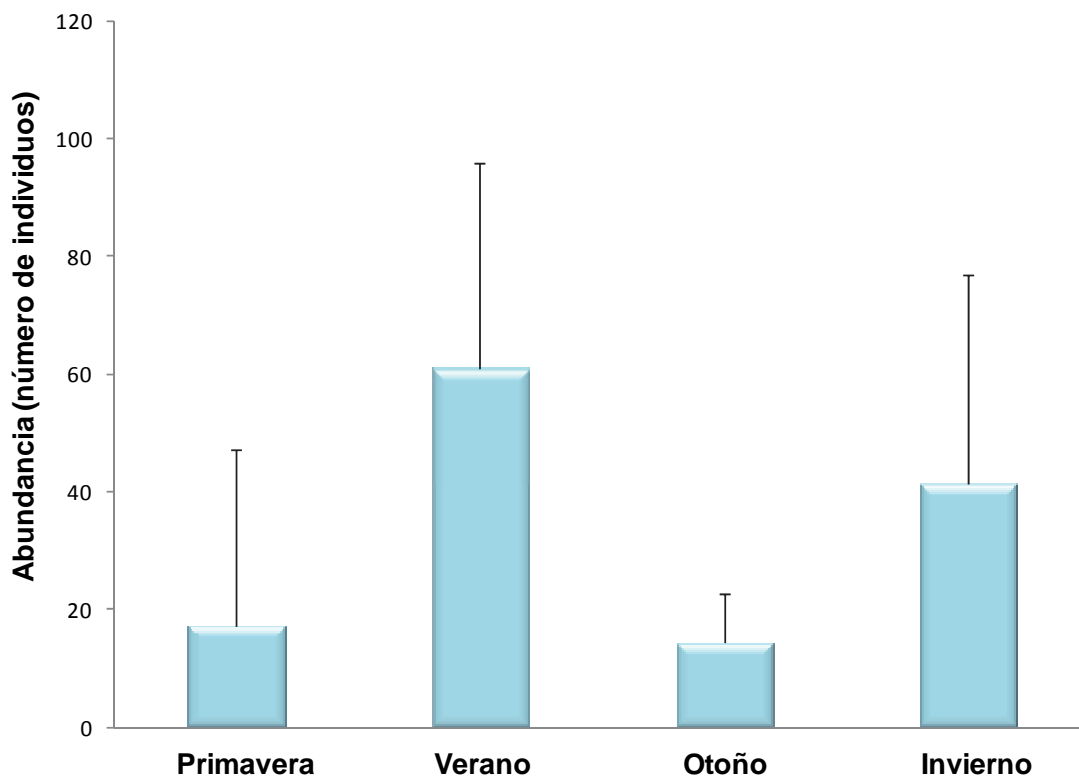


Figura 18. Abundancia media por estación de los individuos recolectados en la Reserva Isla Martín García (Buenos Aires, Argentina).

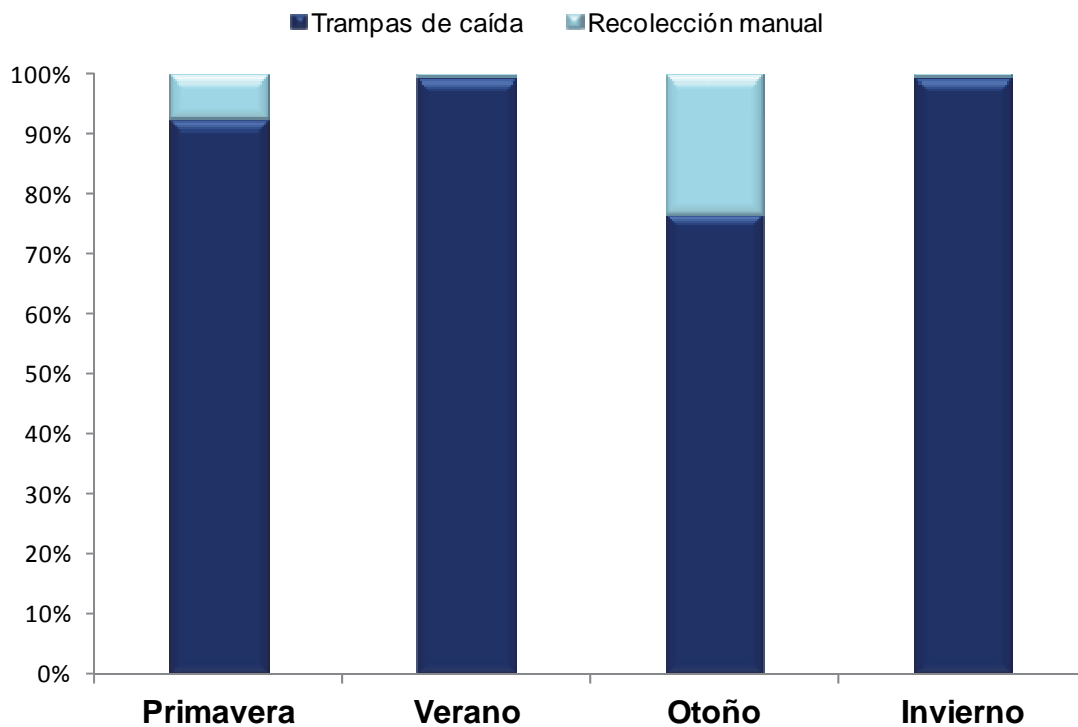


Figura 19. Abundancia por estación de los individuos recolectados en la Reserva Isla Martín García (Buenos Aires, Argentina) mediante recolección manual y trampas de caída.

*IV.1.3-Fenología de las especies presentes en isla Martín García.*

Los picos de mayor actividad de los individuos machos de *Actinopus* sp.1 se observaron durante el mes de abril del año 2004 y durante febrero y marzo de 2005, correspondiendo a fines de verano y comienzo del otoño (Fig. 20A y B).

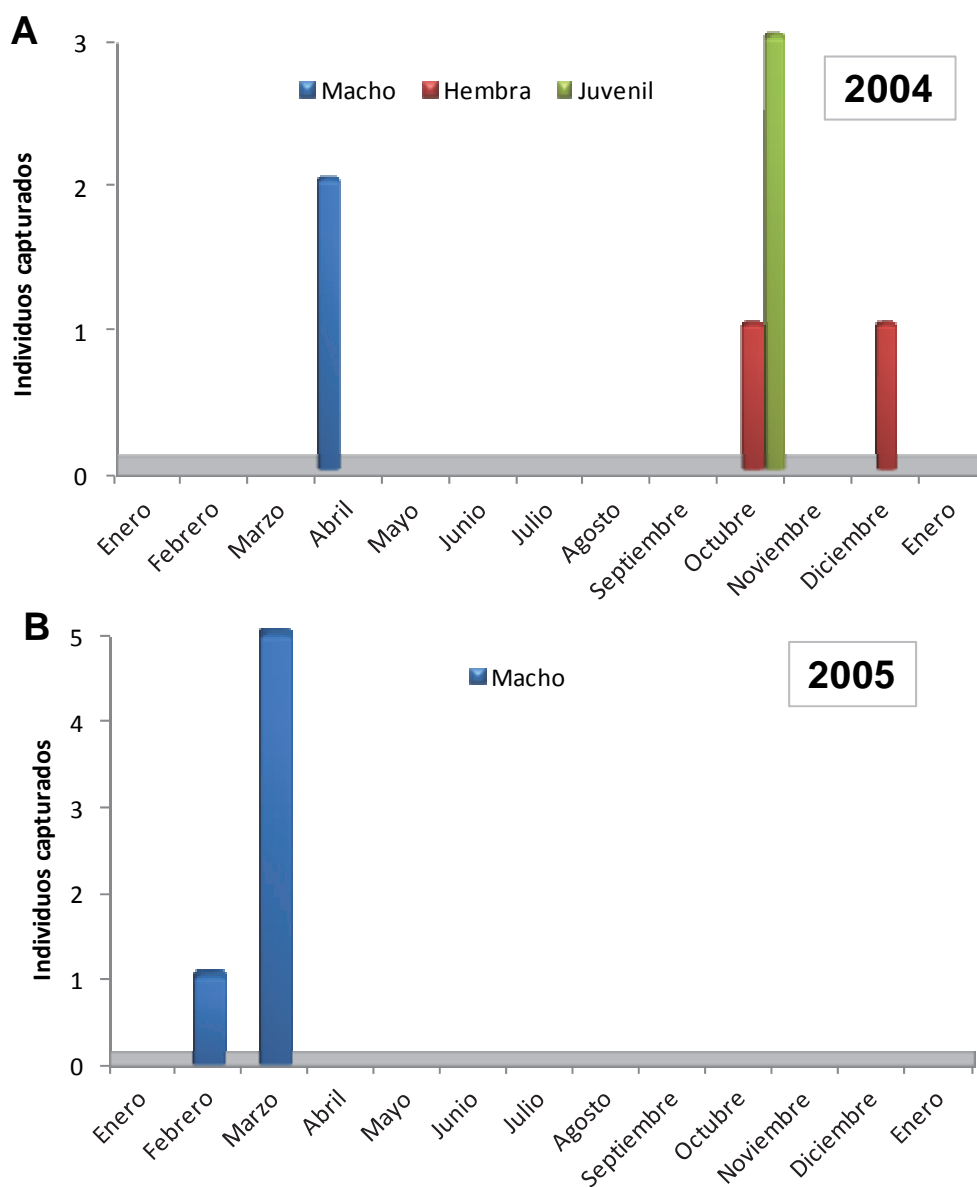


Figura 20. *Actinopus* sp.1 en la Reserva Isla Martín García (Buenos Aires, Argentina). Fenología, basada en la actividad de los especímenes (individuos/mes). A, 2004. B, 2005.

Las hembras resultaron menos abundantes, con sólo 2 individuos capturados durante los meses de octubre y diciembre de 2004 (primavera e inicio de verano) (Fig. 20A). Se recolectaron 3 juveniles durante el mes de octubre. No se registraron individuos durante el año 2006.

Respecto a *Catumiri parvum*, sólo se capturaron individuos durante el año 2004. Se registró un macho durante el mes de abril (Fig. 21) y las hembras y juveniles presentaron el mismo período de actividad. Una sola hembra estuvo presente durante el mes de junio (invierno).

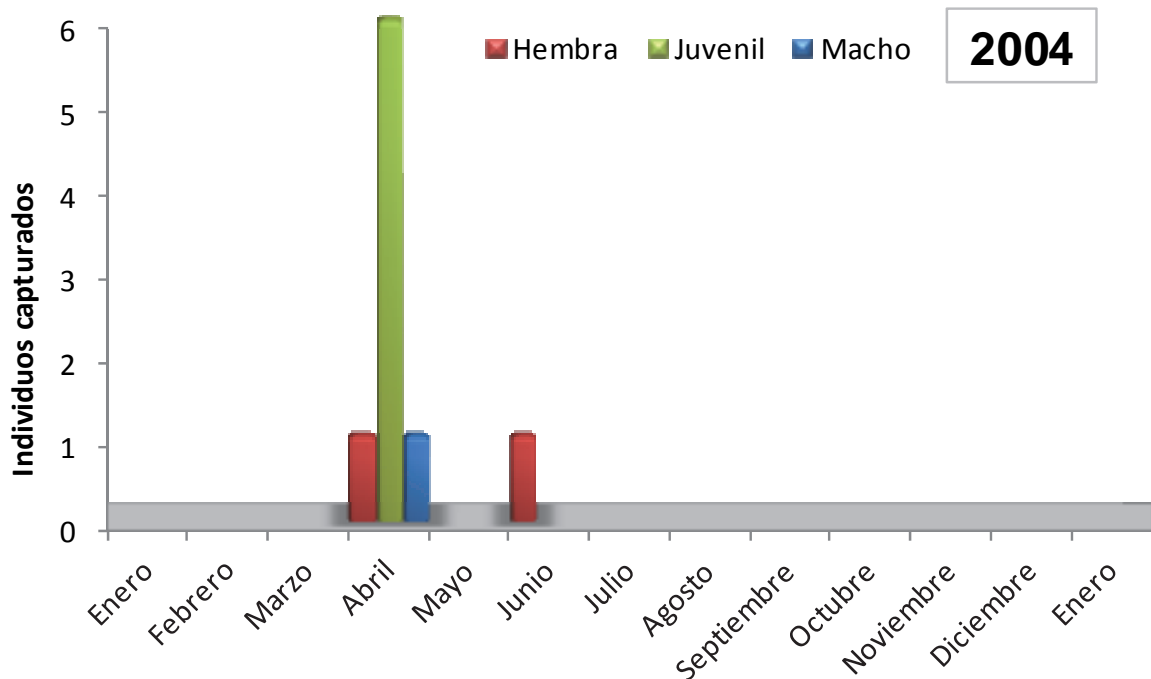


Figura 21. *Catumiri parvum* en la Reserva Isla Martín García (Buenos Aires, Argentina). Fenología, basada en la actividad de los especímenes (individuos/mes).

Los machos de *Stenoterommata platensis* estuvieron activos durante los meses de diciembre de 2004 (Fig. 22A), febrero de 2005 (Fig. 22B) y enero de 2006 (Fig. 22C), período correspondiente al verano. A pesar de ello, también se observó un claro pico de actividad aislado durante el mes de mayo (otoño), y en julio (invierno) de 2005. Estos picos de actividad comprendieron menos individuos que la actividad registrada durante el verano (Fig. 22B). Las hembras resultaron menos abundantes



que los machos y juveniles, con un pico de actividad durante el mes de enero de 2006 (verano).

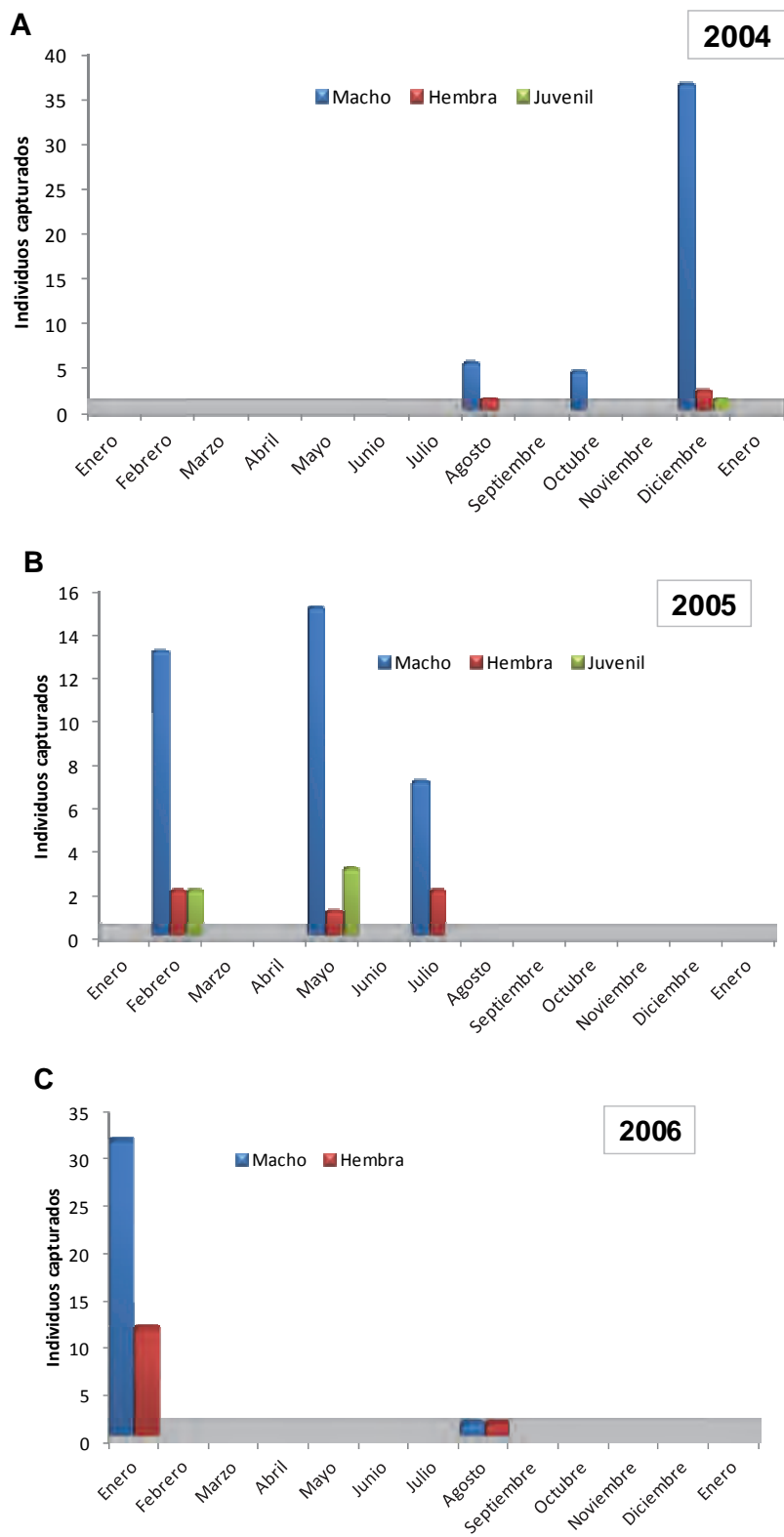


Figura 22. *Stenoterommata platensis* en la Reserva Isla Martín García (Buenos Aires, Argentina). Fenología, basada en la actividad de los especímenes (individuos/mes). A, 2004. B, 2005. C, 2006.



La presencia de machos de *Xenonemesia platensis* se registró prácticamente durante todo el período de estudio (Fig. 23). Los machos presentaron tres picos marcados de actividad. El primero se observó durante el mes de agosto de 2004 (Fig. 23A), julio de 2005 (Fig. 23B) y agosto de 2006 (Fig. 23C). Un segundo pico de actividad se registró durante el mes de octubre de 2004 (primavera) (Fig. 23A). Por último, un tercer pico de actividad fue durante los meses de diciembre de 2004 (Fig. 23A) y enero de 2006 correspondiendo al verano (Fig. 23C). Las hembras fueron menos abundantes sin presentar un pico claro de actividad durante los diferentes años de muestreos.

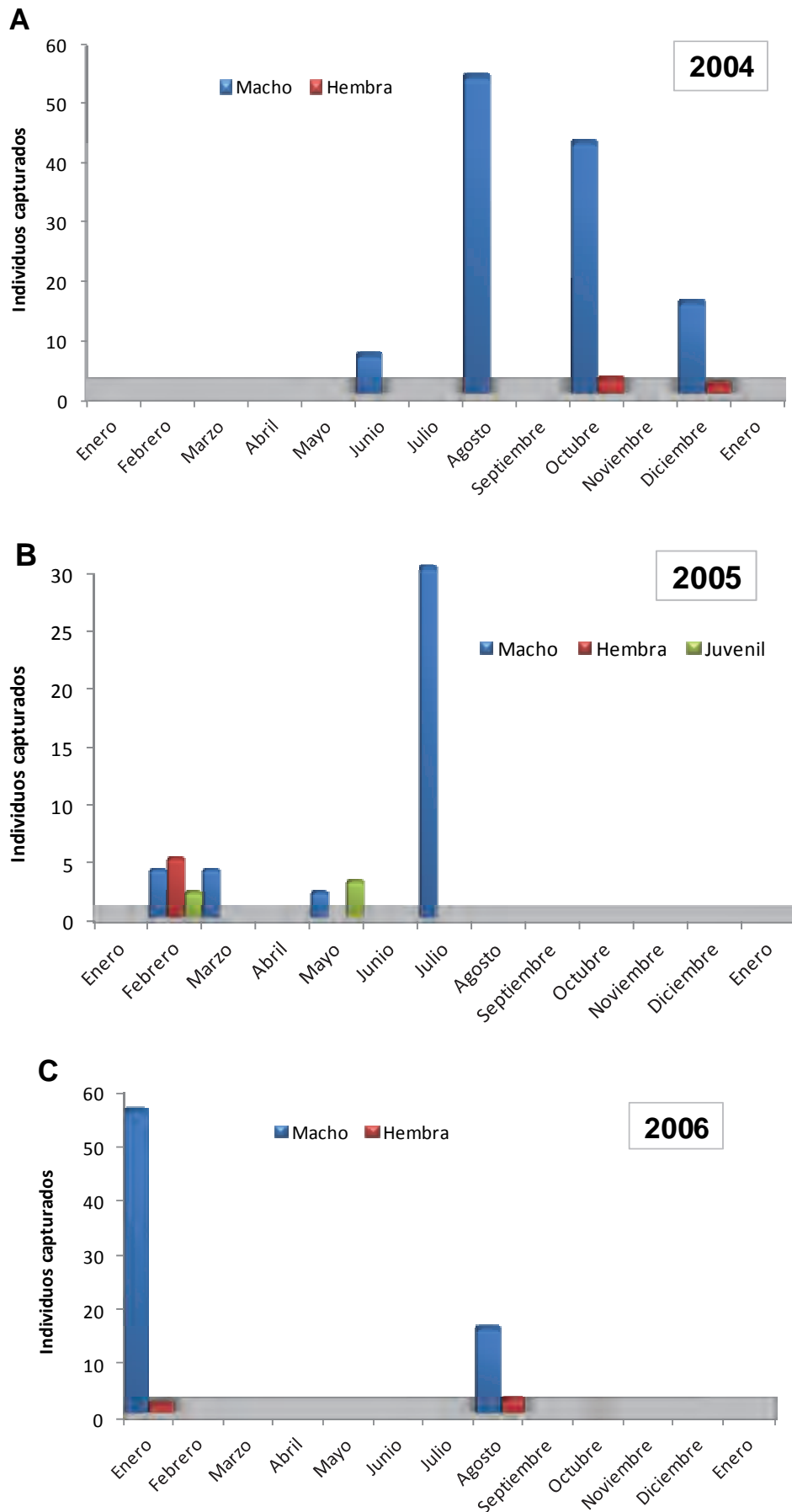


Figura 23. *Xenonemesia platensis* en la Reserva Isla Martín García (Buenos Aires, Argentina). Fenología, basada en la actividad de los especímenes (individuos/mes). A, 2004. B, 2005. C, 2006.

#### IV.1.4-Diversidad, distribución espacial y preferencia de hábitat.

El ambiente S resultó el único donde estuvieron presentes las cuatro especies de arañas migalomorfas (Tabla 3). *Catumiri parvum* se registró durante los meses de abril y junio de 2004 y estuvo ausente durante el resto de las fechas muestreadas. Durante diciembre de 2003, se registraron tres especies: *Actinopus* sp.1, *S. platensis* y *X. platensis*. Además, *S. platensis* y *X. platensis* se capturaron durante el período comprendido entre agosto de 2004 y agosto de 2006. En el ambiente A, *S. platensis* y *X. platensis* se recolectaron durante el mes de febrero de 2005, mientras que *C. parvum* se registró sólo en abril de 2004. Además, *S. platensis* estuvo presente durante el período de agosto de 2004 a enero de 2006. En BqRib sólo se capturó a *X. platensis* desde agosto de 2004 a agosto de 2006. En BqXerAr se recolectó a *C. parvum* y *Actinopus* sp.1 durante el mes de abril de 2004. Durante enero de 2006, *X. platensis* fue la única migalomorfa presente en este ambiente. Finalmente, en BqXerAep, se registraron tres especies: *Actinopus* sp.1, *S. platensis* y *X. platensis*.

Tabla 3. Distribución de las frecuencias de individuos por ambientes en la Reserva Isla Martín García (Buenos Aires, Argentina) de las especies de migalomorfas capturadas. S = selva, A = arenal, BqRib = bosque ribereño, BqXerAr = bosque xerófilo del arenal, BqXerAep = bosque xerófilo del aeropuerto.

	S	A	BqRib	BqXerAr	BqXerAep	Total
<i>Catumiri parvum</i>	5	1	0	3	0	9
<i>Actinopus</i> sp.1	1	0	0	2	10	13
<i>Stenoterommata platensis</i>	136	1	0	0	1	138
<i>Xenonemesia platensis</i>	72	16	39	1	114	242
<b>Total</b>	<b>214</b>	<b>18</b>	<b>39</b>	<b>6</b>	<b>125</b>	<b>402</b>

La preferencia de hábitats de las especies de migalomorfas entre los distintos ambientes se muestra en la tabla 4. No se encontraron diferencias significativas entre las abundancias de las especies *C. parvum* y *Actinopus* sp.1 para los diferentes tipos de ambientes. Contrariamente, *S. platensis* resultó la única especie especialista en el

ambiente S. *Xenonemesia platensis* presentó mayor abundancia en BqXerAep que en BqXerAr (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ), mientras que no se han encontrado diferencias significativas para los ambientes restantes (Kruskal-Wallis,  $p > 0,1$ ).

Tabla 4. Resultados del análisis de la varianza (ANOVA) de Kruskal-Wallis examinando la preferencia de hábitats de las especies entre los diferentes ambientes de la Reserva Isla Martín García (Buenos Aires, Argentina),  $p < 0,05$ . S = selva, BqRib = bosque ribereño, BqXerAr = bosque xerófilo del arenal, BqXerAep = bosque xerófilo del aeropuerto, A = arenal. Los valores seguidos de las mismas letras en una misma fila denotan que no existe diferencia significativa ( $p > 0,1$ ).

Abundancia por ambiente (media)					
Especies	S	BqRib	BqXerAr	BqXerAep	A
<i>Catumiri parvum</i>	0,41a	0a	0,25a	0a	0,08a
<i>Actinopus sp.1</i>	0,08a	0a	0,16a	0,83a	0a
<i>Stenoterommata platensis</i>	11,33a	0b	0b	0,08b	0,08b
<i>Xenonemesia platensis</i>	6ab	3,25ab	0,08a	9,5b	1,33ab

Los resultados obtenidos mediante el análisis de agrupamiento utilizando distancia Euclidiana y agrupamiento de Ward (Fig. 24) mostraron que el ambiente A y BqXerAr se agruparon en primer lugar con el valor de mayor similitud. Luego, se unió BqRib a BqXerAep un valor de similitud menor. Finalmente, el ambiente S se ubicó lejos de los grupos anterior y a menor similitud del resto de los ambientes.

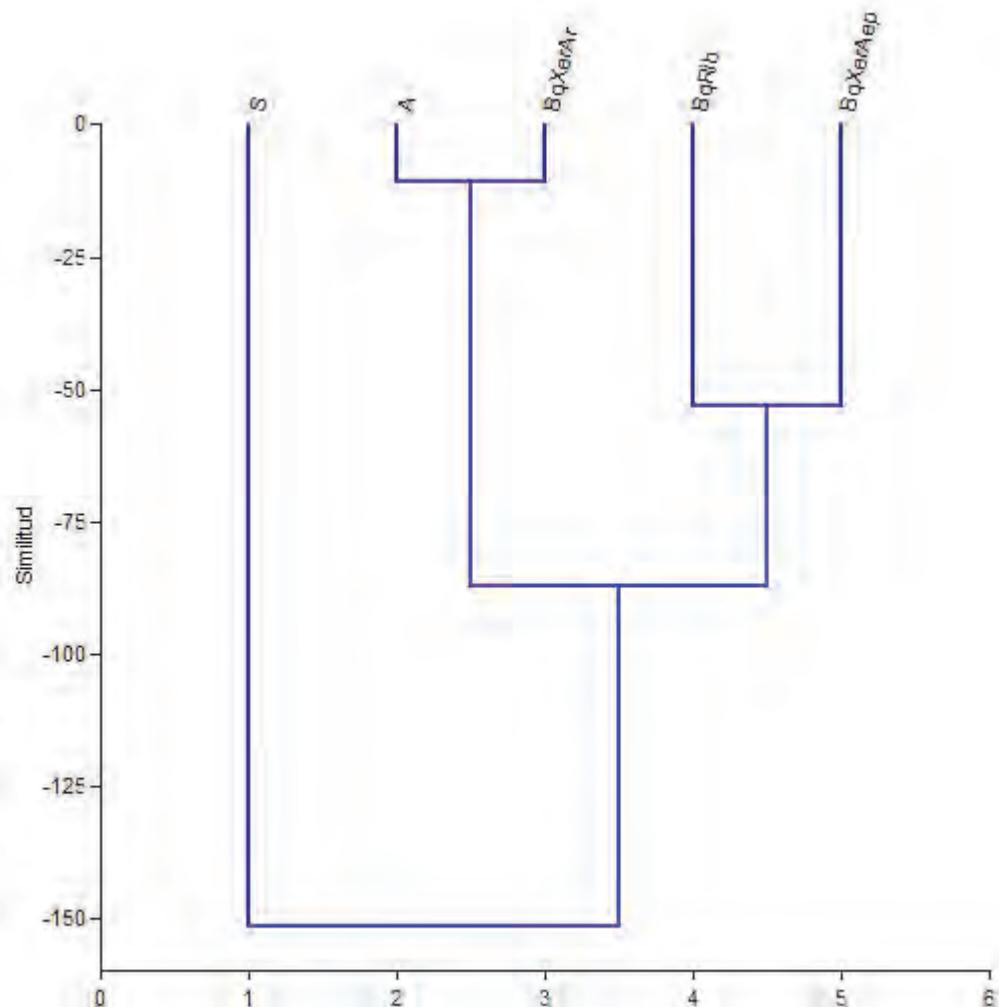


Figura 24. Dendrograma resultante del análisis de agrupamiento de los ambientes estudiados de la Reserva Isla Martín García (Buenos Aires, Argentina) utilizando distancia Euclidiana y agrupamiento de Ward. S = selva, BqRib = bosque ribereño, BqXerAr = bosque xerófilo del arenal, BqXerAep = bosque xerófilo del aeropuerto, A = arenal. Coeficiente de Correlación Cofenética = 0,843.

Mediante el análisis de componentes principales (ACP), los primeros dos componentes explicaron el 92,86% de la varianza. El ambiente S se discriminó en el primer componente (PC1), influenciado por la mayor abundancia de *S. platensis*. Además, en el componente 1 se discriminó el ambiente BqXerAep debido a la alta abundancia de *X. platensis*. En el componente principal 2, se discriminaron dos grupos, el primero formado por los ambientes S y BqXerAep, con los mayores valores de abundancia; y el otro grupo formado por ambientes con menor abundancia, A, BqXerAr y BqRib (Fig. 25).

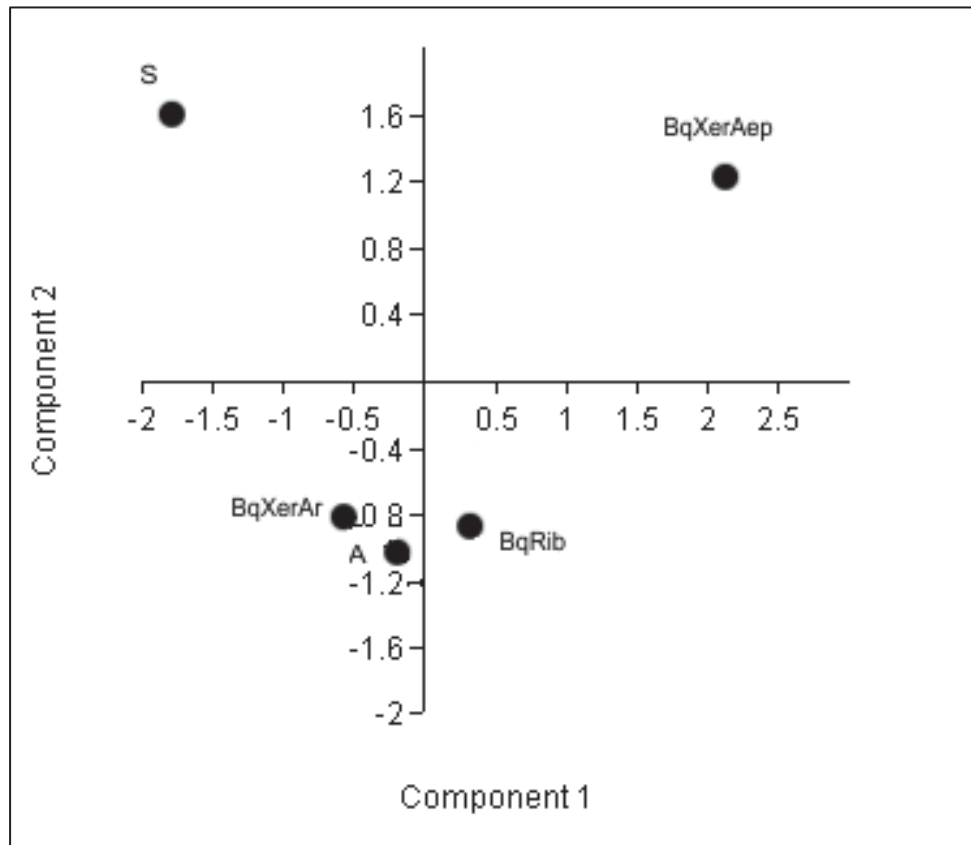


Figura 25. Análisis de componentes principales (ACP) de los ambientes estudiados de la Reserva Isla Martín García (Buenos Aires, Argentina) utilizando el coeficiente de correlación. El porcentaje acumulado de variación fue de 92,86%. S = selva, BqRib = bosque ribereño, BqXerAr = bosque xerófilo del arenal, BqXerAep = bosque xerófilo del aeropuerto, A = arenal.

## IV.2-Ventania.

### IV.2.1-Composición taxonómica, riqueza específica y estructura demográfica.

Durante el primer año de muestreo se recolectó un total de 426 individuos, 349 manualmente y 77 con trampas de caída. En el segundo año de muestreo se recolectó un total de 90 individuos con trampas de caída, lo que conforma un total de 516 individuos. Los valores anteriores no incluyen a las crías capturadas con su madre. Las especies registradas en el área de estudio pertenecieron a cuatro familias: *Actinopus* sp.2 (Actinopodidae) (Fig. 26); *Grammostola vachoni* Schiapelli & Gerschman 1960 (Theraphosidae) (Fig. 27); *Plesiopelma longisternale* Schiapelli & Gerschman 1942 (Theraphosidae) (Fig. 28); *Acanthogonatus centralis* Goloboff 1995 (Nemesiidae) (Fig. 29); y *Mecicobothrium thorelli* Holmberg 1882 (Mecicobothriidae) (Fig. 30). Las frecuencias absolutas y relativas de los individuos recolectados durante los dos años de muestreo se presentan en la Tabla 5.



Figura 26. *Actinopus* sp.2, in vivo, en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina). A la izquierda, la hembra; a la derecha, el macho.





Figura 27. *Grammostola vachoni*, in vivo, en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina). A la izquierda, la hembra; a la derecha, el macho.



Figura 28. *Plesiopelma longisternale*, in vivo, en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina). A la izquierda, el macho; a la derecha, la hembra.



Figura 29. *Acanthogonatus centralis*, in vivo, en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina). A la izquierda, la hembra; a la derecha, el macho.



Figura 30. *Mecicobothrium thorelli*, in vivo, en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina). A la izquierda, el macho; a la derecha, la hembra.

Tabla 5. Frecuencias absolutas y relativas de los individuos capturados en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina) mediante recolección manual y trampas de caída durante el período de estudio. M = machos, H = hembras, J = juveniles, T = total, % = porcentaje.

	Recolección manual					Trampas de caída				
	M	H	J	T	%	M	H	J	T	%
<b>2009-2010</b>										
<i>A. centralis</i>	22	53	20	95	27,22	43	6	9	58	75,32
<i>G. vachoni</i>	0	9	188	197	56,44	0	0	3	3	3,90
<i>P. longisternale</i>	1	10	29	40	11,46	3	0	0	3	3,90
<i>Actinopus</i> sp.2	1	2	0	3	0,86	12	0	1	13	16,88
<i>M. thorelli</i>	2	2	10	14	4,02	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>76</b>	<b>247</b>	<b>349</b>		<b>58</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>77</b>	
<b>%</b>	<b>7,45</b>	<b>21,78</b>	<b>70,77</b>		<b>100</b>	<b>75,32</b>	<b>7,79</b>	<b>16,89</b>		<b>100</b>
<b>2011-2012</b>										
<i>A. centralis</i>						55	7	18	80	88,90
<i>G. vachoni</i>						0	0	4	4	4,44
<i>P. longisternale</i>						2	1	2	5	5,55
<i>Actinopus</i> sp.2						0	0	1	1	1,11
<i>M. thorelli</i>						0	0	0	0	0
<b>Total</b>						<b>57</b>	<b>8</b>	<b>25</b>	<b>90</b>	
<b>%</b>						<b>63,33</b>	<b>8,90</b>	<b>27,77</b>		<b>100</b>

Mediante la técnica de recolección manual, la especie predominante resultó ser *G. vachoni*, constituyendo más del 50% de los individuos capturados. Por otra parte, mediante el uso de trampas de caída, la especie más abundante fue *A. centralis*, con el 75,32% de los individuos recolectados durante el primer año y con el 88,88% durante el segundo año de muestreo.



El número de especies capturadas con las técnicas de muestreo utilizadas fue de cinco mediante recolección manual y cuatro utilizando trampas de caída. *Mecicobothrium thorelli* estuvo ausente en las trampas. Consecuentemente, ambas técnicas mostraron diferente eficiencia entre las especies capturadas: la técnica de recolección manual resultó más efectiva en la captura de *G. vachoni* y *P. longisternale* (Theraphosidae), y también en la captura de *M. thorelli* (Mecicobothriidae) (Fig. 31). Ambas técnicas resultaron efectivas para capturar a *A. centralis*, y las trampas de caída fueron más efectivas para recolectar individuos de *Actinopus* sp.2 (Actinopodidae).

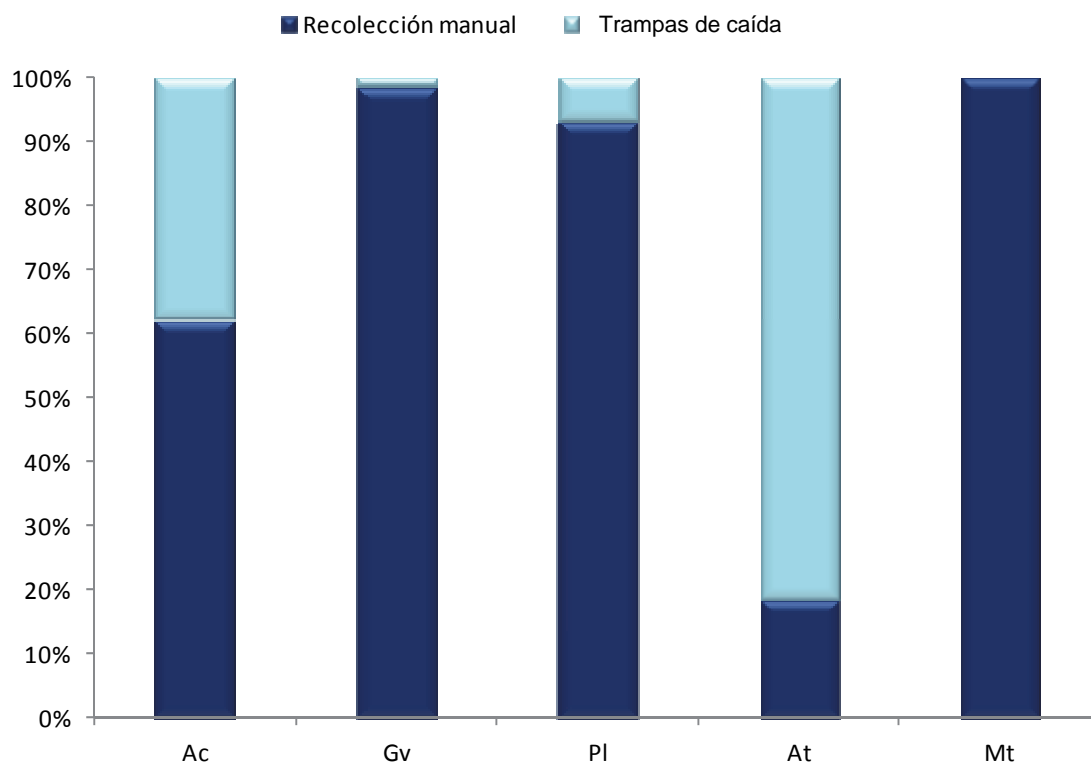


Figura 31. Frecuencias relativas de los individuos capturados en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina) mediante recolección manual y trampas de caída. Ac, *A. centralis*; Gv, *G. vachoni*; Pl, *P. longisternale*; At, *Actinopus* sp.2; Mt, *M. thorelli*.

La curva de acumulación de especies de las técnicas de recolección manual y trampas de caída, basada en el número de individuos (Fig. 32), mostró que más del 50% de las especies se obtuvieron luego de recolectar aproximadamente 30 individuos. El número total de especies se alcanzó luego de capturar un total aproximado de 200 individuos.

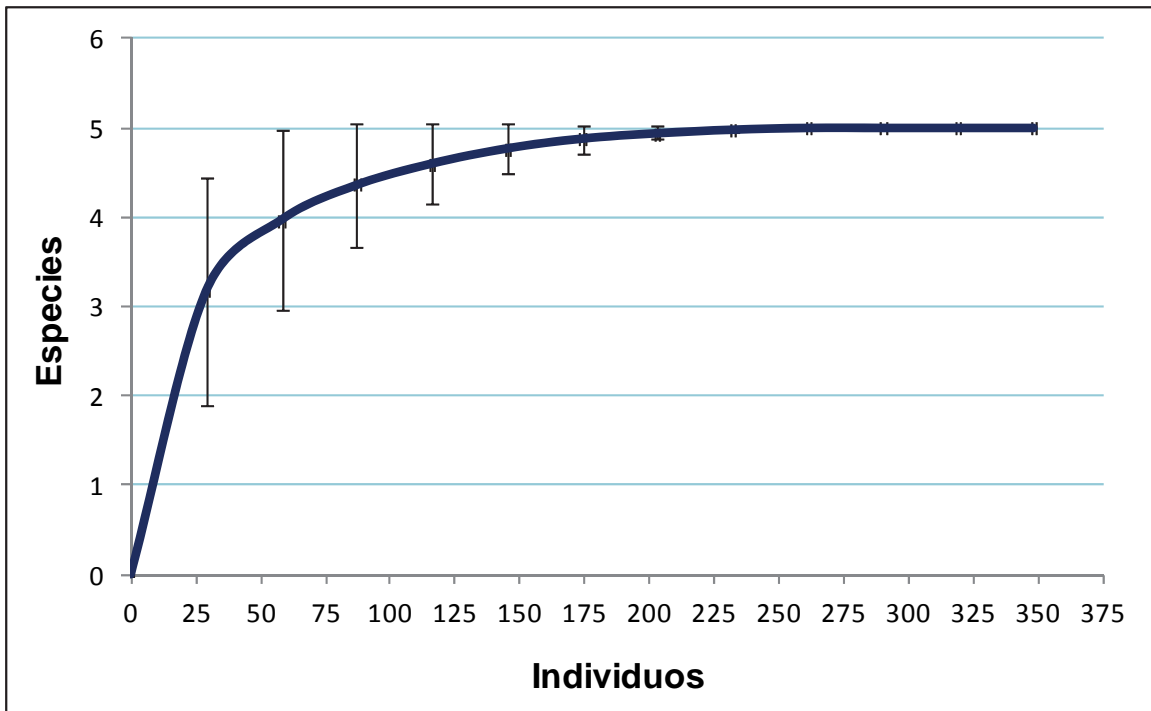


Figura 32. Curva de acumulación de especies (rarefacción) mediante recolección manual y trampas de caída basada en el número de individuos capturados en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina).

Los individuos juveniles predominaron sobre los individuos adultos, con un 70,77% del total de los individuos recolectados manualmente. Por otra parte, en trampas de caída, los individuos adultos dominaron sobre los juveniles, con un 83,1% durante el primer año y con un 72,23% durante el segundo año de muestreo. Los machos resultaron más abundantes en trampas de caída, alcanzando un 75,32% del total durante el primer año y un 63,33% en el segundo año. Las hembras alcanzaron valores de abundancia del 7,79% en el primer año y 8,90% en el segundo año, mientras que los juveniles constituyeron el 16,89% durante el primer año y un 27,77% en el segundo año.

#### *IV.2.2-Variación estacional.*

El análisis realizado por estación considerando ambas técnicas de muestreo arrojó abundancias aproximadamente similares de individuos entre primavera

(septiembre, octubre y noviembre), otoño (marzo, abril y mayo) e invierno (junio, julio y agosto). Durante el verano (diciembre, enero y febrero), la abundancia resultó menor (Fig. 33). A pesar de ello, no se han encontrado diferencias significativas para las abundancias de las arañas migalomorfas entre las estaciones (ANOVA,  $F = 3,44$ ,  $p > 0,05$ ). La eficacia de ambas técnicas de muestreo durante las estaciones primavera, otoño e invierno resultó similar, mientras que durante el verano, el número de individuos registrado en trampas de caída fue mayor (a pesar de que el verano fue la estación con menor abundancia) (Fig. 34).

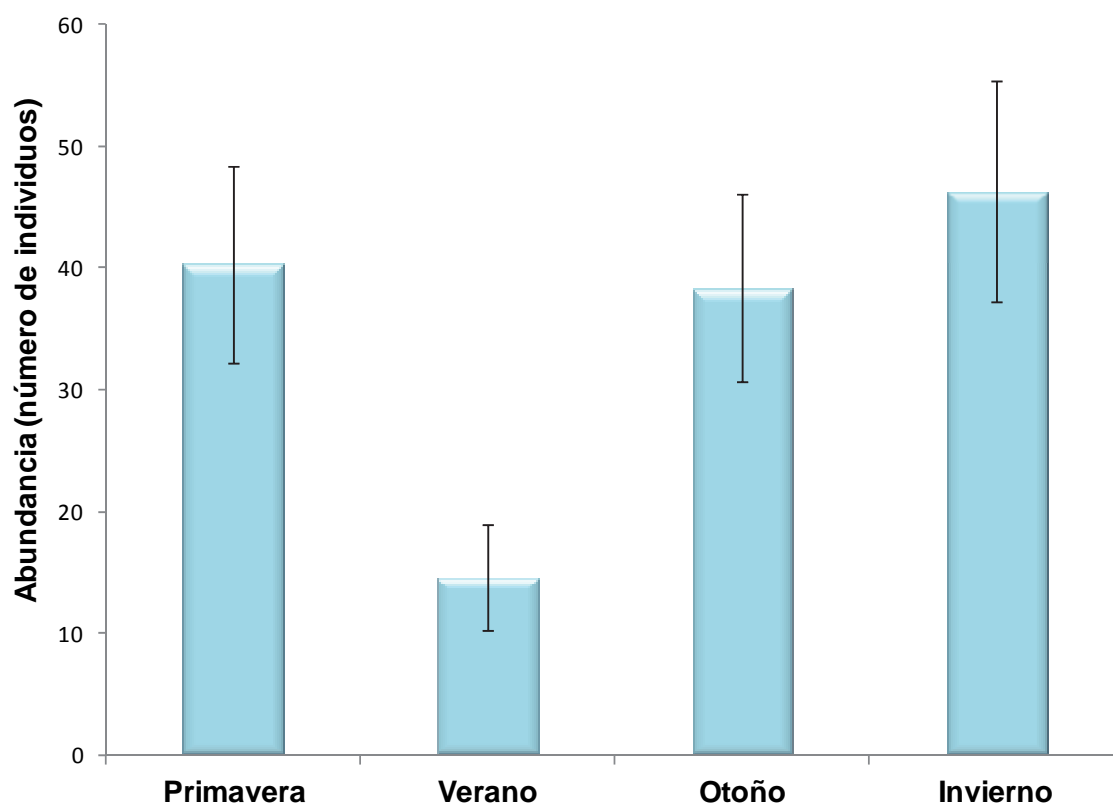


Figura 33. Abundancia media por estación de los individuos recolectados en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina).

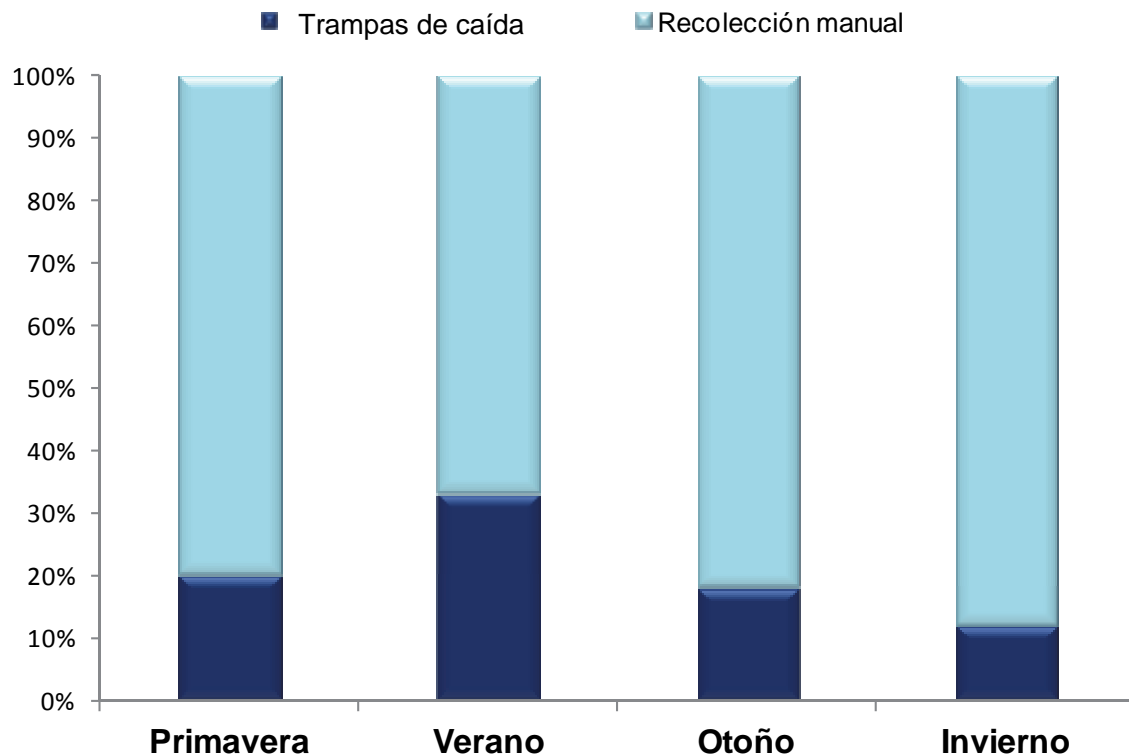


Figura 34. Abundancia por estación de los individuos recolectados en el Parque Provincial "Ernesto Tornquist" (Buenos Aires, Argentina) mediante recolección manual y trampas de caída.

Los valores máximos de abundancia se correspondieron con los menores valores de temperaturas en el área, durante el período de estudio. Consecuentemente, los menores valores de abundancia se observaron durante el verano (desde diciembre hasta febrero) con los valores máximos de temperatura en el área ( $r = -0,810$ ,  $p = 0,001$ , coeficiente de correlación de Pearson) (Fig. 35). Respecto a los valores de precipitación durante el período de muestreo en el área de estudio, no se ha encontrado correlación con la abundancia de las migalomorfás ( $r = -0,325$ ,  $p = 0,302$ , coeficiente de correlación de Pearson) (Fig. 36). A pesar de esto, durante el verano y otoño, los incrementos registrados en los valores de precipitación por encima de los 100 milímetros corresponden a valores bajos de abundancia de arañas migalomorfás en el área (Fig. 36).

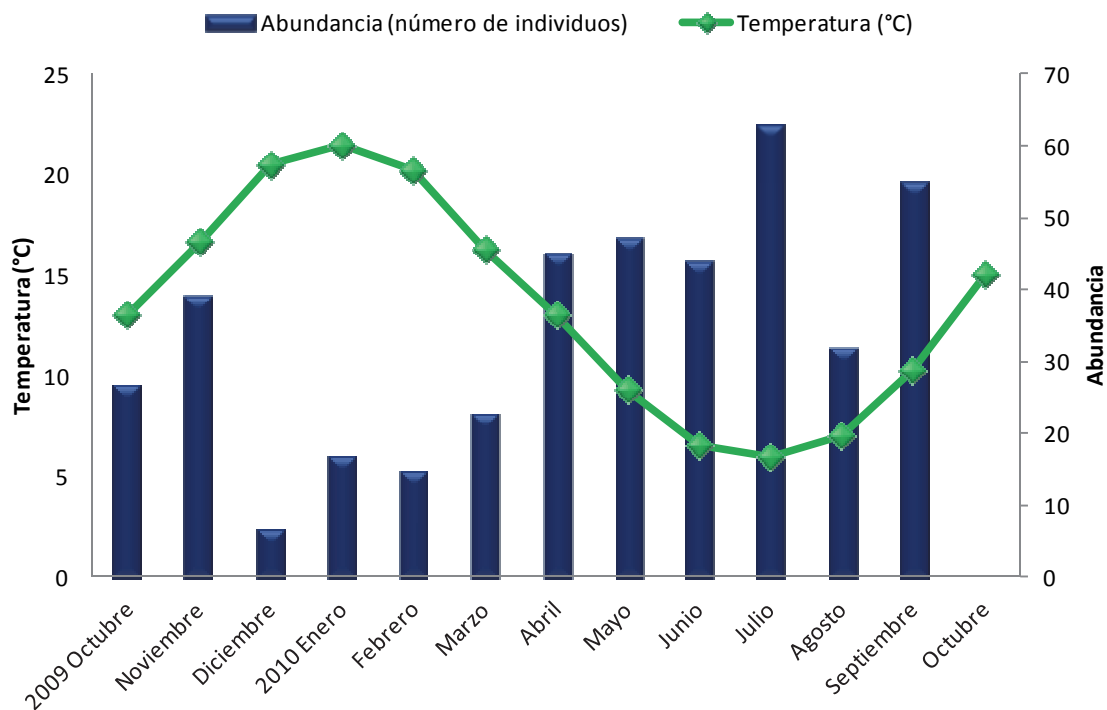


Figura 35. Abundancia mensual de arañas migalomorfas con la temperatura media mensual en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina).

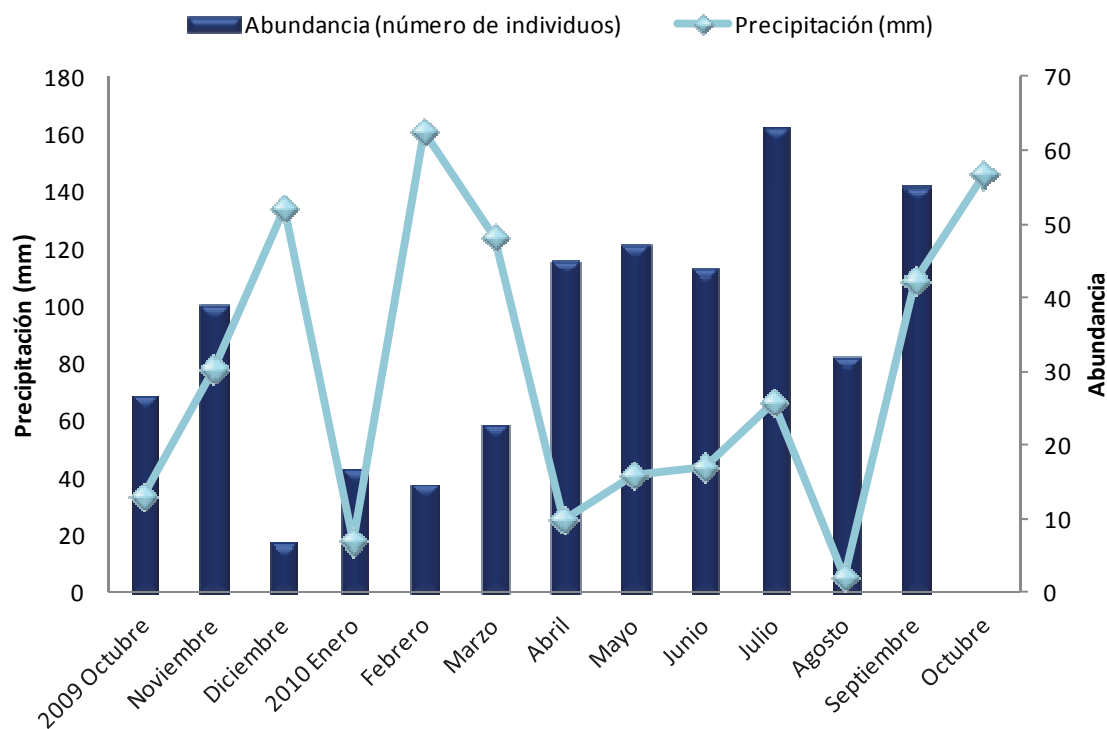


Figura 36. Abundancia mensual de arañas migalomorfas con los valores de precipitación mensual en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina).



### *IV.2.3-Fenología de las especies presentes en Ventania.*

A lo largo del primer año de muestreo, los machos de *A. centralis* se observaron desde abril hasta noviembre, correspondiendo a fines de otoño, invierno y primavera (Fig. 37). Mediante trampas de caída se registraron dos picos de actividad con altas abundancias: el primero de ellos durante los meses de abril, mayo y junio (otoño e inicio del invierno); y el segundo durante los meses de agosto, septiembre y octubre (fines de invierno y primavera) (Fig. 37b). La presencia de machos correspondió a meses de temperaturas medias a bajas (Fig. 5A y B) y diferentes valores de precipitación (Fig. 6A y B). No se capturaron machos con ambas técnicas durante los meses con valores altos de temperatura como diciembre, enero y febrero. Durante el segundo año de muestreo, los machos de *A. centralis* se registraron aproximadamente en el mismo período, desde los meses de marzo, abril hasta septiembre y octubre, con el mayor número de individuos en los meses de septiembre y octubre (Fig. 38).

Las hembras y los juveniles estuvieron a lo largo de todo el período de estudio durante el primer año de muestreo con ambas técnicas, excluyendo los meses de marzo y octubre (Fig. 37). Durante el segundo año se registraron hembras y juveniles en el período septiembre a junio, pero la mayor abundancia correspondió a los meses de noviembre y diciembre (Fig. 38).

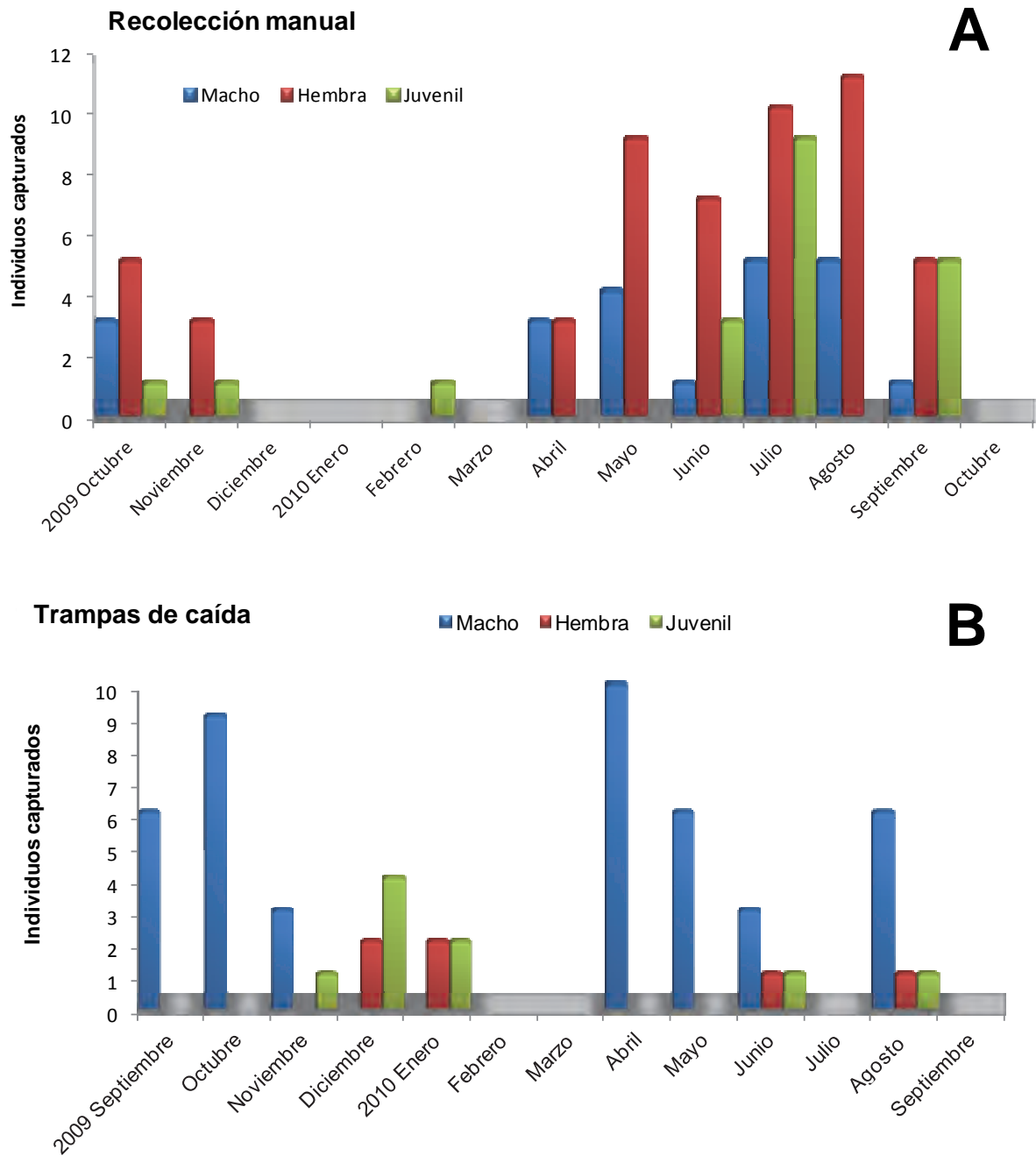


Figura 37. *Acanthogonatus centralis* en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina). Fenología (2009-2010) basada en la actividad de los individuos (individuos/mes). A. Recolección manual. B. Trampas de caída.

## Trampas de caída

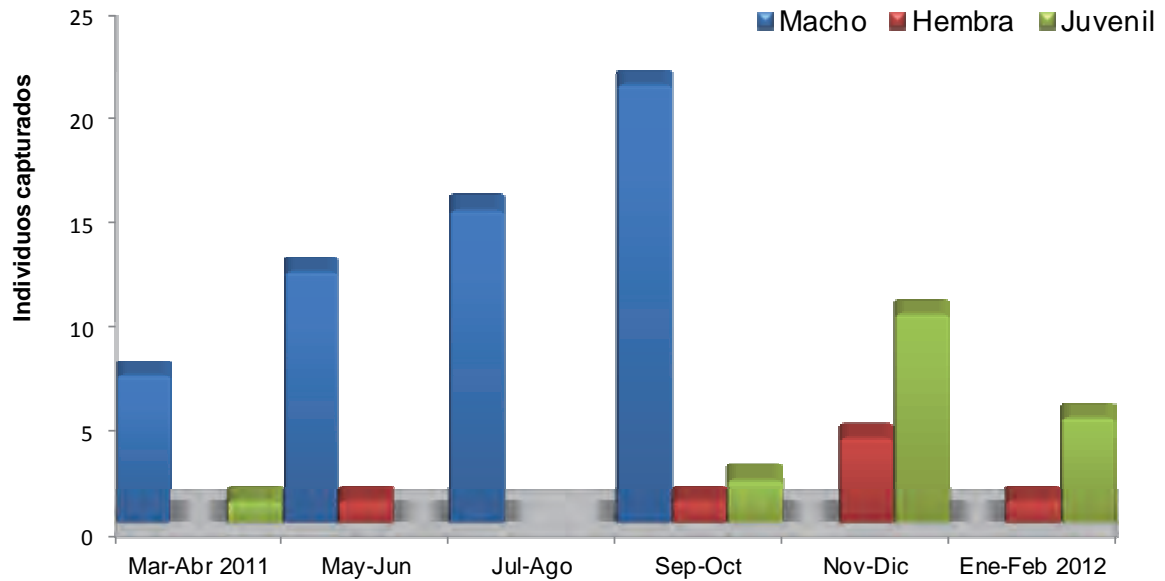


Figura 38. *Acanthogonatus centralis* en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina). Fenología (2011-2012) basada en la actividad de los individuos (individuos/dos meses) con trampas de caída.

Respecto a *G. vachoni*, no se capturaron machos mediante recolección manual y trampas de caída. Las hembras se observaron durante el verano (enero y febrero), y en mayo, julio y septiembre (Fig. 39). Ninguna hembra fue capturada con trampas de caída. Durante el mes de enero, se observó una hembra en el campo manteniendo un saco de huevos. Los individuos juveniles de esta especie se registraron durante todo el período de estudio, con picos de actividad durante el verano e inicio del otoño (Figs. 39 y 40).

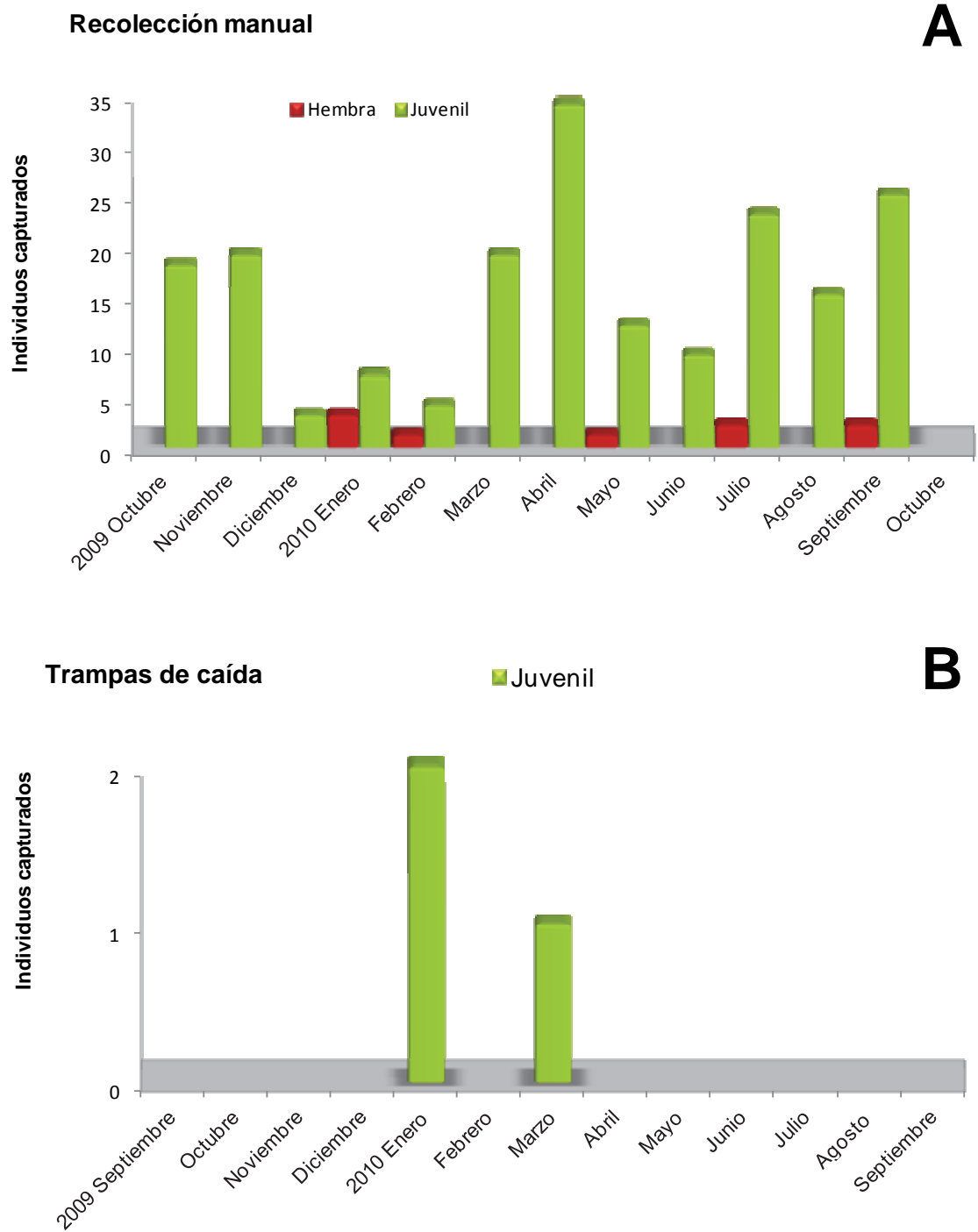


Figura 39. *Grammostola vachoni* en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina). Fenología (2009-2010) basada en la actividad de los individuos (individuos/mes). A. Recolección manual. B. Trampas de caída.

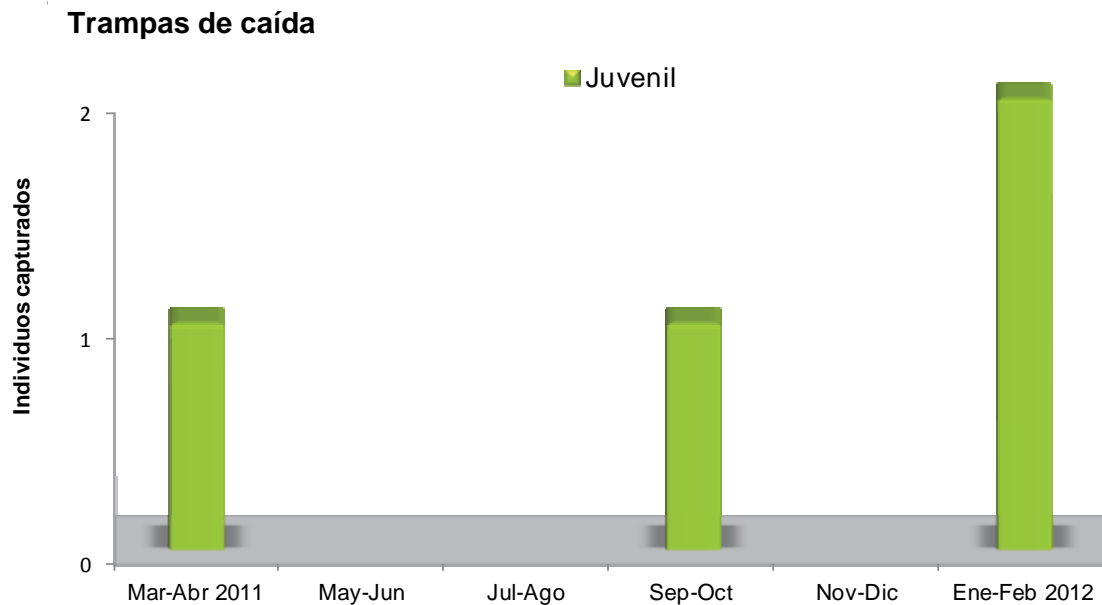


Figura 40. *Grammostola vachoni* en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina). Fenología (2011-2012) basada en la actividad de los individuos (individuos/dos meses) con trampas de caída.

La mayor actividad registrada para los individuos machos de *P. longisternale* en los dos años de muestreos fue desde los meses de abril hasta junio (otoño e inicio del invierno) (Figs. 41 y 42) correspondiendo con los menores valores de temperatura (Fig. 5) y precipitación en el área de estudio (Fig. 6A). Las hembras resultaron más abundantes que los machos y se observaron durante todo el período de estudio. Dos hembras de *P. longisternale* se encontraron en el campo manteniendo sacos de huevos durante el mes de enero. Por otra parte, los juveniles resultaron aún más abundantes que los machos y las hembras, con la mayor actividad observada hacia el mes de noviembre (fines de primavera) (Fig. 41A).

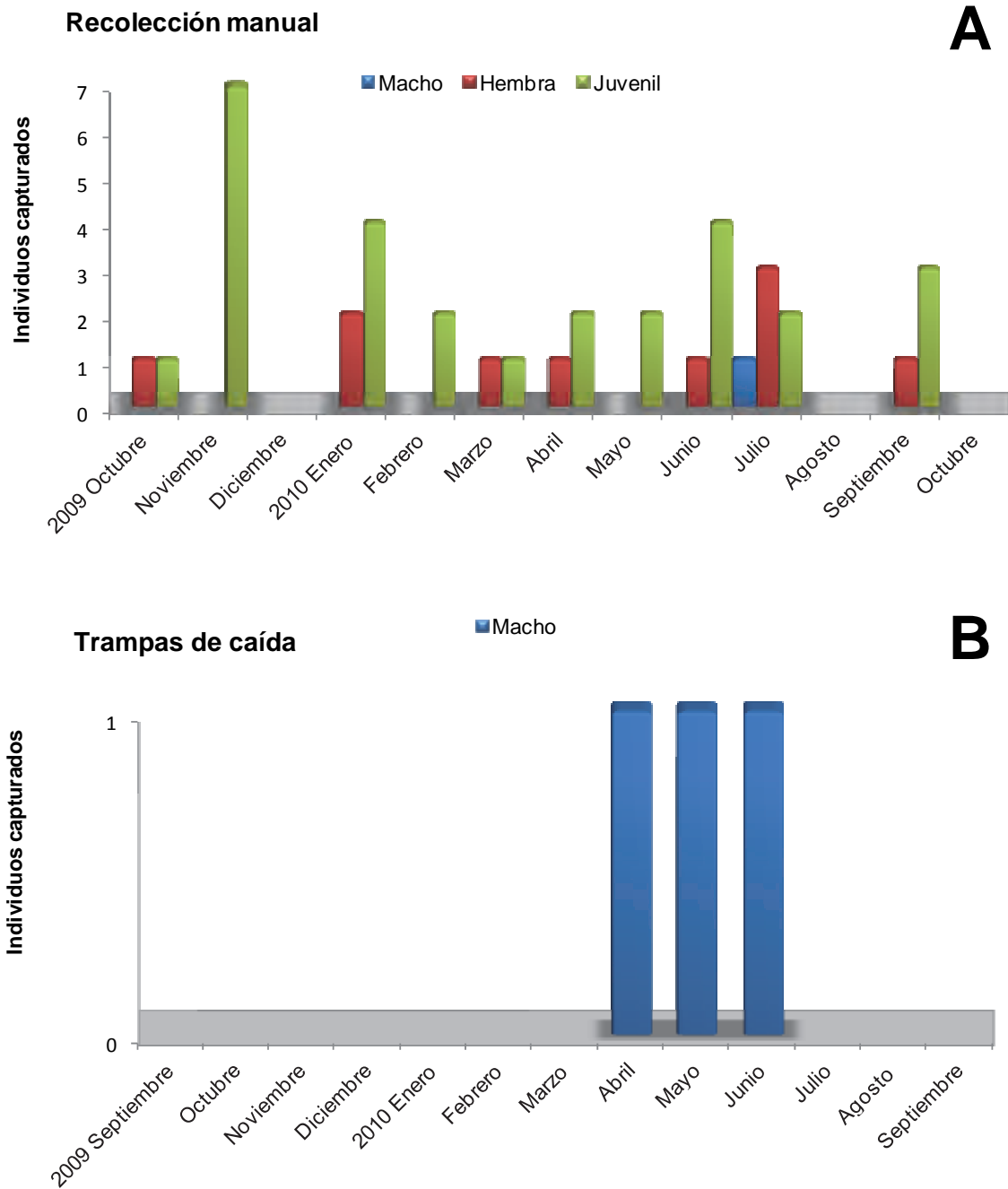


Figura 41. *Plesiofelma longisternale* en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina). Fenología (2009-2010) basada en la actividad de los individuos (individuos/mes). A. Recolección manual. B. Trampas de caída.

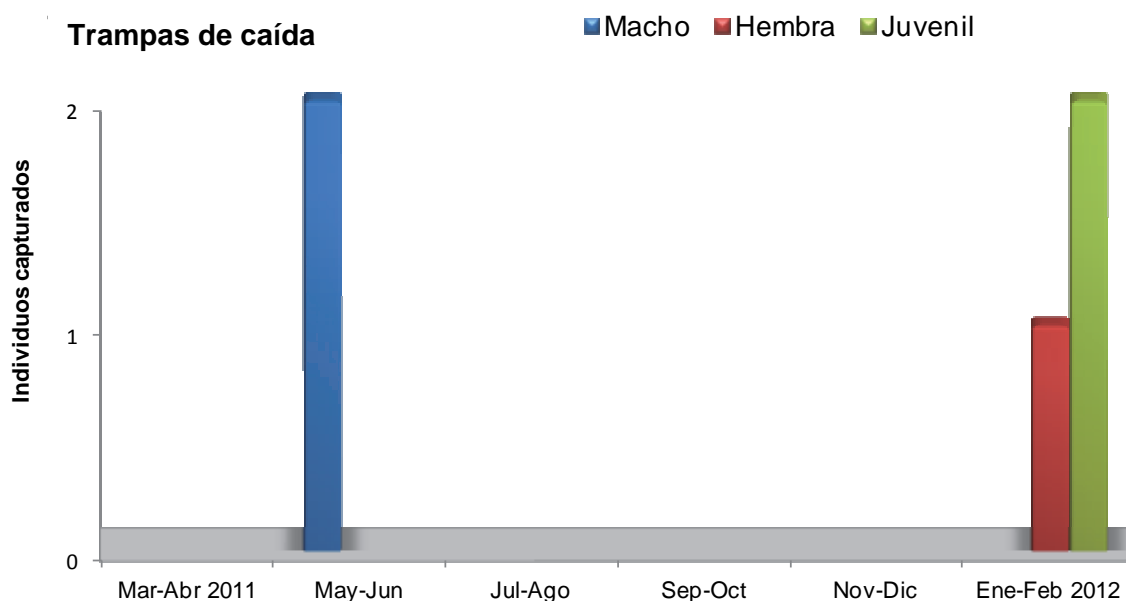


Figura 42. *Plesiopelma longisternale* en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina). Fenología (2011-2012) basada en la actividad de los individuos (individuos/dos meses) con trampas de caída.

Los machos de *Actinopus* sp.2 estuvieron presentes en mayor abundancia durante los meses de abril y mayo (otoño) (Fig. 43B) en el primer año de muestreo. Este período de actividad se corresponde con valores de temperatura medios (Fig. 5A) y bajos registros de precipitación (Fig. 6A) en el área de estudio. Además, esta especie se capturó durante los meses de febrero (Figs. 43A y B), período marzo-abril (dado por un juvenil en trampas de caída) (Fig. 44). Durante este período, los valores de temperatura (Fig. 5) y precipitación (Fig. 6) fueron elevados en el área. Las hembras resultaron menos abundantes que los machos en trampas de caída y se observaron durante el otoño (Fig. 43B). Durante el mes de marzo, una hembra se encontró dentro de su cueva en el campo con 12 juveniles recientemente eclosionados del saco de huevos.



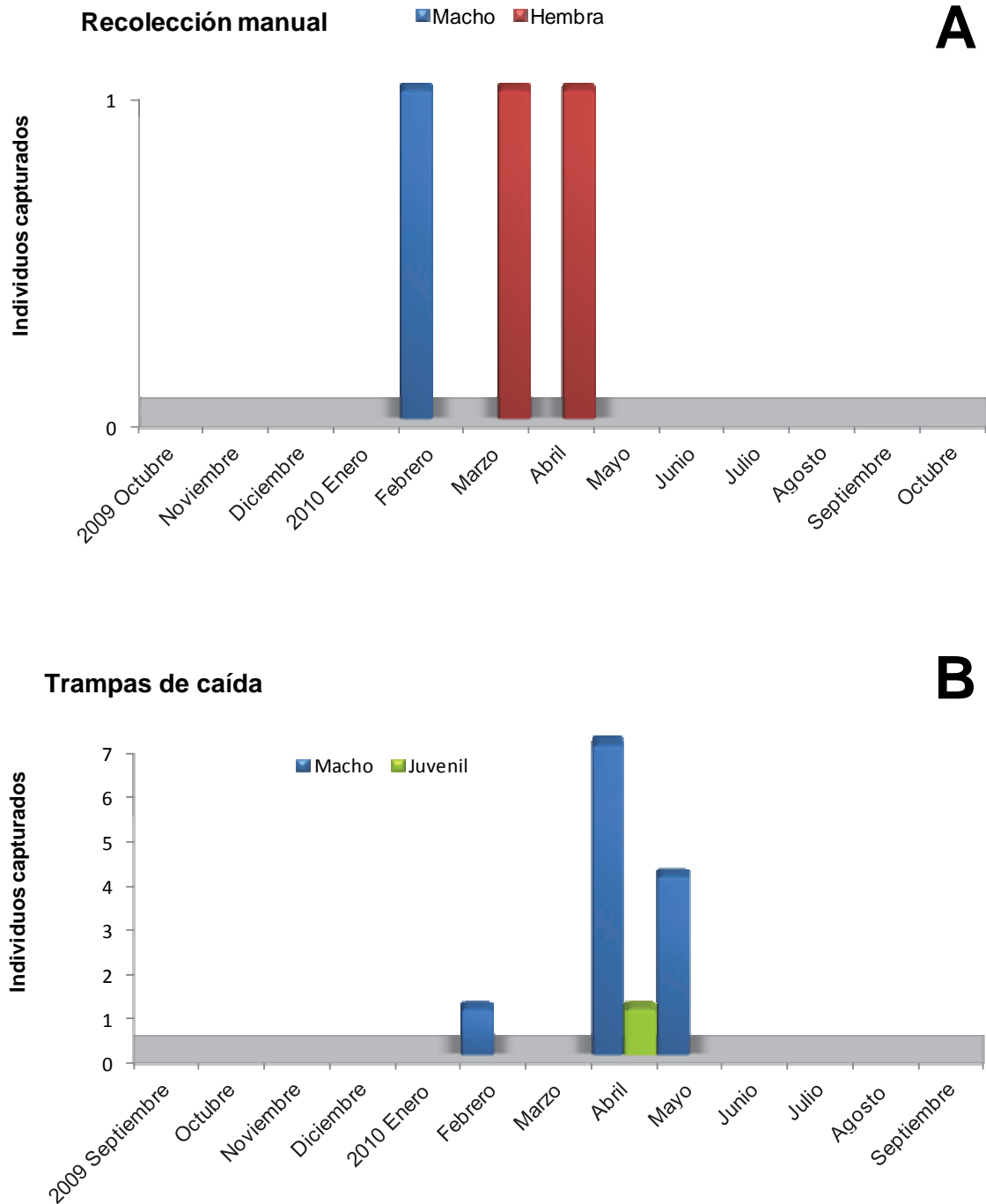


Figura 43. *Actinopus* sp.2 en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina). Fenología (2009-2010) basada en la actividad de los individuos (individuos/mes). A. Recolección manual. B. Trampas de caída.

*Mecicobothrium thorelli* fue capturada desde junio hasta septiembre (invierno e inicio de primavera) (Fig. 45). Los machos mostraron un claro pico de actividad durante el mes de junio con valores bajos de temperatura (Fig. 5A) y precipitación (Fig. 6A) en el área de estudio. Las hembras se observaron durante los meses de junio y julio. Los juveniles se capturaron desde junio hasta septiembre, siendo este mes el de mayor abundancia (Fig. 45) (mes con el mayor registro de precipitación).



Figura 44. *Actinopus* sp.2 en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina). Fenología (2011-2012) basada en la actividad de los individuos (individuos/mes). Trampas de caída.

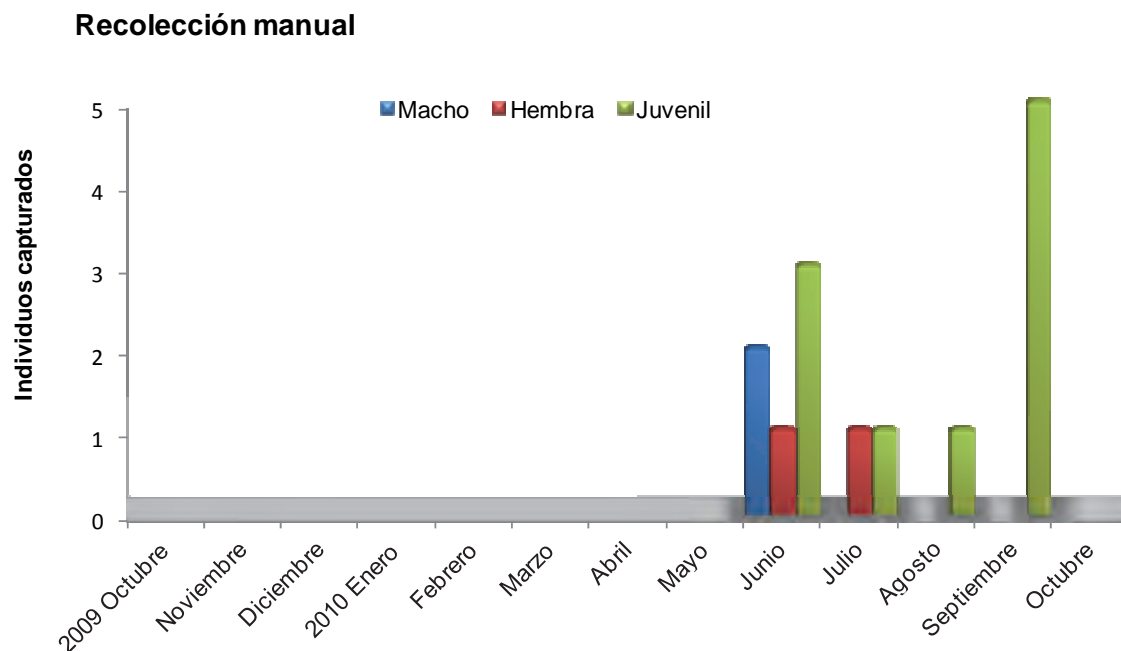


Figura 45. *Mecicobothrium thorelli* en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina). Fenología (2009-2010) basada en la actividad de los individuos (individuos/mes) con recolección manual.

### IV.3-Tandilia.

#### IV.3.1-Composición taxonómica, riqueza específica y estructura demográfica.

Durante el período de estudio se capturó un total de 129 individuos. De este total, 113 se recolectaron manualmente y 16 en trampas de caída. Las especies registradas en el área de estudio pertenecieron a dos familias: *Actinopus* sp.3 (Actinopodidae) (Fig. 46); *Grammostola vachoni* Schiapelli & Gerschman 1960 (Theraphosidae) (Fig. 47); *Plesiopelma longisternale* Schiapelli & Gerschman 1942 (Theraphosidae) (Fig. 48); y *Catumiri argentinense* (Mello-Leitão, 1941) (Theraphosidae). Las frecuencias absolutas y relativas de los individuos capturados durante el año de muestreo se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Frecuencias absolutas y relativas de los individuos capturados en la Reserva Natural “Sierra del Tigre” (Buenos Aires, Argentina) mediante recolección manual y trampas de caída durante el período de estudio. M = machos, H = hembras, J = juveniles, T = total, % = porcentaje.

	Recolección manual					Trampas de caída				
	M	F	J	T	%	M	F	J	T	%
<i>G. vachoni</i>	0	7	70	77	68,12	0	0	2	2	12,5
<i>P. longisternale</i>	0	9	25	34	30,11	0	0	0	0	0
<i>Actinopus</i> sp.3	1	0	1	2	1,77	8	0	5	13	81,25
<i>C. argentinense</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	6,25
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>96</b>	<b>113</b>		<b>9</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>16</b>	
<b>%</b>	<b>0,90</b>	<b>14,1</b>	<b>85</b>		<b>100</b>	<b>56,25</b>	<b>0</b>	<b>43,75</b>		<b>100</b>



Figura 46. *Actinopus* sp.3 macho, in vivo, en la Reserva Natural “Sierra del Tigre” (Buenos Aires, Argentina).



Figura 47. *Grammostola vachoni*, in vivo, en la Reserva Natural “Sierra del Tigre” (Buenos Aires, Argentina). A la izquierda, juvenil; a la derecha, hembra.



Figura 48. *Plesiopelma longisternale*, in vivo, en la Reserva Natural “Sierra del Tigre” (Buenos Aires, Argentina). A la izquierda, hembra; a la derecha, macho.

El número de especies capturadas con ambas técnicas de muestreo fueron cuatro. Ambas técnicas mostraron diferente eficiencia entre las especies: la técnica de recolección manual resultó más efectiva para capturar las especies *G. vachoni* y *P. longisternale* (Theraphosidae), siendo *G. vachoni* la especie predominante, constituyendo más del 60% de los individuos recolectados y la técnica de trampas de caída fue más efectiva para recolectar a *Actinopus* sp.3 (Actinopodidae) (Fig. 49), representando esta especie el 81,25% de los individuos recolectados durante el período de estudio. La especie *C. argentinense* sólo se capturó mediante trampas de caída.

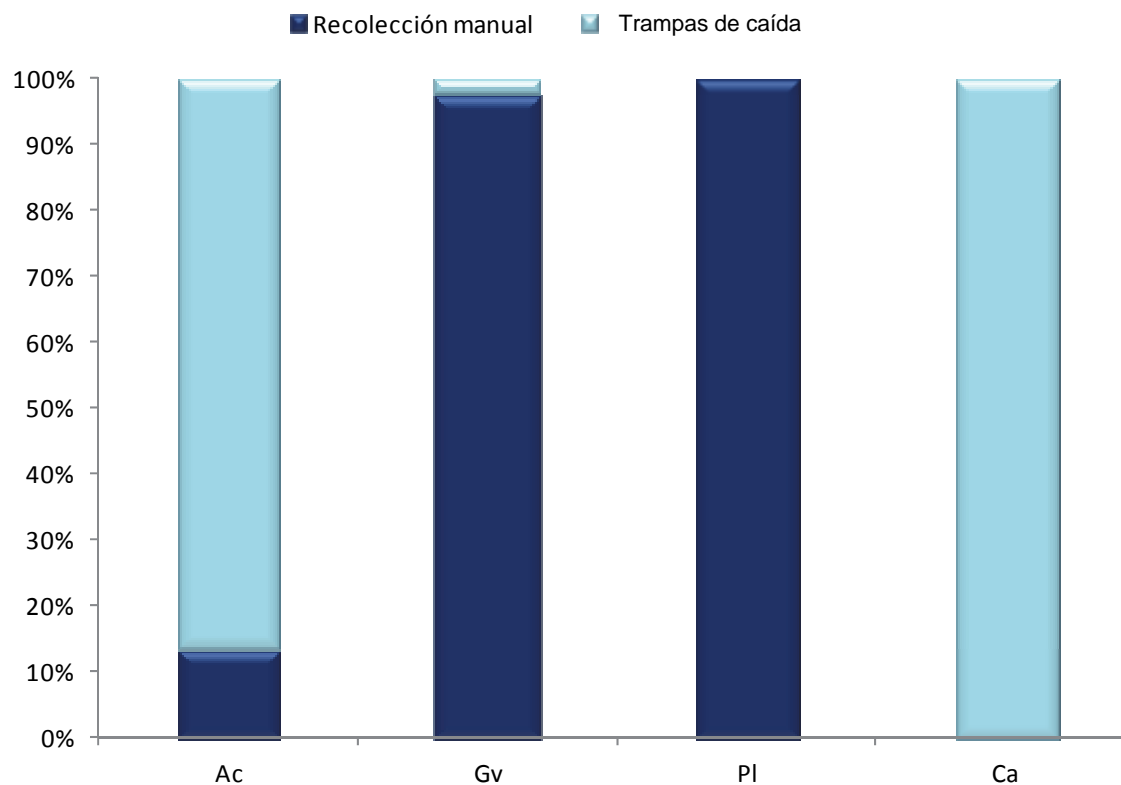


Figura 49. Frecuencias relativas de los individuos recolectados manualmente y en trampas de caída en la Reserva Natural “Sierra del Tigre” (Buenos Aires, Argentina). Ac, *Actinopus* sp.3; Gv, *G. vachoni*; Pl, *P. longisternale*; Ca, *C. argentinense*.

La curva de acumulación de especies capturadas por ambas técnicas basada en el número de individuos (Fig. 50), mostró que más del 50% de las especies se obtuvieron luego de recolectar aproximadamente 30 individuos, y luego de capturar un total aproximado de 120 individuos, la curva no llega a la asíntota.

Mediante recolección manual, los juveniles prevalecieron sobre los individuos adultos, con un 85% del total de los individuos recolectados y las hembras estuvieron presentes con un 14,1%. Por otra parte, en trampas de caída, los individuos machos adultos y los juveniles mostraron abundancias similares: 56,25% y 43,75% respectivamente.

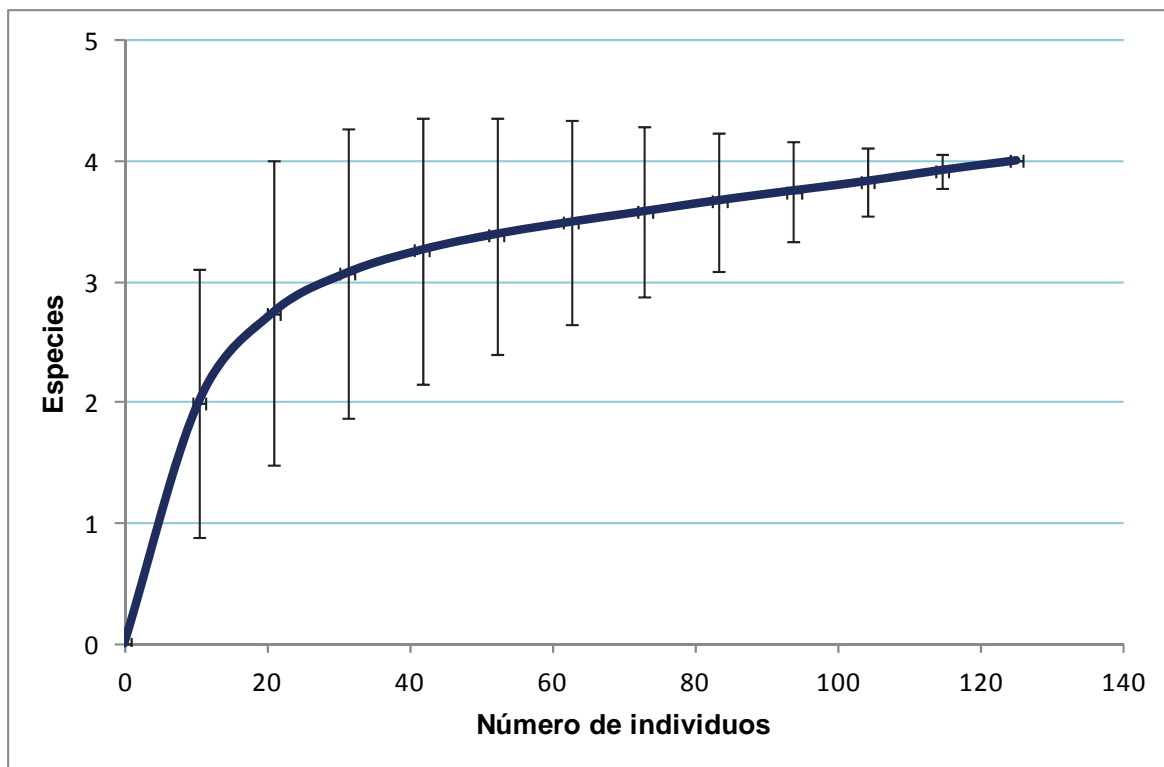


Figura 50. Curva de acumulación de especies (rarefacción) mediante recolección manual y trampas de caída basada en el número de individuos capturados en la Reserva Natural “Sierra del Tigre” (Buenos Aires, Argentina).

#### IV.3.2-Variación estacional.

El análisis realizado por estación utilizando ambas técnicas de muestreo arrojó abundancias similares entre primavera (septiembre, octubre y noviembre) y verano (diciembre, enero y febrero); una menor abundancia en otoño (marzo, abril y mayo) y un valor menor en invierno (junio, julio y agosto) (Fig. 51). No se encontraron diferencias significativas para las abundancias de las arañas entre las estaciones (ANOVA,  $F = 0,28$ ,  $p > 0,05$ ). La eficacia de ambas técnicas de muestreo resultó similar en primavera e invierno, donde sólo se capturaron individuos mediante recolección manual. El otoño resultó ser la estación con el mayor número de individuos registrado en trampas de caída (Fig. 52).



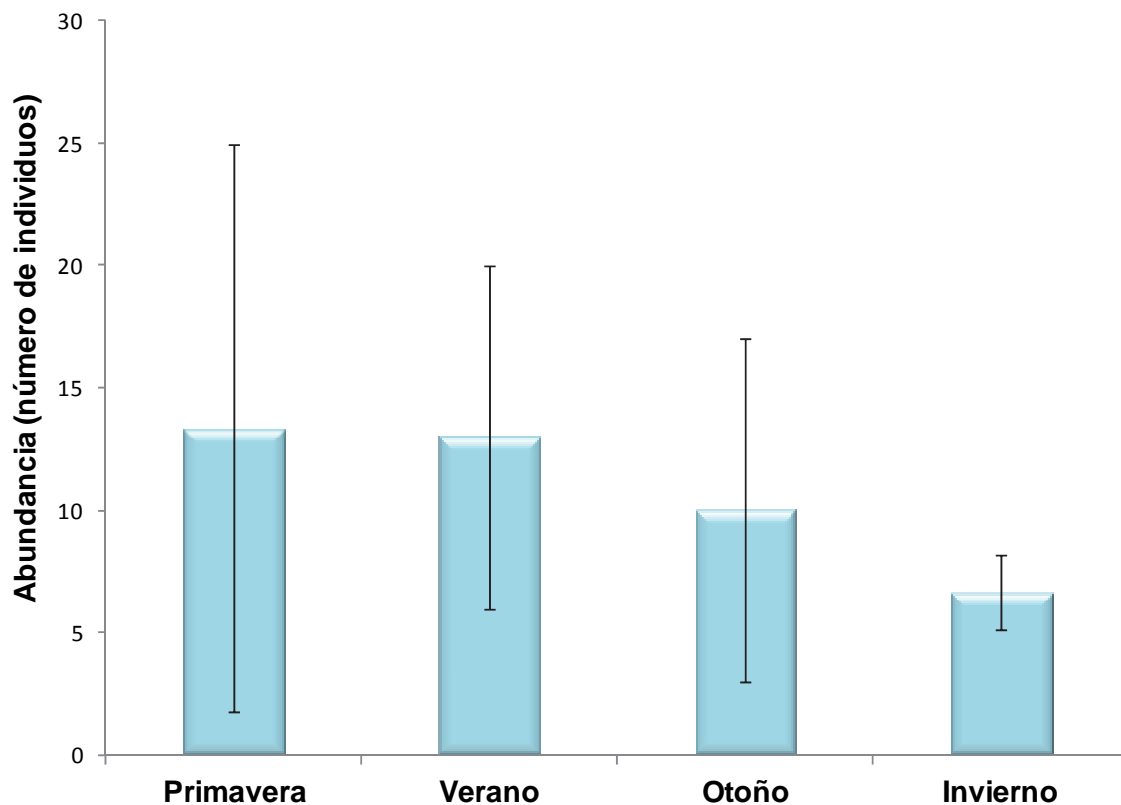


Figura 51. Abundancia media por estación de los individuos recolectados en la Reserva Natural "Sierra del Tigre" (Buenos Aires, Argentina).

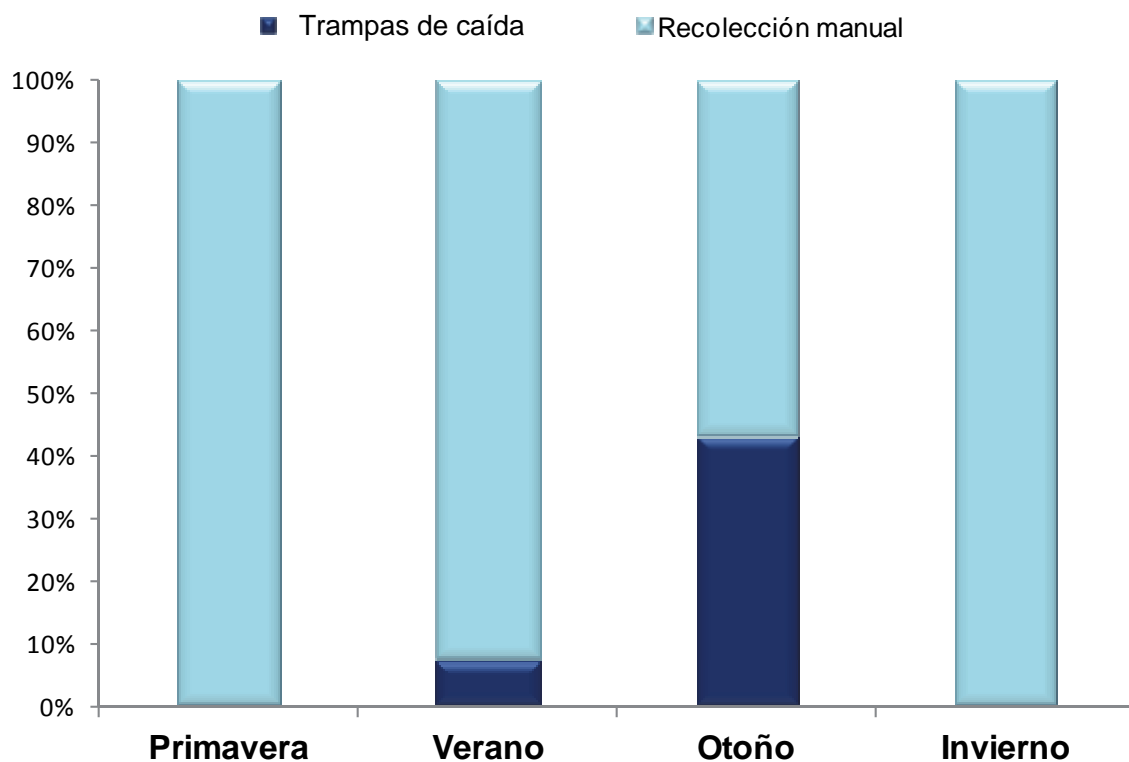


Figura 52. Abundancia por estación de los individuos recolectados en la Reserva Natural "Sierra del Tigre" (Buenos Aires, Argentina) mediante recolección manual y trampas de caída.

Los valores máximos de abundancia se correspondieron con altos valores de temperaturas en el área durante el período de estudio, y consecuentemente, los menores valores de abundancia se observaron durante el otoño e invierno (Fig. 53). No se encontró correlación de la temperatura con la abundancia de migalomorfos ( $r = -0,284$ ,  $p = 0,37$ , coeficiente de correlación de Pearson). Durante los períodos de baja precipitación, en los meses de abril, junio, agosto y octubre, la abundancia disminuyó considerablemente. Cuando las precipitaciones fueron altas (noviembre, enero y febrero), la abundancia de arañas migalomorfos aumentó, a excepción de marzo (Fig. 54). A pesar de esto, no se ha encontrado correlación de los valores de precipitación con la abundancia de las migalomorfos ( $r = -0,44$ ,  $p = 0,151$ , coeficiente de correlación de Pearson).

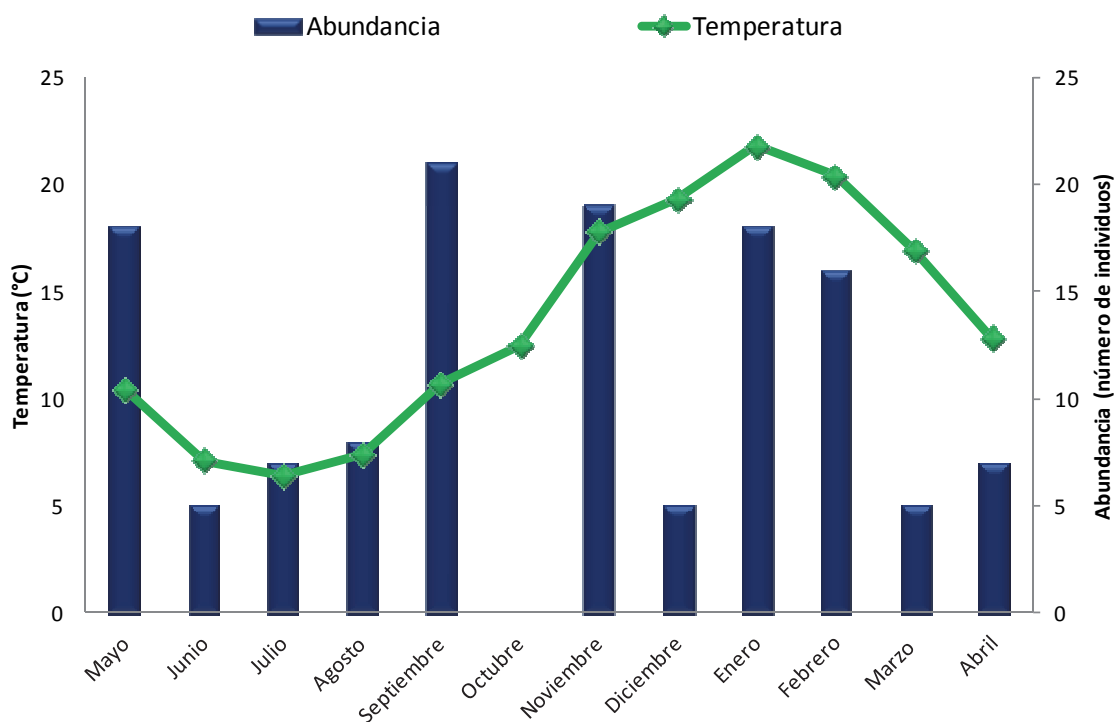


Figura 53. Abundancia mensual de arañas migalomorfas con la temperatura media mensual en la Reserva Natural “Sierra del Tigre” (Buenos Aires, Argentina).

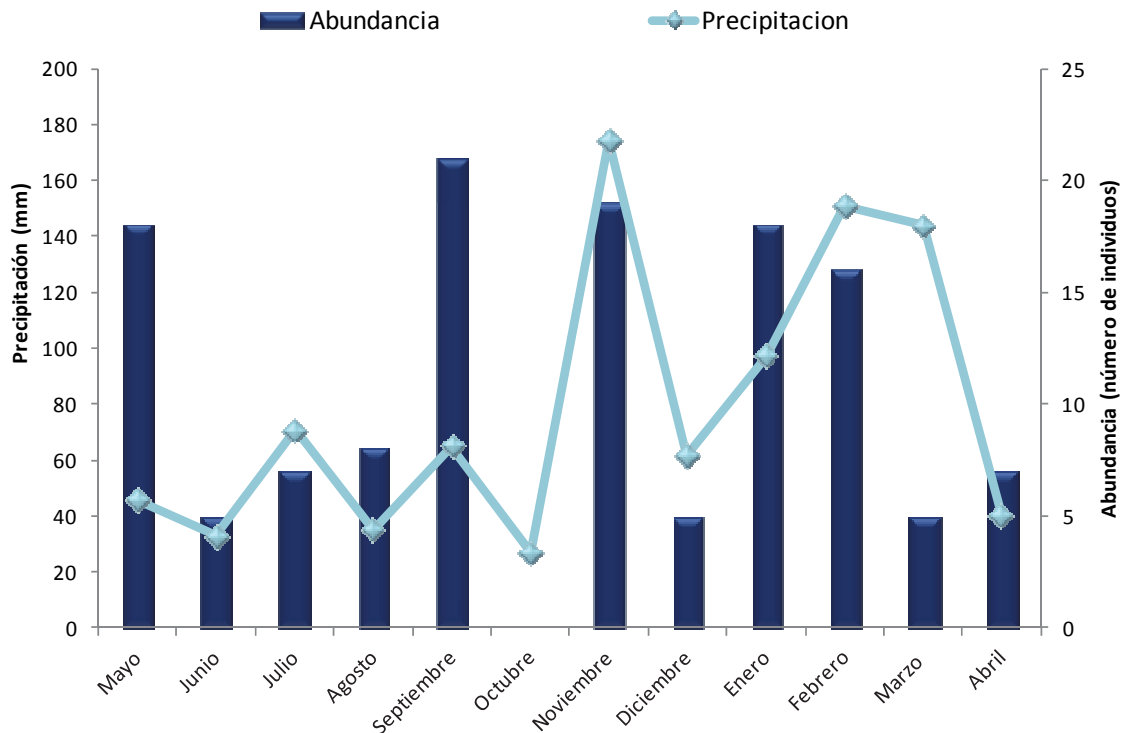


Figura 54. Abundancia mensual de arañas migalomorfas con los valores de precipitación mensual en la Reserva Natural "Sierra del Tigre" (Buenos Aires, Argentina).

#### IV.3.3-Fenología de las especies presentes en Tandilia.

A lo largo del año de muestreo, los machos de *Actinopus* sp.3 se observaron desde febrero hasta abril con trampas de caída, correspondiendo a fines de verano y otoño (Fig. 55B). El mayor pico de actividad se observó en el mes de marzo. Los machos estuvieron presentes durante meses de temperaturas medias a altas (Fig. 9) y altos valores de precipitación (Fig. 10). Los juveniles estuvieron activos durante los meses de abril y mayo en otoño (Fig. 55A y B).

No se capturaron machos de *G. vachoni* con recolección manual ni trampas de caída. Las hembras se observaron durante el verano (diciembre y enero), y en agosto y septiembre (Fig. 56A). Ninguna hembra fue capturada con trampas de caída. Una hembra se observó en el campo manteniendo un saco de huevos durante el mes de diciembre. Los juveniles de esta especie se observaron durante todo el período de

estudio, con picos de actividad en el verano, primavera y fin del otoño (Figs. 56A y B).

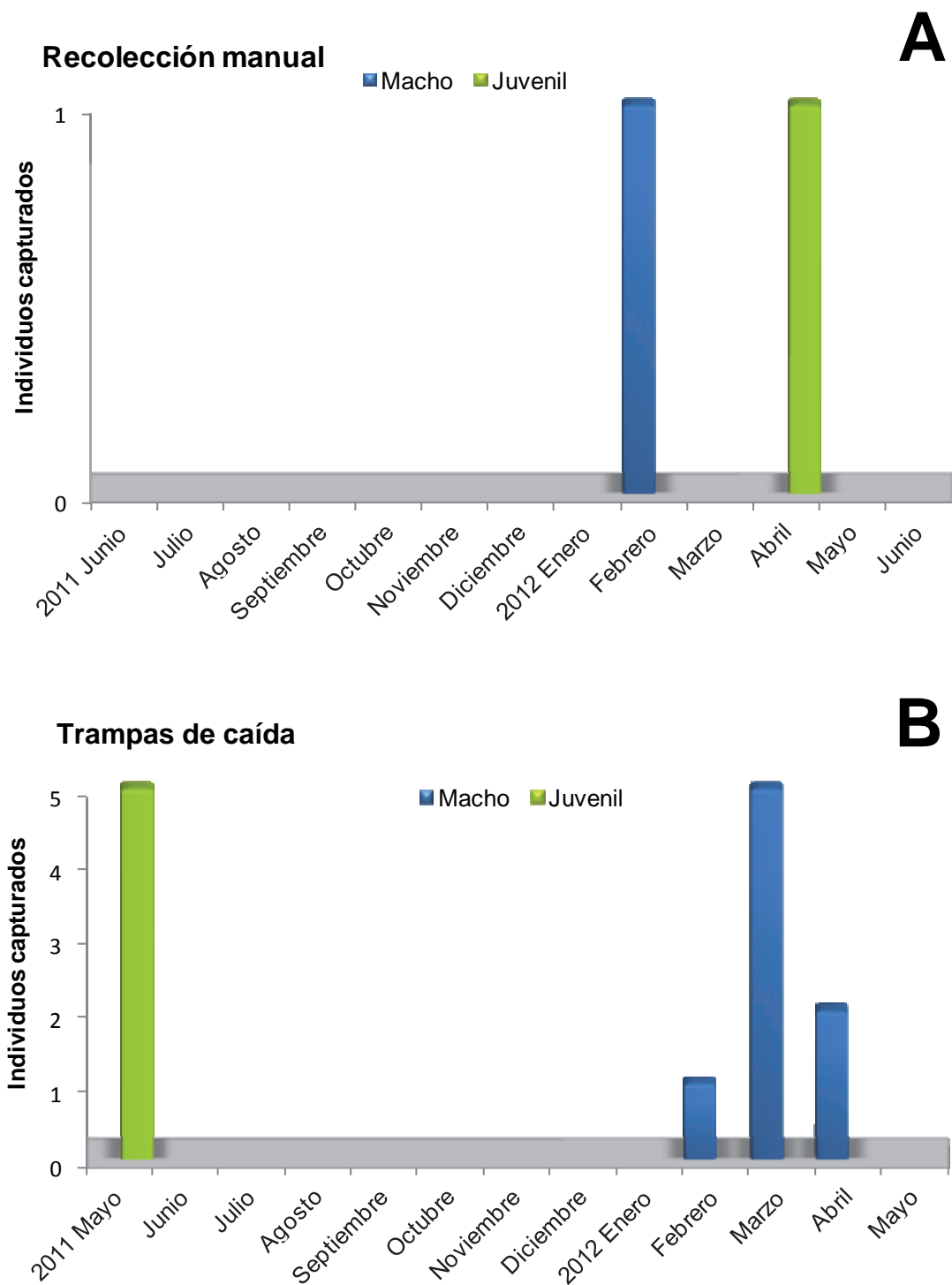


Figura 55. *Actinopus* sp.3 en la Reserva Natural “Sierra del Tigre” (Buenos Aires, Argentina). Fenología basada en la actividad de los individuos (individuos/mes). A. Recolección manual. B. Trampas de caída.

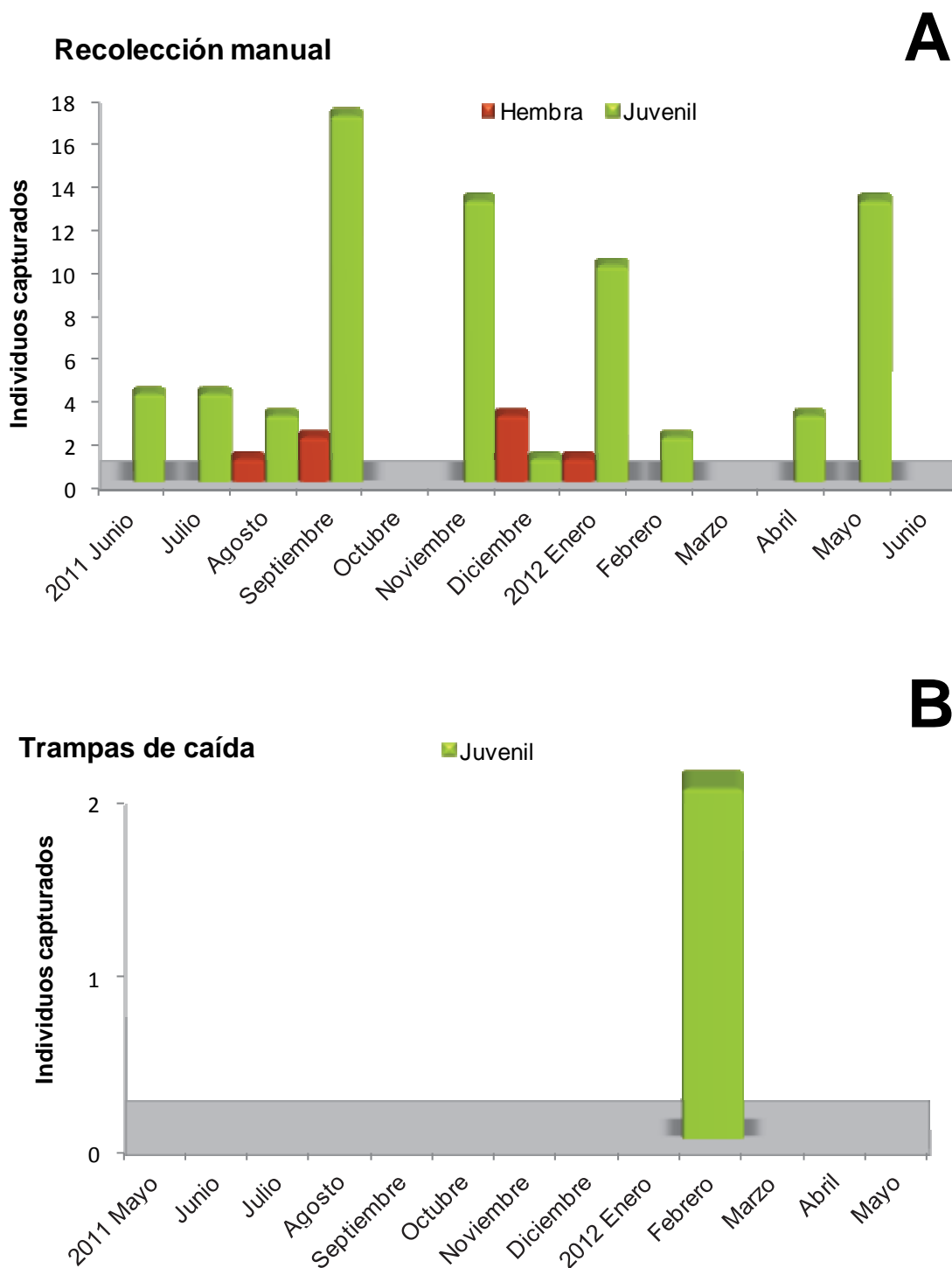


Figura 56. *Grammostola vachoni* en la Reserva Natural “Sierra del Tigre” (Buenos Aires, Argentina). Fenología basada en la actividad de los individuos (individuos/mes). A. Recolección manual. B. Trampas de caída.

No se observaron machos de *P. longisternale* durante el año de muestreo (Fig. 57). Las hembras se observaron durante el verano (período diciembre-febrero) e invierno y comienzo de primavera (agosto-septiembre). Por otra parte, los juveniles resultaron más abundantes que las hembras, con la mayor actividad en el mes de noviembre (fines de primavera) y febrero (verano) (Fig. 57).

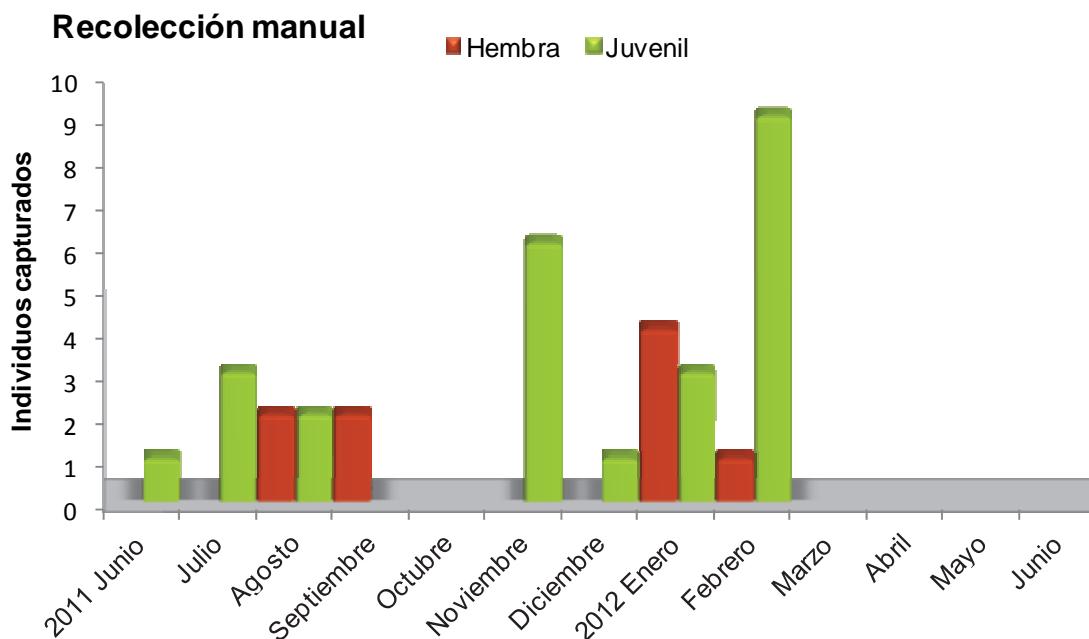


Figura 57. *Plesiopelma longisternale* en la Reserva Natural “Sierra del Tigre” (Buenos Aires, Argentina). Fenología basada en la actividad de los individuos (individuos/mes). Recolección manual.

Se recolectó un macho de *Catumiri argentinense* con trampa de caída durante el mes de abril (otoño) (Fig. 58), con valores medios de temperatura (Fig. 9) y bajos de precipitación (Fig. 10).

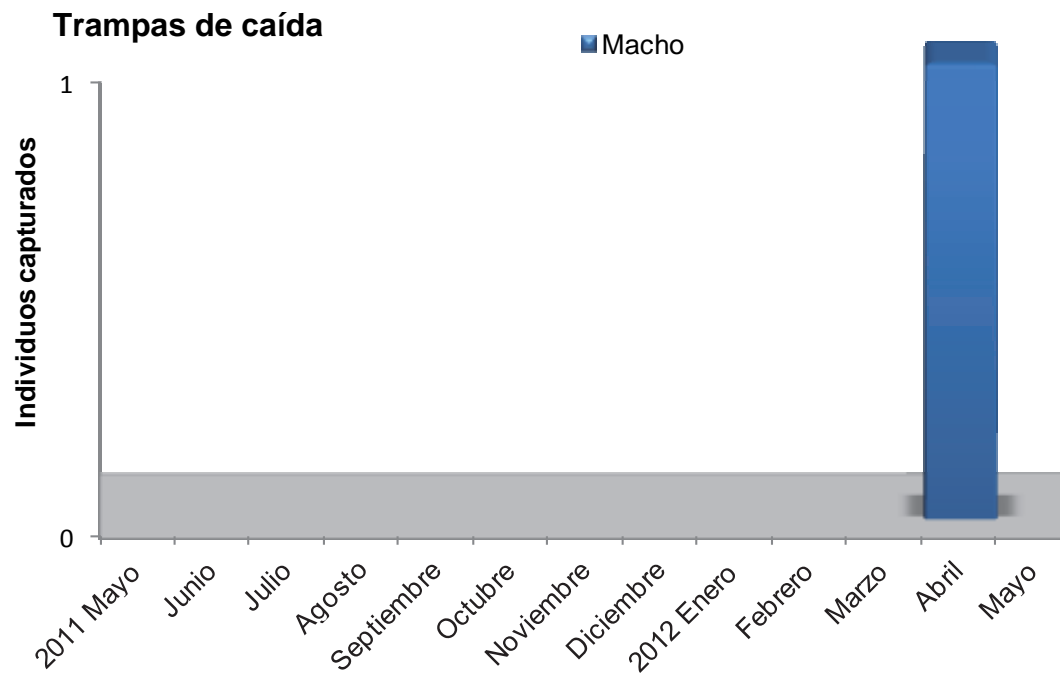


Figura 58. *Catumiri argentinense* en la Reserva Natural “Sierra del Tigre” (Buenos Aires, Argentina). Fenología basada en la actividad de los individuos (individuos/mes). Recolección con trampa de caída.



## V. DISCUSIÓN

### V.1- Composición taxonómica y riqueza específica.

La riqueza específica observada en la isla Martín García y en Tandilia resultó similar y menor a la riqueza hallada en el sistema de Ventania. En las tres áreas de estudio de la provincia de Buenos Aires se encontró que la riqueza fue mayor que la descrita para un área de Chile, donde sólo se registraron dos especies de migalomorfos (Sáiz & Calderón 1976). Sin embargo, el número de especies hallado en el presente trabajo en las tres áreas de estudio resultó menor que en otras áreas naturales de Argentina, como por ejemplo, en la provincia de Corrientes, donde se encontraron seis especies de migalomorfos (Ávalos *et al.* 2005). Coincidentemente con este estudio, en otras áreas naturales de la región Neotropical se han reportado entre cuatro y seis especies de migalomorfos (Pérez-Miles *et al.* 1993, Ávalos *et al.* 2005, Sandoval 2005). Por ejemplo, el número de especies observado en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (sistema de Ventania) y en la reserva Natural “Sierra del Tigre (sistema de Tandilia) resultó comparativamente alto si se consideran áreas de gran diversidad como en Bolivia (Sandoval 2005) y Uruguay (Pérez-Miles *et al.* 1993) o incluso a ambientes extremadamente diversos como en Amazonia (Brasil) (Höfer 1990) y São Paulo (Brasil) (Indicatti *et al.* 2005).

El número de especies en los sistemas de Ventania y Tandilia fue subestimado debido a la ausencia en los muestreos de una especie de Migidae, *Calatotharsus simoni* Schiapelli & Gerschman 1975 (Fig. 57), citada para las localidades de Sierra de la Ventana y Tandil. Esta es una especie de araña albañil que construye cuevas con tapas al igual que las Actinopodidae, pero aún más difíciles de observar ya que cubren las mismas con musgos y/o líquenes (Fig. 57). Hasta el momento sólo existen escasos registros en museos (Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”, Buenos Aires y Museo de Ciencias Naturales “Lorenzo Scaglia”, Mar del Plata). Recientemente, aunque fuera del área (a unos 5 kilómetros) y período que

abarcó el presente estudio, se ha confirmado la presencia de *C. simoni* en el sistema de Ventania. *Mecicobothrium thorelli*, aunque citada para Tandil, no fue hallada en la Reserva Natural “Sierra del Tigre”.



Figura 57. *Calathotarsus simoni*, in vivo, en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” (Buenos Aires, Argentina). A la izquierda, hembra; a la derecha, la flecha indica la cueva con tapa (trapdoor) cubierta por musgos.

El alcance inmediato del 50% de las especies, como así también el alcance del número total de especies utilizando ambas técnicas de captura en la isla Martín García, indica la eficiencia del muestreo en ambas áreas de estudio a pesar de la ausencia local de *C. simoni* en Ventania. Por otra parte, en Tandilia, la curva no llega a la asíntota, por lo tanto se debe incrementar el esfuerzo de muestreo para lograr una aproximación más precisa al número de especies, tal vez dado por las ausencias locales de *C. simoni* y *M. thorelli*.

Las diferencias en las abundancias de las especies entre los ambientes de la isla Martín García sugiere que no existe un patrón espacial general para la distribución y diversidad de las arañas migalomorfas. La diversidad de especies observada en un hábitat complejo y diverso, como es la selva, y la observada en hábitats que exhiben poca complejidad, como lo es el bosque xerófilo del aeropuerto (ambiente modificado), no presentó diferencias. Debido a la baja riqueza específica de Mygalomorphae en la isla, tal vez la complejidad estructural del hábitat no

determinaría la diversidad o la composición específica de estas arañas en la isla Martín García, contrariamente a lo que sucede en algunas arañas araneomorfas (Hatley & McMahon 1980, Raizer & Amaral 2001, Pinkus-Rendón *et al.* 2006).

Respecto a la preferencia de ambientes en la isla Martín García, el ambiente de selva fue el único que albergó las cuatro especies de migalomorfas y presentó una especie especialista, *S. platensis*. Esto podría deberse a la gran extensión que ocupa este ambiente en la isla. Además, la preferencia de este ambiente por parte de *S. platensis* fue similar a la presentada por *S. crassistyla* Goloboff 1995 en Uruguay, la cual ocupa refugios similares a *Mecicobothrium thorelli*, habitando suelos húmedos protegidos por una densa cobertura vegetal (Pérez-Miles *et al.* 1993). A pesar de esto, en Brasil, no se ha reportado preferencia de hábitat por parte de *S. arnolisei*, sugiriendo además que las especies de *Stenoterommata* son tolerantes a distintos ambientes (Indicatti *et al.* 2008), aunque esto no se aplicaría a *S. platensis* en la isla Martín García.

*Xenonemesia platensis* parece ser tolerante a ambientes modificados, mostrando preferencia por el bosque xerófilo del aeropuerto. También, en el bosque ribereño fue la única especie de migalomorfa presente. Esta especie ha sido recolectada bajo piedras en ambientes húmedos a las bardas del río Uruguay, y en sitios modificados por el hombre y xerófilos (Goloboff 1988). Entre otras especies de Microstigmatidae de Brasil, *X. araucaria* se registró en ambientes modificados como bosques de araucarias y pinos (Indicatti *et al.* 2008). El resto de las especies presentes en la isla no mostraron preferencia hacia algún tipo de ambiente, tal vez debido al número bajo de ejemplares recolectados dado el diámetro de las trampas de caída utilizadas en este estudio. Los ambientes de arenal, bosque ribereño y bosque xerófilo del aeropuerto mostraron una composición específica similar, dada principalmente por la dominancia de *X. platensis* en los ambientes xerófilos.

## V.2- Demografía y variación estacional.

En la isla Martín García, Nemesiidae (*S. platensis*) y Microstigmatidae (*X. platensis*), que estuvieron ausentes en la recolección manual, claramente mostraron mayor movilidad dada por altos valores de abundancia en trampas de caída con respecto a la mayoría de las especies de migalomorfas capturadas en el área de estudio. Por otra parte, la única especie de nemesiida registrada en Ventania, *A. centralis*, presentó proporciones similares en la recolección manual y en trampas, indicando una elevada movilidad de individuos, como se ha observado para *S. platensis* en la isla Martín García.

La especie *Actinopus* sp.1 en la isla Martín García se capturó en igual número tanto en trampas de caída como en recolección manual. Esto no es común, ya que las arañas albañiles resultan difíciles de capturar manualmente debido a sus hábitos crípticos y la construcción de una cueva con tapa (Pérez-Miles *et al.* 1993, Indicatti *et al.* 2005). Esta proporción puede ser explicada debido a que los individuos recolectados mediante la técnica manual fueron en su mayoría machos caminando y juveniles posiblemente en fase de dispersión. Las arañas albañiles *Actinopus* sp.2 y *Actinopus* sp.3 presentes en Ventania y Tandilia, mostraron grandes abundancias en trampas de caída, dada principalmente por machos vagabundos. Como han indicado Pérez-Miles *et al.* (1993) e Indicatti *et al.* (2005), esto es usual en arañas albañiles, ya que son difíciles de capturar mediante recolección manual.

Las abundancias mayores observadas de *G. vachoni*, *P. longisternale* y *C. parvum* (Theraphosidae) mediante la recolección manual con respecto a las trampas de caída puede explicarse porque este método resulta más efectivo para especies que habitan bajo piedras, troncos caídos y estiércol; y estas especies generalmente no caen en trampas de caída. Según Pérez-Miles *et al.* (1993), para encontrar individuos de Theraphosidae se requiere de una búsqueda más activa. Los juveniles de estas especies de tarántulas claramente predominaron sobre los individuos adultos en la recolección manual coincidiendo con lo indicado por Costa *et al.* (1991) y Pérez-Miles *et al.*

(1999). Esta dominancia probablemente refleje un largo período juvenil de los individuos. La ausencia o baja frecuencia de especies de tarántulas en trampas de caída podría ser explicada por la presencia de órganos adherentes en los tarsos de las patas (escópulas y fascículos subungueales) y su andar “cauteloso” (Costa *et al.* 1991, Pérez-Miles *et al.* 1993, 1999). Por otra parte, el predominio observado en las áreas de estudio de los adultos y, particularmente de los machos de migalomorfas en las trampas de caída se explicaría en la mayor movilidad de los machos adultos en la búsqueda de hembras (Pérez-Miles *et al.* 1993, 1999, Jiménez & Navarrete 2010)

La distribución temporal general que presentaron los juveniles de migalomorfas en las tres áreas de estudio basada en la abundancia de individuos en trampas de caída, como lo reportado por Pérez-Miles *et al.* (1993), mostró que las especies de migalomorfas podrían eclosionar del saco de huevos a fines del verano (febrero-marzo) y durante el otoño (desde abril a mayo). Este fenómeno puede ser explicado por la movilidad exhibida por los juveniles de arañas Mygalomorphae durante el estado temprano de su dispersión (Reichling 2000, Shillington & McEwen 2006). Las excepciones a esto las constituyeron los juveniles de *A. centralis* en el sistema de Ventania, estando presentes en trampas de caída durante todo el período de estudio; y los juveniles de *Actinopus* sp.1 en la isla Martín García, que resultaron abundantes durante la primavera (octubre). Los juveniles de esta especie posiblemente se dispersen utilizando el viento (“balloning”), como fue observado en arañas albañiles de la familia Ctenizidae (Coyle 1983, Coyle *et al.* 1985).

*Mecicobothrium thorelli*, una especie de migalomorfa críptica presente en Ventania, se capturó exclusivamente por recolección manual, y parece ser una especie de escasa movilidad. Pérez-Miles *et al.* (1993) registraron machos y juveniles de *M. thorelli* en trampas de caída cercanas a un arroyo en una sierra de Uruguay. Dicha especie ocupa hábitats con altos valores de humedad pero no inundables (Costa & Pérez-Miles 1998). En Uruguay, *M. thorelli* fue encontrada bajo piedras, raíces y troncos, en áreas serranas en un bosque cercano a un arroyo, ya que estas arañas son muy sensibles a las variaciones en la humedad (Costa & Pérez-Miles 1998). Las

trampas de caída del presente estudio no se ubicaron en cercanías a un arroyo, lo que explicaría la ausencia de *M. thorelli* en trampas. A pesar de esto, *M. thorelli* se capturó ocupando grandes rocas en una ladera de pastizal y sin proximidad a arroyos, lo que sugiere una mayor tolerancia de esta especie a menor humedad en el área de estudio. Sin embargo, un gran número de individuos juveniles sólo se registraron durante meses donde los valores de precipitación en el área de estudio fueron elevados, encontrándose los individuos con una alta humedad durante esa etapa de desarrollo.

Aunque no se han hallado diferencias significativas en las abundancias de arañas migalomorfas entre las estaciones en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist”, el verano resultó el período con menor abundancia. En tal sentido, se encontró una correlación negativa entre la abundancia y la temperatura. Esto podría obedecer a que los máximos valores de temperatura que se registran en el área coinciden con valores de precipitación que superaron los 100 milímetros. Consecuentemente, las condiciones en el área fueron inestables, alternando períodos muy secos con otros muy húmedos y las precipitaciones pueden alterar las poblaciones de migalomorfas de manera considerable, como ha sido reportado por Jiménez & Navarrete (2010). En la isla Martín García, la mayor proporción de individuos recolectados en verano en trampas de caída sugiere un mayor “tránsito” de los individuos en respuesta a una mayor abundancia de presas en el área y a los valores altos de temperatura (Uetz 1976, Riechert & Luczark 1982). La gran abundancia de individuos observada en invierno en la isla Martín García estuvo dado principalmente por el pico de actividad sexual de *X. platensis*. En la Reserva Natural “Sierra del Tigre”, a pesar de no encontrarse una correlación significativa, en meses con valores altos de precipitación la abundancia de arañas migalomorfas también fue alta y esto se relacionaría con un aumento de las presas y consecuentemente, una mayor actividad de las arañas.



### V.3- Fenología de las especies de Mygalomorphae.

Como se mencionó anteriormente, la presencia de machos de Mygalomorphae caminando usualmente constituye un buen indicador del período reproductivo de la especie, por lo que la abundancia de machos adultos en trampas de caída refleja esa etapa. Los machos de *Actinopus* sp.1 se observaron desde febrero hasta abril (fines de verano y mediados de otoño) con la mayor actividad observada en trampas de caída en el mes de marzo, lo que indicaría su período reproductivo. La actividad sexual de *Actinopus* sp.2 y *Actinopus* sp.3 en fines de verano y otoño (desde febrero hasta mayo) en Ventania y Tandilia es similar a la observada para *Actinopus* sp.1 en la isla Martín García y para las especies de *Actinopus* de Uruguay (Pérez-Miles *et al.* 1993). Es importante destacar que en las áreas de estudio el pico de actividad sexual predominantemente otoñal de las especies de *Actinopus* se registró con valores altos de precipitación en Ventania y Tandilia. La presencia de juveniles recién eclosionados en el mes de marzo hallados a campo en Ventania y la presencia de numerosos juveniles de pequeño tamaño en trampas de caída durante los meses de marzo a mayo en Ventania y Tandilia estarían indicando que la eclosión y dispersión tendría lugar durante ese período. A pesar de que se desconoce el comportamiento reproductivo de las especies de *Actinopus*, el período desde la construcción de la ooteca hasta la eclosión en migalomorfas terafósidas es de uno a tres meses (Costa & Pérez-Miles 2002, Pérez-Miles *et al.* 2007), por lo que las hembras que copulan en el período febrero-abril podrían construir el saco de huevos durante la próxima temporada reproductiva.

*Xenonemesia platensis* y *S. platensis* generalmente fueron más abundantes durante el verano (diciembre, enero y febrero). A pesar de esto, ambas especies mostraron diferentes picos de actividad sexual. Los machos de *S. platensis* estuvieron presentes durante un extenso período, con un pico de actividad durante el verano (diciembre, enero y febrero) y a fines de otoño e invierno (mayo y julio). El gran número de machos observado en enero podría deberse a que esta especie presentaría mayor movilidad que las otras especies de la isla, pero también, el número de

hembras que cayeron en las trampas de caída durante este mes resultó ser el mayor, por lo que podría haber atraído a los machos hacia las trampas debido a las feromonas asociadas a las líneas de seda de las hembras (Costa & Pérez-Miles 2002, Ferretti & Ferrero 2008). Este fenómeno no se observó durante el otoño, cuando hubo un número menor de machos y de hembras en las trampas de caída. Los machos de *S. crassistyla* Goloboff 1995, especie presente en Uruguay, muestran una distribución estacional desigual con picos de actividad sexual durante el otoño y primavera (Pérez-Miles *et al.* 1993), y en Brasil, *S. arnolisei* Indicatti *et al.* 2008, presenta los mayores picos de actividad para los machos desde el inicio del otoño hasta fines de la primavera (Indicatti *et al.* 2008). Por otra parte, las hembras de *S. platensis* resultaron abundantes en trampas de caída mostrando la mayor actividad durante el verano. En *S. arnolisei*, algunas hembras se observaron en trampas de caída durante la primavera y verano (Indicatti *et al.* 2008). Esto sugiere una alta motilidad de *S. platensis* en la isla Martín García, característica infrecuente en migalomorfos y que no se ha reportado para otras especies del género *Stenoterommata* (Pérez-Miles *et al.* 1993).

Los machos de *X. platensis* presentaron un período reproductivo más amplio en la isla Martín García que *S. platensis* y los períodos de actividad con grandes abundancias en trampas de caída comprendieron el verano, primavera e invierno. Los machos de la especie *X. araucaria* Indicatti *et al.* 2008 en Brasil muestran picos de actividad durante el verano y la primavera (Indicatti *et al.* 2008). El pico de actividad sexual invernal (julio-agosto) observado en *X. platensis* podría constituir un mecanismo para evitar la superposición con el período reproductivo de *S. platensis*, debido a que ambas especies comparten el mismo tipo de ambiente. La actividad sexual invernal también podría ser una estrategia para evitar depredadores potenciales, los cuáles muestran una frecuencia y actividad menor durante este período (Pérez-Miles *et al.* 1993).

El período de actividad de los machos de *A. centralis* se observó durante todo el año, a excepción del verano, con los mayores valores de abundancia en otoño,



invierno y primavera (período marzo-noviembre). Similarmente, otras especies de Nemesiidae de Uruguay y Brasil, como las del género *Stenoterommata*, presentan picos de actividad sexual en otoño y primavera (Pérez-Miles *et al.* 1993, Indicatti *et al.* 2008). Sin embargo, *S. platensis* en la isla Martín García presenta su mayor actividad sexual durante el verano e inicio del otoño. La presencia de juveniles de tamaño pequeño en trampas de caída durante el verano (diciembre y enero) sugiere el período de eclosión y dispersión de los mismos (Pérez-Miles *et al.* 1993, Reichling 2000, Shillington & McEwen 2006).

*Plesiopelma longisternale*, capturada en Ventania y Tandilia, mostró un pico de actividad sexual en mediados de otoño e inicio del invierno en Ventania (en Tandilia no se capturaron machos). Este período de actividad puede ser comparable al de esta especie en Uruguay, con machos presentes en mayo (Pérez-Miles *et al.* 1993). El período de actividad otoñal-invernal de *P. longisternale* podría constituir un mecanismo para evitar depredadores potenciales, como se observó en *X. platensis* en la isla Martín García y en otras especies de migalomorfas (Pérez-Miles *et al.* 1993, 1999). La presencia de hembras de *P. longisternale* con sacos de huevos durante el verano (enero) en Tandilia sugiere que el período de eclosión y dispersión de los juveniles es similar al de *G. vachoni*, por lo que se espera una fuerte competencia interespecífica entre los juveniles de estas especies de tarántulas por recursos como cuevas y presas.

*Catumiri argentinense* estuvo representada por sólo un ejemplar macho capturado en trampas de caída durante el mes de abril (otoño) en Tandilia. Asimismo, un macho de *C. parvum* en la isla Martín García también se capturó en abril (otoño). Contrariamente en Uruguay, *C. parvum* presenta la mayor actividad sexual durante los meses de septiembre y octubre (primavera) (Pérez-Miles *et al.* 1993, Costa & Pérez-Miles 2002).

Finalmente, *Mecicobothrium thorelli* fue la especie con el período de actividad más restringido. Los machos se capturaron exclusivamente en el mes de junio (fines

de otoño e inicio de invierno), uno de los meses con menores temperaturas en el área. Pérez-Miles *et al.* (1993) hallaron machos adultos de *M. thorelli* en Uruguay desde el mes de mayo hasta septiembre con un pico de actividad en junio. Los autores han interpretado el período de actividad invernal como una estrategia para evitar depredadores, los cuales presentan menores frecuencias en los meses fríos. Los juveniles mostraron un pico de actividad en septiembre (inicio de la primavera), tal vez constituyendo el período de eclosión y dispersión. Las hembras de *M. thorelli* construyen sus sacos de huevos durante los meses de agosto y septiembre y los juveniles eclosionan aproximadamente al mes de la construcción del mismo (Costa & Pérez-Miles 1998).

## VI. CONSIDERACIONES FINALES

La fauna de migalomorfas de isla Martín García presenta numerosas características en relación a la distribución de sus especies con áreas geológicamente relacionadas. El Cratón del Río de La Plata, presente en Argentina, Uruguay y Brasil, constituye un escudo precámbrico que se extiende desde el sistema de Tandilia en la provincia de Buenos Aires, pasando por las sierras de Uruguay hasta el Sur de Brasil (Rapela *et al.* 2011). Las rocas asignadas a este Cratón se encuentran también en la isla Martín García (Ravizza 1984). La capacidad de dispersión limitada que presentan estas arañas (a excepción de las especies de *Actinopus*) junto con las distancias presentes desde la isla Martín García hacia las costas, podrían constituir barreras efectivas para su dispersión.

*Stenoterommata platensis* se distribuye en la isla Martín García, Norte de Buenos Aires, Entre Ríos, Misiones y Oeste de Uruguay (Goloboff 1995, Montes de Oca & Pérez-Miles 2009) y está ausente en Brasil, donde se encuentran otras especies del género. *Stenoterommata palmar* Goloboff 1995 se distribuye en Argentina (Entre Ríos y Corrientes), Rio Grande do Sul y Santa Catarina en Brasil, áreas que constituyen los límites Norte del Cratón (Rapela *et al.* 2007). *Stenoterommata crassistyla* Goloboff 1995 se encuentra presente en Argentina (Buenos Aires y Entre Ríos) y en las Sierras de las Ánimas y Montevideo, en Uruguay (Goloboff 1995). Además, la presencia de *Catumiri parvum* en la isla Martín García constituyó un nuevo registro para Argentina, encontrándose predominantemente en las serranías de Uruguay y en el Sur de Brasil (Guadanucci 2004).

La presencia de *X. platensis* en la isla Martín García también constituyó un nuevo registro en su distribución geográfica, comprendiendo la localidad de General Pacheco (Buenos Aires) y la provincia de Entre Ríos en Argentina, las localidades de Colonia y Lavalleja en Uruguay (Goloboff 1988), y recientemente fue citada para Brasil en el estado de Rio Grande do Sul (Indicatti *et al.* 2007). Por lo tanto, una

explicación posible para la explicación de los patrones de distribución de las especies presentes en isla Martín García podría ser los eventos vicariantes que dieron lugar a los remanentes del Cratón del Río de La Plata. Consecuentemente, la fauna de arañas migalomorfas presentaría mayor relación con Uruguay y Sur de Brasil que con la región mesopotámica Argentina.

La diversidad de especies de migalomorfas presente en el sistema de Tandilia, a pesar de formar parte del Cratón del Río de La Plata, exhibe una mayor relación con la fauna del sistema de Ventania. A pesar de que sólo comparten dos especies de tarántulas (*G. vachoni* y *P. longisternale*), en Tandilia se encuentran citadas las especies *Mecicobothrium thorelli* y *Calatotharsus simoni*, ambas presentes en Ventania. Por lo tanto, las relaciones exhibidas entre la fauna de migalomorfas de dichos sistemas serranos parece ser influenciada por la proximidad entre ellos más que por su historia geológica. Igualmente, es importante destacar que *Acanthogonatus centralis*, una migalomorfa abundante en el sistema de Ventania no ha sido registrada para Tandil.

Finalmente, las especies de arañas Mygalomorphae de los sistemas de Ventania y Tandilia comprenden un grupo importante de arañas sedentarias y criptozoicas que parecen ser altamente dependientes del tipo de factores ambientales como la temperatura y precipitación. La diversidad y abundancia de estas arañas en las áreas de Ventania y Tandilia es mayor a la hallada en otras áreas, por ejemplo en Chile, e incluso similar a la encontrada en áreas muy diversas como en Brasil o Bolivia. Las condiciones microclimáticas (Kristensen & Frangi 1995a, 1995b) y la vegetación (Lizzi *et al.* 2007) de las áreas de estudio podrían proveer un hábitat adecuado para dichas especies criptozoicas. El presente estudio constituye el primero acerca de la comunidad de arañas Mygalomorphae en el Parque Provincial “Ernesto Tornquist” y en la Reserva Natural “Sierra del Tigre”, por lo que el conocimiento de dichas comunidades en dichas áreas naturales podría contribuir a preservar los hábitats de pastizal natural, ya que para asegurar la conservación de la diversidad

regional, es necesario realizar estudios en el área para definir y aplicar diseños adecuados para la conservación y manejo.

## CAPÍTULO III

# **Análisis de los patrones de distribución de arañas migalomorfas en el arco peripampásico (Argentina, Uruguay y sur de Brasil)**



*Grammostola doeringi* (Theraphosidae)

## I. INTRODUCCIÓN

### I.1- Arco Peripampásico.

El territorio de la República Argentina se caracteriza por presentar al Oeste una franja montañosa continua desde la Puna hasta Tierra del Fuego. Además, hacia el Este, existe una amplísima llanura, denominada por antiguos autores como Pampasia (Ringuelet 1956b). Esta llanura, se convierte hacia el Sur en una planicie mesetiforme, la Patagonia extra andina. En la Pampasia se destacan varias unidades geomorfológicas (unidades estructurales en sentido geológico) que de acuerdo a Frenguelli (1950) han sido agrupadas y denominadas como Sierras Pampeanas o Peripampásicas (sierras del Noroeste, sierras centrales y las sierras de la provincia de Buenos Aires, Ventania y Tandilia). Luego, Ringuelet (1956a) establece relaciones zoogeográficas a partir del estudio de la distribución de los opiliones entre las sierras del Noroeste y sierras centrales con el sistema serrano de Ventania en la provincia de Buenos Aires. Asimismo, el autor no incluye al sistema serrano de Tandilia (Sudeste de Buenos Aires) dentro de las relaciones propuestas (Fig. 1). Más tarde, De la Sota (1967), denomina al conjunto de sierras pampásicas como “Sierras Peripampeanas” en base a las relaciones estrechas obtenidas provenientes de estudios fitogeográficos.

De acuerdo al análisis de la fauna de escorpiones y opiliones de los sistemas serranos de Córdoba, San Luis, Ventania y Tandilia, Acosta (1989, 1993, 2002) propone el reconocimiento de un patrón generalizado de distribución denominado “peripampásico”, el cual, se extendería también hasta el Sur de Uruguay (Acosta 1993, Ringuelet 1961). Este patrón indicaría una antigua conexión de estas faunas, hoy en mayor parte fragmentadas. Luego, Mattoni & Acosta (1997) postulan la extensión del trazo peripampásico hacia el Noroeste de Argentina, alcanzando las Sierras Subandinas (Fig. 2). Crisci *et al.* (2001) concluyen que la extensión del trazo peripampásico alcanzaría el Sur de Brasil basándose en los patrones de distribución de plantas Asteraceae, pero excluyen del trazo generalizado a las Sierras Subandinas



(Fig. 3). Por otra parte, Urtubey *et al.* (2010) incorporan a las Sierras Subandinas en el trazo generalizado obtenido del estudio de las Asteraceae en la zona de transición sudamericana. Consecuentemente, en América del Sur, dicho sistema Peripampásico describe un arco que comienza en el Sur de Brasil, continúa en las sierras del Sureste de Uruguay, luego en Argentina en la provincia de Buenos Aires en los sistemas serranos de Tandilia y Ventania, las sierras de las provincias de Córdoba y San Luis, para finalizar en las sierras Subandinas de las provincias de Tucumán, Salta y Jujuy (Fig. 4).

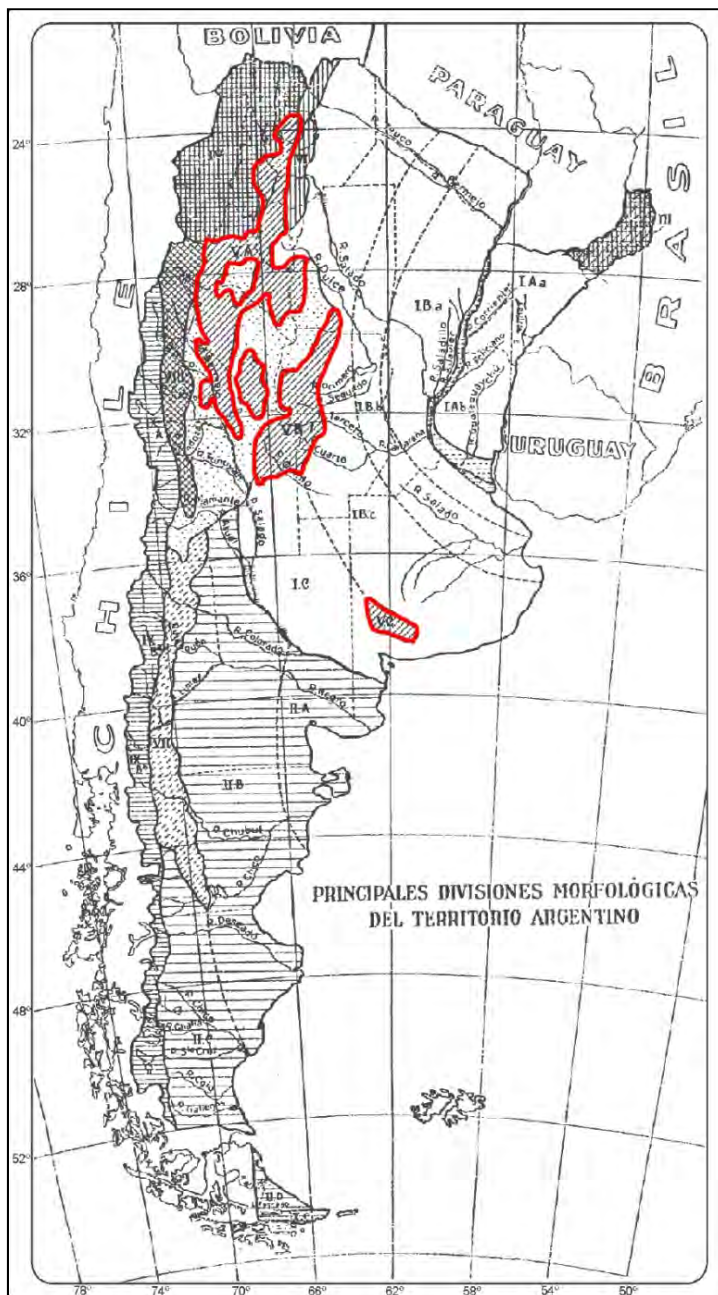


Figura 1. Mapa con las principales divisiones geomorfológicas de Argentina (modificado de Ringuélet 1956b). En rojo se destaca la relación de las sierras pampásicas.



Los sistemas orogénicos que conforman el arco peripampásico junto con su característica biota han acaparado la atención de varias generaciones de geólogos y biólogos y naturalistas, como por ejemplo: Darwin (1846), Cabrera (1938), Teruggi & Kilmurray (1975) y Crisci *et al.* (2001). Además, en Argentina, dichos sistemas orogénicos extra andinos han llamado la atención de biogeógrafos y biólogos por las relaciones particulares que exhibe su biota (Roig-Juñent *et al.* 2003).

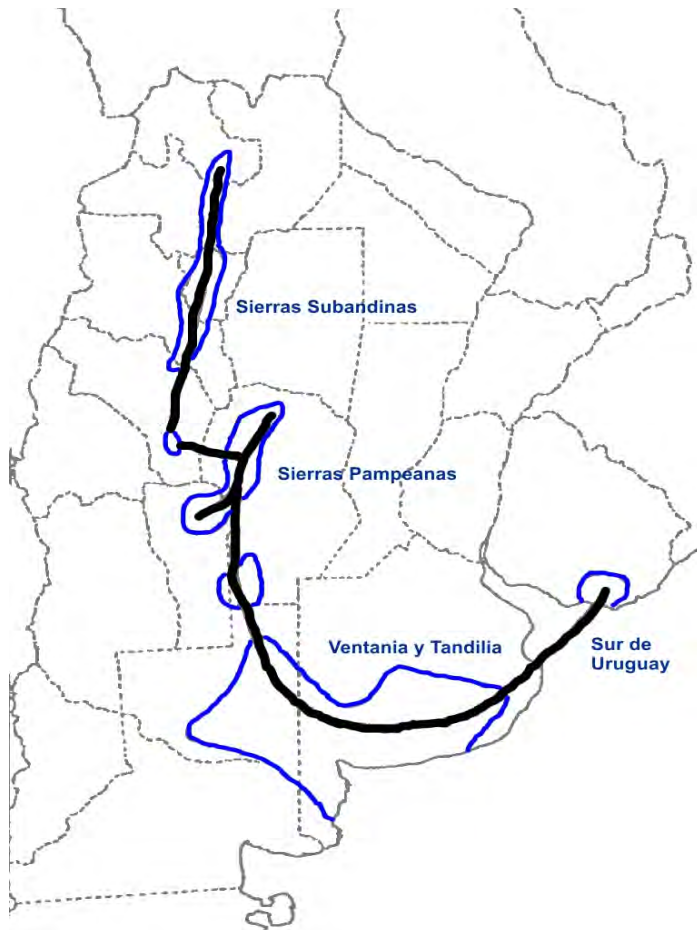


Figura 2. Mapa con el trazo obtenido de las especies de escorpiones del grupo *Bothriurus prospicuus*. Modificado de Mattoni & Acosta 1997.

Por lo tanto, el denominado arco peripampásico resulta sumamente interesante desde un punto de vista biogeográfico debido a numerosos factores: i) la mayoría de los sistemas serranos que lo conforman albergan un gran número de especies endémicas (Crisci *et al.* 2001, Grela 2004, Pinto-da-Rocha *et al.* 2005, Aagesen *et al.* 2009); ii) posiblemente exhiben conexiones bióticas en el pasado que posteriormente han sido fragmentadas (Ringuelet 1961, Acosta 1989,1993, Mattoni & Acosta 1997, Crisci *et al.* 2001); iii) han sido considerados sistemas orogénicos antiguos que se encontraban relacionados con sistemas afines de África del Sur

(Jeannel 1967, Cicchino & Roig-Juñent 2001); iv) han sido consideradas como áreas relevantes para la conservación de la biodiversidad (Szumik *et al.* 2007, Navarro *et al.* 2009, Nori *et al.* 2011).

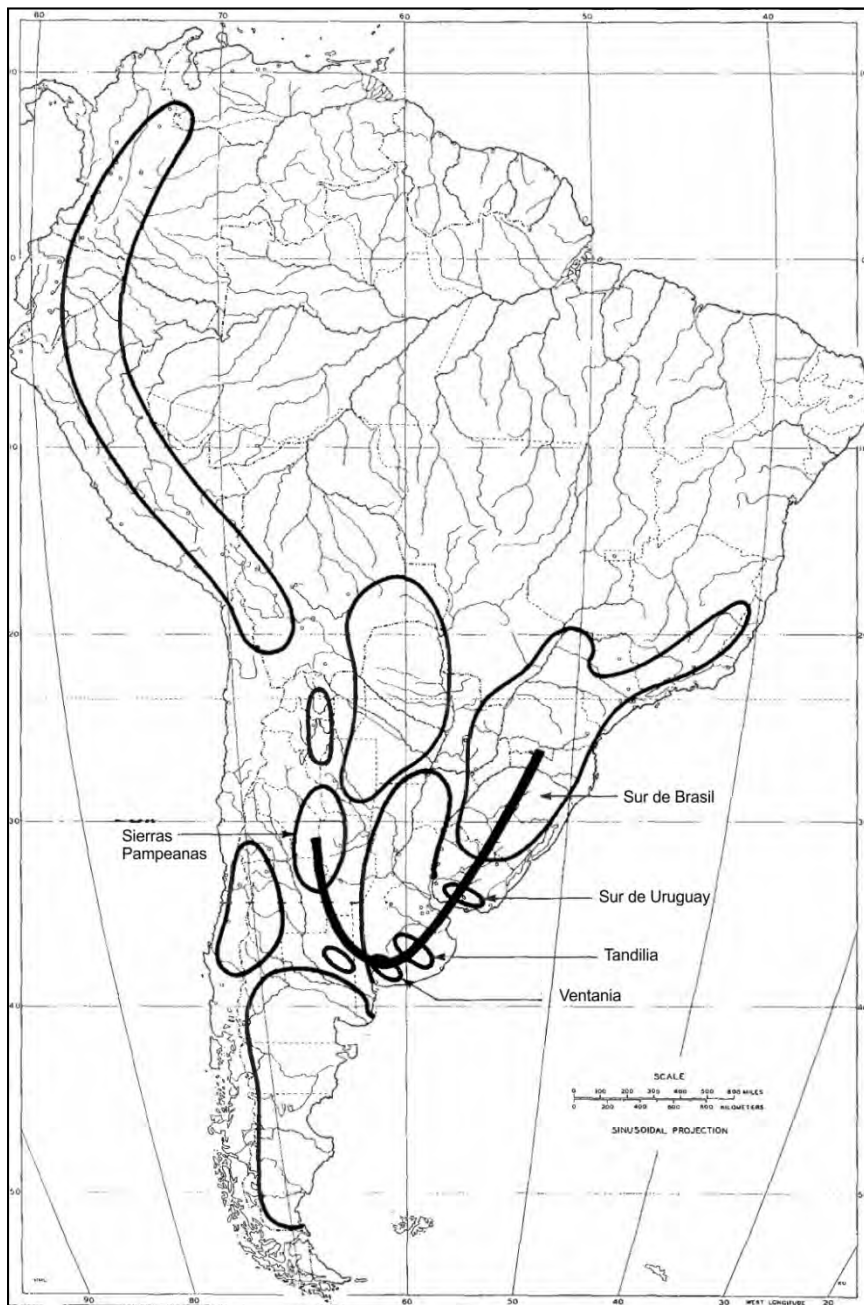


Figura 3. Mapa mostrando el patrón de distribución de las relaciones entre las áreas basadas en los taxones de Asteraceae, representado como un trazo generalizado. Modificado de Crisci *et al.* (2001).

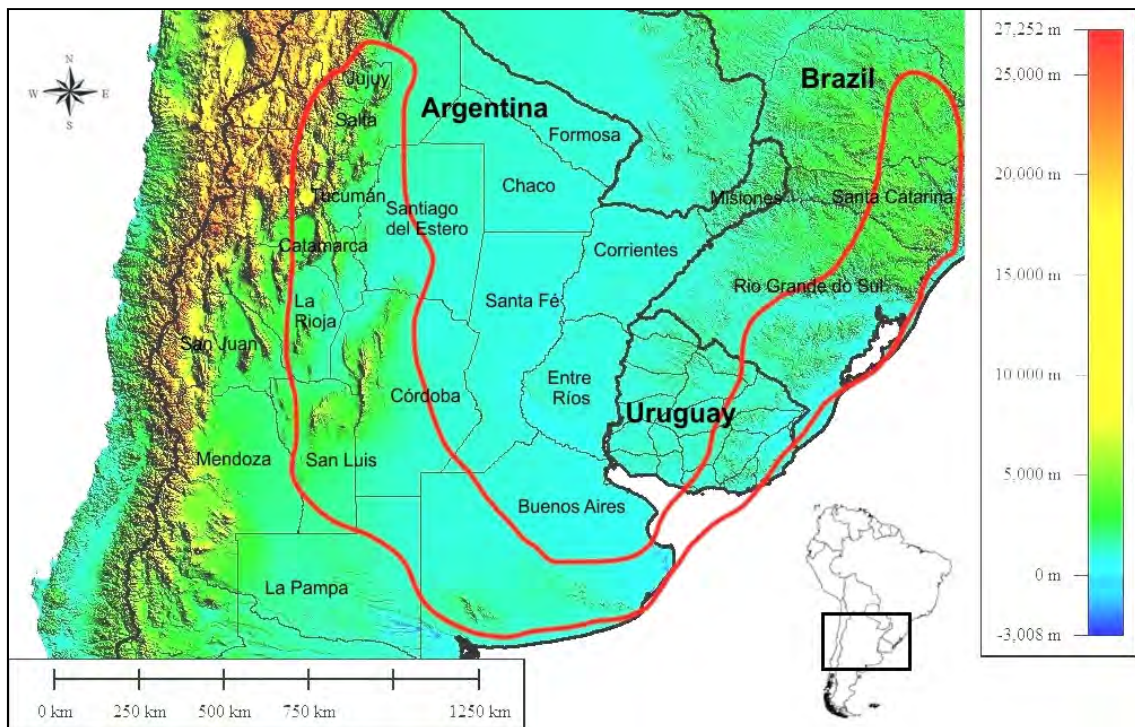


Figura 4. Mapa mostrando la extensión del arco peripampásico en Argentina, Uruguay y Brasil delimitado por la línea roja.

### *I.2- Arañas migalomorfas.*

Las arañas migalomorfas constituyen buenos modelos para estudios biogeográficos. Estas arañas se distribuyen prácticamente en todo el mundo, pero las regiones tropicales, templadas australes del Sur de África y Australasia constituyen centros de masa o diversidad en términos biogeográficos (Raven 1985, Platnick 2012). Las migalomorfas presentan características biológicas que difieren de las demás arañas: por ejemplo, algunas especies pueden vivir entre 15 y 30 años y tardar entre 5 y 7 años en alcanzar la madurez sexual (Main 1978); son especialistas y dependientes de un tipo determinado de hábitat y tanto las hembras como los juveniles son generalmente sedentarios (Main 1987, Coyle & Icenogle 1994).

Dichas características biológicas y de historia de vida promueven la fragmentación geográfica a lo largo del espacio y el tiempo, resultando en un gran número de taxones que presentan pequeñas distribuciones geográficas aisladas (Bond

*et al.* 2006). Por lo tanto, las arañas migalomorfas conforman un grupo simple e informativo desde un punto de vista biogeográfico: son animales con una vagilidad reducida y mecanismos de dispersión limitados, presentan hábitos sedentarios, varios grupos han sido aislados en los continentes por deriva continental, y algunos de ellos han reducido su distribución geográfica debido a eventos de glaciación, actividad orogénica y fragmentación del hábitat que ocupan (Raven 2010). Consecuentemente, algunos grupos presentan distribuciones geográficas gondwánicas o incluso muestran un posible origen gondwánico, como por ejemplo es el caso de las familias Microstigmatidae, Migidae y Hexathelidae (Raven 1980, 1984, Griswold 1985).

Hasta la actualidad existen pocas contribuciones formales a la biogeografía de las arañas migalomorfas basadas en metodologías explícitas y cuantitativas (Raven 1980, Bertani 2001, Bond *et al.* 2006, Hendrixson & Bond 2007, Starret & Hedin 2007, Guadanucci 2011) y generalmente sólo se presentan comentarios sobre la distribución geográfica actual en los trabajos de sistemática. Además, existen contribuciones muy antiguas brindando patrones de distribución a una escala mundial (Pocock 1903).

### ***I.3- Panbiogeografía.***

Recientemente se ha propuesto la existencia de una “biogeografía evolutiva” como una ciencia integradora de los métodos biogeográficos históricos (Morrone 2009, 2011a) y una de las etapas de un análisis biogeográfico evolutivo involucra el reconocimiento de componentes bióticos a través del uso del método de la panbiogeografía (Barrera-Moreno *et al.* 2011).

La panbiogeografía comprende un método dentro de la biogeografía histórica que supone que las barreras geográficas evolucionan junto con las biotas, lo que se resume en la idea que “tierra y vida evolucionan juntas” (Croizat 1964). La panbiogeografía de Croizat se oponía al paradigma imperante en el momento, el dispersalismo, originado con Linnaeus (1744) y Darwin (1859). A través de la

panbiogeografía, Croizat (1958, 1964) propuso una alternativa al paradigma dispersalista, distinguiendo dos etapas en la evolución de la distribución espacial de los seres vivos: i) los organismos son móviles y se expanden activamente para ocupar el mayor espacio geográfico posible y ii) su distribución geográfica se estabiliza, por lo que si surgen barreras a la dispersión, la distribución se fragmenta, fenómeno conocido como “vicarianza” (Morrone 2002, 2004). La panbiogeografía se basa en que la distribución coincidente de diferentes taxones revelan la existencia de biotas ancestrales, con sus distribuciones geográficas fragmentadas debido a eventos vicariantes (Grehan 2001a, 2001b, 2011). Además, el método panbiogeográfico enfatiza la dimensión espacial o geográfica de la biodiversidad para permitir una mejor comprensión de los patrones y procesos evolutivos, enfocándose en el papel de las localidades en la historia de la vida (Craw *et al.* 1999, Morrone 2004).

El método de Croizat, esencialmente gráfico, consiste en representar las distribuciones de los diferentes taxones en un mapa, en el que se marcan las áreas en donde dichos taxones han sido recolectados a través de puntos. Luego, los puntos se conectan entre sí por medio de una línea, tal que la suma de los segmentos que los conectan tenga una distancia mínima (Page 1987). A este conjunto de puntos y líneas se lo denomina trazo individual (Crisci *et al.* 2000, Grehan 2001b, Morrone 2002, 2004, 2005b). Los trazos individuales constituyen las coordenadas primarias de un taxón en un lugar y representan su distribución espacial (Contreras-Medina & Eliosa-León 2001, Grehan 2001a, 2001b, 2011). Para la construcción de los trazos individuales existen diferentes enfoques, como por ejemplo, los gráficos de expansión mínima de Page (1987), el análisis de compatibilidad de trazos de Craw (1989), ó el Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE) (Craw *et al.* 1999, Luna-Vega *et al.* 2000, Morrone & Marquez 2001, Echeverry & Morrone 2010). A pesar de esto, existen pocos enfoques cuantitativos y automáticos para mapear los trazos generalizados. Recientemente, Rojas-Parra (2007) y Echeverría-Londoño & Miranda-Esquivel (2011) han presentado dos programas basados en nuevos algoritmos para desarrollar un análisis de trazos panbiogeográfico utilizando un enfoque geométrico. Si los trazos individuales de distintos taxones se superponen constituyen un trazo

generalizado. Croizat consideró que éstos indicaban una biota ancestral ampliamente distribuida en el pasado, la cual fue posteriormente fragmentada por eventos físicos (tectónicos, climáticos, cambios del nivel del mar, etc) (Craw 1988, Craw *et al.* 1999, Crisci *et al.* 2000, Morrone 2000, 2005b). Cuando dos o más trazos generalizados convergen en un área determinada conforman un nodo, el que muestra que fragmentos bióticos y/o geológicos de distinto origen se interrelacionan en espacio-tiempo, en respuesta a algún cambio tectónico, para dar lugar a un área compuesta (Crisci *et al.* 2000, Morrone 2000, Contreras-Medina & Eliosa-León 2001, Grehan 2001, Morrone 2005b, Grehan 2011). Los trazos generalizados además pueden ser comparados con la homología biogeográfica o incluso a las áreas de endemismo (Page 1987, Craw 1988, Morrone & Crisci 1995, Craw *et al.* 1999, Luna-Vega *et al.* 2000, Morrone 2001a, 2004, Corona & Morrone 2005).

Mediante el método panbiogeográfico es posible generar hipótesis espaciales explícitas sobre los patrones de distribución de los taxones, en lugar de obtener una simple similitud de las biotas (Morrone 2004, Maya-Martínez *et al.* 2011). Dicho análisis conlleva a establecer homologías espaciales, lo que representa una historia biogeográfica común. Dicha premisa postula que diferentes taxones (aún teniendo medios de dispersión diferentes) se hallan integrados espacio-temporalmente en un mismo componente biótico (Craw 1988, Morrone & Crisci 1995, Morrone 2001a, 2004, Grehan 2003). A pesar de esto, el método panbiogeográfico ha sido criticado por numerosos autores (Posadas *et al.* 2006), por ejemplo, por el uso no crítico de tratamientos sistemáticos (Patterson 1981, Seberg 1986); o la utilización de la proximidad geográfica sin considerar la información cladística (Platnick & Nelson 1988, Briggs 2007). Las ventajas de contar con filogenias resueltas y estables son obvias. Es posible construir una hipótesis biogeográfica utilizando los conceptos de filogenia y trazo, pero el método resulta más robusto si se considera la orientación de los trazos utilizando la información filogenética (Page 1987, Heads 2010). Si la información filogenética no se encuentra disponible, como en la mayoría de los géneros de Mygalomorphae, el método panbiogeográfico resulta igualmente eficiente para elucidar orígenes comunes de áreas y biotas, como ha sido ampliamente

demostrado en varios grupos (Morrone & Lopretto 1994, Abrahamovich *et al.* 2004, Espinosa *et al.* 2006, Heads 2006, Huidobro *et al.* 2006, González-Zamora *et al.* 2007, Pérez *et al.* 2007, Alzate *et al.* 2008, Vargas *et al.* 2008, Ramírez-Barahona *et al.* 2009, Escalante *et al.* 2011).

Se han realizado numerosos análisis panbiogeográficos en diferentes grupos de organismos para determinar el origen común de biotas y áreas. En los últimos años la panbiogeografía ha vuelto a ser uno de los principales programas de investigación en biogeografía histórica (Morrone & Crisci 1995, Craw *et al.* 1999, Crisci *et al.* 2001, Morrone 2004, Martínez-Gordillo & Morrone 2005, Alzate *et al.* 2008, Cavalcanti & Gallo 2008, Heads 2008, Arzamendia & Giraudo 2009, Flowers 2009, Asiain *et al.* 2010, Heads 2010, Arana *et al.* 2011, Ladiges *et al.* 2011, Mayén-Estrada & Aguilar-Aguilar 2011, Moreira Pires *et al.* 2011, Morrone 2011a, Romo & Morrone 2011, Arzamendia & Giraudo 2012, Mercado-Salas *et al.* 2012). Sin embargo, hasta la actualidad, el método de análisis panbiogeográfico para evaluar la distribución de especies de arañas sólo se ha aplicado en propuestas de regionalizaciones biogeográficas (Morrone 2006, Morrone & Márquez 2008).

### ***1.3- Análisis de parsimonia de endemismos.***

El análisis de parsimonia de endemismos o PAE (Parsimony Analysis of Endemicity) por sus siglas en inglés, es una herramienta dentro de la biogeografía histórica que permite descubrir los patrones naturales de distribución de los organismos (Rosen 1988, Crisci *et al.* 2001,2003, Posadas *et al.* 2006). El PAE fue propuesto inicialmente por Rosen (1988) y Rosen & Smith (1988) para analizar la distribución de los taxones utilizando localidades puntuales en diferentes horizontes geológicos. La versión original del PAE tenía como objetivo unir muestras temporales y detectar la aparición de nuevas especies en estratos a lo largo del tiempo (Nihei 2006). El PAE permite clasificar localidades, cuadrículas o áreas (análogas a taxones en los análisis filogenéticos) de acuerdo a sus taxones compartidos (análogos a caracteres) mediante un criterio de simplicidad o parsimonia (Crisci *et al.* 2001, 2003,



Posadas *et al.* 2006, Peterson 2008). Por lo tanto, el análisis de parsimonia de endemismos permite construir cladogramas a partir de matrices de presencia-ausencia de especies y taxones supraespecíficos (Cracraft 1991, Myers 1991, Morrone 1994b, Escalante & Morrone 2003, Trejo Torres 2003).

Existen diferentes tipos de PAE, y pueden clasificarse de acuerdo a los datos de entrada, por ejemplo el PAE basado en localidades y de áreas de distribución. Dentro de esta última, se puede realizar el PAE de polígonos regulares o cuadrículas (Morrone 1994b), de áreas naturales (cuencas hidrológicas, provincias, islas reales o virtuales, transectos, comunidades) o unidades geopolíticas (Morrone 2009). A pesar de que el PAE es análogo a la sistemática cladística, no está relacionado a la biogeografía cladística. Muchos autores han criticado el uso de PAE ya que no utiliza la información filogenética y considera sólo sus patrones de distribución (Humphries 1989, 2000, Brooks & Van Veller 2003). A pesar de ello, varios autores (Nihei 2006, Casazza & Minuto 2009, Escalante 2011) retoman la propuesta inicial de Rosen (1988) acerca de que el PAE puede ser utilizado e interpretado dinámicamente. La manera dinámica, se refiere a la versión histórica del PAE analizando los cambios distribucionales a través del tiempo. Por otro lado, la estática, a la identificación de la homología biogeográfica primaria en un único horizonte geológico (Escalante 2011).

Además, algunos autores han propuesto que el análisis de parsimonia de endemismos puede utilizarse para llevar a cabo un análisis panbiogeográfico, donde los clados obtenidos son considerados como trazos generalizados (Craw *et al.* 1999, Luna-Vega *et al.* 2000, Morrone & Marquez 2001, Huidobro *et al.* 2006). Así también, Craw *et al.* (1999), Grehan (2003) y Echeverry & Morrone (2010) incluyen al análisis de parsimonia de endemismos entre los métodos panbiogeográficos cuantitativos modernos. Recientemente, Morrone (2005a, 2009) postula que el uso del análisis de parsimonia de endemismos dentro de un marco panbiogeográfico puede constituir una herramienta cuantitativa en la identificación de trazos. Asimismo, esto permite la identificación de homología biogeográficas primarias, esto

es, las relaciones históricas entre áreas. (Posadas *et al.* 1997, Morrone 2001a, Morrone & Márquez 2001, Mota *et al.* 2002, Garzón-Orduña *et al.* 2008). Echeverry & Morrone (2010) propusieron una descripción paso a paso del algoritmo, para realizar un análisis de manera consistente tanto metodológica como conceptualmente, de acuerdo a los principios de la panbiogeografía originalmente formulados por Croizat (1958, 1964). Echeverry & Morrone (2010) postularon que la interpretación de los cladogramas resultantes como trazos generalizados utilizando matrices de localidades x taxa (Luna-Vega *et al.* 2001, Corona *et al.* 2007) no serían metodológica y conceptualmente consistentes debido a que no se encuentran construidos en base a los trazos individuales. Por lo tanto, el uso del PAE como una herramienta panbiogeográfica debe tener en cuenta el concepto básico panbiogeográfico del trazo individual. Esto permite la incorporación del elemento espacial *a priori*, incorporándolo en la matriz antes de realizar el análisis (Echeverry & Morrone 2010). Finalmente, para identificar áreas compuestas, nodos o áreas simples involucradas en los trazos generalizados se utilizó el PAE con eliminación progresiva de caracteres (Luna-Vega *et al.* 2000, García-Barros *et al.* 2002, Echeverry & Morrone 2010).

#### ***I.4- Análisis multivariado en biogeografía.***

Los métodos denominados de agrupamiento o multivariados son aquellos que evalúan las similitudes o distancias en la composición específica entre distintas cuadrículas o determinadas áreas (Davis *et al.* 2002, Arzamendia & Giraudó 2004, Tribsch 2004, Pinto-da-Rocha *et al.* 2005, López *et al.* 2008, Cabrero-Sañudo & Lobo 2009, Casazza & Minuto 2009, Nori *et al.* 2011). Dichos métodos de agrupamiento o distancia han recibido fuertes críticas. Por ejemplo, Farris (1981) demostró que la transformación de los datos en distancias descarta información relevante. Además, de Queiroz & Good (1997) han criticado el uso de métodos de agrupamiento en biología, particularmente para la reconstrucción filogenética, continuidad genética y variación geográfica. Además, demostraron que en los análisis generales de similitud entre unidades, los métodos fenéticos no son adecuados debido a que imponen una

estructuración jerárquica de los datos, mientras que la similitud no necesariamente exhibe una estructura jerárquica estricta.

Con respecto al uso de los métodos de agrupamiento en biogeografía, numerosos autores han observado el desempeño de los mismos para descubrir grupos o clados de datos, incluso cuando los grupos naturales no existen o los datos son azarosos (Jain *et al.* 1986, Jackson & Harvey 1989). Por otra parte, los métodos multivariados pueden considerarse como una alternativa al análisis de parsimonia de endemismos para clasificar las biotas (López *et al.* 2008). Por lo tanto, los grupos pueden ser identificados mediante una estimación de la distancia que existe entre las biotas de diferentes áreas, y así agrupar áreas de acuerdo a este criterio. Si algunos grupos se encuentran más cercanos entre sí debido a su composición taxonómica, puede ser expresado estadísticamente en términos de jerarquía de grupos o distancias bióticas relativas.

Los patrones resultantes pueden ser expresados de diversas maneras, siendo el más utilizado el dendrograma (Rosen 1988, Nori *et al.* 2011, López *et al.* 2008, Cabrera-Sañudo & Lobo 2009). Finalmente, los índices más comunes empleados para el análisis de agrupamiento basado en la distribución de las especies corresponden al índice de disimilitud de Bray-Curtis (Conran 1995, Proches 2005, Nori *et al.* 2011), índice de Jaccard (Glasby & Alvarez 1999, Hubalek 1982, Murguía & Villaseñor 2003, Tribsch 2004, López *et al.* 2008) y UPGMA (encadenamiento promedio) (Arzamendia & Giraudo 2004, Biondi & D'Alessandro 2006, Santos *et al.* 2007, López *et al.* 2008).

## **II. OBJETIVOS**

Analizar los patrones de distribución de las arañas Mygalomorphae en Argentina, Uruguay y Sur de Brasil para poner a prueba la hipótesis de que especies con distribuciones actuales disyuntas formaron parte de una biota ancestral ocupando los sistemas montañosos actualmente fragmentados dentro del arco peripampásico.

### ***II.1- Objetivos específicos.***

- Realizar un análisis panbiogeográfico en busca de trazos individuales, trazos generalizados y nodos para establecer los patrones de distribución de las arañas migalomofras.
- Estimar las relaciones de la biota de las distintas áreas mediante un análisis de parsimonia de endemismos basado en áreas, en cuadrículas y como una herramienta panbiogeográfica y análisis multivariado.
- Interpretar los patrones de distribución resultantes bajo el contexto de la evolución geobiótica del Sur de América del Sur.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### III.1- Áreas de estudio.

Sobre la base de la superposición de la distribución de numerosos taxones en Argentina (Ringuelet 1961, Acosta 1993, Mattoni & Acosta 1997, Crisci *et al.* 2001, Acosta 2002) y de criterios geológicos (Argentina, Uruguay y Sur de Brasil), se delimitaron las áreas de estudio (Fig. 5). Sus características geológicas y geográficas se presentan a continuación.

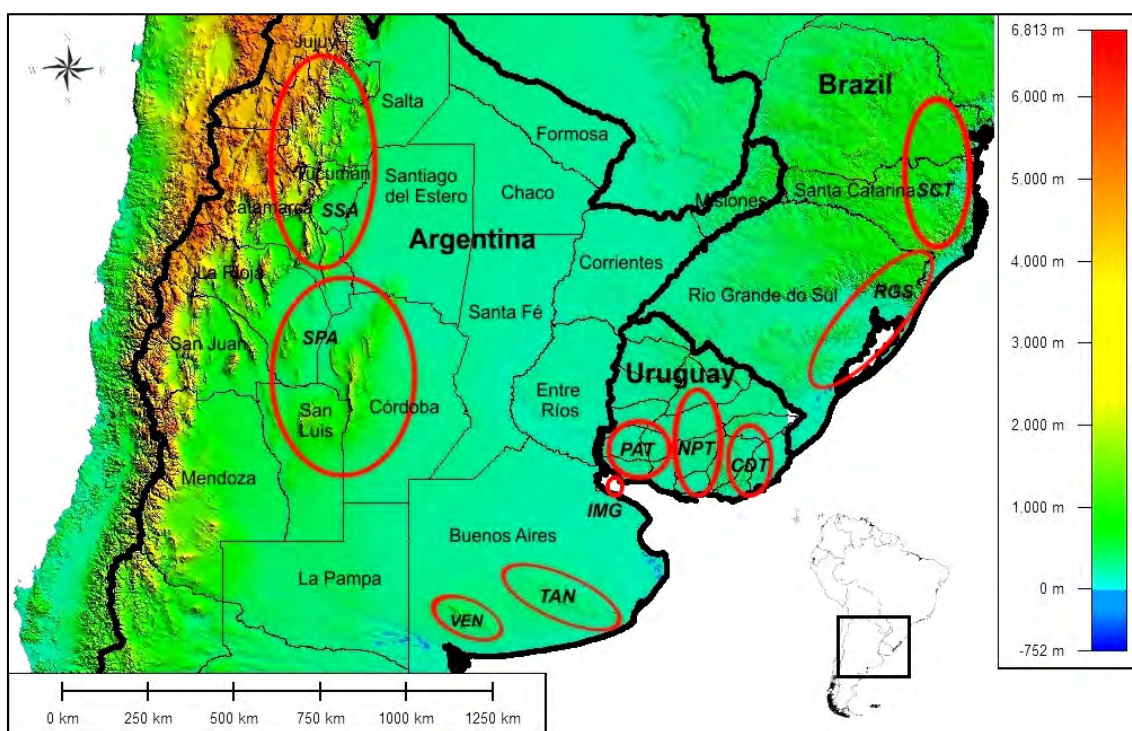


Figura 5. Áreas (en rojo) consideradas para el análisis de los patrones de distribución de arañas migalomorfas. SSA = Sierras Subandinas, SPA = Sierras Pampeanas, VEN = Ventania, TAN = Tandilia, IMG = Isla Martín García, PAT = Piedra Alta, NPT = Nico Pérez, CDT = Cuchilla Dionisio, RGS = Rio Grande do Sul, SCT = Santa Catarina.

#### Sierras Subandinas (SSA)

Unidad geomorfológica formada por un cordón montañoso de aproximadamente 3000-3500 metros de altura (Mingramm *et al.* 1980), ubicada en el

Noroeste de Argentina, extendiéndose desde el Norte al Sur de las provincias de Salta, Jujuy y Tucumán (entre los  $23^{\circ}22' S - 65^{\circ}19' O$  y  $28^{\circ}51' S - 65^{\circ}34' O$ ). En este sistema predominan las rocas de origen Cámbrico y Precámbrico hacia el lado Este de los Andes. En el centro de las Sierras Subandinas son características las rocas de origen Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico (ocasionalmente se pueden encontrar rocas del Ordovícico rodeadas por rocas Cámbricas y Precámbricas) (Adams *et al.* 2008, Poblet *et al.* 2008, Spagnuolo *et al.* 2012). Desde un punto de vista biogeográfico, las sierras se extienden en las regiones Neotropical y Andina, incluyendo las provincias biogeográficas de Chaco, Monte (Chaqueña), Puna y Atacama (Páramo-Puneña) (Morrone 2006).

#### *Sierras Pampeanas (SPA)*

Se ubican en el Noroeste y centro de Argentina, y conforman un sistema serrano que se extiende en las provincias de Córdoba, Santiago del Estero, Este de Catamarca y San Luis (entre los  $29^{\circ}41' S - 64^{\circ}51' O$  y  $33^{\circ}20' S - 65^{\circ}33' O$ ). Dicho sistema presenta alturas de aproximadamente 3000 metros rodeado por vastas planicies de 600 a 900 metros sobre el nivel del mar (Gordillo & Lencinas 1980). Las sierras Pampeanas constituyen un conjunto de elevaciones orientadas con rumbo Norte-Sur, formadas por un basamento metamórfico e ígneo. El origen de su levantamiento fue el resultado de fallas inversas en el Oeste durante la orogenia de los Andes (Urreizieta *et al.* 1996, Baldo *et al.* 1996, 1998, Martino *et al.* 2010). El basamento de las sierras Pampeanas ha sufrido una compleja historia tectónica, magmática y metamórfica durante el Precámbrico e inicio del Paleozoico (Von Gosen 1998, Sureda & Omarini 1999, Simpson *et al.* 2003, Galindo *et al.* 2004, Drobe *et al.* 2009). El sistema montañoso de las sierras Pampeanas se extiende en las provincias biogeográficas de Chaco y Monte (Morrone 2006).

*Ventania (VEN)*

Comprende un sistema serrano ubicado al Sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina ( $38^{\circ}07' S - 62^{\circ}03' O$ ). Es un sistema montañoso con sentido Noroeste-Sudoeste de forma sigmoidea de aproximadamente 180 kilómetros de extensión y 50 kilómetros de ancho. Ventania está formado por un basamento y una cubierta sedimentaria. El basamento consiste en granitos, riolitos y andesitos deformados principalmente durante fines del Precámbrico e inicio del Paleozoico. Los principales episodios de deformación del sistema ocurrieron durante fines del Devónico y el Pérmico (Sellés-Martínez 2001, Gregori *et al.* 2005). Las sierras que conforman el sistema de Ventania alcanzan alturas promedio de unos 800 a 900 metros sobre el nivel del mar, y las alturas máximas llegan a unos 1250 metros sobre el nivel del mar (Demoulin *et al.* 2005). El sistema de Ventania se encuentra dentro de la provincia biogeográfica de Pampa (Morrone 2006).

*Tandilia (TAN)*

Sistema de sierras ubicado al Sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina ( $37^{\circ}19' S - 59^{\circ} 9' O$ ). El sistema de Tandilia comprende un grupo de sierras con sentido Noroeste de unos 350 kilómetros de largo y sus cerros alcanzan alturas de aproximadamente 200 a 500 metros sobre el nivel del mar (Demoulin *et al.* 2005). Las alturas máximas se encuentran cerca de la ciudad de Tandil y decrecen progresivamente hasta los 50 metros sobre el nivel del mar hacia el Sudeste y hasta 70 metros sobre el nivel del mar hacia el Noroeste (González-Bonorino *et al.* 1956, Gómez-Peral *et al.* 2007). Tandilia está conformado por un basamento cristalino de origen Proterozoico que pertenece al Cratón del Río de La Plata (Dalla Salda 1999, Delpino & Dristas 2008). El basamento está compuesto por granitoides, migmatitas, anfibolitas y rocas ígneas que se ubican sobre rocas sedimentarias del Precámbrico e inicio del Paleozoico (Teruggi & Kilmurray 1975, Etcheverry *et al.* 2006, Delpino & Dristas 2008). El sistema de Tandilia constituye el afloramiento del Precámbrico más



extenso de Argentina (Pankhurst *et al.* 2003). Las sierras se encuentran separadas por valles y planicies en la provincia biogeográfica de Pampa (Morrone 2006).

#### *Isla Martín García (IMG)*

La isla Martín García (Buenos Aires, Argentina) se ubica en la confluencia de los ríos Paraná y Uruguay (Río de La Plata superior) ( $34^{\circ}11' S - 58^{\circ}15' O$ ). La isla se encuentra a una distancia de aproximadamente 37,5 kilómetros desde la costa argentina y a 3,5 kilómetros desde la costa uruguaya. La misma presenta una forma subrectangular y alargada en un sentido Norte-Sur, definida por la estructura del basamento cristalino. La isla comprende un área de 168 hectáreas aproximadamente y constituye la porción más elevada del ambiente deltaico en el Río de La Plata (25 metros sobre el nivel del mar) (Dalla Salda 1981). La isla Martín García se conforma de un basamento cristalino cubierto por sedimentos Pleistocénicos y Holocénicos (Ravizza 1984). Dicho basamento consiste en rocas que datan del Precámbrico, de unos 2050 a 2085 millones de años (Dalla Salda 1981). En Argentina, así también como en el sistema de Tandilia, rocas pertenecientes al Cratón del Río de La Plata también se reconocen en la isla Martín García (Dalla Salda 1981).

#### *Escudo uruguayo (PAT, NPT y CDT)*

El escudo uruguayo está formado por bloques de corteza de diferentes petrología e historia geológica, asociado a rocas magmáticas y supracorticales que alcanzaron una estabilidad tectónica relativa al final del Cámbrico e inicio del Ordovícico (Masquelín 2006, Tófalo & Morrás 2009). Asimismo, en Uruguay, el Cratón del Río de La Plata, formado por la orogenia durante el Neoproterozoico, se encuentra expuesto y conformado por tres unidades tectónicas principales denominadas de Oeste a Este como: Piedra Alta (PAT), Nico Pérez (NPT) y Cuchilla Dionisio (CDT) (Hartmann *et al.* 2001, Gaucher *et al.* 2008). El sistema de Piedra Alta se encuentra en el Oeste de Uruguay, Nico Pérez en el centro y Cuchilla Dionisio a lo largo de la costa Atlántica. Los terrenos de Piedra Alta y Nico Pérez conforman el

Cratón del Río de La Plata, formados esencialmente por unidades del Arcaico y del Paleoproterozoico, mientras que el sistema de Cuchilla Dionisio ha sido considerado como un cordón móvil del Neoproterozoico que definen los límites Este del Cratón en Uruguay (Hartmann *et al.* 2001). El escudo uruguayo se encuentra dentro de la provincia biogeográfica de Pampa (Morrone 2006).

#### *Sur de Brasil (SCT y RGS)*

Comprende el área que se extiende desde el estado de Rio Grande do Sul (RGS) (31°42' S - 52°41' O) hasta el estado de Santa Catarina (SCT) (26°55' S - 49°22' O) (el cual ha sido propuesto como el límite Norte del Cratón del Río de La Plata) (Rapela *et al.* 2007, Font *et al.* 2011, Tovher *et al.* 2012). Las características evolutivas más significativas del Cratón del Río de La Plata en Brasil comprenden: i) una litología dominada por rocas del Paleoproterozoico correspondientes al ciclo Transamazónico y con edades isocrónicas de aproximadamente 2140 a 2180 millones de años (Preciozzi *et al.* 1999, Pankhurst *et al.* 2003) y ii) la ausencia de eventos orogénicos significativos durante el Mesoproterozoico o anteriores. A pesar de ello, cabe destacar que los patrones de edades de los terrenos y bloques del Cratón del Río de La Plata también se encuentran presentes en otros bloques o microplacas de origen Arcaico o Neoproterozoico en el Sur de Brasil, como por ejemplo en las áreas de Santa Catarina y Paraná (Saalman *et al.* 2006, Rapela *et al.* 2007).

#### *III.2- Taxones*

Para el análisis se utilizaron 1117 registros de distribución (ANEXO I) pertenecientes a 52 especies de Mygalomorphae (Tabla 1) representando a las familias Actinopodidae Simon 1892, Dipluridae Simon 1889, Idiopidae Simon 1889, Migidae Simon 1889, Mecicobothriidae Holmberg 1882, Microstigmatidae Roewer 1942, Nemesiidae Simon 1889 y Theraphosidae Thorell 1869. Las especies utilizadas se distribuyen en Argentina, Uruguay y Sur de Brasil. Los datos incluidos en el análisis se obtuvieron a partir de material proveniente de colectas en el campo con

puntos georreferenciados con GPS (Garmin Etrex Legend Hcx) y de la revisión de material depositado en los siguientes museos: MACN Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia” (Curador Cristina Scioscia), Buenos Aires, Argentina, MLP Museo de La Plata (Curador Luis Pereira), Buenos Aires, Argentina y FCIEN Facultad de Ciencias, Universidad de la República (Curador Miguel Simó), Montevideo, Uruguay. Además, la base de datos se complementó mediante la obtención de registros adicionales provenientes de la literatura aracnológica (Schiapelli & Gerschman de Pikelín 1945, 1960, 1963, 1964, 1967, 1970, 1975, Gerschman de Pikelín & Schiapelli 1960, 1963, 1966, 1971, 1973, 1978, Gerstch & Platnick 1979, Goloboff 1987a, Goloboff & Platnick 1992, Goloboff 1995, Bertani 2001, Guadanucci 2004, Indicatti *et al.* 2007, 2008, Miglio 2009, Bertani *et al.* 2011, Ferretti *et al.* 2011, Fukushima *et al.* 2011) y del portal Global Biodiversity Information Facility GBIF (<http://gbif.org/datasets/resources/> 8/3/2011).

Tabla 1. Listado de las especies de Mygalomorphae utilizadas para el análisis biogeográfico.

Especies	
<i>Acanthogonatus centralis</i> Goloboff, 1995	<i>Homoeomma uruguayense</i> (Mello-Leitão, 1946)
<i>Acanthogonatus tacuariensis</i> (Pérez-Miles & Capocasale, 1982)	<i>Idiops clarus</i> (Mello-Leitão, 1946)
<i>Acanthoscurria chacoana</i> Brèthes, 1909	<i>Idiops hirsutipedis</i> Mello-Leitão, 1941
<i>Acanthoscurria cordubensis</i> Thorell, 1894	<i>Ischnothele annulata</i> Tullgren, 1905
<i>Acanthoscurria sternalis</i> Pocock, 1903	<i>Lycinus longipes</i> Thorell, 1894
<i>Acanthoscurria suina</i> Pocock, 1903	<i>Mecicobothrium thorelli</i> Holmberg, 1882
<i>Actinopus dubiomaculatus</i> Mello-Leitão, 1923	<i>Melloleitaoina crassifemur</i> Gerschman & Schiapelli, 1960
<i>Actinopus ceciliae</i> Mello-Leitão, 1931	<i>Neocteniza australis</i> Goloboff, 1987
<i>Actinopus liodon</i> (Ausserer, 1875)	<i>Neocteniza chancani</i> Goloboff & Platnick, 1992
<i>Actinopus longipalpis</i> Koch, 1842	<i>Neocteniza minima</i> Goloboff, 1987
<i>Calathotarsus simoni</i> Schiapelli & Gerschman, 1975	<i>Neocteniza toba</i> Goloboff, 1987
<i>Catumiri argentinense</i> (Mello-Leitão, 1941)	<i>Plesiopelma longisternale</i> (Schiapelli & Gerschman, 1942)
<i>Catumiri parvum</i> (Keyserling, 1878)	<i>Pterinopelma vitiosum</i> (Keyserling, 1891)
<i>Chaco obscura</i> Tullgren, 1905	<i>Pycnothele auronitens</i> (Keyserling, 1891)
<i>Chaco tucumana</i> Goloboff, 1995	<i>Pycnothele modesta</i> (Schiapelli & Gerschman, 1942)
<i>Diplothelopsis bonariensis</i> Mello-Leitão, 1938	<i>Stenoterommata arnolisei</i> Indicatti et al., 2008
<i>Diplothelopsis ornata</i> Tullgren, 1905	<i>Stenoterommata crassistyla</i> Goloboff, 1995
<i>Euathlus truculentus</i> Koch, 1875	<i>Stenoterommata curiy</i> Indicatti et al., 2008
<i>Eupalaestrus campestratus</i> (Simon, 1891)	<i>Stenoterommata grimpa</i> Indicatti et al., 2008
<i>Eupalaestrus weijenberghi</i> (Thorell, 1894)	<i>Stenoterommata palmar</i> Goloboff, 1995
<i>Grammostola burzaquensis</i> Ibarra-Grasso, 1946	<i>Stenoterommata platensis</i> Holmberg, 1881
<i>Grammostola doeringi</i> (Holmberg, 1881)	<i>Stenoterommata quena</i> Goloboff, 1995
<i>Grammostola iheringi</i> (Keyserling, 1891)	<i>Vitalius longisternalis</i> Bertani, 2001
<i>Grammostola inermis</i> Mello-Leitão, 1941	<i>Vitalius roseus</i> (Mello-Leitão, 1923)
<i>Grammostola anthracina</i> (Koch, 1842)	<i>Vitalius wacketi</i> (Mello-Leitão, 1923)
<i>Grammostola vachoni</i> Schiapelli & Gerschman, 1961	<i>Xenonemesia platensis</i> Goloboff, 1989

Para los registros con ausencia de datos geográficos georreferenciados, los valores de latitud y longitud de las respectivas localidades se geo-referenciaron de acuerdo a las siguientes bases de datos: Gacetilla Global (Falling Rain Genomics 2007), gacetilla para Argentina y Uruguay utilizando el programa DIVA-GIS 7.4 (Hijmans *et al.* 2011) y GEODY ([www.geody.com](http://www.geody.com)). Otras especies, incluyendo a *Chaco sanjuanina* Goloboff, 1995, *Diplura argentina* (Canals, 1931), *D. paralela* (Mello-Leitão, 1923) y *Neocteniza spinosa* Goloboff, 1987 han sido citadas para una única localidad. Tales registros no proveen información relevante para el análisis de trazos ni aportan valor al análisis de parsimonia de endemismo, por lo que se excluyeron del análisis. Los mapas de distribución de las especies se construyeron utilizando Global Mapper 11.0 y se muestran en el ANEXO II.

### III.3- Análisis de trazos.

Los trazos individuales de cada taxón se construyeron utilizando los puntos de distribución geográfica, los cuales se mapearon y se reanalizaron (check coordinates) utilizando Global Mapper 11.0. Luego, los trazos individuales se calcularon utilizando la extensión TRAZOS2004 (Rojas-Parra 2007) implementada en la plataforma ArcView 3.2 (ESRI 1999). La base que fundamenta la instrumentación del método es el trazo individual. El mismo, extrapolado a un plano matemático, es un conjunto mínimo de enlaces de  $N$  que conectan todos los nodos en  $A$  y por lo tanto al menos un árbol de expansión puede ser encontrado en un grafo  $G$  (Rojas-Parra 2007). Un grafo  $G$  consiste en dos conjuntos finitos  $N$  y  $A$ .  $N$  es el conjunto de elementos del grafo, también denominado vértices o nodo.  $A$  es el conjunto de arcos, que son las conexiones que se encargan de relacionar los nodos para formar el grafo. El árbol mínimo de expansión denotado por  $T^*$  es un árbol de expansión cuyo peso total de todos los enlaces es mínimo o “árbol de expansión mínima” (Rojas-Parra 2007), es decir:

$$T^* = \min_t \sum_{E_{ij} \in E} W_{ij}$$

Cada enlace tiene un número positivo real asociado denotado por  $W$  que representa la distancia, el costo o un valor cualquiera de datos dados (Rojas-Parra 2007). Finalmente, la automatización del método panbiogeográfico, a través de TRAZOS2004, agiliza el delineado gráfico de los trazos, independientemente de la complejidad espacial que tenga la nube de puntos que representan las localidades del taxón o grupo de taxones que se esté investigando (Rojas-Parra 2007).

Los trazos generalizados resultan de la superposición estadística significativa de trazos individuales que conectan áreas de distribución (Zunino & Zullini 1995). Los trazos generalizados surgen luego de un análisis comparativo de los trazos individuales, en el que se evalúa la congruencia en su topología. Para obtener los trazos generalizados, todos los mapas conteniendo los trazos individuales para cada taxón fueron impresos y luego superpuestos. Además, se superpusieron las capas conteniendo la información de los puntos de distribución de cada taxón utilizando los programas de sistema de información geográfica Global Mapper 11.0 y Quantum GIS 1.6.0.

Subsecuentemente, se realizó un análisis de compatibilidad de trazos (Craw 1988, 1989). El método, trata a los trazos como caracteres de las áreas analizadas. Por lo tanto, dos o más trazos individuales se consideran compatibles sólo si son similares o si uno contiene al otro. Se construyó una matriz de 10 áreas (mencionadas anteriormente) x 52 trazos individuales (especies de Mygalomorphae), donde cada entrada se codifica como "A" o "B" dependiendo si el trazo está presente o ausente en un área determinada y se considera un área hipotética con ausencias para todos los trazos. Para realizar el análisis de compatibilidad se utilizó el programa SECANT 2.2 (Salisbury 1999). Este programa permite identificar todos los grupos de caracteres compatibles. El método comprende la búsqueda de un árbol parsimonioso o "cliqué" en base a áreas de distribución o localidades. El árbol se construye en base al "cliqué" más grande de distribuciones compatibles en una matriz de compatibilidad distribucional y es identificado como un trazo generalizado. Si se identifica más de un "cliqué" de tamaño considerable, se puede concluir que varios trazos generalizados

unen las localidades o áreas de distribución (Craw 1989). Se utilizó el comando “EVID”, el cual, muestra el resultado de las permutaciones con la evidencia más fuerte que soporte a los “cliques”. Además, se obtuvo un valor “APS” que corresponde a la compatibilidad de los “cliques”. Este valor se utiliza para estimar la robustez relativa de los “cliques” obtenidos y valores mayores implican una mayor estabilidad (Salisbury 1999).

Además, para evitar la subjetividad y la ambigüedad que resulta al evaluar un gran número de puntos, el set de datos se analizó con el programa MartiTracks (Echeverría-Londoño & Miranda-Esquivel 2011). El programa realiza un análisis de trazos utilizando un algoritmo geométrico, el cual incluye funciones geométricas y procesos que lo convierten en una alternativa confiable al análisis de trazos manual tradicional. Inicialmente, como se realiza bajo el programa TRAZOS2004, MartiTracks calcula el árbol mínimo de expansión (MST) que corresponde al trazo individual, utilizando como parámetro denominado “cut value” la distancia mínima euclídea. Una vez que se definieron los trazos individuales, se determina la congruencia espacial de los mismos para delimitar los trazos generalizados representando el patrón general de distribución. El enfoque de MartiTracks considera a cada segmento que conforma el árbol de expansión mínima como la unidad básica de congruencia entre dos especies. Por lo tanto, dado un trazo individual como  $MST = (v, e)$  que comprende un grupo de vértices denominado  $v$  junto con un grupo de segmentos denominado  $e$ , un segmento  $S_i$  que pertenece a  $MST_a$  se define como el segmento  $e_i$  que conecta dos vértices al final de los puntos  $v_i$  (Fig. 6) (Echeverría-Londoño & Miranda-Esquivel 2011).

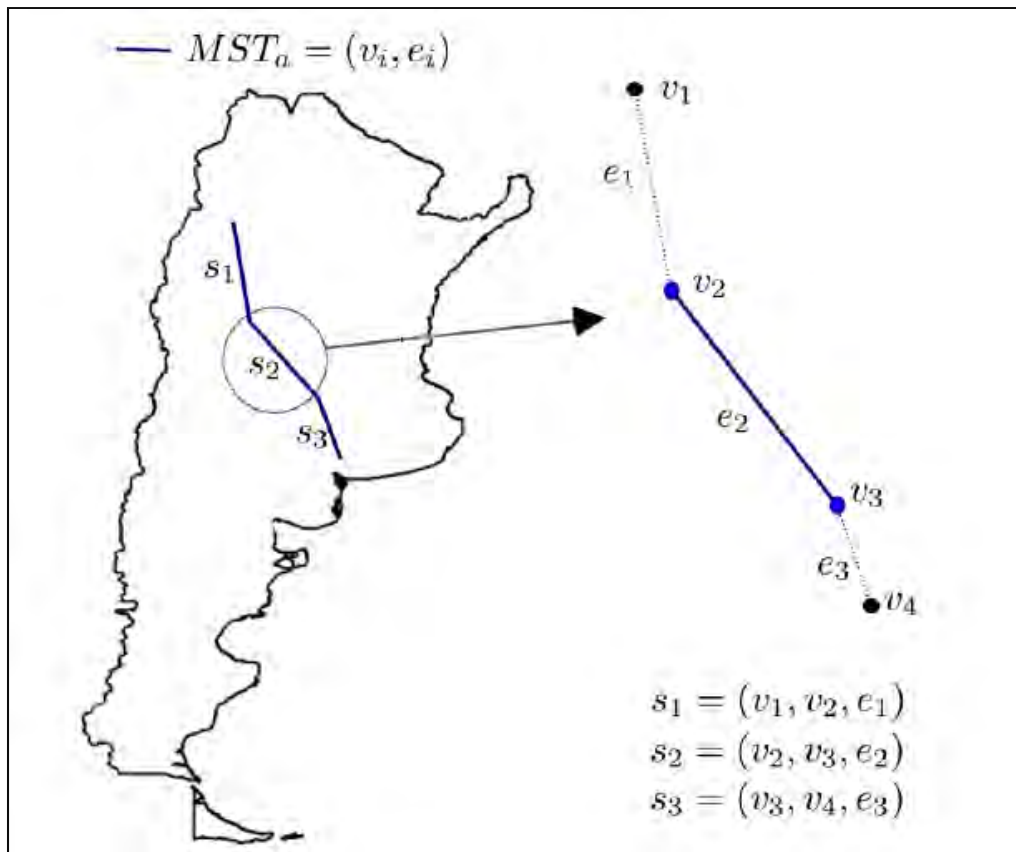


Figura 6. Los segmentos del árbol de expansión mínima constituyen las unidades básicas de congruencia entre dos especies. Cada segmento  $S_i$  que pertenece a  $MST_a$  se define como el segmento  $e_i$  que conecta dos vértices al final de los puntos  $v_i$ . Modificado de Echeverría-Londoño & Miranda-Esquivel (2011).

Consecuentemente, la congruencia espacial entre los árboles de expansión mínima (MST) es el criterio utilizado para definir la existencia de un trazo generalizado (Echeverría-Londoño & Miranda-Esquivel 2011). Luego, algunos trazos generalizados pueden ser repetidos o redundantes, lo cual puede ser solucionado mediante un índice de similitud (IS) que estima la similitud entre los trazos (ya sean individuales o generalizados) y determina si dos trazos generalizados pueden considerarse como uno solo o no. Finalmente, otra característica con respecto a los parámetros que definen la escala geográfica denominados como “cut value”, “lmin”, “lmax”, “lmax.line” y “min-SI”, pueden ser predefinidos de acuerdo al nivel de congruencia requerido por el usuario (Echeverría-Londoño & Miranda-Esquivel 2011). Los valores de los parámetros utilizados en el presente estudio correspondieron a: cut value = 3, lmin = 3, lmax = 2,5, lmax.line = 4 y min-SI = 0,8. Por último, para la construcción de los mapas, los trazos individuales de cada especie



y los patrones generalizados de distribución son representados en un archivo KML (Keyhole Markup Language), el cual fue exportado a Quantum GIS 1.6.0, convertido luego a un archivo de formato capa (SHP) y finalmente exportado a Global Mapper 11.0.

Los nodos comprenden áreas complejas, donde dos o más trazos generalizados se superponen y generalmente se interpretan como zonas de convergencia geobiótica (Croizat 1958, Morrone 2004). El reconocimiento de los nodos es uno de los aportes más significativos en panbiogeografía y constituye el punto de partida para generar hipótesis sobre la existencia de áreas compuestas. Craw *et al.* (1999) y Grehan (2011) denominaron nodos a las localidades de intersección de trazos individuales.

### ***III.4- Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE) basado en áreas, cuadrículas y como una herramienta panbiogeográfica.***

Se realizó un análisis de parsimonia de endemismos basado en áreas propuesto por Craw (1988) y Cracraft (1991) como una variación al método de Rosen (1988), el cual, en lugar de utilizar localidades puntuales utiliza áreas predefinidas (Da Silva & Oren 1996, Morrone 1998, Glasby & Alvarez 1999, Luna-Vega *et al.* 1999, Bisconti *et al.* 2001, Trejo-Torres & Ackerman 2001, Davis *et al.* 2002, Morrone & Escalante 2002, Aguilar-Aguilar *et al.* 2003, Espinosa *et al.* 2006, Ingenito & Buckup 2007, Navarro *et al.* 2007, Padilla-Gil & Halffter 2007, Cabrero-Sañudo & Lobo 2009, Huang *et al.* 2010). Para llevar a cabo el análisis se construyó una matriz de datos de áreas x taxones (10 unidades geográficas x 52 taxones, ver Tabla 1 en ANEXO III), donde la presencia de un taxón en un área es codificada como “1” y su ausencia como “0”. Luego, se creó una raíz para el árbol agregando un área externa hipotética en la cual todos los taxones se encuentran ausentes.

Se construyó una grilla que dividió el área de estudio en cuadrículas de 1° utilizando Global Mapper 11.0 (Fig. 7), luego se construyó una matriz en la cual las columnas representan los taxones y las filas las celdas (ver Tabla 9 en ANEXO III),

conteniendo un valor de “1” si el taxón está presente en la celda o un “0” si está ausente. A la matriz se adicionó una cuadrícula codificada como “0” para todas las columnas para enraizar el cladograma final.

Finalmente, las matrices de datos se analizaron con el programa de análisis de parsimonia TNT 1.1 (Goloboff *et al.* 2003) utilizando una búsqueda tradicional heurística y regla de colapsamiento “tbr” (tree bisection reconnection) almacenando todos los árboles igualmente parsimoniosos. Bajo este algoritmo el árbol es dividido en dos partes que son re-enraizadas y reconectadas a través de todas las ramas posibles para encontrar el árbol más corto (Goloboff *et al.* 2008). El resultado es obtener un cladograma de áreas que muestre las relaciones entre las áreas o cuadrículas utilizadas como unidades (Crisci *et al.* 2003). Los cladogramas obtenidos se visualizaron utilizando Winclada (BETA) versión 0.9.9 (Nixon 1999).

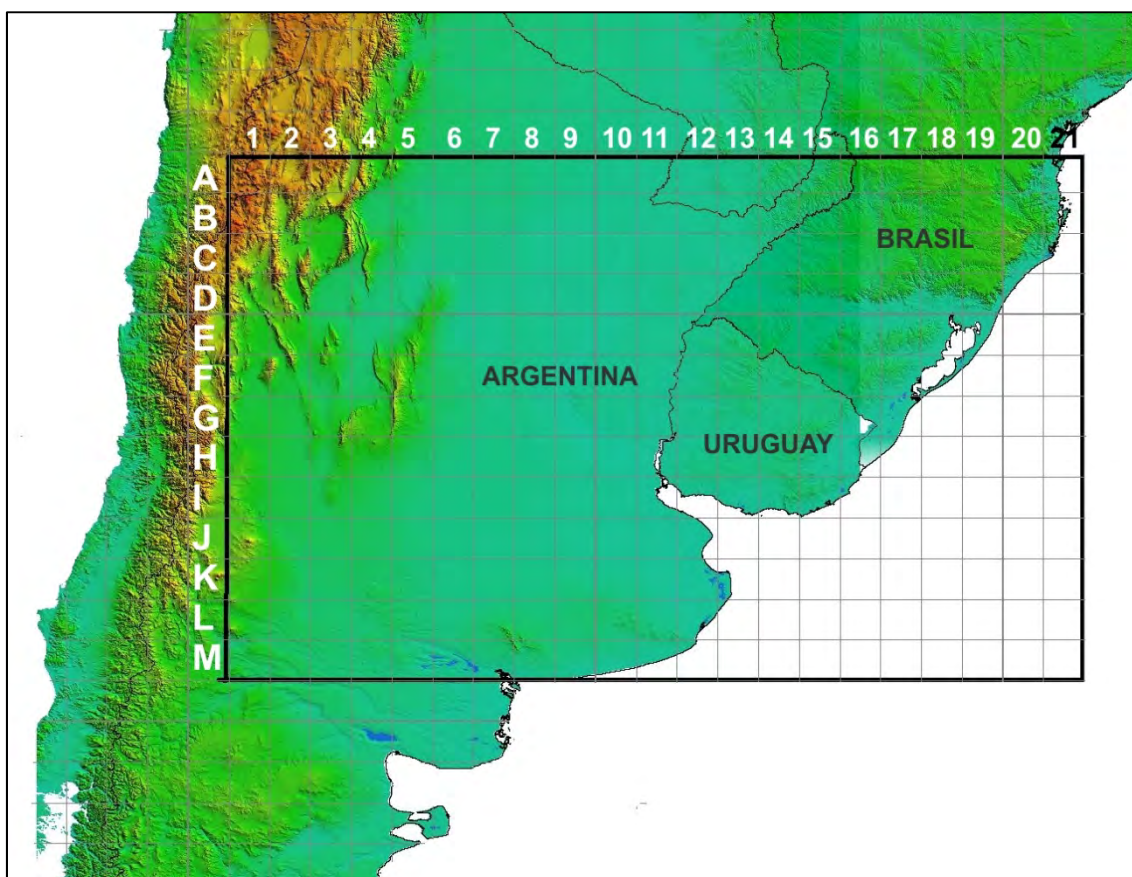


Figura 7. Área de estudio (Argentina, Uruguay y Sur de Brasil) dividida en cuadrículas de 1° utilizada para el PAE basado en cuadrículas.

El análisis de parsimonia de endemismos puede utilizarse para llevar a cabo un análisis panbiogeográfico, donde los cladogramas obtenidos son considerados como trazos generalizados (Craw *et al.* 1999, Luna-Vega *et al.* 2000, Morrone & Marquez 2001, Huidobro *et al.* 2006). Así también, Craw *et al.* (1999), Grehan (2003) y Echeverry & Morrone (2010) incluyen al análisis de parsimonia de endemismos entre los métodos panbiogeográficos cuantitativos modernos. Para realizar este análisis, se construyeron los trazos individuales para los diferentes taxones utilizando TRAZOS2004 (Rojas-Parra 2007) y MartiTracks (Echeverría-Londoño & Miranda-Esquivel 2011). Luego, se construyó una matriz  $f \times c$ , donde ( $f$ ) representa las unidades geográficas en las filas y ( $c$ ) representa los trazos individuales ubicados en las columnas (10 unidades geográficas  $\times$  52 trazos individuales, ver Tabla 2 en ANEXO III) (Morrone 2004, Echeverry & Morrone 2010). Cada entrada en la matriz se codificó como “1” cuando un trazo individual se encontró presente o cruzó en un área geográfica determinada y como “0” si estuvo ausente o no cruzó. La entrada codificada como “?” hace referencia a casos dudosos sobre la ocurrencia de un taxón en un área geográfica, lo cual no fue el caso en el presente estudio. Posteriormente, se incluyó un área hipotética codificada como “0” para todas las columnas de la matriz para enraizar el/los cladogramas obtenidos. La matriz se analizó con el programa de análisis de parsimonia TNT 1.1 (Goloboff *et al.* 2003) y si el resultado contuvo más de un árbol parsimonioso, se construyó un árbol de consenso. Cada clado soportado por al menos dos trazos individuales sinapomórficos compartidos en un área geográfica determinada se consideró como un trazo generalizado (Echeverry & Morrone 2010). Los trazos individuales que soportaron al grupo se mapearon utilizando Global Mapper 11.0 para conectar las áreas geográficas identificadas como parte del mismo trazo generalizado. Las áreas resultantes de la superposición de dos o más trazos generalizados se identificaron como nodos (Echeverry & Morrone 2010). Finalmente, los trazos individuales sinapomórficos que sostuvieron los grupos obtenidos anteriormente se removieron de la matriz y se repitieron los pasos anteriores hasta que ningún trazo individual soporte algún clado (Luna-Vega *et al.* 2000, García-Barros *et al.* 2002, Morrone 2004, Echeverry & Morrone 2010). Los cladogramas obtenidos se visualizaron utilizando Winclada (BETA) versión 0.9.9 (Nixon 1999).

### ***III.5. Análisis multivariado.***

Se construyó una matriz binaria de presencia “1” – ausencia “0” en base a los datos de distribución de las especies de Mygalomorphae en las unidades geográficas propuestas (Tabla 3 en ANEXO III). La similitud se evaluó mediante el coeficiente de Jaccard y Ochiai y se realizó un análisis de Cluster mediante el método de agrupamiento de ligamiento promedio no ponderado utilizando el programa PAST versión 1,89 (Hammer *et al.* 2009).

## IV. RESULTADOS

### IV.1. Análisis y compatibilidad de trazos.

Los trazos individuales obtenidos de las especies de Mygalomorphae se muestran en el ANEXO II. Algunos ejemplos de trazos individuales de especies cuyas distribuciones se encuentran dentro del arco peripampásico o con algunos registros de distribución fuera del mismo se presentan en las Figuras 8-9.



Figura 8. Trazos individuales de arañas migalomorfas. A = *Acanthogonatus centralis*, B = *Mecicobothrium thorelli*, C = *Catumiri parvum*.

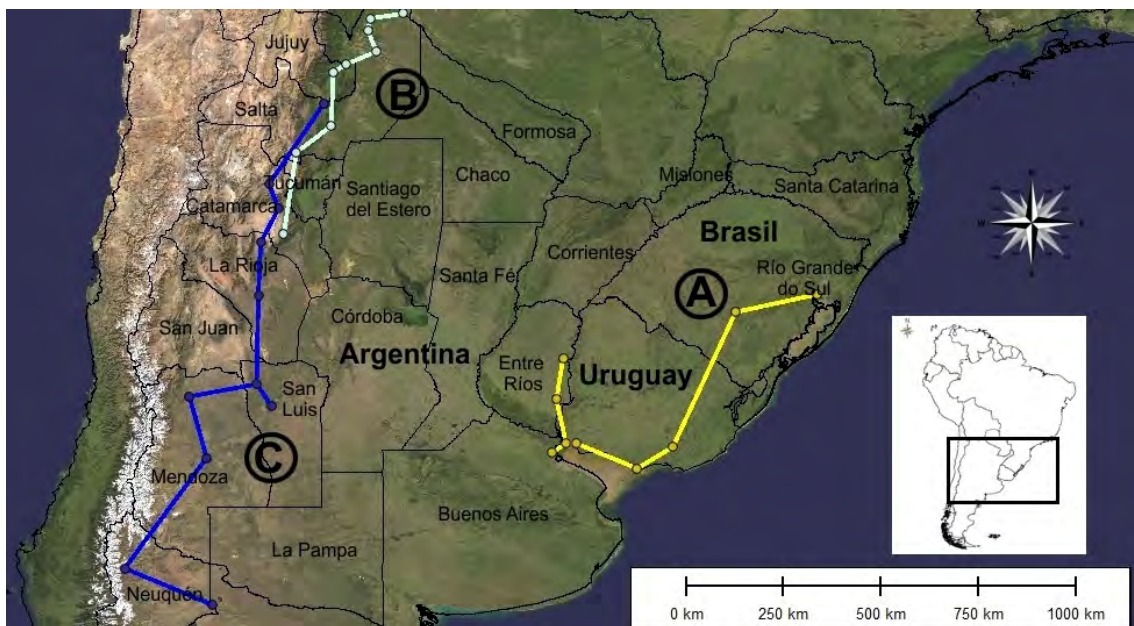


Figura 9. Trazos individuales de arañas migalomorfas. A = *Xenonemesia platensis*, B = *Melloleitaoina crassifemur*, C = *Grammostola inermis*.



Se identificaron cinco trazos generalizados para las especies de Mygalomorphae (Figs. 10-11) presentes en el arco peripampásico utilizando el análisis de trazos tradicional y mediante MartiTracks (Tabla 2).

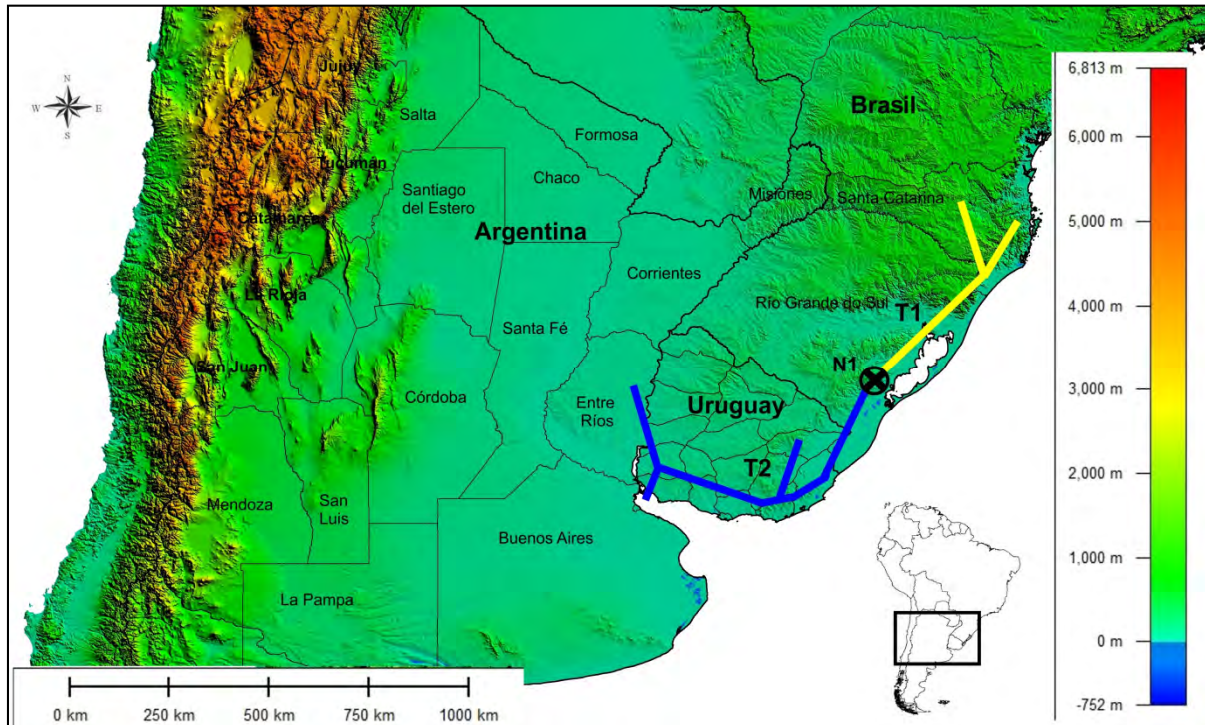


Figura 10. Trazos generalizados y nodos obtenidos para las arañas Mygalomorphae mediante el análisis de trazos. Los trazos se denominan T1-T2 y el nodo N1.

El primer trazo generalizado denominado como T1 estuvo soportado por 12 especies de migalomorfos y se ubicó a lo largo del Sur de Brasil en los estados de Santa Catarina y Río Grande do Sul uniendo las unidades geográficas SCT y RGS (Fig. 10). El segundo trazo generalizado detectado denominado T2 (Fig. 10), se encontró definido por 9 especies y se ubicó desde el Sur de Brasil en la unidad geográfica RGS, luego pasando desde el Este al Oeste de Uruguay uniendo las tres unidades geográficas del escudo uruguayo CDT, NPT y PAT. Además, este trazo se extendió al Centro-Este de Argentina en la provincia de Entre Ríos y también alcanzado a la Isla Martín García (IMG). En la unidad geográfica uruguayo NPT, el trazo generalizado se extendió hacia el Noreste, alcanzando el complejo de las Sierras de las Ánimas.

Tabla 2. Trazos generalizados recuperados en el análisis panbiogeográfico de las especies de Mygalomorphae, con las especies que soportan cada trazo generalizado y las unidades geográficas. VEN = Ventania, TAN = Tandilia, SPA = Sierras Pampeanas, SSA = Sierras Subandinas, IMG = Isla Martín García, PAT = Piedra Alta, NPT = Nico Pérez, CDT = Cuchilla Dionisio, SCT = Santa Catarina, RGS = Río Grande do Sul.

Trazo	Especies (trazos individuales)	Unidades geográficas
T1	<i>E. campestratus</i> , <i>S. crassistyla</i> , <i>X. platensis</i> , <i>A. ceciliae</i> , <i>A. dubiomaculatus</i> , <i>P. vitiosum</i> , <i>S. arnolisei</i> , <i>S. curiy</i> , <i>S. grimpa</i> , <i>V. longisternalis</i> , <i>V. roseus</i> y <i>V. wackei</i>	SCT y RGS (Brasil)
T2	<i>A. longipalpis</i> , <i>C. parvum</i> , <i>G. iheringi</i> , <i>G. anthracina</i> , <i>H. uruguayense</i> , <i>S. platensis</i> , <i>P. modesta</i> y <i>X. platensis</i>	CDT, NPT y PAT (Uruguay) RGS (Brasil) e IMG (Argentina)
T3	<i>G. vachoni</i> , <i>C. simoni</i> , <i>P. longisternale</i> , <i>M. thorelli</i> y <i>C. argentinense</i>	VEN y TAN (Argentina)
T4	<i>A. centralis</i> , <i>A. sternalis</i> , <i>C. argentinense</i> , <i>D. bonariensis</i> , <i>G. vachoni</i> , <i>N. chancani</i> , y <i>P. modesta</i>	VEN y SPA (Argentina)
T5	<i>A. cordubensis</i> , <i>A. sternalis</i> , <i>C. argentinense</i> , <i>C. obscura</i> , <i>C. tucumana</i> , <i>E. truculentus</i> , <i>G. inermis</i> , <i>G. vachoni</i> , <i>I. hirsutipedis</i> , <i>I. annulata</i> , <i>L. longipes</i> , <i>M. crassifemur</i> , <i>N. minima</i> , <i>N. toba</i> y <i>P. modesta</i>	SPA y SSA (Argentina)

Los tres trazos generalizados restantes recuperados se ubicaron en el Centro y Norte de Argentina. El tercer trazo generalizado, denominado como T<sub>3</sub>, estuvo definido por 5 especies y se ubicó al Sur de la provincia de Buenos Aires, uniendo las unidades geográficas de VEN y TAN (Fig. 11). El cuarto trazo generalizado T<sub>4</sub>, soportado por 7 especies se ubicó desde el Centro hacia el Noroeste de Argentina. Este trazo incluyó las áreas geográficas de VEN, SPA y Sur de SSA extendiéndose también al Este de las sierras Andinas en la provincia de Mendoza (Fig. 11). El quinto trazo generalizado T<sub>5</sub> (Fig. 11) resultó el trazo ubicado más al Norte, se encontró definido por 15 especies y se ubicó en la unidad geográfica SSA extendiéndose también hacia el Este de los Andes en las provincias de Jujuy, Catamarca, Salta y Tucumán.

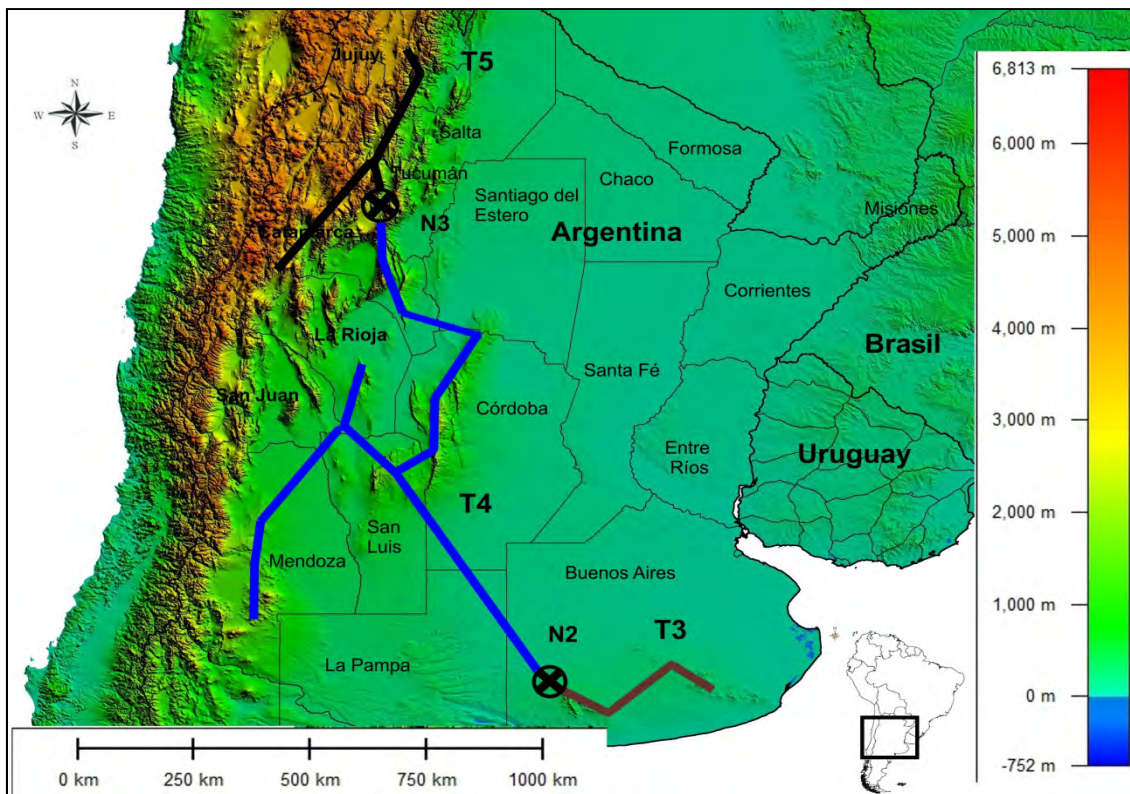


Figura 11. Trazos generalizados y nodos obtenidos para las arañas Mygalomorphae mediante el análisis de trazos. Los trazos se denominan T<sub>3</sub> a T<sub>5</sub> y los nodos N<sub>2</sub>-N<sub>3</sub>.

Como resultado del análisis de compatibilidad de trazos, la combinación de los trazos individuales resultó en dos grandes “cliques” con 19 y 22 trazos individuales que los soportaron (Tabla 3, Figs. 12-13).



Tabla 3. Cliques obtenidos como resultado de la compatibilidad de trazos utilizando el programa SECANT 2.2 y las especies o trazos individuales que soportaron los cliques.

Clique	Especies (trazos individuales)
C1	<i>Acanthogonatus tacuariensis</i> , <i>Acanthoscurria cordubensis</i> , <i>Acanthoscurria sternalis</i> , <i>Acanthoscurria suina</i> , <i>Actinopus longipalpis</i> , <i>Calathotarsus simoni</i> , <i>Catumiri argentinense</i> , <i>Catumiri parvum</i> , <i>Diplothelopsis ornata</i> , <i>Grammostola inermis</i> , <i>Grammostola anthracina</i> , <i>Grammostola vachoni</i> , <i>Homoeomma uruguayensis</i> , <i>Idiops hirsutipedis</i> , <i>Ischnothele annulata</i> , <i>Lycinus longipes</i> , <i>Pycnothele auronitens</i> , <i>Stenoterommata crassistyla</i> , <i>Stenoterommata palmar</i> .
C2	<i>Acanthogonatus tacuariensis</i> , <i>Acanthoscurria cordubensis</i> , <i>Acanthoscurria sternalis</i> , <i>Acanthoscurria suina</i> , <i>Actinopus longipalpis</i> , <i>Calathotarsus simoni</i> , <i>Catumiri argentinense</i> , <i>Diplothelopsis ornata</i> , <i>Grammostola inermis</i> , <i>Grammostola anthracina</i> , <i>Grammostola vachoni</i> , <i>Homoeomma uruguayensis</i> , <i>Idiops hirsutipedis</i> , <i>Ischnothele annulata</i> , <i>Lycinus longipes</i> , <i>Plesiopelma longisternale</i> , <i>Pycnothele auronitens</i> , <i>Stenoterommata crassistyla</i> , <i>Stenoterommata palmar</i> , <i>Actinopus ceciliae</i> , <i>Actinopus dubiomaculatus</i> , <i>Vitalius wacketi</i> .

El primer “clique” presentó un valor APS de 31,78 y permitió la identificación de tres trazos generalizados anidados (Figs. 12, 14): el primero de ellos (T<sub>1</sub>) unió las unidades geográficas de CDT, NPT, PAT e IMG, un segundo trazo generalizado (T<sub>2</sub>) se ubicó VEN y TAN, y por último se identificó un trazo generalizado (T<sub>3</sub>) en SSA y SPA (Figs. 12, 14). El segundo “clique” obtenido del análisis (Fig. 13), con un valor APS de 31,11 permitió el reconocimiento de los mismos trazos generalizados, sólo con la identificación de un trazo generalizado adicional en RGS y SCT (T<sub>4</sub>) (Figs. 13, 14) soportado por las especies *Actinopus ceciliae*, *Actinopus dubiomaculatus* y *Vitalius wacketi*.

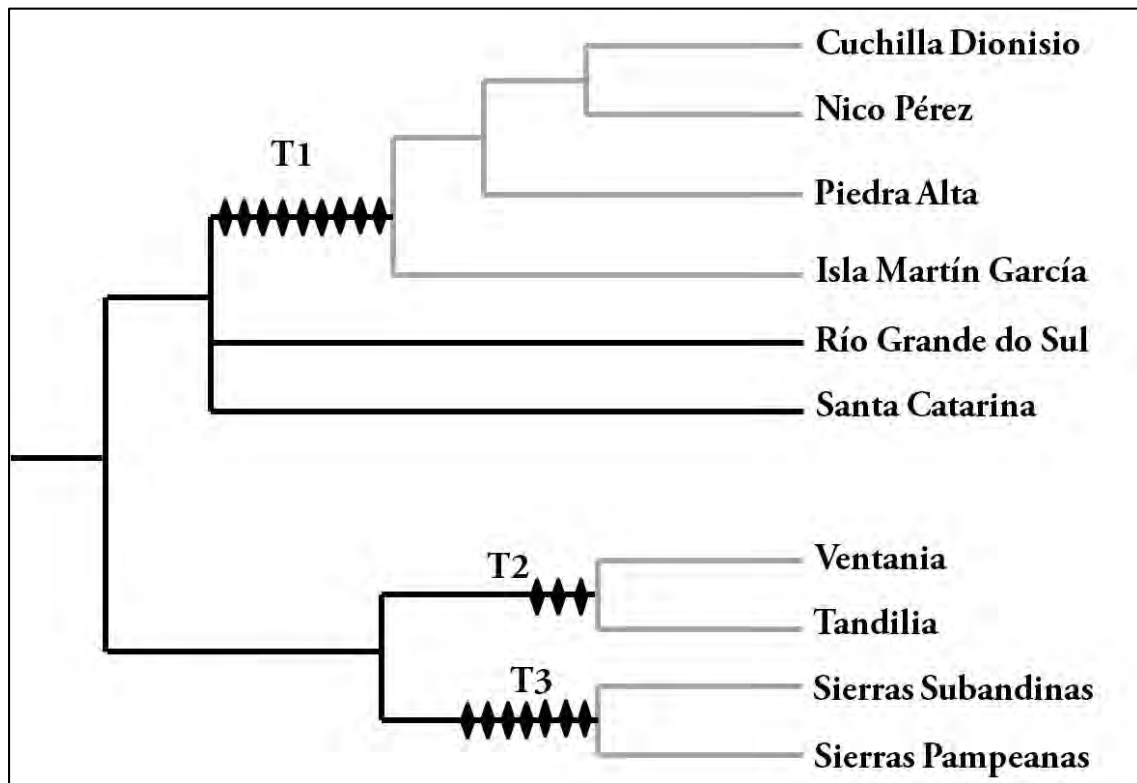


Figura 12. Clique obtenido en el análisis de compatibilidad de trazos de arañas Mygalomorphae utilizando SECANT 2.2 con un valor APS de 31,78, mostrado como cladograma.

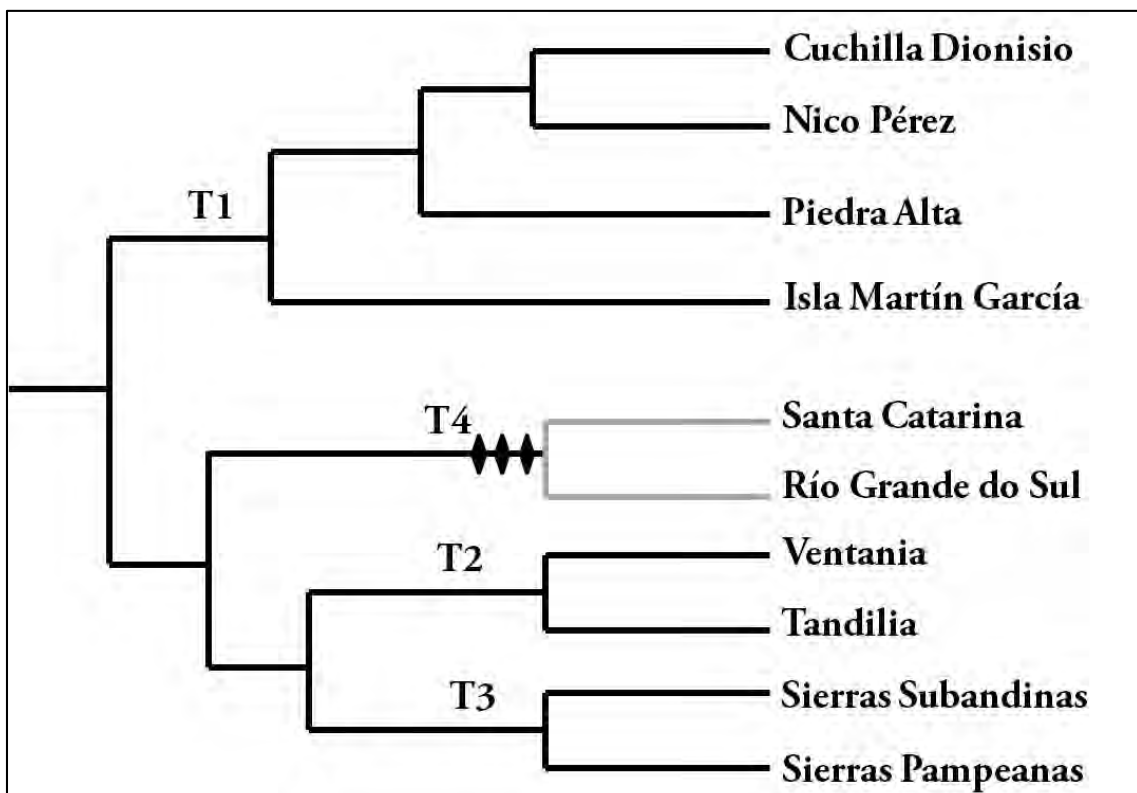


Figura 13. Clique obtenido en el análisis de compatibilidad de trazos de arañas Mygalomorphae utilizando SECANT 2.2 con un valor APS de 31,11, mostrado como cladograma.

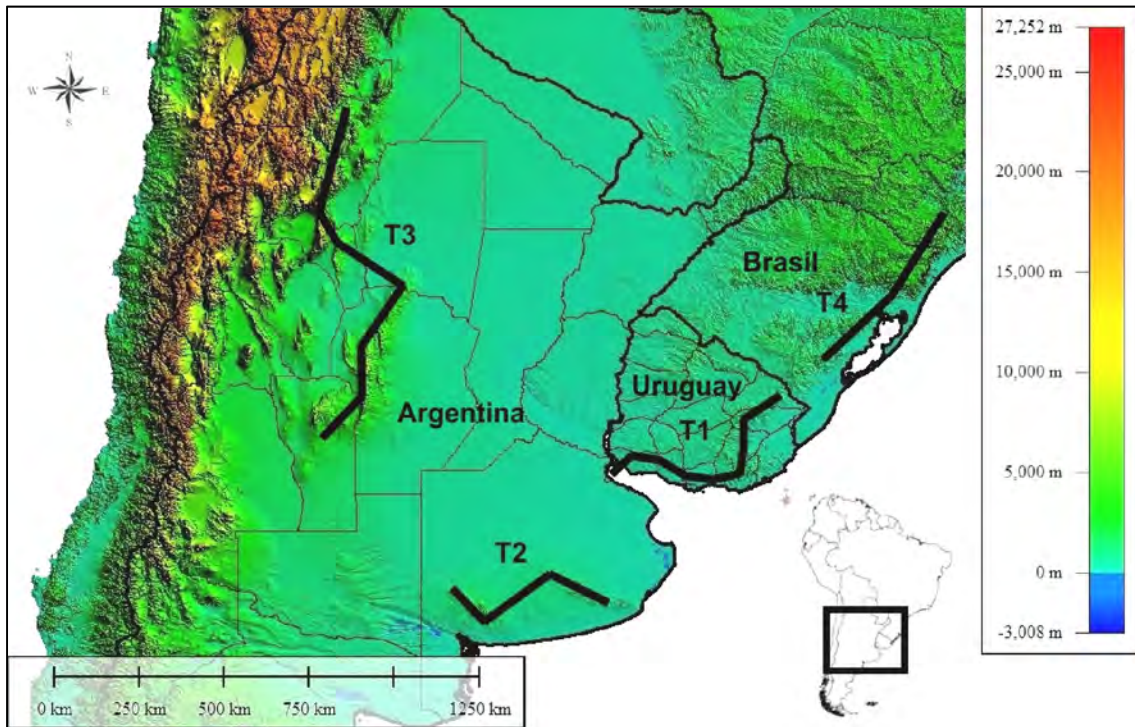


Figura 14. Trazos generalizados de arañas Mygalomorphae representados a partir del análisis de compatibilidad utilizando SECANT 2.2. Los trazos se denominan T1 a T4.

Además de los trazos generalizados recuperados se identificaron tres nodos biogeográficos (Figs. 10-11) en la intersección de los trazos generalizados T1 y T2 en el Sur de Brasil, T3 y T4 en el Sudoeste de la provincia de Buenos Aires en Argentina, y de los trazos T4 y T5 en el Noroeste de Argentina. El nodo denominado N1 se ubicó en la unidad geográfica de RGS, el nodo denominado N2 se recuperó en la unidad geográfica VEN y por último, el nodo denominado N3 se identificó en la unidad geográfica SSA y al Este de los Andes (Fig. 11).

#### *IV.2. PAE como una herramienta panbiogeográfica.*

El análisis de parsimonia de endemismos (PAE) basado en una matriz de unidades geográficas x trazos individuales arrojó un árbol con 62 pasos, un índice de consistencia de 0,823 y un índice de retención de 0,828 (Fig. 15). Como resultado, del árbol encontrado se identificaron 5 trazos generalizados denominados de T1 a T5 (Fig. 16, Tabla 4).

Tabla 4. Trazos generalizados recuperados en el análisis de parsimonia de endemismos de las especies de Mygalomorphae, con las especies que soportan cada trazo generalizado y las unidades geográficas. VEN = Ventania, TAN = Tandilia, SPA = Sierras Pampeanas, SSA = Sierras Subandinas, IMG = Isla Martín García, PAT = Piedra Alta, NPT = Nico Pérez, CDT = Cuchilla Dionisio, SCT = Santa Catarina, RGS = Río Grande do Sul.

Trazo	Especies (trazos individuales)	Unidades geográficas
T1	<i>E. campestratus</i> , <i>S. crassistyla</i> , <i>X. platensis</i> , <i>A. ceciliae</i> , <i>V. roseus</i>	SCT y RGS (Brasil)
T2	<i>C. parvum</i> , <i>G. anthracina</i> , <i>H. uruguayense</i> y <i>X. platensis</i>	CDT, NPT y PAT (Uruguay) e IMG (Argentina)
T3	<i>C. simoni</i> , <i>G. vachoni</i> , <i>P. longisternale</i> y <i>M. thorelli</i>	VEN y TAN (Argentina)
T4	<i>A. centralis</i> y <i>G. vachoni</i>	TAN, VEN, SPA y SSA (Argentina)
T5	<i>A. cordubensis</i> , <i>A. sternalis</i> , <i>C. tucumana</i> , <i>G. inermis</i> , <i>I. hirsutipedis</i> , <i>I. annulata</i> , <i>L. longipes</i> y <i>P. modesta</i>	SPA y SSA (Argentina)

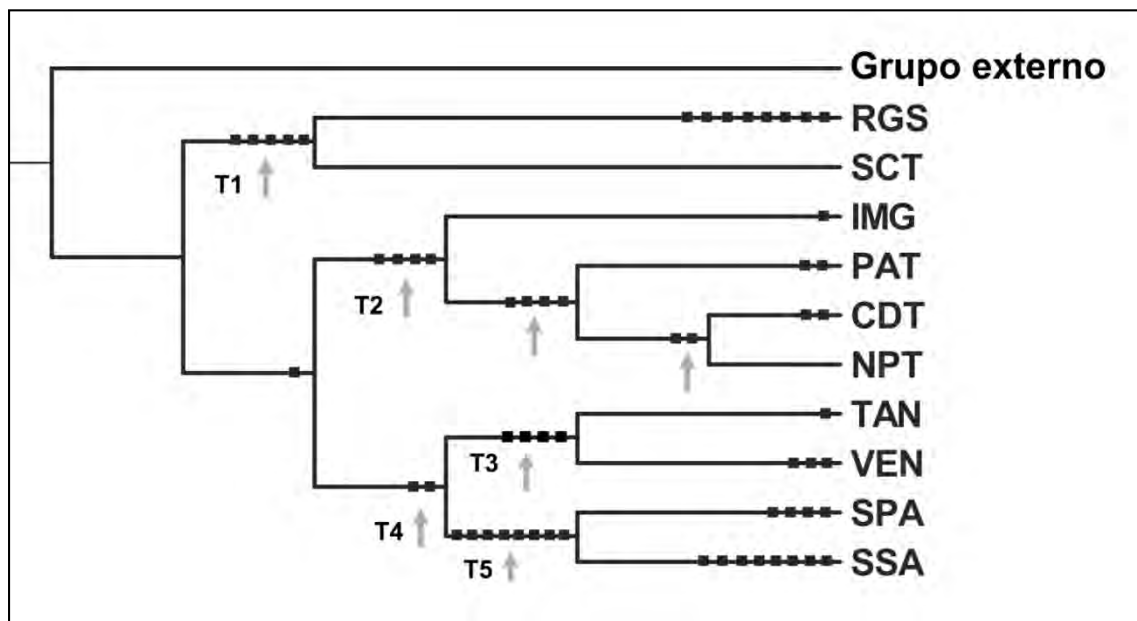


Figura 15. Árbol con 62 pasos resultante del PAE basado en áreas x trazos individuales de arañas Mygalomorphae, con un índice de consistencia de 0,823 y un índice de retención de 0,828. Trazos generalizados denominados de T1 a T5. VEN = Ventania, TAN = Tandilia, SPA = Sierras Pampeanas, SSA = Sierras Subandinas, IMG = Isla Martín García, PAT = Piedra Alta, NPT = Nico Pérez, CDT = Cuchilla Dionisio, SCT = Santa Catarina, RGS = Río Grande do Sul.

El primer trazo (T<sub>1</sub>), soportado por 5 especies se ubicó al Sur de Brasil uniéndose las unidades geográficas de RGS y SCT. El segundo trazo, denominado T<sub>2</sub> y soportado por 4 especies, se recuperó en el Sur de Uruguay uniéndose las tres unidades geográficas NPT, CDT y PAT y en Argentina llegando hasta la unidad IMG; a su vez, este trazo generalizado contuvo dos trazos generalizados anidados, uno de ellos uniéndose las unidades NPT y CDT (soportado por las especies *Acanthogonatus tacuariensis* y *Eupalaestrus weijenberghi*) y el otro uniéndose las tres unidades uruguayas NPT, CDT y PAT (soportado por las especies *Acanthoscurria suina*, *Actinopus longipalpis*, *Eupalaestrus weijenberghi*, *Homoeomma uruguayense*) (Fig. 16).

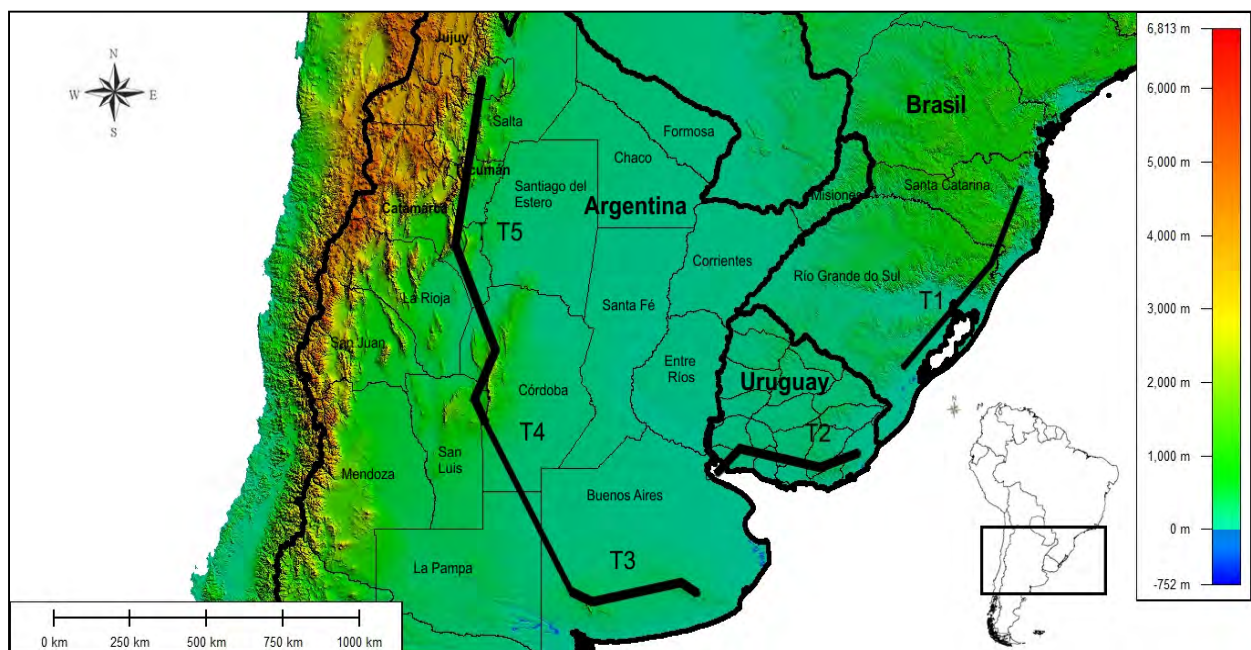


Figura 16. Trazos generalizados de arañas Mygalomorphae (el ancho relativo de cada trazo representa los trazos generalizados anidados) obtenidos mediante el PAE con eliminación progresiva de caracteres. Los trazos se denominan de T<sub>1</sub> a T<sub>5</sub>.

El tercer trazo generalizado (T<sub>3</sub>), soportado por 4 especies, se ubicó al Sur de la provincia de Buenos Aires y abarcó las unidades geográficas de VEN y TAN. El cuarto trazo generalizado, denominado T<sub>4</sub> comprendió las unidades de TAN, VEN, SPA y SSA resultando así el de mayor extensión geográfica y estuvo soportado por 2 especies. Finalmente, el trazo generalizado T<sub>5</sub> se ubicó al Noroeste de Argentina,

comprendió las unidades geográficas de SPA y SSA y estuvo soportado por 8 especies (Fig. 16).

Cuando los trazos individuales sinapomórficos que soportaban los trazos generalizados identificados se removieron de la matriz, y la matriz resultante se analizó nuevamente para buscar grupos alternativos soportados por diferentes trazos individuales, se obtuvieron 8 árboles igualmente parsimoniosos, con 24 pasos, un índice de consistencia de 0,91 y un índice de retención de 0,71.

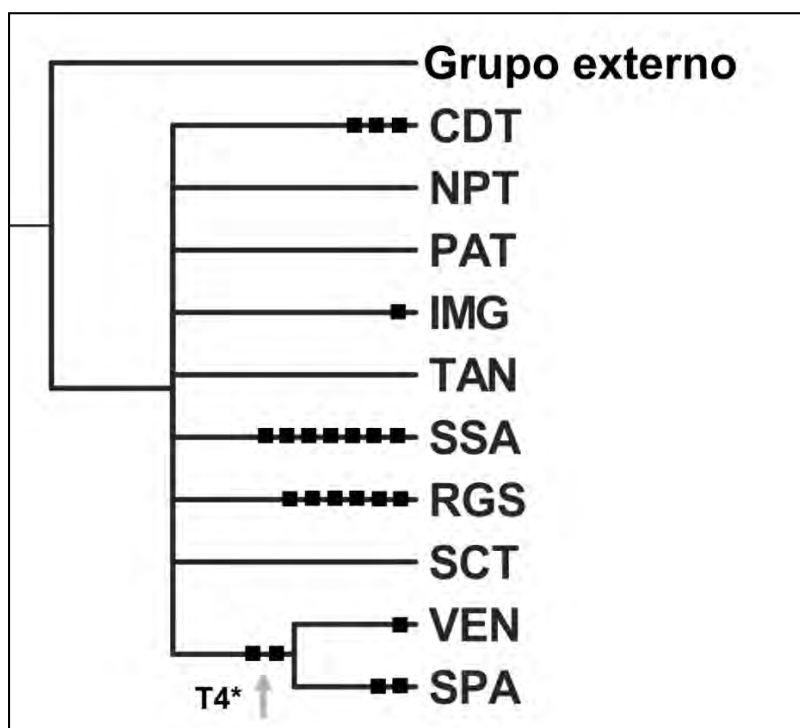


Figura 17. Árbol de consenso estricto obtenido con 27 pasos resultante del PAE basado en áreas x trazos individuales de arañas Mygalomorphae. El trazo generalizado se denomina T4\*. VEN = Ventania, TAN = Tandilia, SPA = Sierras Pampeanas, SSA = Sierras Subandinas, IMG = Isla Martín García, PAT = Piedra Alta, NPT = Nico Pérez, CDT = Cuchilla Dionisio, SCT = Santa Catarina, RGS = Río Grande do Sul.

El árbol de consenso estricto obtenido presentó 27 pasos (Fig. 17). Para este conjunto de datos, se obtuvo un trazo generalizado adicional (T4\*). Este trazo se ubicó al Sur de la provincia de Buenos Aires, uniendo las unidades geográficas de VEN y SPA y soportado por las especies *Acanthogonatus centralis* y *Diplotheopsis bonariensis* (Fig. 18). Finalmente, no se obtuvieron trazos generalizados adicionales cuando los trazos individuales sinapomórficos se removieron nuevamente de la



matriz, y como resultado se obtuvieron 4 árboles igualmente parsimoniosos con 21 pasos, un índice de consistencia de 0,952 y un índice de retención de 0,8. El árbol consenso obtenido presentó 25 pasos.

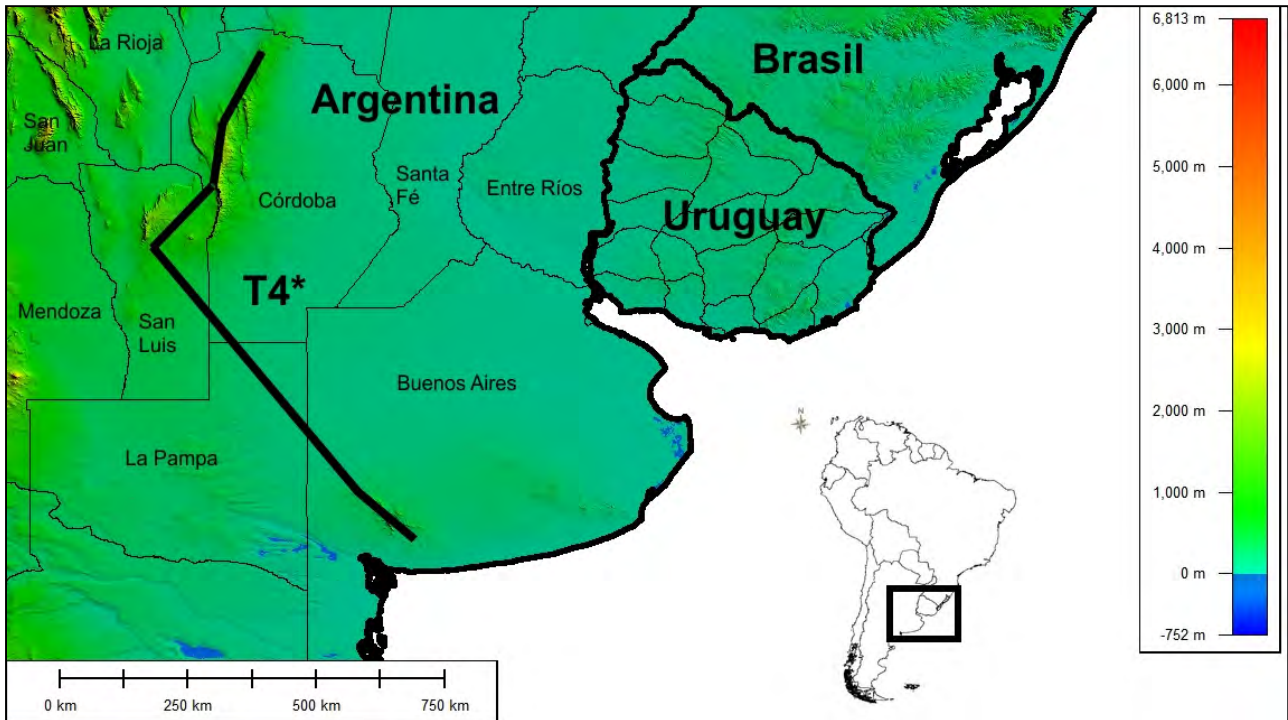


Figura 18. Trazo generalizado (T4\*) de arañas Mygalomorphae obtenido mediante el PAE basado en áreas x trazos individuales con eliminación progresiva de caracteres.

### IV.3. PAE basado en áreas y cuadrículas.

Como resultado del PAE basado en áreas, el análisis de la matriz de datos produjo tres árboles de 63 pasos, un índice de consistencia de 0,81 y un índice de retención de 0,75. El árbol de consenso estricto (Fig. 19) comprendió 64 pasos. Las especies que diagnostican los nodos en el cladograma se detallan en la Tabla 5. Dentro del cladograma se distinguieron seis grupos monofiléticos anidados definidos por lo menos por dos especies (Fig. 19). La Isla Martín García (IMG) no presentó resolución y en los árboles obtenidos su posición varió en los cladogramas apareciendo como área basal o en relación al escudo uruguayo (Fig. 20). En el árbol de consenso, el primer grupo identificado comprendió las unidades RGS y SCT en el Sur de Brasil. Luego, se identificó el grupo conformado por las tres unidades

geográficas uruguayas PAT, NPT y CDT y se observó una relación estrecha entre NPT y CDT. Finalmente, se identificó el grupo conformado por las unidades geográficas argentinas VEN, TAN, SPA y SSA y dentro de este grupo se observaron dos grupos: uno formado por la unión de TAN y VEN; y otro conformado por SPA y SSA.

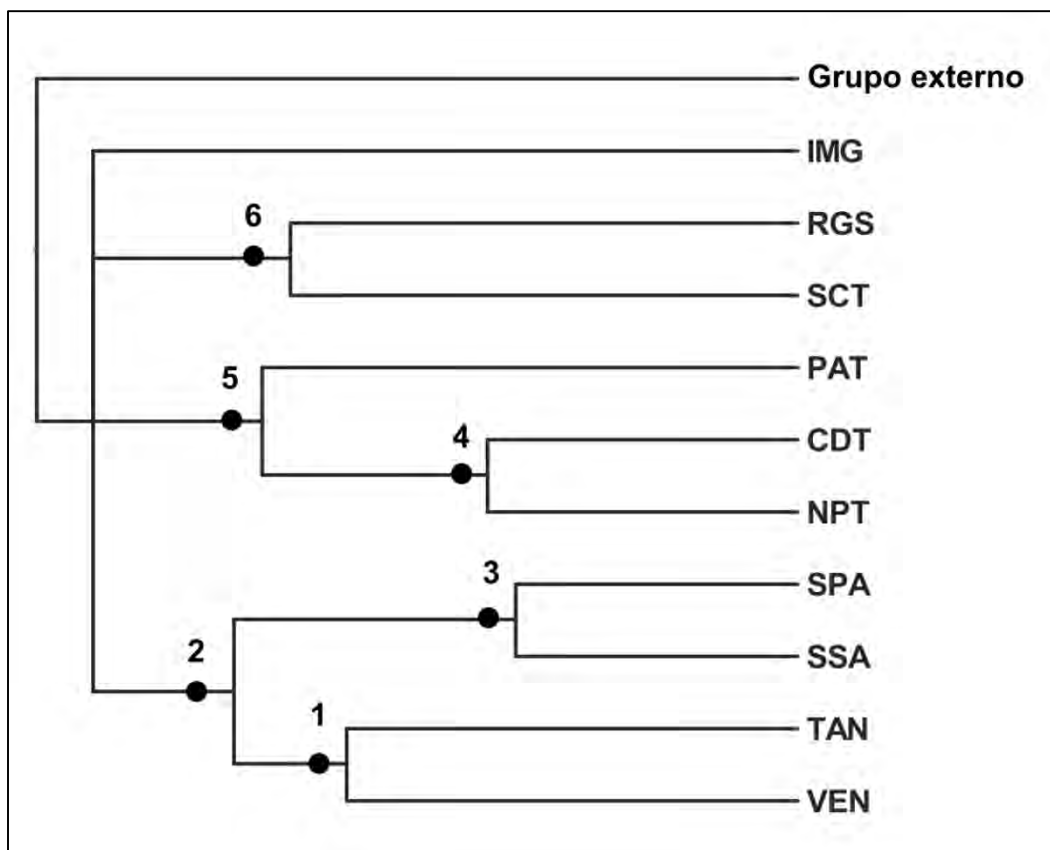


Figura 19. Árbol de consenso estricto con 64 pasos obtenido PAE basado en áreas de arañas Mygalomorphae utilizando TNT. Los nodos en el cladograma definidos por al menos 2 especies se denominan de 1 a 6. VEN = Ventania, TAN = Tandilia, SPA = Sierras Pampeanas, SSA = Sierras Subandinas, IMG = Isla Martín García, PAT = Piedra Alta, NPT = Nico Pérez, CDT = Cuchilla Dionisio, SCT = Santa Catarina, RGS = Río Grande do Sul.



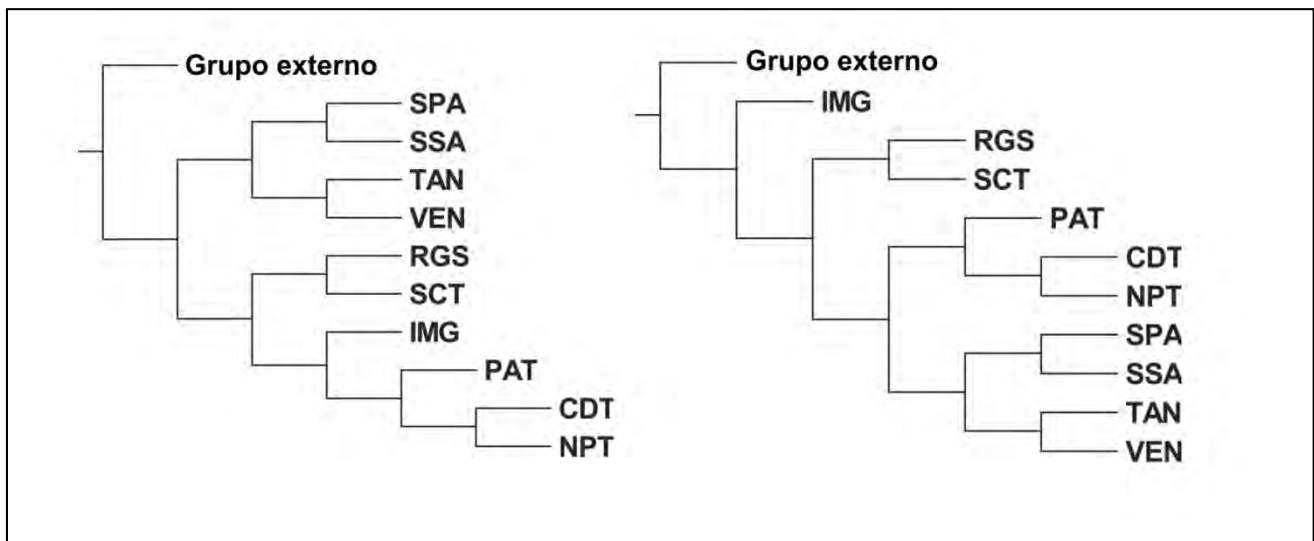


Figura 20. Árboles obtenidos aplicando análisis de parsimonia de endemismos basado en áreas de arañas Mygalomorphae utilizando TNT. VEN = Ventania, TAN = Tandilia, SPA = Sierras Pampeanas, SSA = Sierras Subandinas, IMG = Isla Martín García, PAT = Piedra Alta, NPT = Nico Pérez, CDT = Cuchilla Dionisio, SCT = Santa Catarina, RGS = Río Grande do Sul.

Tabla 5. Taxones que definen los nodos en el cladograma.

Nodos	Taxones
1	<i>Calathotarsus simoni</i> , <i>Mecicobothrium thorelli</i> .
2	<i>Catumiri argentinense</i> , <i>Grammostola vachoni</i> , <i>Plesiopelma longisternale</i> .
3	<i>Acanthoscurria cordubensis</i> , <i>Acanthoscurria sternalis</i> , <i>Diplotheopsis ornata</i> , <i>Grammostola inermis</i> , <i>Idiops hirsutipedis</i> , <i>Ischnothele annulata</i> , <i>Lycinus longipes</i> , <i>Pycnothele modesta</i> .
4	<i>Acanthogonatus tacuariensis</i> , <i>Acanthoscurria suina</i> , <i>Actinopus longipalpis</i> , <i>Eupalaestrus campestratus</i> , <i>Pycnothele auronitens</i> , <i>Stenoterommata crassistyla</i> .
5	<i>Eupalaestrus weijenberghi</i> , <i>Grammostola mollicoma</i> , <i>Homoeomma uruguayense</i> , <i>Idiops clarus</i> .
6	<i>Eupalaestrus campestratus</i> , <i>Stenoterommata palmar</i> , <i>Actinopus ceciliae</i> , <i>Actinopus dubiomaculatus</i> , <i>Vitalius wacketi</i> .

Mediante el PAE basado en cuadrículas, el análisis de la matriz produjo 100 árboles con 190 pasos, un índice de consistencia de 0,258 y un índice de retención de 0,615. El árbol de consenso estricto obtenido (Fig. 21) presentó 362 pasos. En este

árbol se identificaron seis grupos definidos por entre dos y 12 especies (Tabla 6), mientras que las relaciones de las cuadrículas restantes permanecieron sin resolución.

El primer grupo (Área 1) identificado (celdas L7 – L8) se ubicó en el sistema serrano de Ventania, al Sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina y estuvo definido por seis especies (Fig. 22). El segundo grupo recuperado (Área 2), se conformó de dos subgrupos resultantes de cuadrículas próximas entre sí (I11 – I12 – I13 – I14). Este grupo, definido por 12 especies se ubicó al Sur de Uruguay (unidades NPT y PAT), en la Isla Martín García y Noreste de Buenos Aires en Argentina. El tercer grupo (Área 3) (celdas G15 – H15) se ubicó al Este de Uruguay comprendiendo las Sierras de las Ánimas en la unidad del escudo uruguayo Cuchilla Dionisio (CDT) y estuvo definido por ocho especies. El cuarto grupo identificado (Área 4, celdas F10 – F11) estuvo definido por dos especies y se ubicó en la provincia de Entre Ríos, en Argentina. El quinto grupo (Área 5) recuperado comprendió dos subgrupos de celdas próximas entre sí (D18 – D 19 – E18 – F17). Este grupo, definido por siete especies se ubicó al Sur de Brasil, en la unidad de Rio Grande do Sul. El último grupo identificado (Área 6) agrupó a las cuadrículas E5 – F5 – G4 – G5 y estuvo soportado por seis especies. Esta área se ubicó en las Sierras Pampeanas en las provincias de Córdoba y San Luis, Argentina.

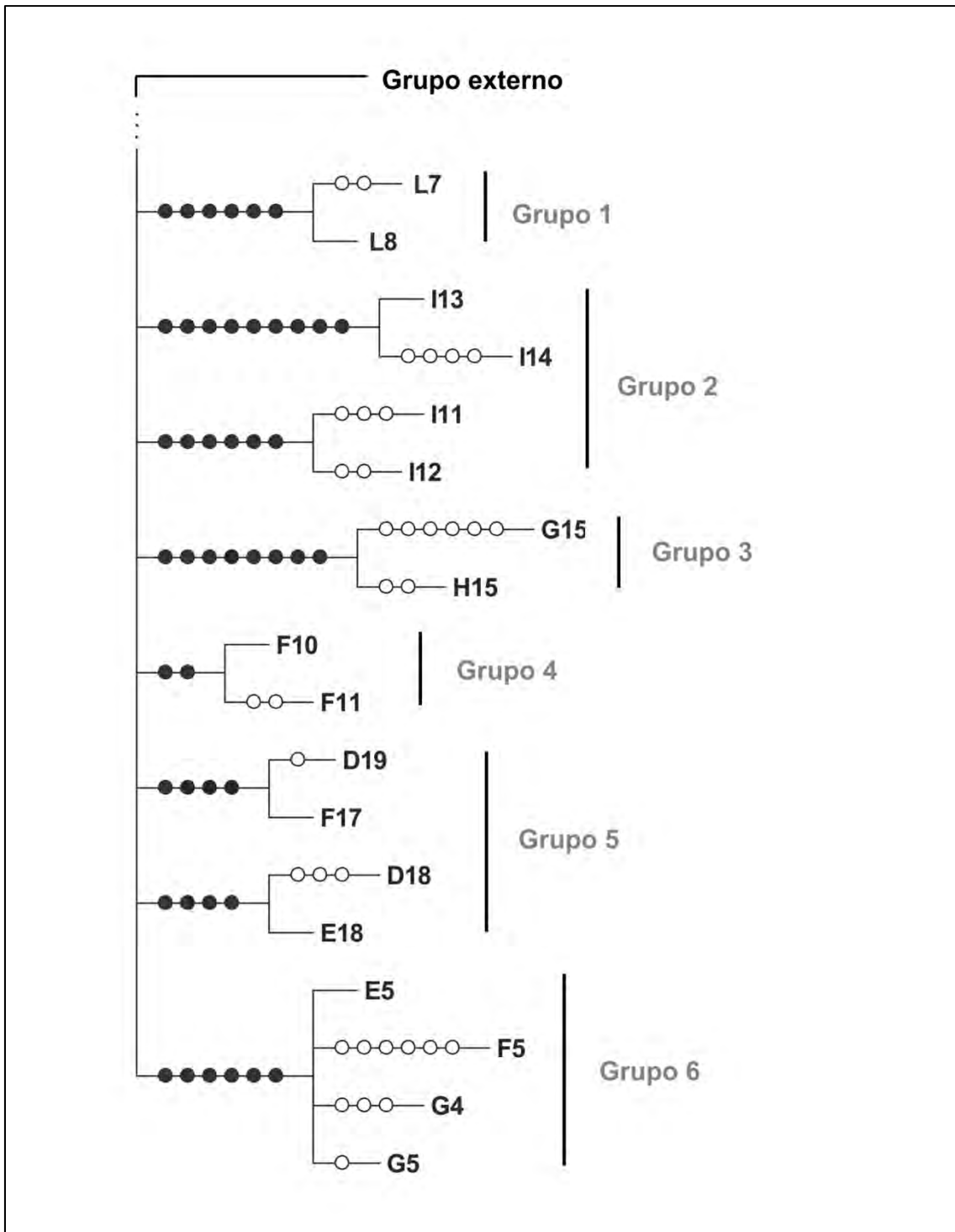


Figura 21. Árbol de consenso estricto de arañas Mygalomorphae con 362 pasos obtenido aplicando PAE basado en cuadrículas de 1°. Sólo se muestra la porción resuelta del árbol.

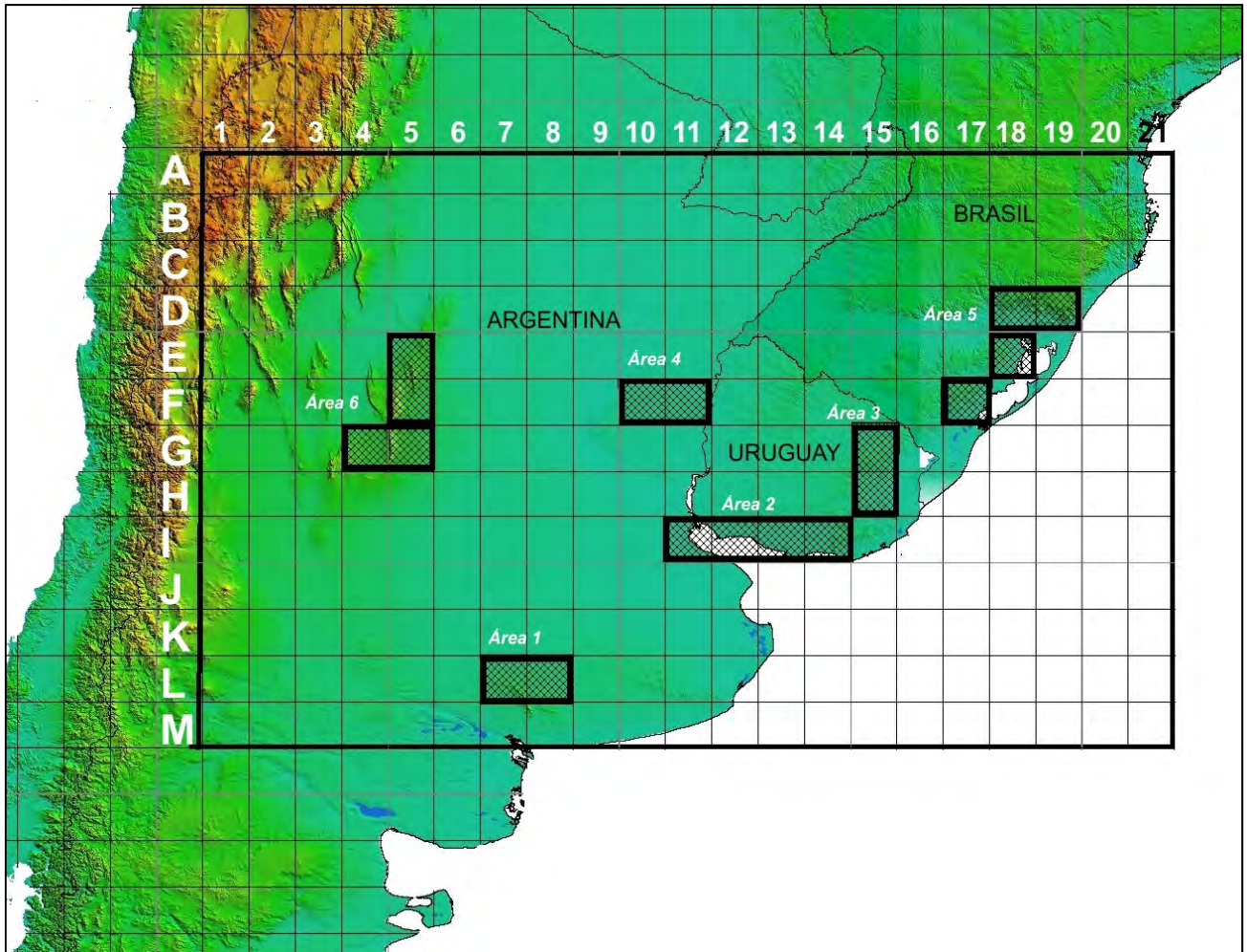


Figura 22. Mapa del área de estudio (Argentina, Uruguay y Sur de Brasil) con las áreas recuperadas mediante el PAE basado en cuadrículas de 1° de arañas Mygalomorphae. Las áreas (recuadros rayados) se numeran de 1 a 6.

Tabla 6. Taxones que definen los grupos en el cladograma.

Grupos	Taxones
1	<i>Acanthogonatus centralis</i> , <i>Calathotarsus simoni</i> , <i>Catumiri argentinense</i> , <i>Grammostola doeringi</i> , <i>Grammostola vachoni</i> y <i>Plesiopelma longisternale</i> .
2	<i>Acanthoscurria suina</i> , <i>Actinopus longipalpis</i> , <i>Eupalaestrus weijenberghi</i> , <i>Grammostola anthracina</i> , <i>Grammostola burzaquensis</i> , <i>Grammostola doeringi</i> , <i>Homoeomma uruguayense</i> , <i>Plesiopelma longisternale</i> , <i>Pycnothele auronitens</i> , <i>Stenoterommata crassistyla</i> , <i>Stenoterommata platensis</i> y <i>Xenonemesia platensis</i> .
3	<i>Actinopus longipalpis</i> , <i>Catumiri parvum</i> , <i>Eupalaestrus weijenberghi</i> , <i>Grammostola anthracina</i> , <i>Grammostola iheringi</i> , <i>Homoeomma uruguayense</i> , <i>Idiops clarus</i> y <i>Plesiopelma longisternale</i> .
4	<i>Acanthoscurria suina</i> y <i>Homoeomma uruguayense</i> .
5	<i>Actinopus ceciliae</i> , <i>Actinopus dubiomaculatus</i> , <i>Stenoterommata arnolisei</i> , <i>Stenoterommata curiy</i> , <i>Stenoterommata grimpa</i> , <i>Stenoterommata palmar</i> y <i>Xenonemesia platensis</i> .
6	<i>Acanthogonatus centralis</i> , <i>Catumiri argentinense</i> , <i>Diplothelopsis ornata</i> , <i>Grammostola vachoni</i> , <i>Ischnothele annulata</i> y <i>Pycnothele modesta</i> .

#### IV.4. Análisis multivariado.

Los valores de similitud obtenidos con los índices de Jaccard y Ochiai se presentan en las Tablas 4 y 5 del ANEXO III. Los coeficientes de correlación cofenética obtenidos fueron de 0,96 para Ochiai y de 0,98 para Jaccard. El análisis de agrupamiento mostró relaciones de grupos similares utilizando ambos índices (Figs. 23-24). El análisis de agrupamiento basado en Jaccard (Fig. 24) identificó dos grupos al menor valor de similitud (5%), uno conteniendo las unidades geográficas de Brasil (SCT y RGS) y otro grupo con las áreas argentinas (TAN, VEN, SPA, SSA, IMG) y uruguayas (CDT, NPT y PAT) (Fig. 23). Las áreas geográficas del Sur de Brasil se unieron a un valor de aproximadamente 38% de nivel de similitud. Luego, a un valor aproximado de similitud del 10%, se unieron las unidades geográficas uruguayas

(CDT, NPT y PAT) junto con la Isla Martín García (IMG) a las áreas geográficas argentinas de TAN, VEN, SPA y SSA. A un valor de 38% de similitud se unió IMG a las tres unidades uruguayas CDT, NPT y PAT. Luego, las áreas del escudo uruguayo CDT, NPT y PAT mostraron un valor de similitud del 73% entre sí. Las áreas TAN y VEN se unieron a SPA y SSA a un valor de similitud aproximado del 16%. Por último, TAN y VEN se unieron a una similitud del 58% y las áreas SPA y SSA a un 50% de similitud.

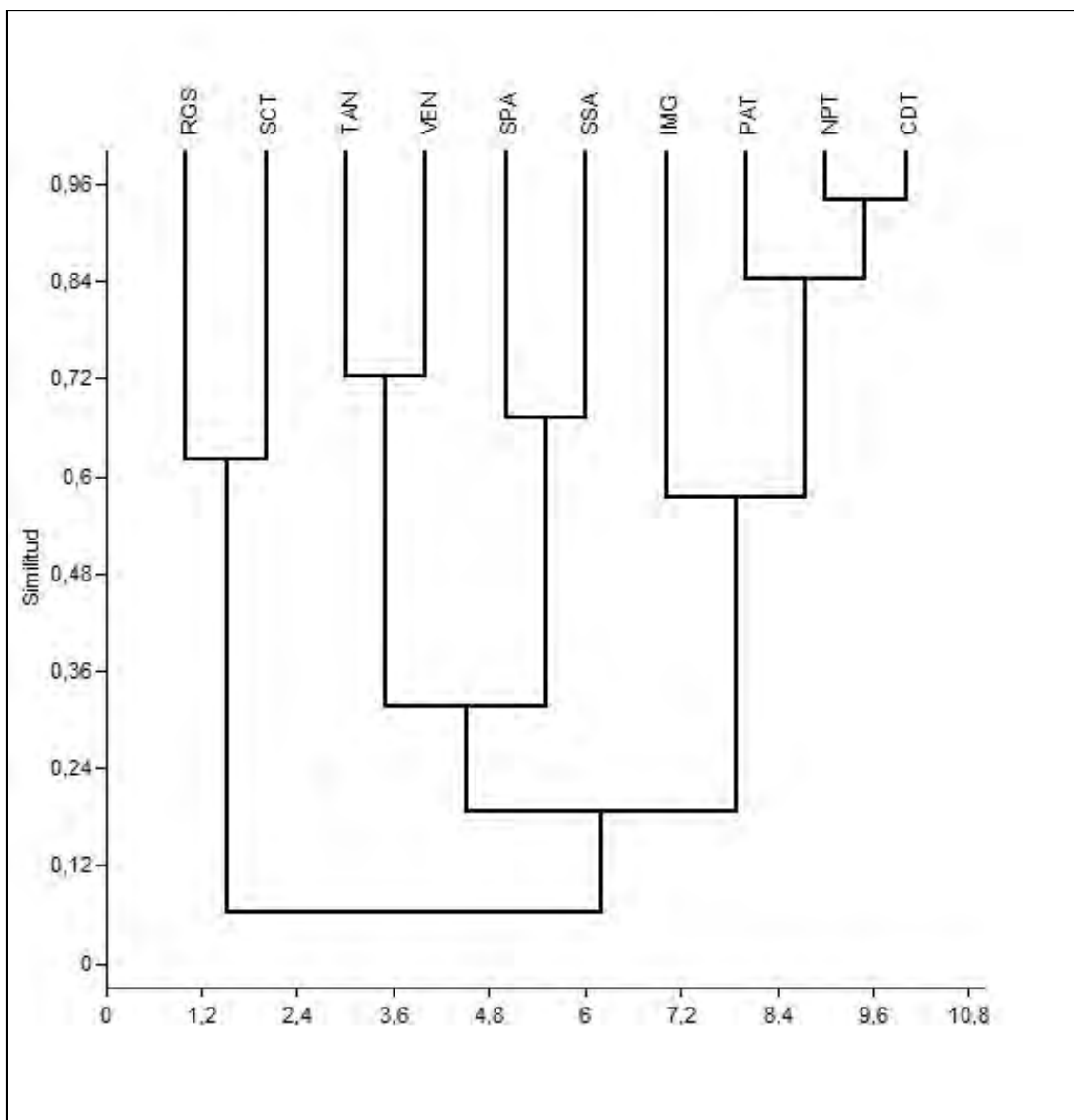


Figura 23. Dendrograma obtenido del índice de Ochiai y áreas resultantes de análisis de agrupamiento de arañas Mygalomorphae. VEN = Ventania, TAN = Tandilia, SPA = Sierras Pampeanas, SSA = Sierras Subandinas, IMG = Isla Martín García, PAT = Piedra Alta, NPT = Nico Pérez, CDT = Cuchilla Dionisio, SCT = Santa Catarina, RGS = Río Grande do Sul.

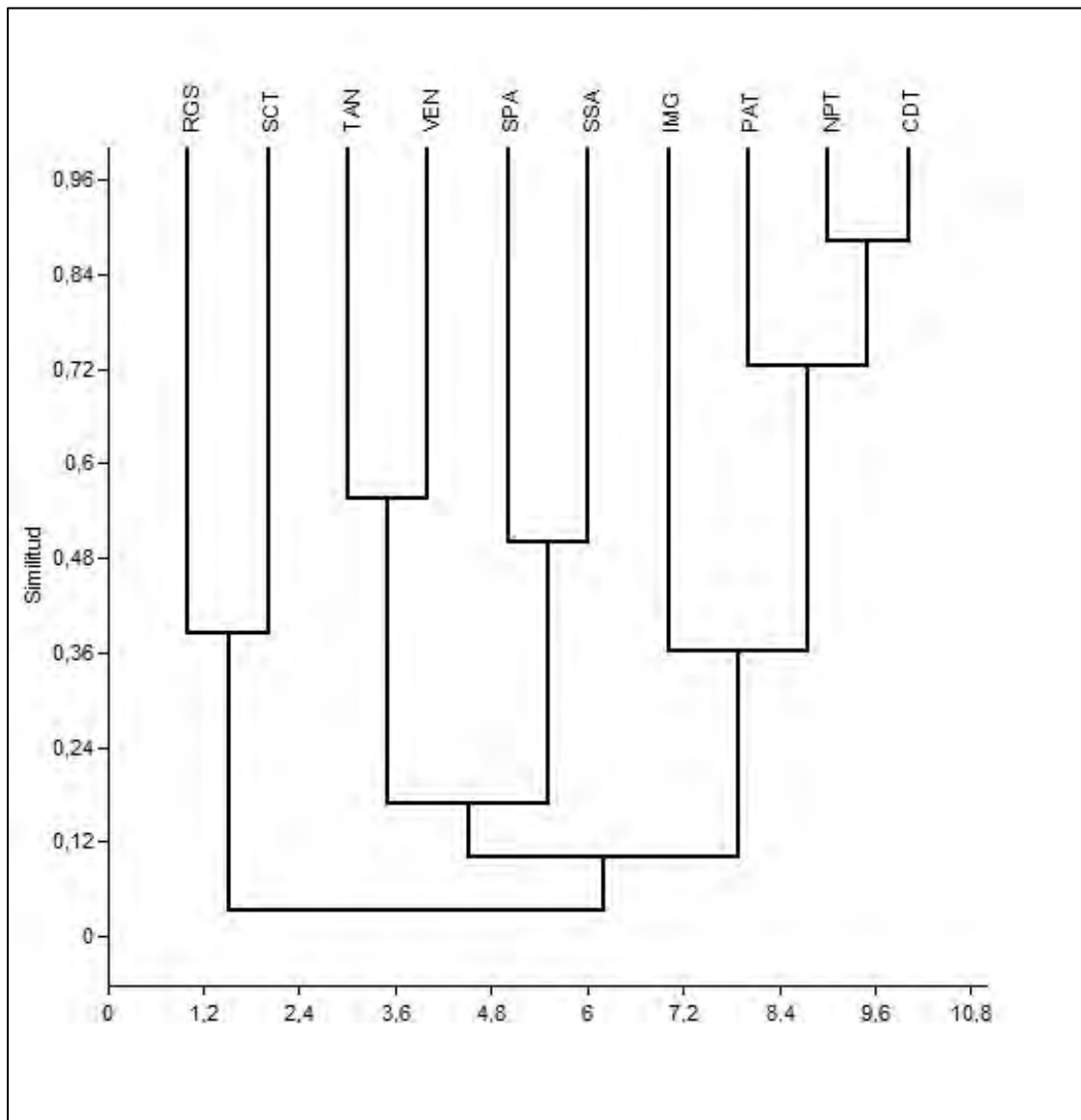


Figura 24. Dendrograma obtenido del índice de Jaccard y áreas resultantes de análisis de agrupamiento de arañas Mygalomorphae. VEN = Ventania, TAN = Tandilia, SPA = Sierras Pampeanas, SSA = Sierras Subandinas, IMG = Isla Martín García, PAT = Piedra Alta, NPT = Nico Pérez, CDT = Cuchilla Dionisio, SCT = Santa Catarina, RGS = Río Grande do Sul.

## V. DISCUSIÓN

Los patrones generales de distribución de arañas Mygalomorphae obtenidos en el presente estudio mediante el análisis de trazos, el análisis de parsimonia de endemismos y al análisis multivariado, resultaron en una vinculación estrecha entre los sistemas serranos de Tandilia y Ventania con las sierras Pampeanas y las sierras Subandinas de Argentina. Por otra parte, se reconoce una estrecha relación que une al escudo uruguayo y sus tres unidades tectónicas (PAT, NPT y CDT), como también una unión de las sierras del Sur de Brasil. Dichas relaciones confirman parcialmente hipótesis previas. Por ejemplo, Hicken (1918) y Brade (1942) han postulado la existencia de una ruta biótica migratoria desde los Andes hasta Brasil, pasando a través de las sierras Pampeanas, Ventania, Tandilia y las sierras de Uruguay y Sur de Brasil. Asimismo, Frenguelli (1950) denominó como arco orogénico peripampásico al corredor biótico conformado por las sierras Pampeanas, sierras Mahuidas (grupo serrano ubicado en la provincia de La Pampa, en el centro de Argentina) y Tandilia.

Numerosos estudios basados en los patrones de distribución de escorpiones y opiliones (Maury 1973, Acosta 1989, 1993, Mattoni & Acosta 1997, Acosta 2002) resaltaron una posible conexión entre Tandilia y Ventania con las sierras Pampeanas. Además, los autores anteriores han propuesto una extensión de esa relación o trazo peripampásico hasta las sierras Subandinas en el Noroeste de Argentina, como también hasta alcanzar el Sur de Brasil. Las relaciones propuestas entre las áreas de acuerdo a los patrones generales obtenidos de la distribución de plantas Asteraceae (Crisci *et al.* 2001) mostraron una conexión entre los sistemas serranos de Tandilia y Ventania, Sierras Pampeanas, Pampa, Uruguay y Sur de Brasil. Consecuentemente, Crisci *et al.* (2001) propusieron que la flora (Asteraceae) del sistema serrano de Tandilia se encontraría más cercana a Uruguay y al Sur de Brasil con respecto al sistema de Ventania. Un nuevo estudio panbiogeográfico basado en los patrones de distribución de Asteraceae en la zona de transición sudamericana (Urtubey *et al.*



2010) mostró la extensión del trazo generalizado peripampásico hasta las sierras Subandinas en el Noroeste de Argentina.

En el presente estudio, los sistemas serranos de Tandilia, Ventania y las sierras Pampeanas y sierras Subandinas se conectaron mediante los trazos generalizados obtenidos en el análisis de trazos y análisis de parsimonia de endemismos utilizado como herramienta panbiogeográfica. Es importante destacar que las áreas de Ventania y Sierras Pampeanas se recuperaron mediante el PAE basado en cuadrículas. Además, mediante el análisis de parsimonia de endemismos basado en áreas y el análisis multivariado se obtuvieron relaciones estrechas entre los sistemas de Ventania y Tandilia y por otra parte las sierras Pampeanas mostraron una conexión con las sierras Subandinas. La vinculación estrecha entre las Sierras Pampeanas y las Subandinas y a su vez con los Andes del Norte ha sido propuesta por numerosos autores (Mattoni & Acosta 1997, Ponce *et al.* 2002, Arana *et al.* 2011) en estudios referentes a la fauna de escorpiones y a taxones de plantas.

A pesar de que la evidencia geológica sugiere que los sistemas serranos de Tandilia y Ventania resultaron de procesos geológicos independientes y a diferentes tiempos geológicos, geográficamente se ubican en proximidad. El sistema serrano de Ventania se encuentra conformado por un basamento continuo que se ubicaba en el margen Sudoeste de Gondwana durante tiempos Paleozoicos (Ramos 1989, Sellés-Martínez 2001, Tomezzoli & Cristallini 2004). Además, dicho basamento, junto con las contrapartes del Sur de África, Australia y Antártida sufrieron deformaciones durante el período Pérmico-Triásico para conformar las Gondwanides. En el área de Ventania, el basamento permaneció tectónicamente activo desde el inicio y hasta fines del Paleozoico (Sellés-Martínez 2001).

Por otra parte, el sistema serrano de Tandilia conformó parte del Cratón del Río de la Plata, junto con el Noreste de Argentina, Este de Paraguay, Uruguay y Sur de Brasil antes de fines del Precámbrico, hace aproximadamente unos 570 Ma (Pankhurst *et al.* 2003, Rapela *et al.* 2007). Recientemente, Tovher *et al.* (2012)

propuso la extensión de la formación del Cratón del Río de La Plata hasta algunos cerros al Este del sistema serrano de Ventania. Sin embargo, los eventos geológicos que tuvieron lugar en su origen son similares a la orogénesis de las Sierras Pampeanas a lo largo del límite Oeste del Cratón del Río de La Plata, y además demuestra una historia geológica en común.

Los patrones de distribución generales obtenidos en el presente estudio muestran una relación estrecha entre la fauna de los sistemas de Ventania y Tandilia junto con las sierras Pampeanas y las sierras Subandinas. Asimismo, se ha encontrado una fuerte relación entre el sistema de Ventania y las sierras Pampeanas, como resultado del PAE como una herramienta panbiogeográfica, luego de eliminar los trazos sinapomórficos, como así también con el análisis de trazos. La historia geológica de las sierras Pampeanas de la región central de Argentina estuvo regida por la interacción del Cratón del Río de la Plata al Este y de Pampia (o Pampeano) al Oeste. Escayola *et al.* (1996) propusieron un modelo de evolución tectónica que se inicia con la separación de los bloques Pampia y Río de La Plata hacia los 530 Ma, la generación de corteza oceánica entre ambos y luego depósitos sobre los márgenes.

La diversificación del linaje de las arañas del infraorden Mygalomorphae habría comenzado hace más de 200 millones de años, durante inicio del Mesozoico (Dunlop 2010) y las especies de este infraorden posiblemente habrían presentado una distribución mundial antes de la separación del supercontinente Pangea (Selden & Gall 1992). En consecuencia, las relaciones encontradas entre las unidades geográficas en base a la distribución de arañas Mygalomorphae pueden ser explicadas como consecuencia de dos eventos tectónicos y geobióticos relevantes durante la evolución del Sur de América del Sur que se detallan a continuación.

El primero de ellos involucra tres transgresiones marinas sucesivas del Atlántico durante la mitad y fines del Mioceno en el Sur de Sudamérica, todas ellas conocidas como “Mar Paranaense” (Ortíz-Jaureguizar & Cladera 2006). De esta manera, durante este período una ruta marítima separaba los ambientes terrestres del

Sur de Sudamérica de los del Norte, y así se produjo una separación de los ambientes hacia el Este de Argentina, Oeste de Uruguay, Sur de Paraguay y Sudeste de Bolivia (Pascual *et al.* 1996). El área hacia el Noroeste del “Mar Paranaense” se conectaba a través de un istmo de “Tethys” e incluía áreas entre la Cordillera de los Andes, Guayana y algunas áreas del basamento de Brasil (Ramos 1989, Rässänen *et al.* 1995, Webb 1995). Durante dicha transgresión marina, las tierras que se mantuvieron emergentes correspondieron a los sistemas de Tandilia, Ventania, sierras Pampeanas y sierras Subandinas (Ortíz-Jaureguizar & Cladera 2006). El segundo evento que pudo haber inferido en los patrones de distribución de las arañas Mygalomorphae tuvo lugar desde el Mioceno hasta el Plioceno, cuando el clima sufrió cambios drásticos, resultando en un clima árido en el Sur de Sudamérica debido al lento levantamiento del cordón Andino y una corriente fría denominada “Humboldt”, la cual intensificó la aridez (Axelrod *et al.* 1991, Hinojosa & Villagrán 1997, Gregory-Wodzicki 2000, Zachos *et al.* 2001, Flores & Pizarro-Araya 2006). Además, la última fase de la orogenia Andina hacia fines del Plioceno causó un levantamiento adicional de los sistemas montañosos Pampeanos y Subandinos (Pascual *et al.* 1985, Taylor 1991). Todos estos fenómenos podrían haber provocado una separación de las poblaciones hacia las regiones montañosas y serranas, las que, de acuerdo con Kristensen & Frangi (1995a, 1995b), Morán (1995) y Lizzi *et al.* (2007) son de vital importancia para el establecimiento de numerosas especies, ya que poseen gran heterogeneidad de hábitats y microclimas.

Como resultado del análisis de trazos y el PAE como herramienta panbiogeográfica, se obtuvo un trazo generalizado en el Sur de Brasil y otro en las unidades tectónicas de Uruguay. Los trazos generalizados obtenidos en el Sur de Brasil y Uruguay también ha sido hallado para especies del género *Bombus* (Hymenoptera) (Abrahamovich *et al.* 2004). Además, las unidades tectónicas de Uruguay mostraron una relación estrecha con la Isla Martín García. Esto se evidenció en el análisis de trazos y se recuperó como un área en el PAE basado en cuadrículas. Asimismo, los resultados indicaron una estrecha conexión de las tres unidades uruguayas entre sí. El Cratón del Río de la Plata constituye el núcleo más antiguo y

más al Sur de Sudamérica y conforma una pieza clave en el ensamblaje del Sudoeste de Gondwana (Rapallini 2006, Rapela *et al.* 2011). El Cratón se encuentra cubierto por una acumulación de sedimentos jóvenes y estudios geofísicos y geocronológicos indicaron que el límite Oeste del Cratón se encontraba en contacto con la zona Este de las sierras Pampeanas en Argentina a inicios del Paleozoico (Booker *et al.* 2004, Rapela *et al.* 2007, Chernicoff *et al.* 2012, Tovher *et al.* 2012). La mayor parte de Uruguay se encuentra dentro del Cratón (Rapela *et al.* 2007) con rocas pertenecientes al inicio del Proterozoico hace aproximadamente unos 2000-2500 Ma y el escudo uruguayo se conforma de las tres unidades tectónicas denominadas Piedra Alta, Nico Pérez y Cuchilla Dionisio (Mallman *et al.* 2007). En Argentina, rocas pertenecientes a este Cratón se encuentran en la Isla Martín García en el estuario del Río de La Plata (Dalla Salda 1981, Pankhurst *et al.* 2003) y en el sistema serrano de Tandilia (Cingolani & Dalla Salda 2000, Teixeira *et al.* 2002, Rapallini 2006, Rapela *et al.* 2007, Zimmermann & Spalletti 2009).

Internamente, el Cratón del Río de La Plata incluye terrenos, bloques y cordones cubiertos por sedimentos modernos, a excepción del Sudeste de Uruguay (Rapela *et al.* 2007, 2011). Los fragmentos continentales más conspicuos del Cratón se encuentran en el Sur de Brasil, en las unidades Nico Pérez y Piedra Alta en Uruguay, en el cordón Tandilia en Argentina y en el sector Sur del “Arco de Asunción” en Paraguay (Rapela *et al.* 2007, 2011).

Aplicando las metodologías de análisis de trazos y PAE como herramienta panbiogeográfica, el Sudeste de Brasil se recuperó mediante la identificación de un trazo generalizado (T<sub>1</sub>) que conectó Santa Catarina y Rio Grande do Sul. El área de Rio Grande do Sul también se recuperó a través del PAE basado en cuadrículas. El Cratón del Río de la Plata se extiende desde el Sudeste de la provincia de Buenos Aires en Argentina hasta Rio Grande do Sul y posiblemente hasta el estado de Santa Catarina (Rapela *et al.* 2007, Rapallini & Bettucci 2008, Font *et al.* 2011, Tovher *et al.* 2012). Tanto el Sur de Brasil como el estado de Santa Catarina y el área de Paraná

presentan bloques y microplacas de origen Arcaico y Paleoproterozoico que datan del mismo origen que el Cratón del Río de la Plata (Rapela *et al.* 2007, Font *et al.* 2011).

Como resultado del análisis panbiogeográfico, en Argentina, los nodos identificados en la unión de los sistemas serranos anteriormente mencionados correspondieron a Ventania (N<sub>2</sub>) y en las sierras Subandinas (N<sub>3</sub>). Por lo tanto, los nodos obtenidos en el centro de Argentina podrían constituir áreas con diferentes componentes bióticos ancestrales, apoyando la hipótesis de una zona híbrida donde procesos históricos y ecológicos han permitido la evolución de una biota mezclada (Heads 2004). Además, el nodo (N<sub>3</sub>) identificado en el Noroeste de Argentina se encuentra geográficamente próximo a Sierra de los Llanos (Catamarca), área que conformó un nodo en previos estudios realizados en escorpiones, con diversas especies combinadas provenientes de distintos sistemas montañosos (Mattoni & Acosta 1997).

Es importante destacar que el resultado obtenido en este estudio contradice los obtenidos por Arana *et al.* (2011) para licófitas, donde la ausencia de nodos en las áreas de las sierras Pampeanas y Subandinas les permitió indicar que en la zona serrana del centro de Argentina no existe convergencia de biotas ancestrales.

Finalmente, el nodo identificado al Sudeste de Brasil en Rio Grande do Sul (N<sub>1</sub>) corresponde a la Mata Atlántica, área que exhibe una gran diversidad, incluso en algunos casos mayor a la diversidad encontrada en Amazonas, con un notable endemismo, de aproximadamente un 50% en la mayoría de los taxa, y alcanzando un 95% en especies de anfibios (Morellato & Haddad 2000, Pinto-da-Rocha *et al.* 2005). En dicha área se han propuesto eventos vicariantes en relación a la historia biogeográfica de los opiliones que involucra el levantamiento de sistemas montañosos, como por ejemplo, Serra do Mar, como así también la aparición de valles (Pinto-da-Rocha *et al.* 2005). El origen de Serra do Mar podría haber ocurrido durante el Paleoceno (Petri & Fúlvaro 1988) o a inicio del Cretácico como resultado de actividad tectónica (Almeida & Carneiro 1998). A pesar de que la mayor ascensión

orográfica ocurrió entre el Plioceno y el Pleistoceno, Pinto-da-Rocha *et al.* (2005) propuso un origen más reciente. Los valles representan barreras geográficas importantes, como el valle de Paraíba do Sul, originado durante el período Oligoceno-Mioceno (Petri & Fúlvaro 1988), resultando en el aislamiento de los sistemas serranos de Serra da Mantiqueira y Serra do Mar.

Los nodos básicamente consisten en áreas compuestas, resultantes de la interconexión y mezcla de diferentes biotas en coordenadas separadas de espacio y tiempo (Heads 2004). A pesar de que los nodos obtenidos en el arco peripampásico se encuentran relacionados a ambientes montañosos, los nodos no constituyen barreras a la dispersión y muchos de ellos no se correlacionan con ninguna barrera geográfica. Los nodos pueden estar conformados por centros de endemismos, centros de alta diversidad, límites de distribución, disyunción, especies que resultan difíciles de identificar, o anomalías ecológicas (Heads 2004).

## CAPÍTULO IV

# **Patrones biogeográficos y áreas de endemismo de arañas migalomorfas en Argentina**



*Calathotarsus simoni* (Migidae)

## I. INTRODUCCIÓN

### I.1- Áreas de endemismo.

La biogeografía trata de describir los patrones de distribución de los organismos y explicar los procesos que los condujeron a habitar esas áreas. No todos los trabajos sistemáticos incluyen consideraciones biogeográficas, pero suelen representar los patrones de distribución en un mapa, y es a partir de la comparación de estos patrones como se establecen las áreas de endemismo.

A través de la historia, se ha visto que en las distintas regiones del planeta hay conjuntos de especies con áreas de distribución coincidentes y que no existen en otras áreas. Estas regiones son conocidas como áreas de endemismo y pueden ser definidas sobre la base de un conjunto de especies o taxones no relacionados que ocupan un hábitat determinado y que no existen en otras áreas (Nelson & Platnick 1981, Morrone 1994a, Linder 2001, Hausdorf 2002). Un área de endemismo constituye una hipótesis predictiva y sujeta a corroboración (Roig-Juñent *et al.* 2002). La predicción consiste en que las especies pertenecientes a este conjunto no van a existir en otras áreas y es corroborable al encontrar más especies endémicas que aumenten el número del conjunto que define al área. De esta manera, las áreas de endemismo con mayor cantidad de especies endémicas serán más “robustas” que las que poseen pocas especies (Roig-Juñent *et al.* 2002). Finalmente, la hipótesis es falsable al encontrar que las especies endémicas que definían un área se encuentran distribuidas fuera de ella. El concepto fundamental para determinar la existencia de un área de endemismo es que los patrones de distribución de las especies endémicas sean coincidentes.

Los métodos de la biogeografía cladística asumen que los límites de la distribución de las especies presentes en la misma área de endemismo deberían ser más congruentes entre ellos mismos que con aquellas especies presentes en otras áreas de endemismo (Hausdorf 2002). Bajo ese contexto, el modelo de vicarianza



presupone que los límites de distribución de las especies no son al azar (Morrone 1994a, Hausdorf 2002). Basado en estas premisas, se puede hipotetizar que la distribución de las especies que muestra algún nivel de congruencia puede ser el resultado de una relación estrecha entre la historia de la Tierra y la historia de las biotas (Croizat 1964).

La identificación de las áreas de endemismo resulta importante, no solo para definir homologías biogeográficas primarias (Morrone 2001b, 2005b), sino también para investigar las relaciones existentes entre diferentes áreas bajo un contexto biogeográfico histórico (Nelson & Platnick 1981, Humphries & Parenti 1999, Morrone 2001b).

Para delimitar un área de endemismo es necesario utilizar un método que permita generar hipótesis contrastables y que maximice la congruencia de las distribuciones de tantos taxones como sea posible (Posadas & Miranda-Esquivel 1999). Existen diversos criterios y metodologías para el reconocimiento de las áreas de endemismo basados en diferentes enfoques (Harold & Mooi 1994, Morrone 1994a, Crisp *et al.* 2001, Linder 2001, Hausdorf 2002, Szumik *et al.* 2002, Hausdorf & Hennig 2003, Mast & Nyffeler 2003, Szumik & Goloboff 2004, Deo & DeSalle 2006, Moreno *et al.* 2006, Giokas & Sfenthourakis 2007, Dos Santos *et al.* 2008). Los dos métodos más utilizados para la delineación de las áreas de endemismo los constituyen el análisis de parsimonia de endemismo (PAE) (Morrone 1994a) y el criterio de optimización (NDM) (Szumik *et al.* 2002, Szumik & Goloboff 2004).

El análisis de parsimonia de endemismo (PAE) (Morrone 1994a) ha sido ampliamente utilizado para la delimitación de áreas de endemismo (Posadas 1996, Morrone & Escalante 2002, Escalante & Morrone 2003, Hubert & Reno 2006, Nihei 2006, Quijano-Abril *et al.* 2006, Huang *et al.* 2008, Morrone 2008, Löwenberg-Neto & de Carvalho 2009, Marques & Cantero 2010, Romo & García-Barros 2010). Mediante este enfoque (Morrone 1994a, Morrone & Márquez 2001) el análisis de

parsimonia de endemismo se utiliza para delimitar áreas de endemismo sin inferir sobre las relaciones o jerarquía entre las mismas. El funcionamiento del método ya ha sido explicado en el capítulo III. Es importante destacar que aquellos grupos de cuadrículas que están reunidos por la presencia de dos o más taxones son considerados como áreas de endemismo (Morrone 1994a, Crisci *et al.* 2000). Finalmente, las distribuciones de los taxones que sustentan cada área de endemismo se vuelcan en el mapa para delinear sus límites.

Recientemente, se ha propuesto un nuevo criterio de optimación para la identificación y delimitación de áreas de endemismo (Szumik *et al.* 2002, Szumik & Goloboff 2004). Mediante este enfoque se evalúan los patrones de distribución sobre la base del concepto de áreas de endemismo. La distribución de un taxón es producto de factores históricos y actuales; por lo tanto, si diferentes taxones responden de igual manera a esos factores debería haber concordancia en sus rangos de distribución (Szumik *et al.* 2002). El criterio evalúa mediante un índice de endemidad cuántos y cuán endémicos son los taxones para un área dada. Aquellas áreas mejor apoyadas por los datos serán seleccionadas como áreas de endemismo. Este enfoque define un criterio de optimación para evaluar un área en términos de las especies que contiene, de manera tal que valora cada una de las hipótesis posibles y permite elegir aquellas de máximo valor (Szumik & Roig-Juñent 2005).

Este método considera los patrones de distribución de especies para identificar, entre todas las posibles combinaciones de cuadrículas en las cuales se dividió el área de estudio, aquellos que delimitan un área de endemismo, asignándoles un valor de endemidad ( $E$ ) dado por el número de especies endémicas para cada combinación de cuadrículas. Los valores de  $E$  varían entre 0 y 1; donde  $E = 1$  representa una especie cuyo rango de distribución es perfectamente congruente con el área evaluada. A semejanza de protocolos anteriores (Morrone 1994a), el método utiliza una grilla de ausencia/presencia de taxones para una región dada. El ingreso de los datos puede ser mediante matrices binarias de presencia/ausencia de especies por celda o a través de las coordenadas geográficas de los taxones.

Para determinar cuántas especies resultan endémicas, el valor de endemividad se determina para cada especie de acuerdo a cuatro factores (Szumik *et al.* 2002, Szumik & Goloboff 2004) y el valor de endemividad o  $E$  representa la suma de los valores individuales de endemividad para todas las especies consideradas como endémicas para un grupo dado de cuadrículas. Por ejemplo, en la grilla que se muestra en la figura 1, un conjunto de cuadrículas (por ejemplo las amarillas) tendrá un valor de endemividad que dependerá de cuán ajustadas están las distribuciones de los taxones “azul”, “rojo” y “verde”. Asimismo, el taxón “azul” tendrá un valor máximo dado que se encuentra en cada una de las celdas amarillas y está ausente en el resto de la grilla. El taxón “verde” tendrá un valor de endemividad menor dado que está ausente en una de las celdas amarillas. Por último, el taxón rojo tendrá un menor valor aún dado que, si bien está presente en cada una de las celdas amarillas, también está presente en una cuadrícula adyacente a dicha área. Finalmente, el valor de endemividad del área amarilla será la suma de los índices de cada taxón endémico que posee.

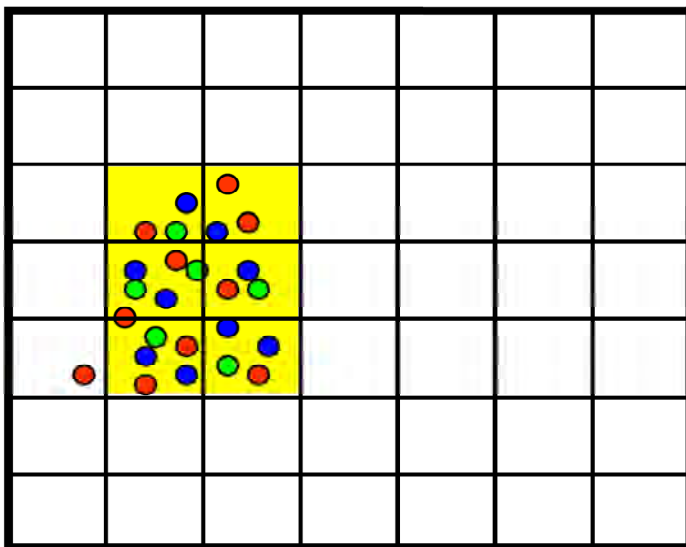


Figura 1. Grilla hipotética mostrando la contribución de los diferentes taxones “azul”, “verde” y “rojo” al valor de endemividad para un determinado grupo de cuadrículas (área amarilla). Tomado de Szumik *et al.* (2006).

Este método incluye un componente espacial y tiene en cuenta los diferentes niveles de congruencia, desde el caso ideal (máxima concordancia en distribuciones) a casos más reales (Szumik & Roig-Juñent 2005). Es importante destacar que este método considera el componente espacial del endemismo (ignorado por otros métodos) y permite la obtención de resultados no-jerárquicos (requeridos por la

mayoría de los métodos anteriores) (Szumik *et al.* 2002, Szumik & Goloboff 2004). Actualmente, los estudios sobre la delimitación e identificación de áreas de endemismo mediante este enfoque han incrementado notablemente (Szumik & Roig-Juñent 2005, Domínguez *et al.* 2006, Lizarralde de Grosso & Szumik 2007, Szumik *et al.* 2007, Aagesen *et al.* 2009, Casagrande *et al.* 2009, Escalante *et al.* 2009, Navarro *et al.* 2009, Escalante *et al.* 2010, Ferrari *et al.* 2010, Nori *et al.* 2011, Szumik *et al.* 2012).

En algunos estudios, se ha utilizado un único tamaño de grilla determinado por cuadrículas de 1°, pero a pesar de ello, no se ha argumentado porqué utilizar sólo un tamaño, por lo que no existe un único criterio para seleccionar un tamaño de grilla adecuado o preciso para el área de estudio (Aagesen *et al.* 2009). Estudios realizados sobre áreas de endemismo en Argentina han utilizado diversos tamaños de grilla, desde 0,25° hasta 1°; por ejemplo, 0,25° y 0,5° para las provincias de Jujuy y Córdoba (Aagesen *et al.* 2009, Nori *et al.* 2011), y grilla de 1° para el Norte de Argentina (Navarro *et al.* 2009, Szumik *et al.* 2012), para el Sur de Argentina y también para la región patagónica (Domínguez *et al.* 2006, Casagrande *et al.* 2009).

Se han reconocido numerosas áreas de endemismo en América del Sur austral (Morrone *et al.* 1994, Roig-Juñent 1994, Morrone 1996) a partir de la superposición de áreas de distribución. A pesar de ello, pocos trabajos han puesto a prueba estas áreas por medio de análisis cuantitativos (Casagrande *et al.* 2009).

## ***I.2- Regionalización biogeográfica.***

La distribución de la biota de América del Sur constituye un desafío científico fundamental para la investigación en el campo de la biogeografía. Durante el último siglo se han realizado numerosos estudios biogeográficos, tanto propuestas de regionalización como también análisis de patrones ecológicos y evolutivos (Morrone 2011b).

Los estudios que involucran la regionalización biogeográfica tienen como objetivo dividir un área en regiones mediante el análisis de la distribución de sus componentes bióticos aplicando un método analítico (Nori *et al.* 2011). Las regionalizaciones biogeográficas constituyen elementos fundamentales que resultan de la investigación biogeográfica y permiten ulteriores investigaciones. De esta manera, son utilizadas por los investigadores para describir la distribución de un determinado taxón, establecer comparaciones bióticas entre áreas diferentes o utilizarlas como referencia para la conservación (Ribichich 2002).

Los componentes bióticos comprenden grupos de taxones integrados tanto espacialmente como temporalmente que caracterizan a un área biogeográfica. Debido a que constituyen entidades históricas, su unidad resulta de una historia común, por lo que su reconocimiento e identificación es un elemento clave para comprender la evolución (Morrone 2006). Considerando que integran componentes bióticos aún mayores, pueden ser ordenados en sistemas jerárquicos como reinos, regiones, subregiones, dominios, provincias y distritos (Morrone 2001b, 2006).

Las regionalizaciones usualmente son de carácter narrativo, sin profundizar en las justificaciones metodológicas. Con frecuencia, presentan diferencias de acuerdo a su formulación (por ejemplo, definición de las regiones, provincias y distritos, detalle de los mapas, límites, etc). Por tal motivo, resulta difícil reconocer en ellas modelos generales de referencia. Los modelos de regionalización son dinámicos, pues cambian en la medida en que nuestra visión de los patrones de distribución se modifica (Morrone 2006).

Desde mediados del siglo XIX se han realizado numerosos intentos por sistematizar los patrones de distribución de la biota de América del Sur en un número variado de regiones, subregiones y provincias biogeográficas (Martens & Galeotti 1842, Sclater 1858, Fournier 1876, Grisebach 1876, Wallace 1876, Hemsley 1887, Sclater & Sclater 1899, Shannon 1927, Mello-Leitão 1935, 1938, 1939, 1943, Cabrera

& Yepes 1940, Smith 1941, Dice 1943, Stuart 1964, Rapoport 1968, Fittkau 1969, Kuschel 1969, Sick 1969, Cabrera & Willink 1973, Müller 1973, Ringuelet 1975, Rzedowski 1978, Rivas-Martínez & Tovar 1983, Rivas-Martínez & Navarro 1994, Morrone 2001b, 2006). Estas clasificaciones biogeográficas, aunque difieren en los criterios que se emplean para la delimitación de las áreas (por ejemplo, geográficos, paleontológicos, faunísticos y/o florísticos), por lo general reconocen implícitamente que las unidades de sus esquemas representan entidades históricas.

Tales propuestas biogeográficas se basan en la vasta experiencia de uno o más especialistas, pero la mayor parte de estas compilaciones son de una naturaleza cualitativa y se basan solamente en el sentido común de los autores (Navarro *et al.* 2009). Como resultado, es difícil estimar o reformular la validez de algunas de las áreas propuestas en dichos estudios. Un ejemplo sobre esto lo constituye el área de las Yungas, que comprende un territorio de aproximadamente 4000 kilómetros desde Venezuela hasta el Noroeste de Argentina, y ha sido caracterizada casi exclusivamente por su flora (Cabrera 1971, Hueck 1978).

El advenimiento del desarrollo de metodologías biogeográficas como la panbiogeografía (Croizat 1958, 1960, 1964, Craw *et al.* 1999) y la biogeografía cladística (Croizat *et al.* 1974, Nelson & Platnick 1981, Humphries & Parenti 1999) han cuestionado estas clasificaciones tradicionales, al mostrar que en muchos casos las unidades biogeográficas delimitadas no representan unidades naturales (Crisci *et al.* 1991a, b, Amorim & Tozoni 1994, Lopretto & Morrone 1998, Craw *et al.* 1999, Morrone 1999, Morrone *et al.* 1999).

Las propuestas biogeográficas de regionalización más relevantes para América del Sur que fueron seguidas por numerosos autores para contrastar hipótesis biogeográficas (Ponce *et al.* 2002, Aagesen *et al.* 2009, Navarro *et al.* 2009, Nori *et al.* 2011, Szumik *et al.* 2012) comprenden la de Cabrera & Willink (1973) y las de Morrone (2001b, 2006). Tales propuestas, dividen a América del Sur en dos regiones, seis dominios y 26 provincias, fundamentadas en la integración de datos de

distribución de animales y plantas (Cabrera & Willink 1973). Por otra parte, la jerarquización de unidades biogeográficas naturales que proponen Morrone (2001b, 2006) (tres regiones, ocho subregiones y 70 provincias) está fundamentada en una vastísima información biológica, referida a un amplio espectro de organismos vegetales y animales, con predominio de las plantas vasculares, insectos y aves. Morrone (2001b, 2006) incorpora el componente 'natural' (histórico) a través de tres métodos de análisis: la detección de trazos individuales (análisis panbiogeográfico), el análisis de parsimonia de endemismos y la biogeografía cladística.

## II. OBJETIVOS

Analizar los patrones de distribución de arañas Mygalomorphae de Argentina para identificar y delimitar áreas de endemismo, como así también contrastar los resultados obtenidos con hipótesis previas de división biogeográfica para Argentina.

### II.1- *Objetivos específicos.*

- Identificar áreas de endemismo mediante un análisis de parsimonia de endemismo (PAE) y el criterio de optimación (NDM).
- Mapear las áreas de endemismo obtenidas para obtener una definición precisa de los límites.
- Comparar las áreas de endemismo resultantes con hipótesis previas de regionalización biogeográfica para Argentina (Cabrera & Willink 1973, Morrone 2001b, 2006).
- Determinar, a partir de los patrones de distribución de arañas migalomorfas, las posibles relaciones entre las provincias biogeográficas propuestas para Argentina por Morrone (2001b, 2006).



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### III.1- Área de estudio.

El área de estudio abarcó el territorio de la Argentina, aproximadamente entre los paralelos 21° - 54° S y los meridianos 53° - 71° O (Fig. 2) incluyendo aproximadamente 2.780.440 km<sup>2</sup>. Las características generales de la orografía de la Argentina comprenden la presencia de montañas en el Oeste y de llanos hacia el Este, configurando una planimetría que disminuye en altitud de Oeste a Este. El extremo Oeste está conformado por la sección principal de la Cordillera de los Andes. En el Norte, al Este de los Andes y también en sentido Norte-Sur se extienden las Sierras Subandinas, una serie de sierras escalonadas que conforman valles muy poblados. Al Sur de las mismas se encuentran las Sierras Pampeanas, más espaciadas entre sí y separadas por llanuras.

La meseta patagónica es un conjunto de altiplanos y llanuras elevadas y áridas, enclavadas entre los Andes patagónicos y el océano Atlántico, donde cae abruptamente en altos acantilados que dan al Mar Argentino. En la Mesopotamia oriental, el relieve se presenta como sierras bajas en la provincia de Misiones. Hacia el Sur, en las provincias de Corrientes y Entre Ríos, se transforman en cuchillas o lomadas de origen sedimentario más bajas aún, constituyendo una topografía ondulante. La gran llanura Chaco-pampeana es una planicie con pocas ondulaciones, subtropical al Norte (Chaco) y templada al Sur (Llanura pampeana). Drenada en gran parte por el río Paraná, y los ríos que la surcan son sinuosos, presentando además esteros y pantanos en el Chaco y gran cantidad de lagunas en la Pampa. La monotonía del paisaje pampeano sólo se quiebra con la presencia de los sistemas serranos de Tandilia y Ventania (Ringuelet 1956b).



Figura 2. Mapa mostrando el área que abarcó el presente estudio, correspondiendo a la República Argentina.

### *III.2- Datos de distribución.*

Para el análisis se utilizaron 772 registros de distribución (ANEXO I) pertenecientes a 55 especies de Mygalomorphae (Tabla 1) presentes en Argentina representando a las familias Dipluridae Simon 1889, Hexathelidae Simon 1892, Idiopidae Simon 1889, Migidae Simon 1889, Mecicobothriidae Holmberg 1882, Microstigmatidae Roewer 1942, Nemesiidae Simon 1889 y Theraphosidae Thorell 1869. Para especies con amplia distribución en varios países, sólo se tuvieron en cuenta los registros correspondientes a la Argentina. Los datos incluidos en el análisis se obtuvieron a partir de material proveniente de colectas en el campo con puntos georeferenciados con GPS (Garmin Etrex Legend Hcx) y de la revisión de material depositado en los siguientes museos: MACN-Museo Argentino de Ciencias Naturales

“Bernardino Rivadavia” (Curadora Cristina Scioscia), Buenos Aires, Argentina, MLP-Museo de La Plata (Curador Luis Pereira), Buenos Aires, Argentina. Además, la base de datos se complementó mediante la obtención de registros adicionales provenientes de la literatura aracnológica (Schiapelli & Gerschman de Pikelin 1945, 1960, 1963, 1964, 1967, 1968a, b, 1970, 1973, 1975, Gerschman de Pikelin & Schiapelli 1960, 1963, 1966, 1971, 1973, 1978, Gerstch & Platnick 1979, Goloboff 1982a, b, 1987a, b, 1988, Goloboff & Platnick 1992, Goloboff 1995, Bertani 2001, Guadanucci 2004, Fukushima *et al.* 2011) y del portal Global Biodiversity Information Facility GBIF (<http://gbif.org/datasets/resources/> 8/3/2011).

Para los registros con ausencia de datos geográficos georeferenciados, los valores de latitud y longitud de las respectivas localidades se geo-referenciaron de acuerdo a las siguientes bases de datos: Gacetilla Global (Falling Rains Genomics 2007), gacetilla para Argentina y Uruguay utilizando el programa DIVA-GIS 7.4 (Hijmans *et al.* 2011) y GEODY ([www.geody.com](http://www.geody.com)). Otras especies, incluyendo *Acanthogonatus birabeni* Goloboff 1995, *A. pissii* (Simon 1889), *A. parana* Goloboff 1995, *Chaco patagonica* Goloboff 1995, *C. sanjuanina* Goloboff 1995, *C. tecka* Goloboff 1995, *Diplura argentina* (Canals 1931), *D. paralela* (Mello-Leitão, 1923) y *Neocteniza spinosa* Goloboff 1987 han sido citadas para una única localidad, por lo que dichos registros no proveen información relevante para el criterio de optimización ni aportan valor al análisis de parsimonia de endemismo, por lo que se excluyeron de los análisis. Los mapas de distribución de las especies se construyeron utilizando Global Mapper 11.0 y se muestran en el ANEXO II.

Tabla 1. Listado de las especies de Mygalomorphae de Argentina utilizadas para el análisis biogeográfico.

Especies	
<i>Acanthogonatus centralis</i> Goloboff, 1995	<i>Homoeomma uruguayense</i> (Mello-Leitão, 1946)
<i>Acanthogonatus confusus</i> Goloboff, 1995	<i>Homoeomma elegans</i> (Gerschman & Schiapelli, 1958)
<i>Acanthogonatus fuegianus</i> (Simon, 1902)	<i>Idiops clarus</i> (Mello-Leitão, 1946)
<i>Acanthogonatus notatus</i> (Mello-Leitão, 1940)	<i>Idiops hirsutipedis</i> Mello-Leitão, 1941
<i>Acanthogonatus patagonicus</i> (Simon, 1905)	<i>Ischnothele annulata</i> Tullgren, 1905
<i>Acanthoscurria chacoana</i> Brèthes, 1909	<i>Lycinus longipes</i> Thorell, 1894
<i>Acanthoscurria cordubensis</i> Thorell, 1894	<i>Mecicobothrium thorelli</i> Holmberg, 1882
<i>Acanthoscurria sternalis</i> Pocock, 1903	<i>Melloleitaoina crassifemur</i> Gerschman & Schiapelli, 1960
<i>Acanthoscurria suina</i> Pocock, 1903	<i>Neocteniza australis</i> Goloboff, 1987
<i>Calathotarsus simoni</i> Schiapelli & Gerschman, 1975	<i>Neocteniza chancani</i> Goloboff & Platnick, 1992
<i>Catumiri argentinense</i> (Mello-Leitão, 1941)	<i>Neocteniza minima</i> Goloboff, 1987
<i>Chaco obscura</i> Tullgren, 1905	<i>Neocteniza toba</i> Goloboff, 1987
<i>Chaco tucumana</i> Goloboff, 1995	<i>Paraphysa scrofa</i> (Molina, 1788)
<i>Chilehexops misionensis</i> Goloboff, 1989	<i>Plesiopelma longisternale</i> (Schiapelli & Gerschman, 1942)
<i>Cyriocosmus versicolor</i> (Simon, 1897)	<i>Pycnothele modesta</i> (Schiapelli & Gerschman, 1942)
<i>Diplothelopsis bonariensis</i> Mello-Leitão, 1938	<i>Rachias timbo</i> Goloboff, 1995
<i>Diplothelopsis ornata</i> Tullgren, 1905	<i>Scotinoecus fasciatus</i> Tullgren, 1901
<i>Diplura paraguayensis</i> (Gerschman & Schiapelli, 1940)	<i>Stenoterommata crassistyla</i> Goloboff, 1995
<i>Euathlus truculentus</i> Koch, 1875	<i>Stenoterommata iguazu</i> Goloboff, 1995
<i>Eupalaestrus campestratus</i> (Simon, 1891)	<i>Stenoterommata palmar</i> Goloboff, 1995
<i>Eupalaestrus weijenberghi</i> (Thorell, 1894)	<i>Stenoterommata platensis</i> Holmberg, 1881
<i>Grammostola anthracina</i> (Koch, 1842)	<i>Stenoterommata quena</i> Goloboff, 1995
<i>Grammostola burzaquensis</i> Ibarra-Grasso, 1946	<i>Stenoterommata tenuistyla</i> Goloboff, 1995
<i>Grammostola chalthrix</i> Chamberlin, 1917	<i>Stenoterommata uruguayi</i> Goloboff, 1995
<i>Grammostola doeringi</i> (Holmberg, 1881)	<i>Vitalius paranaensis</i> Bertani, 2001
<i>Grammostola grossa</i> (Ausserer, 1871)	<i>Xenonemesia platensis</i> Goloboff, 1989
<i>Grammostola inermis</i> Mello-Leitão, 1941	
<i>Grammostola pulchripes</i> (Simon, 1891)	
<i>Grammostola vachoni</i> Schiapelli & Gerschman, 1961	

### III.3- Análisis de parsimonia de endemismo (PAE).

Las áreas de endemismo se identificaron siguiendo la metodología propuesta por Morrone (1994, 2005b) y Posadas & Miranda-Esquivel (1999). Se construyó una grilla que dividió el área de estudio en cuadrículas de 2° y 1° utilizando Global Mapper 11.0 (Fig. 3). Luego se construyó una matriz en la cual las columnas representan los taxones y las filas las cuadrículas (ver Tablas 6 y 7 en ANEXO III), conteniendo un valor de “1” si el taxón está presente en la celda o un “0” si está ausente. A la matriz se adicionó una cuadrícula codificado como “o” para todas las columnas para enraizar el cladograma final.

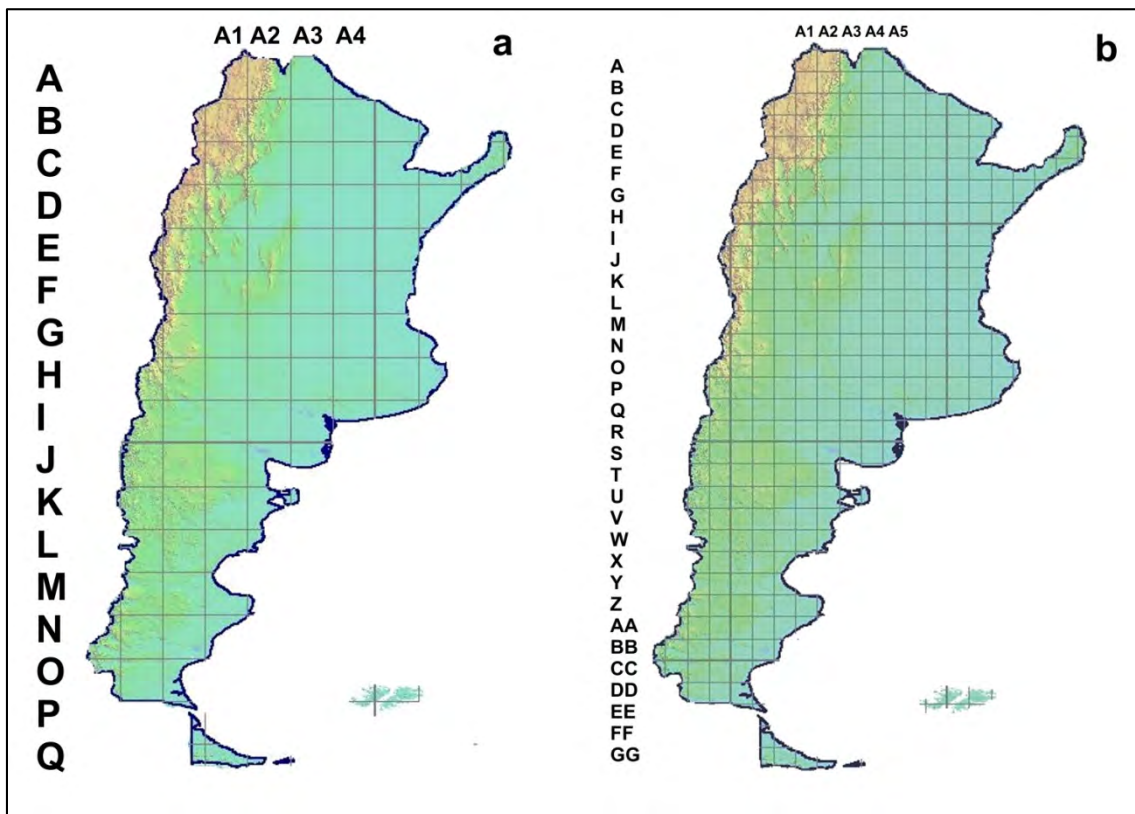


Figura 3. Área de estudio (Argentina) dividida en cuadrículas utilizada para el PAE. (a) cuadrículas de 2 x 2°. (b) cuadrículas de 1 x 1°.

Las matrices de datos se analizaron con el programa de análisis de parsimonia TNT 1.1 (Goloboff *et al.* 2003) utilizando una búsqueda tradicional heurística y regla de colapsamiento “tbr” (tree bisection reconnection) almacenando todos los árboles

igualmente parsimoniosos. Bajo este algoritmo el árbol es dividido en dos partes que luego son reconectadas a través de todas las ramas posibles para encontrar el árbol más corto (Goloboff *et al.* 2008). Los cladogramas obtenidos se visualizaron utilizando Winclada (BETA) versión 0.9.9 (Nixon 1999).

Las cuadrículas más basales o aquellas que estén soportadas por al menos dos especies endémicas se consideraron como áreas de endemismo (Morrone 1994a, Cardoso da Silva *et al.* 2004). Luego, los rangos de distribución de las especies endémicas que delimitaron cada área obtenida se mapearon utilizando Global Mapper 11.0. Finalmente, los límites de cada área de endemismo fueron propuestos en base al grado de superposición entre los rangos de distribución de sus especies endémicas (Morrone 1996, Posadas & Miranda-Esquivel 1999, Cardoso da Silva *et al.* 2004).

### III.4- Criterio de optimación (NDM).

La búsqueda de áreas de endemismo se realizó siguiendo el análisis de endemividad propuesto por Szumik *et al.* (2002) y Szumik & Goloboff (2004) implementado en los programas (NDM/VNDM) (Goloboff 2011). El criterio de optimación utilizado en este estudio para la evaluación de las áreas tiene en cuenta el concepto clásico de área de endemismo, por ejemplo, un área que presenta dos o más taxones que se encuentran allí y no en otro lugar (Platnick 1991). Por lo tanto, el valor de endemividad se calcula de la siguiente manera (Szumik & Goloboff 2004, Szumik *et al.* 2006):

$$E = \sum V_j$$

Donde  $V_j$  es el valor de endemividad de una especie individual  $j$ , en el grupo de cuadrículas  $A$ :

$$V_j = \frac{P + (iF_i) + (aF_a)}{S + \left(\frac{o}{F_o}\right) + \left(\frac{d}{F_d}\right) + \left(\frac{n}{F_n}\right)}$$

Donde  $P$  es el número de cuadrículas de  $A$  donde la especie  $j$  está realmente presente;  $i$ , número de cuadrículas del área donde la especie no está presente, pero donde satisface la regla de homogeneidad (la especie se “infiere” como presente);  $a$ , número de cuadrículas de  $A$  en los cuales la especie se asume que está presente;  $S$ , es el tamaño de  $A$  o número total de cuadrículas;  $o$ , grupo de cuadrículas fuera de  $A$  pero adyacentes en el cual la especie ha sido observada;  $d$ , igual que el anterior pero la especie se asume que está presente;  $n$ , grupo de cuadrículas no adyacentes a  $A$  donde la especie se asume que está presente;  $fi$ , factor para presencias inferidas dentro del área (por defecto 0,50);  $fa$ , factor para presencias asumidas dentro del área (por defecto 0,75);  $fo$ , factor para presencias observadas dentro del área (por defecto 0,50);  $fd$ , factor para presencias asumidas adyacentes al área;  $fn$ , factor para presencias asumidas no-adyacentes al área. Estos factores hacen que cada uno de los términos de la fórmula sea más o menos influyente; todos ellos pueden ser modificados de manera que es posible tratar las presencias fuera del área, o ausencias dentro, en forma desde muy benévola hasta muy estricta (Szumik & Goloboff 2004, Szumik *et al.* 2006).

En términos generales, los registros de una especie distribuidos homogéneamente dentro del área evaluada aumentarían el índice de endemidad o  $E$  de tal especie, mientras que la presencia de registros fuera del área disminuirá su índice de endemidad. El índice de endemidad de un área es igual a la suma de los  $E$  de sus especies endémicas, de manera que cuanto más especies endémicas presente un área, y cuanto mayor sea su grado de endemidad, el grupo de cuadrículas estará mejor apoyado como “área de endemismo” (Szumik & Goloboff 2004, Casagrande *et al.* 2009).

En el presente estudio se utilizaron cuatro tamaños de grilla diferentes,  $2^\circ$ ,  $1,5^\circ$ ,  $1^\circ$  y  $0,5^\circ$  (equivalente a 200, 150, 100 y 50 km aproximadamente) para todo el territorio de la Argentina. Las grillas presentaron el mismo origen tanto latitudinal como longitudinal. Cuando se utilizan diferentes tamaños de grilla pero el mismo

origen latitudinal y longitudinal, los puntos de distribución de cada especie se reubican en cada análisis, por lo que dos puntos previamente ubicados en una misma cuadrícula pueden caer en diferentes cuadrículas cuando se cambia el tamaño de grilla. Aquellas áreas que no soportan un cambio en el tamaño de grilla pueden ser un simple artefacto de la grilla específica. Consecuentemente, la resistencia a los cambios en el tamaño de grilla resulta un factor importante cuando se evalúa un patrón de distribución específico, y dichas áreas pueden ser consideradas más robustas y mejor soportadas por los datos (Aagesen *et al.* 2009, Navarro *et al.* 2009).

Para la descripción y comparación de los resultados se utilizaron áreas de consenso. Análogamente a los consensos de árboles en filogenia, las áreas de consenso resumen información común contenida en las hipótesis individuales resultantes (Casagrande *et al.* 2009). Un área consenso reúne áreas de endemismo individuales que presentan un porcentaje de especies endémicas en común. La similitud entre las diferentes áreas de endemismo puede ser medida de manera más o menos estricta, dando lugar a consensos “estrictos” o “flexibles”. La utilización de las áreas consenso facilita la revisión y comparación de los resultados, mostrando en forma sintética los patrones generales encontrados.

El criterio de optimización se aplicó utilizando NDM versión 3 (Goloboff 2011). Los datos se ingresaron en forma de coordenadas geográficas (latitud/longitud) y el origen de las grillas fue de  $x = -73,077$ ;  $y = -20,285$ . Los valores de los factores permanecieron sin modificación (por defecto):  $fi = 0,5$ ;  $fo = 0,5$ ;  $fd = 2$ ;  $fn = 0,5$  y  $fa = 0,75$ . Se utilizaron los siguientes parámetros constantes con todos los tamaños de grilla: guardar áreas que contengan dos o más especies endémicas y retener grupos con valores de endemidad por encima de 2,000. Además, en este estudio se utilizó un consenso “estricto”, agrupando áreas de endemismo que compartan como mínimo un 50% de sus especies endémicas. El índice  $E$  de endemidad engloba los cuatro criterios propuestos por Szumik *et al.* (2002) y se utilizaron sólo datos de presencia y ausencia, dejando de lado asumidas e inferidas. De esta manera, el análisis se llevó a cabo en ausencia del rellenado de la distribución de especies. Los resultados



se examinaron con el programa VNDM versión 3 (Goloboff 2011) y las especies endémicas y áreas de endemismo se identificaron y mapearon utilizando Global Mapper 11,0.

### *III.5- Propuestas biogeográficas.*

#### *III.5.1- Propuesta de Cabrera & Willink (1973).*

Cabrera & Willink (1973) presentan una subdivisión de América del Sur reconociendo dos regiones (Neotropical y Antártica) y seis dominios, cinco de ellos en la región Neotropical (Caribe, Amazónico, Guayano, Chaqueño y Andino-Patagónico) y uno (Subantártico) en la región Antártica. En Argentina, se reconocen 11 provincias biogeográficas que se detallan a continuación (Fig. 4).

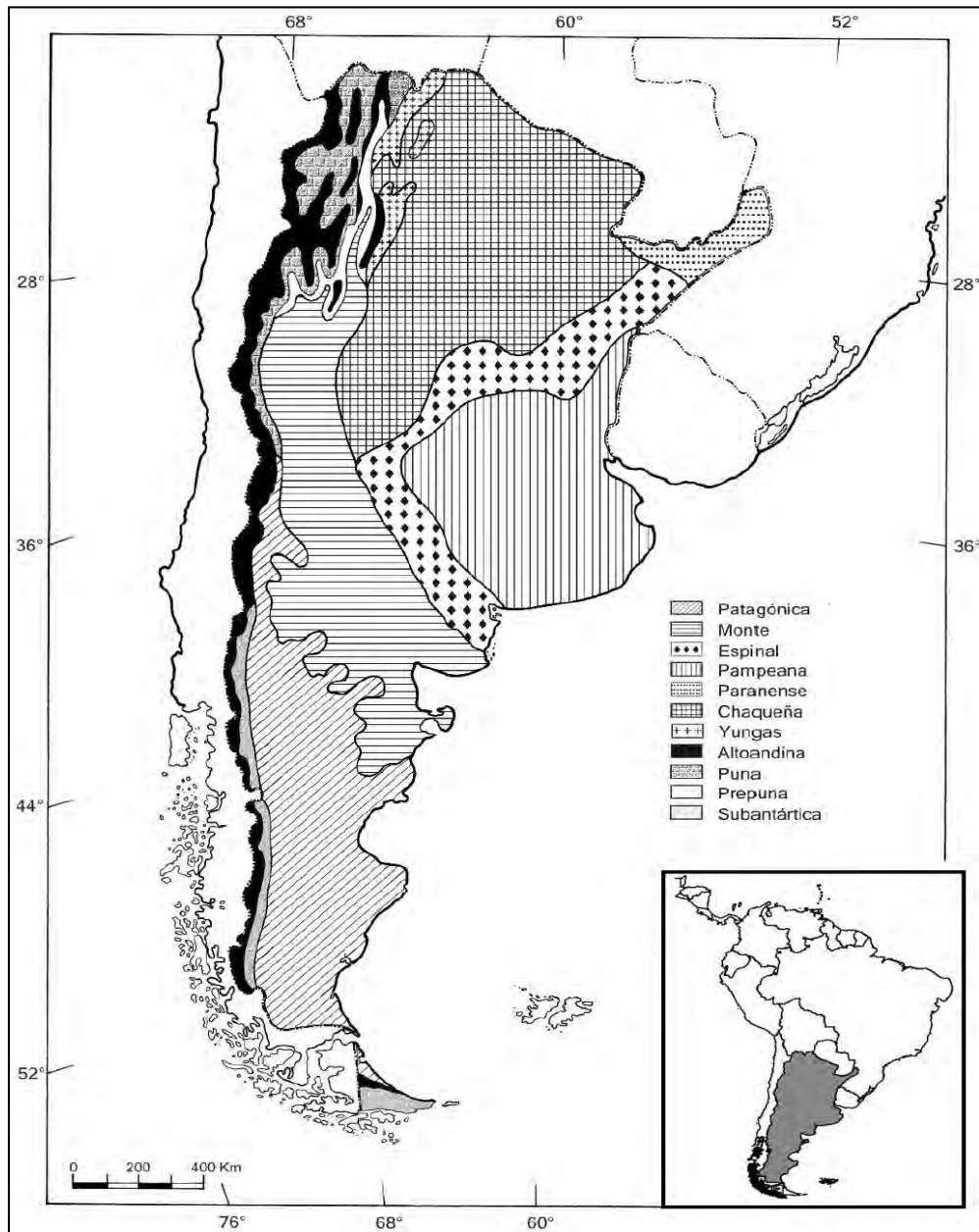


Figura 4. Mapa de las provincias biogeográficas de Argentina de acuerdo a Cabrera & Willink (1973). Modificado de Katinas *et al.* (2007).

## Región Neotropical

### Dominio Amazónico

*Provincia Paranaense:* Comprende el extremo Sur de Brasil, el extremo Noreste de Argentina y el Este de Paraguay. La precipitación anual varía entre 1500 y 2000 milímetros y la temperatura entre 16°C y 22°C. El terreno es montañoso, con

serranías de poca altura que van elevándose hacia el Este, hasta alcanzar unos 3000 metros en las montañas costeras. La vegetación dominante es la selva subtropical, y también pueden hallarse bosques de *Araucaria* y sabanas cerradas.

*Provincia de las Yungas:* Se extiende desde las laderas orientales de los Andes, formando una faja angosta desde Venezuela hasta el Noroeste de Argentina. En su extremo Sur limita al Este con la provincia Chaqueña y con la provincia Amazónica. El clima es frío y húmedo. Se extiende entre los 500 y los 3000 metros de altitud. La vegetación predominante es la selva nublada, caracterizada por plantas lauráceas y mirtáceas. Además, presenta bosques caducifolios de *Alnus*, bosques de *Podocarpus* y praderas.

### **Dominio Chaqueño**

*Provincia Chaqueña:* Se extiende por el Sur de Bolivia, Oeste de Paraguay y Norte de Argentina (desde Córdoba, San Luis, Santa Fé hasta el Noroeste de Corrientes). Abarca llanuras y sierras de poca elevación, de clima continental y lluvias estivales, desde unos 500 hasta 1200 milímetros anuales. El tipo de vegetación predominante es el bosque xerófilo caducifolio, con un estrato herbáceo de gramíneas, cactáceas y bromeliáceas. También se encuentran sabanas, palmares y estepas arbustivas halófilas.

*Provincia del Espinal:* En Argentina, se extiende en forma de arco irregular desde el centro de Corrientes y Norte de Entre Ríos, por el centro de Santa Fé y Córdoba, San Luis, centro de La Pampa, hasta el Sur de Buenos Aires. Su tipo dominante de vegetación es el bosque xerófilo. Hay también palmares, estepas gramíneas y halófilas. Los bosques del Espinal se prolongan hacia el Este, Oeste y Sur.

*Provincia Prepuneña:* Abarca las quebradas y laderas secas del Noroeste de Argentina, desde Jujuy a La Rioja, entre los 1000 y los 3400 metros de altura. La

presencia de la Prepuna depende de la disposición y orientación de las montañas, bajo un clima seco y cálido, con lluvias estivales. La vegetación es predominantemente arbustiva, baja y esparcida, mezcladas con cactáceas arborescentes.

*Provincia del Monte:* Ocupa una gran extensión en las regiones áridas de la Argentina, desde la provincia de Salta hasta el Noreste de Chubut. Esta provincia comprende llanuras arenosas, bolsones, mesetas y laderas bajas de montañas. El clima es seco y cálido con precipitaciones de 80 a 250 milímetros anuales. La formación vegetal dominante es el matorral, donde predomina las plantas zigofiláceas y muchas especies arbustivas. En la parte septentrional de la provincia son muy abundantes las cactáceas, mientras que son escasas en el extremo Sur.

*Provincia Pampeana:* Ocupa las llanuras del Este de la Argentina, Uruguay, y la mitad austral de Rio Grande do Sul, en Brasil. Abarca una región llana o ligeramente ondulada, con algunas montañas de poca altura (hasta 1200 metros). El clima es templado-cálido, con precipitaciones todo el año, que disminuyen de Norte a Sur y de Este a Oeste, desde unos 1200 a 600 milímetros anuales. La vegetación dominante es la estepa de gramíneas, con numerosas especies de herbáceas y arbustos. También existen numerosas comunidades hidrófilas y asociaciones saxícolas en las serranías (Tandilia y Ventania en Buenos Aires).

### **Dominio Andino-Patagónico**

*Provincia Altoandina:* Abarca las altas montañas de la Cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta tierra del Fuego. En las zonas tropicales, esta provincia aparece por encima de los 4200 metros de altura, descendiendo hacia el Sur, y en Tierra del Fuego hasta los 500 metros de altura. El clima es frío durante todo el año. Los suelos son poco profundos y pedregosos. La vegetación es pobre, predominando las gramíneas xerófilas y dicotiledóneas rastreras.

*Provincia Puneña:* Esta provincia cubre la Puna, altiplano que se extiende entre los dos brazos en que se abre la Cordillera de los Andes. En esta región se forman extensos bolsones llanos, separados por cadenas de montañas y bordeados por la Cordillera de los Andes. Su altitud suele hallarse entre los 3200 y los 4400 metros; más arriba se encuentra la provincia Altoandina. El clima es seco y frío, con grandes contrastes de temperaturas todo el año y lluvias estivales. La vegetación dominante es la estepa arbustiva formada por matas. También se encuentran pastizales en suelos más húmedos y bosques abiertos de queñoa (*Polylepis tomentella*) en laderas y quebradas.

*Provincia Patagónica:* Se extiende hacia el Sur de Argentina desde el centro de la Precordillera de Mendoza y se ensancha hasta ocupar la zona occidental de Neuquén y Río Negro. El paisaje está formado por mesetas, serranías y valles. El clima es seco y templado-frío y la precipitación oscila entre los 100 y 270 milímetros anuales. La vegetación dominante es la estepa arbustiva, con predominio de matas. En las zonas occidentales más húmedas predominan estepas gramíneas.

### Región Antártica

#### Dominio Subantártico

*Provincia Subantártica:* Se extiende formando estrechas fajas sobre la cordillera de la costa y los primeros contrafuertes de los Andes. Abarca todo el territorio chileno y la vertiente oriental de la cordillera en territorio Argentino. Desde aquí se extiende por Chile hasta el estrecho de Magallanes y sobre una estrecha faja de la ladera Este de los Andes, comprendiendo también Tierra del Fuego. Transcurre sobre montañas y valles de clima templado y húmedo. Hay precipitaciones durante todo el año y más concentradas en el verano. El tipo de vegetación dominante es el bosque, caducifolio o perennifolio, pero también hay praderas y extensas regiones de turberas.

*III.5.2- Propuesta de Morrone (2001b, 2006).*

En este esquema se presentan las regiones Neotropical (con las subregiones Caribeña, Amazónica, Chaqueña y Paranense), Andina (con las subregiones Chilena Central, Subantártica y Patagónica) y la zona de transición sudamericana. En Argentina, se identifican 11 provincias biogeográficas que se detallan a continuación (Fig. 5).



Figura 5. Mapa de las provincias biogeográficas de Argentina de acuerdo a Morrone (2001b, 2006).

## Región Neotropical

### Subregión Amazónica

*Provincia de las Yungas:* Se ubica en las laderas orientales de los Andes, entre los 300 y 3500 metros de altitud, desde el Norte de Perú hasta el Noroeste de Argentina. La vegetación está conformada por bosques secos y nublados, especialmente ricos en Lauraceae y Myrtaceae, alternando con bosques de *Alnus acuminata* y *Podocarpus* spp., y pastizales. Además, se reconocen tres tipos vegetacionales: bosque subtropical premontano, bosque húmedo subtropical montano y bosque nublado templado.

### Subregión Paranaense

*Provincia Bosque Paranaense:* Se ubica en el Sudeste de Brasil, Noreste de Argentina y Este de Paraguay. La vegetación está conformada por árboles de 20 a 30 metros de altura, árboles de menor altura, sotobosques de bambúes o de helechos arborescentes. La flora también es rica en gramíneas, compuestas, leguminosas y otras familias arbustivas y herbáceas. Esta provincia ocupa la parte más elevada de las sierras del Sudeste de Brasil, por encima de los 1800 metros de altura.

*Provincia del Bosque de Araucaria angustifolia:* Se extiende en el Sur del Brasil y Noreste de la Argentina, entre los 800 y 1200 metros de altitud, con un clima húmedo. La vegetación dominante es el bosque de *Araucaria angustifolia* (pino), alternando con varias especies de Lauraceae y Myrtaceae. Entre los bosques de *Araucaria* y las selvas de las zonas más bajas, hay amplios ecotonos donde la selva se mezcla con el bosque.

## Subregión Chaqueña

*Provincia del Chaco:* Se ubica al Sur de Bolivia, Oeste de Paraguay, Sur de Brasil y centro-Norte de Argentina. La vegetación se caracteriza por bosques caducifolios xéricos, con un estrato de gramíneas, cactáceas y bromeliáceas terrestres; también son frecuentes las sabanas y las estepas halófilas. Esta provincia se relaciona con las provincias de Pampa y Prepuna (Cabrera & Willink 1973). En la porción occidental de la provincia del Chaco existe un bosque premontano que es transicional con las Yungas. De acuerdo a Morrone (2001b, 2006), esta provincia está estrechamente relacionada con la provincia del Monte.

*Provincia de la Pampa:* Se ubica en el centro-Oeste de la Argentina entre los 30 y 39° de latitud Sur, Uruguay, y Sur del estado brasileño de Rio Grande do Sul. La vegetación se caracteriza por poseer sabanas, con gramíneas que pueden alcanzar 1 metro de altura, hierbas y arbustos; bosques xéricos similares a los de la provincia del Chaco, pero empobrecidos; sabanas inundables; y bosques en galería a lo largo de los ríos. La provincia de la Pampa está relacionada con las provincias del Chaco y del Monte, habiendo una secuencia de empobrecimiento biótico desde la provincia del Chaco hasta la de la Pampa, siendo la provincia del Monte intermedia entre ambas.

*Provincia del Monte:* Se extiende en el centro de la Argentina, aproximadamente entre los 27 y 44° de latitud Sur, desde la provincia de Salta hasta el Noroeste de Chubut. La vegetación está compuesta por matorrales abiertos, con zigofiláceas de los géneros *Larrea*, *Bulnesia* y *Plectrocarpa*. La provincia del Monte está estrechamente relacionada con la provincia del Chaco.

## Región Andina

### Subregión Subantártica



*Provincia del Bosque Magallánico:* Se ubica al Sur de Chile desde los 47° de latitud Sur hasta el Cabo de Hornos y Sur de la Argentina en pequeñas porciones del Oeste de Santa Cruz y Tierra del Fuego. Se trata de una provincia de clima frío y seco. La vegetación se caracteriza por bosques xéricos, con abundancia de *Notophagus betuloides* y bosques siempreverdes pantanosos. De acuerdo a los análisis biogeográficos, esta provincia está estrechamente relacionada con las provincias del Páramo Magallánico, Bosque Valdiviano e Islas Malvinas.

### Subregión Patagónica

*Provincia de la Patagonia Central:* Se extiende al Sudoeste de la Argentina, desde el centro de Mendoza hasta el Sur de Santa Cruz. La vegetación está compuesta por estepas arbustivas con especies dominantes como *Agostis pyrogea*, *Anarthrophyllum rigidum* y *Chuquiraga aurea*.

*Provincia de la Patagonia Subandina:* Se ubica al Sudoeste de la Argentina y constituye una franja angosta a lo largo de los Andes australes, al Sur de los 51° de latitud Sur, ensanchándose hacia el Sur hasta Santa Cruz. La vegetación se caracteriza por estepas arbustivas y entre algunas de las especies de plantas dominantes se encuentran *Atriplex reichiei*, *Bromus macanthrus* y *Festuca pallescens*.

### Zona de Transición Sudamericana

*Provincia de la Puna:* Se extiende en Bolivia, Norte de la Argentina y Chile, y Sur de Perú. La vegetación se caracteriza por estepa arbustiva, pastizales montanos, arbustos bajos, árboles y hierbas. De acuerdo a análisis biogeográficos, la provincia de la Puna se relaciona estrechamente con la provincia del Páramo Norandino.

*Provincia de la Prepuna:* Ubicada al centro y Noroeste de la Argentina, desde Jujuy hasta el Norte de Mendoza. La vegetación está compuesta por estepas arbustivas

con cactus columnares. Entre las especies dominantes de plantas se encuentran *Abromeitiella brevifolia*, *Acacia visco* y *Adesmia inflexa*.

### ***III.6- PAE y análisis multivariado para evaluar relaciones entre las provincias biogeográficas de Morrone (2001b, 2006).***

Para analizar la relación de las provincias biogeográficas de Morrone (2001b, 2006) de acuerdo a los patrones de distribución de arañas Mygalomorphae se realizó un PAE basado en áreas (Craw 1988, Cracraft 1991). Para ello, se construyó una matriz de datos de áreas x taxones, conteniendo 11 provincias geográficas (Morrone 2001b) x 55 taxones (ver Tabla 8 en ANEXO III), donde la presencia de un taxón en un área es codificada como “1” y su ausencia como “0”. Luego, se creó una raíz para el árbol agregando un área externa hipotética en la cual todos los taxones se encuentran ausentes. Las matrices de datos se analizaron con el programa de análisis de parsimonia TNT 1.1 (Goloboff *et al.* 2003) utilizando una búsqueda tradicional heurística y regla de colapsamiento “tbr” (tree bisection reconnection) almacenando todos los árboles igualmente parsimoniosos. Los cladogramas obtenidos se visualizaron utilizando Winclada (BETA) versión 0.9.9 (Nixon 1999).

Se construyó una matriz binaria de presencia “1” – ausencia “0” en base a los datos de distribución de las especies de Mygalomorphae en las provincias biogeográficas de Morrone (2001b) (Tabla 10 en ANEXO III). La similitud se evaluó mediante el coeficiente de Jaccard y se realizó un análisis de Cluster mediante el método de agrupamiento de ligamiento promedio no ponderado utilizando el programa PAST versión 1,89 (Hammer *et al.* 2009).

## IV. RESULTADOS

Para la denominación de las áreas en las respectivas provincias biogeográficas, se seguirá el esquema más reciente (Morrone 2001b, 2006).

### IV.1- Áreas de endemismo.

#### IV.1.1- Análisis de parsimonia de endemismo (PAE).

El análisis de parsimonia de endemismo (PAE) basado en la matriz de cuadrículas de 2° x especies arrojó 20 árboles con 197 pasos, un índice de consistencia de 0,279 y un índice de retención de 0,560. El árbol de consenso estricto obtenido (Fig. 6) presentó 350 pasos. En este árbol se identificaron tres grupos definidos por dos, tres y dos especies respectivamente, mientras que las relaciones de las cuadrículas restantes permanecieron sin resolución.

El primer grupo identificado se ubicó en Patagonia Subandina y Patagonia Central (Área 1 en Fig. 7). Este grupo, conformado por dos subgrupos resultantes de celdas próximas entre sí, estuvo soportado por las especies *Acanthogonatus notatus* y *Acanthogonatus fuegianus*, y cubrió las cuadrículas K2, L2, K1 y L1. El segundo grupo resultante del análisis cubrió las cuadrículas B8 y C8, definido por las especies *Rachias timbo*, *Stenoterommata iguazu* y *Stenoterommata uruguayi*. Esta área se comprendió las provincias Bosque Paranaense y Bosque de *Araucaria angustifolia* (Área 2 en Fig. 7). Por último, el tercer grupo identificado cubrió las cuadrículas A3, A2 y B3 y estuvo definido por las especies *Chaco obscura*, *Stenoterommata quena* y *Neocteniza minima*. Esta área se ubicó en las provincias de Chaco, Yungas y Prepuna (Área 3 en Fig. 7). A su vez, se detectó un subgrupo conformado por las celdas A2 y B3 definido por las especies *Chaco obscura*, *Stenoterommata quena*.

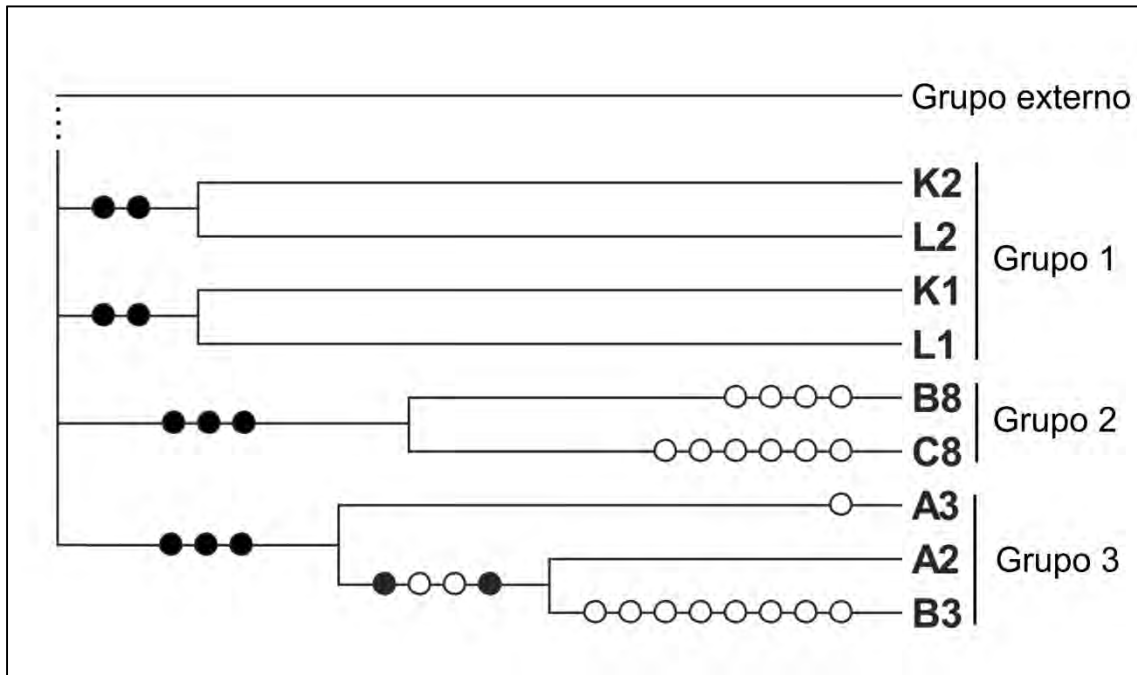


Figura 6. Árbol de consenso estricto de arañas Mygalomorphae con 350 pasos obtenido aplicando análisis de parsimonia de endemismo basado en cuadrículas de 2°. Sólo se muestra la porción resuelta del árbol.

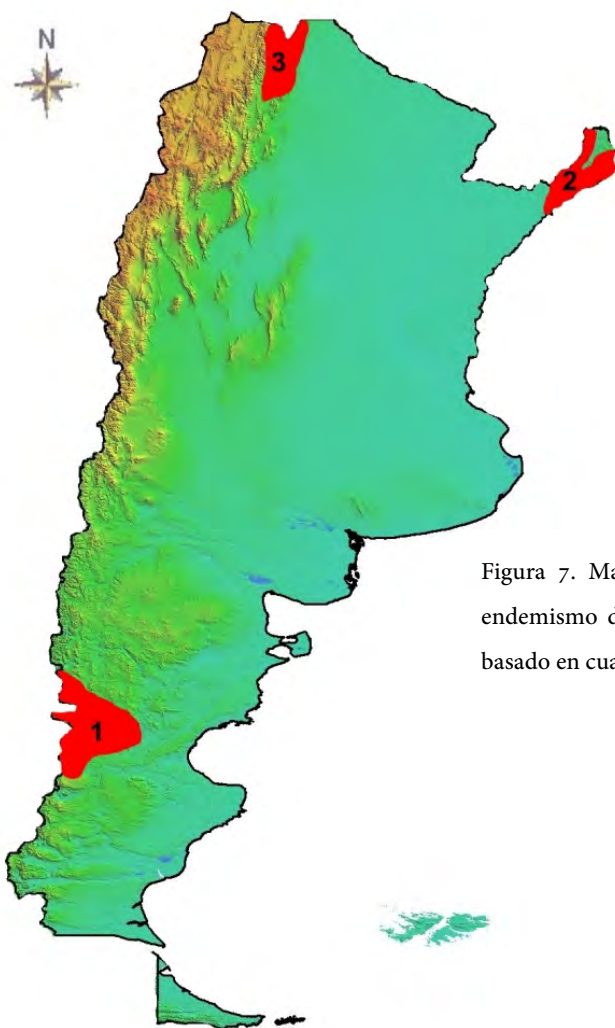


Figura 7. Mapa de Argentina mostrando en rojo las áreas de endemismo de arañas Mygalomorphae obtenidas mediante PAE basado en cuadrículas de 2°. Las áreas se numeran de 1 a 3.

El análisis de parsimonia de endemismo (PAE) basado en la matriz de cuadrículas de 1° x especies arrojó 30 árboles con 241 pasos, un índice de consistencia de 0,224 y un índice de retención de 0,571. El árbol de consenso estricto obtenido (Fig. 8) presentó 475 pasos. En este árbol se identificaron dos grupos definidos por tres y dos especies respectivamente, mientras que las relaciones de las cuadrículas restantes permanecieron sin resolución.

El primer grupo identificado (Área 1 en Fig. 9) se ubicó en las provincias Bosque Paranaense y Bosque de *Araucaria angustifolia* cubriendo las celdas D13 y E12. Esta área estuvo soportada por las especies *Rachias timbo*, *Stenoterommata iguazu* y *Stenoterommata uruguayi*. El segundo grupo recuperado cubrió las cuadrículas V1, V4, W2 y X3 y se ubicó en Patagonia Subandina y Patagonia Central (Morrone 2001b) (Área 2 en Fig. 9). Este grupo estuvo definido por las especies *Acanthogonatus notatus* y *Acanthogonatus patagonicus*.

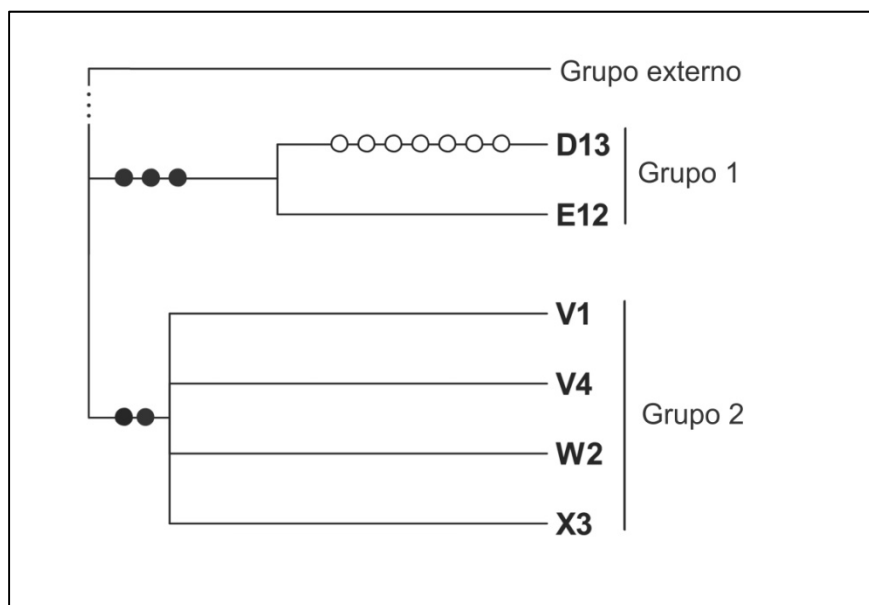


Figura 8. Árbol de consenso estricto de arañas Mygalomorphae con 475 pasos obtenido aplicando análisis de parsimonia de endemismo basado en cuadrículas de 1°. Sólo se muestra la porción resuelta del árbol.

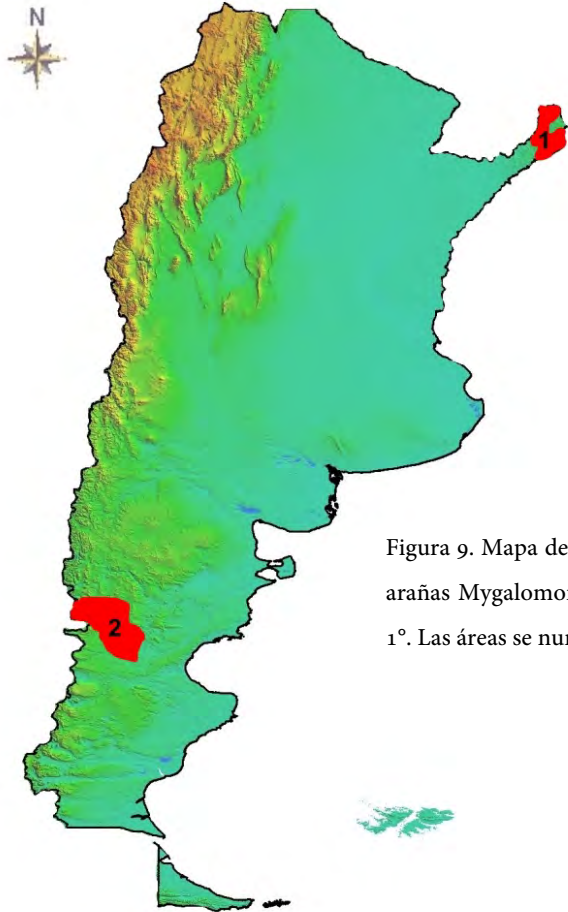


Figura 9. Mapa de Argentina mostrando en rojo las áreas de endemismo de arañas Mygalomorphae obtenidas mediante PAE basado en cuadrículas de 1°. Las áreas se numeran 1-2.

#### IV.1.2- Criterio de optimización (NDM).

El primer análisis realizado con cuadrículas de 2° para la identificación áreas de endemismo conteniendo al menos dos especies endémicas, examinó 1816 grupos resultando en 9 grupos de cuadrículas o áreas con el mayor valor de endemividad. A partir de estos resultados, se obtuvieron 8 áreas consenso (Tabla 2). El primer área de consenso (AC<sub>0</sub>) identificado presentó un valor de endemividad (E) de 2,106 – 2,356, con 4 especies endémicas. Esta área se ubicó en el Noreste de Argentina (Fig. 10) y correspondió a Bosque Paranaense, Chaco y Pampa. Además, se identificó un área de consenso (AC<sub>4</sub>) al Este de Argentina (Fig. 11) con un valor de endemividad (E) de 2,300 – 2,550 y 3 especies endémicas que comparten 4 de sus celdas con el área AC<sub>0</sub> en las provincias de Entre Ríos y Buenos Aires. Esta área se ubicó en Chaco y Pampa.

## Capítulo IV

Tabla 2. Áreas de consenso (AC) obtenidas usando grillas de 2°. Para cada AC se indica: especies endémicas presentes con valores de aporte al área de endemismo y tamaño del área (expresado en número de cuadrículas o celdas).

Área de endemismo (consenso)	Especies presentes y valor que aporta al área de endemismo	Tamaño del área
AC <sub>0</sub>	<i>Acanthoscurria suina</i> (0,509), <i>Grammostola anthracina</i> (0,329), <i>Hommoeoma uruguayense</i> (0,658) y <i>Stenoterommata palmar</i> (0,611)	8
AC <sub>1</sub>	<i>Acanthoscurria sternalis</i> (0,703), <i>Grammostola pulchripes</i> (0,609), <i>Ischnothele annulata</i> (0,778) y <i>Pycnothele modesta</i> (0,722)	27
AC <sub>2</sub>	<i>Euathlus truculentus</i> (0,850), <i>Lycinus longipes</i> (0,434) y <i>Paraphysa scrofa</i> (0,850)	10
AC <sub>3</sub>	<i>Diplura paraguayensis</i> (0,350), <i>Eupalaestrus campestratus</i> (0,800), <i>Homoeomma elegans</i> (0,700), <i>Rachias timbo</i> (0,700), <i>Stenoterommata iguazu</i> (0,700) y <i>Stenoterommata uruguayi</i> (0,700)	4
AC <sub>4</sub>	<i>Homoeomma uruguayense</i> (0,800), <i>Stenoterommata tenuistyla</i> (0,700) y <i>Xenonemesia platensis</i> (0,800)	5
AC <sub>5</sub>	<i>Calathotarsus simoni</i> (0,750), <i>Grammostola burzaquensis</i> (0,875) y <i>Mecicobothrium thorelli</i> (0,875)	4
AC <sub>6</sub>	<i>Chaco obscura</i> (0,750), <i>Cyriocosmus versicolor</i> (0,875), <i>Neocteniza minima</i> (0,750) y <i>Neocteniza toba</i> (0,557)	4
AC <sub>7</sub>	<i>Acanthoscurria chacoana</i> (0,688), <i>Idiops hirsutipedis</i> (0,719), <i>Ischnothele annulata</i> (0,599) y <i>Pycnothele modesta</i> (0,641)	16

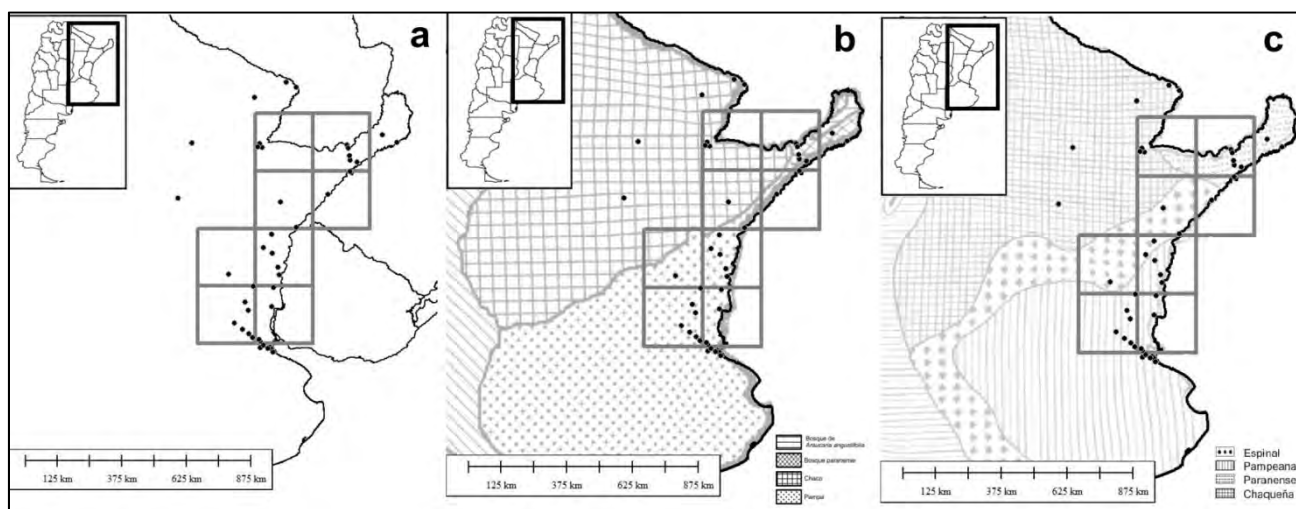


Figura 10. Área de consenso (AC<sub>0</sub>) de arañas Mygalomorphae obtenida usando grilla de 2°. (a) Ubicación del área en Argentina. (b) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Morrone (2001b). (c) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Cabrera & Willink (1973).

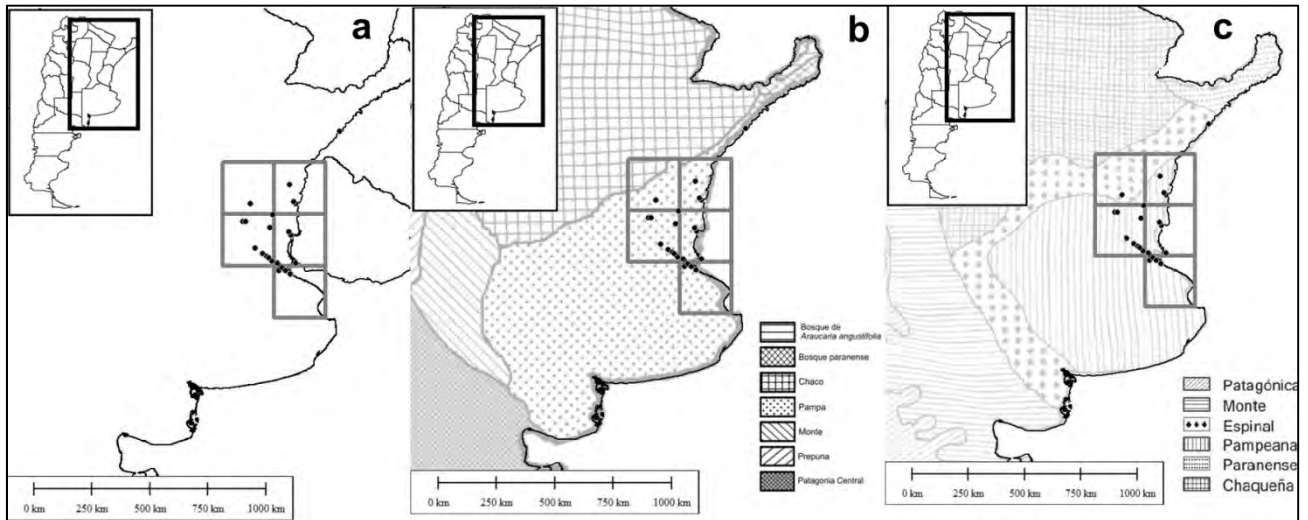


Figura 11. Área de consenso ( $AC_4$ ) de arañas Mygalomorphae obtenida usando grilla de  $2^\circ$ . (a) Ubicación del área en Argentina. (b) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Morrone (2001b). (c) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Cabrera & Willink (1973).

Las siguientes áreas de consenso ( $AC_1$  y  $AC_7$ ) identificadas se ubicaron en el Norte de Argentina (Figs. 12 y 13). El área  $AC_1$  presentó un valor de endemidad (E) de 2,811 – 3,061 y 4 especies endémicas. Esta área correspondió las provincias de Bosque Paranaense, Chaco, Pampa, Yungas, Puna, Prepuna y Monte (Fig. 12). El área  $AC_7$  estuvo soportada por 4 especies endémicas y obtuvo un valor de endemidad (E) de 2,646 – 2,896. Esta área se ubicó en Bosque Paranaense, Chaco y Monte (Fig. 13).

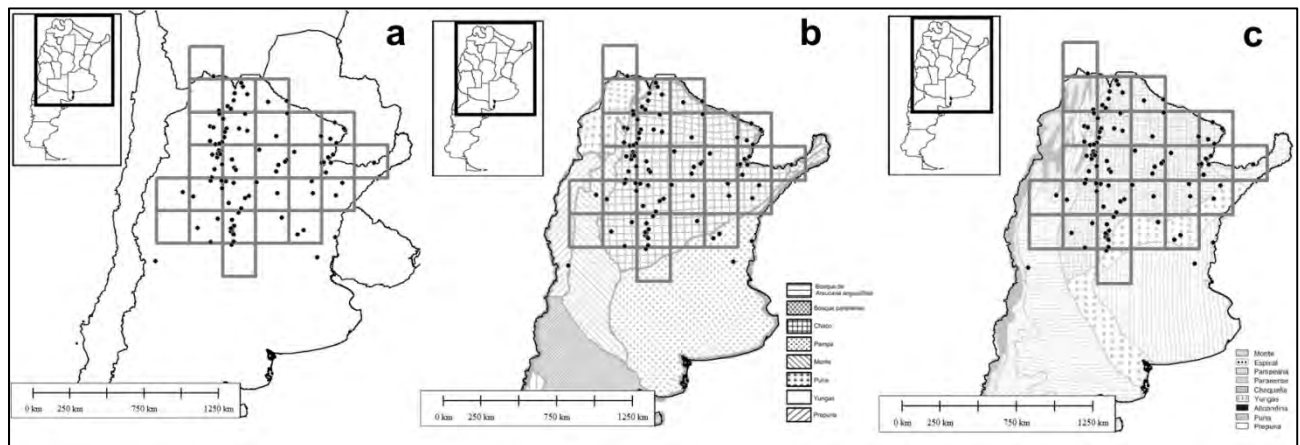


Figura 12. Área de consenso ( $AC_1$ ) de arañas Mygalomorphae obtenida usando grilla de  $2^\circ$ . (a) Ubicación del área en Argentina. (b) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Morrone (2001b). (c) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Cabrera & Willink (1973).



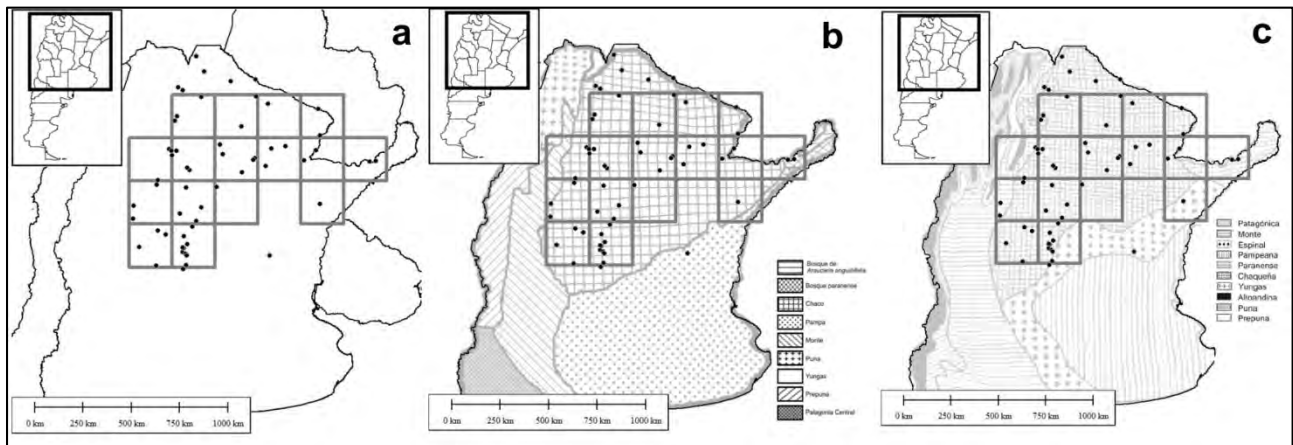


Figura 13. Área de consenso ( $AC_7$ ) de arañas Mygalomorphae obtenida usando grilla de  $2^\circ$ . (a) Ubicación del área en Argentina. (b) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Morrone (2001b). (c) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Cabrera & Willink (1973).

La siguiente área de consenso obtenida ( $AC_2$ ), con un valor de endemidadad (E) de 2,134 – 2, 384 y 3 especies endémicas se ubicó en el Noroeste, centro y Sudoeste de Argentina (Fig. 14). Esta área conformada por 3 sub-áreas correspondió a las provincias de Chaco, Monte, Yungas, Puna, Prepuna, Patagonia Central y Patagonia Subandina.

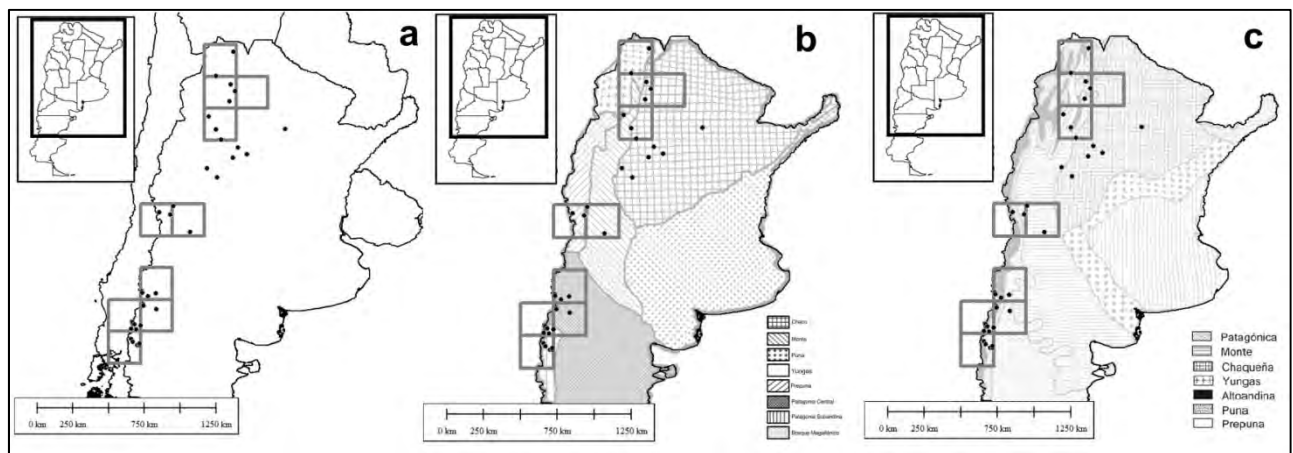


Figura 14. Área de consenso ( $AC_2$ ) de arañas Mygalomorphae obtenida usando grilla de  $2^\circ$ . (a) Ubicación del área en Argentina. (b) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Morrone (2001b). (c) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Cabrera & Willink (1973).

El área de consenso  $AC_3$  se ubicó en el Noreste de Argentina (Fig. 15) con el mayor valor de endemidad ( $E = 3,950 - 4,200$ ) y 6 especies endémicas. Esta área estuvo restringida a las provincias Bosque de *Araucaria angustifolia*, Bosque Paranaense, Chaco y Pampa.

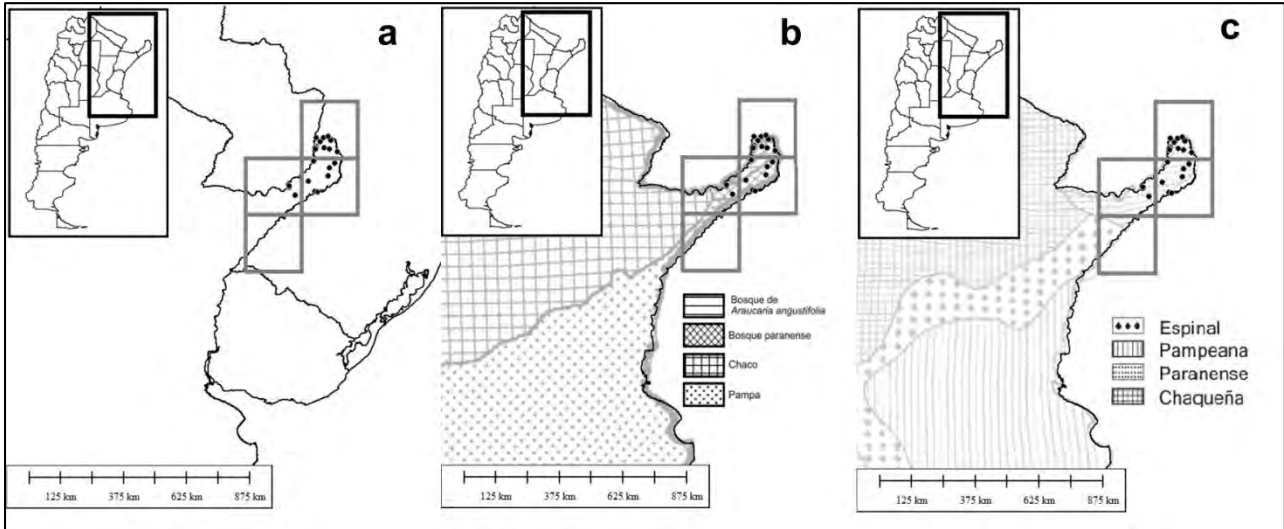


Figura 15. Área de consenso ( $AC_3$ ) de arañas Mygalomorphae obtenida usando grilla de  $2^\circ$ . (a) Ubicación del área en Argentina. (b) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Morrone (2001b). (c) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Cabrera & Willink (1973).

El siguiente área de consenso ( $AC_5$ ) se ubicó en el centro de Argentina al Sur de la provincia de Buenos Aires (Fig. 16). Esta área presentó un valor de endemidad ( $E$ ) de  $2,500 - 2,750$  y 3 especies endémicas. El área  $AC_5$  estuvo restringida a la provincia Pampa.

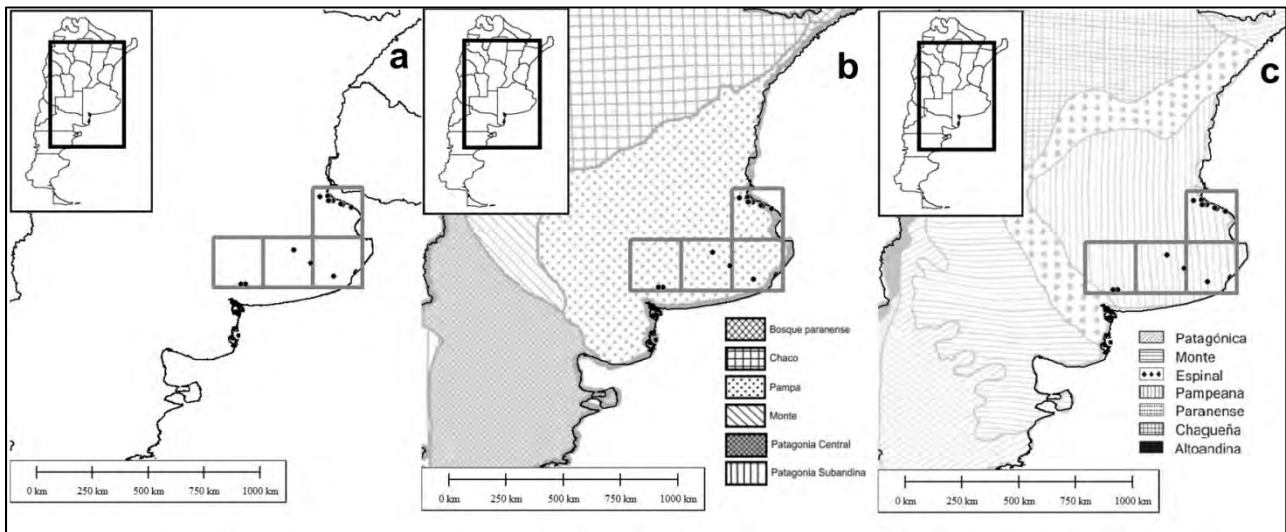


Figura 16. Área de consenso (AC<sub>5</sub>) de arañas Mygalomorphae obtenida usando grilla de 2°. (a) Ubicación del área en Argentina. (b) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Morrone (2001b). (c) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Cabrera & Willink (1973).

Finalmente, la última área de consenso identificada (AC<sub>6</sub>) se ubicó en el Norte de Argentina (Fig. 17). Esta área presentó un valor de endemidad (E) de 2,931 – 3,181, 4 especies endémicas y se ubicó en Chaco, Monte, Yungas y Puna.

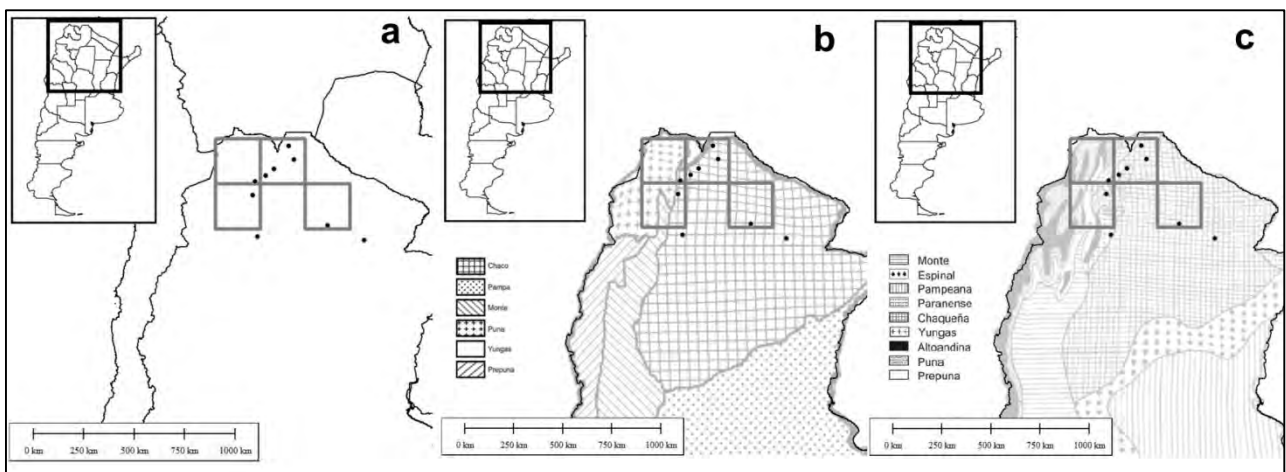


Figura 17. Área de consenso (AC<sub>6</sub>) de arañas Mygalomorphae obtenida usando grilla de 2°. (a) Ubicación del área en Argentina. (b) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Morrone (2001b). (c) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Cabrera & Willink (1973).

A partir del segundo análisis realizado con cuadrículas de 1,5° para la identificación de áreas de endemismo conteniendo al menos dos especies endémicas, se examinaron 1559 grupos resultando en 4 grupos de cuadrículas o áreas con el mayor valor de endemividad. Se obtuvieron tres áreas de consenso (Tabla 3).

Tabla 3. Áreas de consenso (AC) obtenidas usando grillas de 1,5°. Para cada AC se indica: especies endémicas presentes con valores de aporte al área de endemismo y tamaño del área (expresado en número de cuadrículas o celdas).

Área de endemismo (consenso)	Especies presentes y valor que aporta al área de endemismo	Tamaño del área
AC <sub>0</sub>	<i>Eupalaestrus campestratus</i> (0,875), <i>Homoeomma elegans</i> (0,750), <i>Rachias timbo</i> (0,750), <i>Stenoterommata iguazu</i> (0,750) y <i>Stenoterommata uruguayi</i> (0,750)	3
AC <sub>1</sub>	<i>Chaco obscura</i> (0,750), <i>Cyriocosmus versicolor</i> (0,600) y <i>Neocteniza minima</i> (0,750)	4
AC <sub>2</sub>	<i>Calathotarsus simoni</i> (1,000) y <i>Mecicobothrium thorelli</i> (1,000)	2

El primer área de consenso (AC<sub>0</sub>) identificada presentó el mayor valor de endemividad (E) de 3,875 – 4,125 y 5 especies endémicas. Esta área se ubicó en el Noreste de Argentina (Fig. 18) en las provincias biogeográficas de Bosque Paranaense y Bosque de *Araucaria angustifolia*.

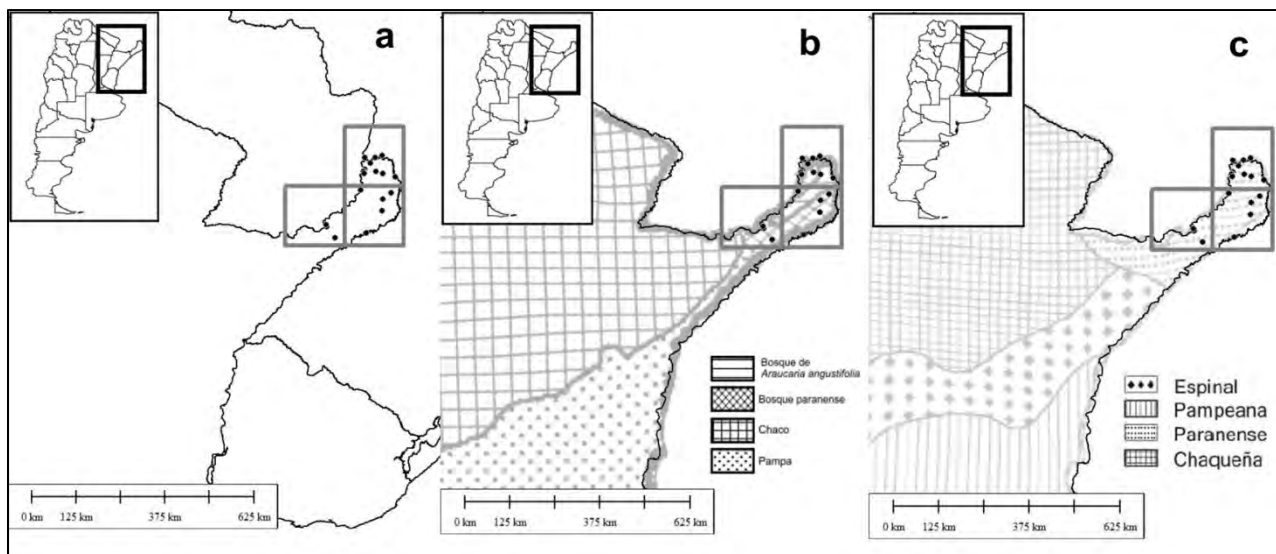


Figura 18. Área de consenso (AC<sub>0</sub>) de arañas Mygalomorphae obtenida usando grilla de 1,5°. (a) Ubicación del área en Argentina. (b) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Morrone (2001b). (c) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Cabrera & Willink (1973).

La segunda área obtenida (AC<sub>1</sub>) presentó un valor de endemidad (E) de 2,100 – 2,350 y 3 especies endémicas. El área obtenida se ubicó en el Norte de Argentina (Fig. 19) y correspondió a las provincias Chaco y Yungas. Finalmente, la última área identificada (AC<sub>2</sub>) resultó la de menor tamaño, con un valor de endemidad (E) de 2,000 – 2,250 y 2 especies endémicas. El área AC<sub>2</sub> se ubicó al Sur de la provincia de Buenos Aires (Fig. 20) en la provincia biogeográfica de Pampa.

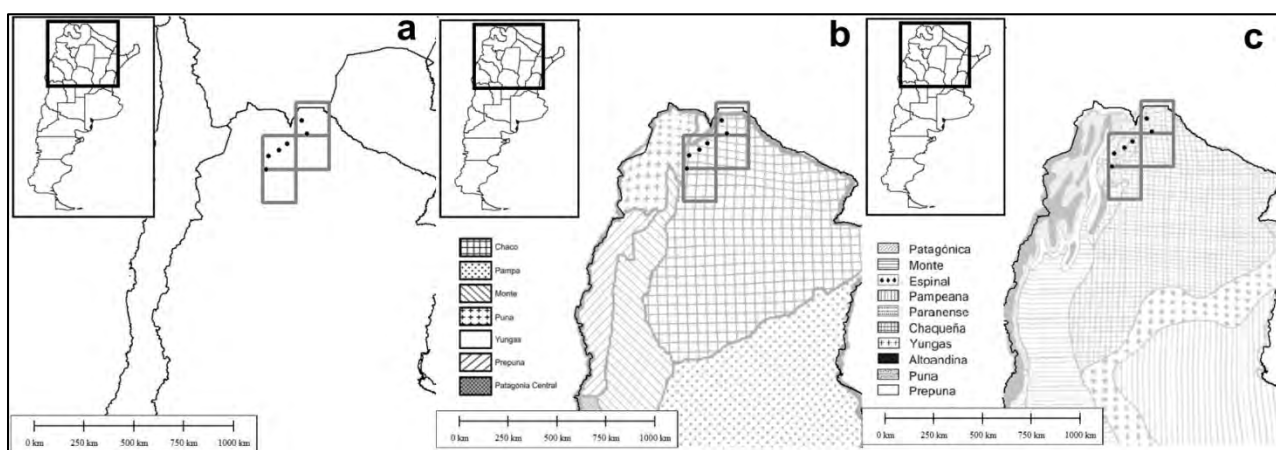


Figura 19. Área de consenso (AC<sub>1</sub>) de arañas Mygalomorphae obtenida usando grilla de 1,5°. (a) Ubicación del área en Argentina. (b) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Morrone (2001b). (c) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Cabrera & Willink (1973).

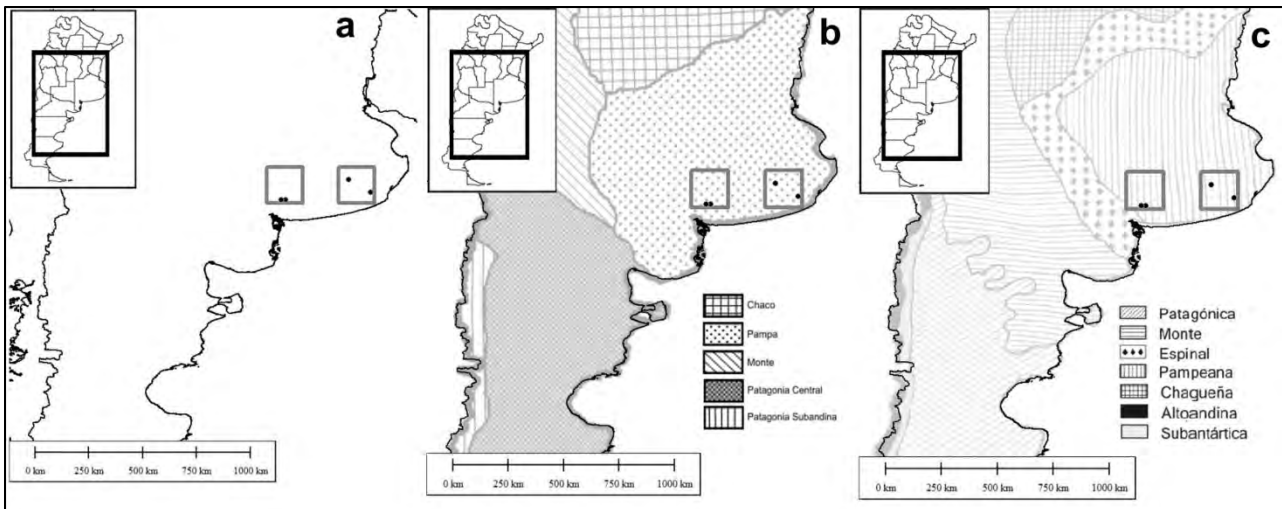


Figura 20. Área de consenso ( $AC_2$ ) de arañas Mygalomorphae obtenida usando grilla de  $1,5^\circ$ . (a) Ubicación del área en Argentina. (b) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Morrone (2001b). (c) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Cabrera & Willink (1973).

Mediante el tercer análisis, realizado con cuadrículas de  $1^\circ$ , se examinaron 1661 grupos resultando en 2 grupos de cuadrículas o áreas con el mayor valor de endemidad. A partir de este análisis, se obtuvo un área de consenso. El área de consenso ( $AC_0$ ) identificada presentó un valor de endemidad (E) de 2,928 – 3,428, un tamaño de 7 celdas y las siguientes especies endémicas: *Eupalaestrus campestratus* (con un valor de aporte al área de endemismo de 0,857), *Homoeomma elegans* (0,750), *Rachias timbo* (0,714), *Stenoterommata iguazu* (0,714) y *Stenoterommata uruguayi* (0,643). El área  $AC_0$  se ubicó en el Noreste de Argentina (Fig. 21) en las provincias biogeográficas de Bosque Paranaense y Bosque de *Araucaria angustifolia*.

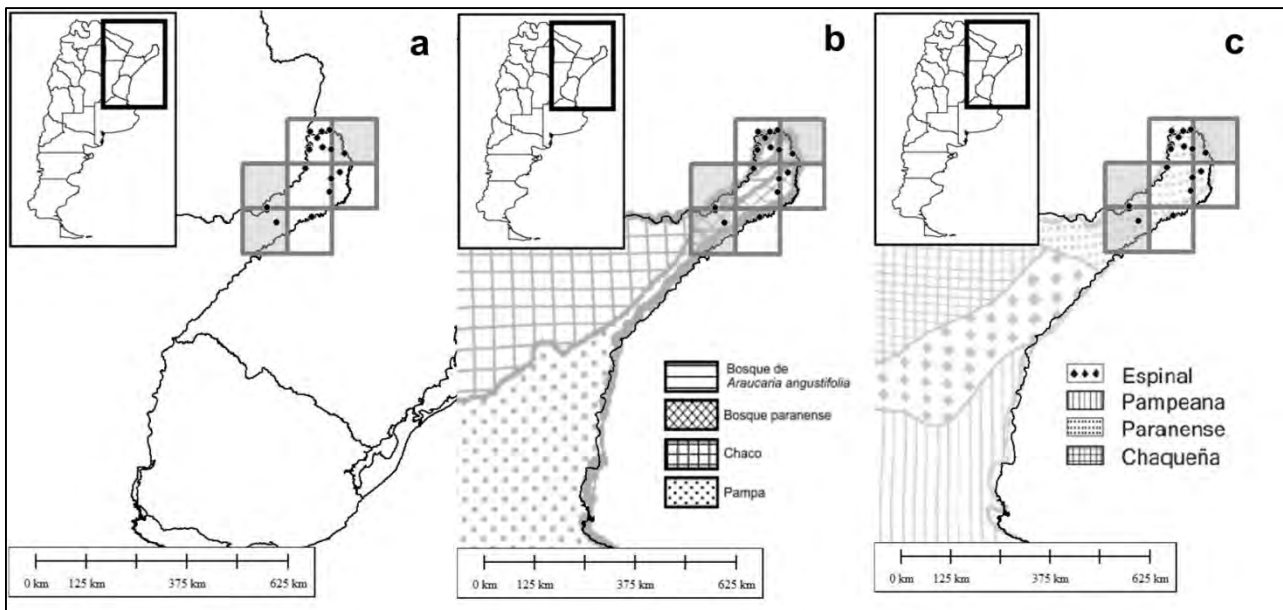


Figura 21. Área de consenso (AC<sub>o</sub>) de arañas Mygalomorphae obtenida usando grilla de 1°. (a) Ubicación del área en Argentina. (b) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Morrone (2001b). (c) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Cabrera & Willink (1973).

A través del último análisis realizado utilizando cuadrículas de 0,5°, se examinaron 1617 grupos resultando en un grupo de cuadrículas o áreas con el mayor valor de endemidad. Esta área (AC<sub>o</sub>), similar al área de consenso, presentó un valor de endemidad (E) de 2,476 – 2,726, un tamaño de 7 celdas y las siguientes especies endémicas: *Homoeomma elegans* (0,643), *Rachias timbo* (0,524), *Stenoterommata iguazu* (0,524) y *Stenoterommata uruguayi* (0,786). El área AC<sub>o</sub> se ubicó en el Noreste de Argentina (Fig. 22) en las provincias biogeográficas de Bosque Paranaense y Bosque de *Araucaria angustifolia*.

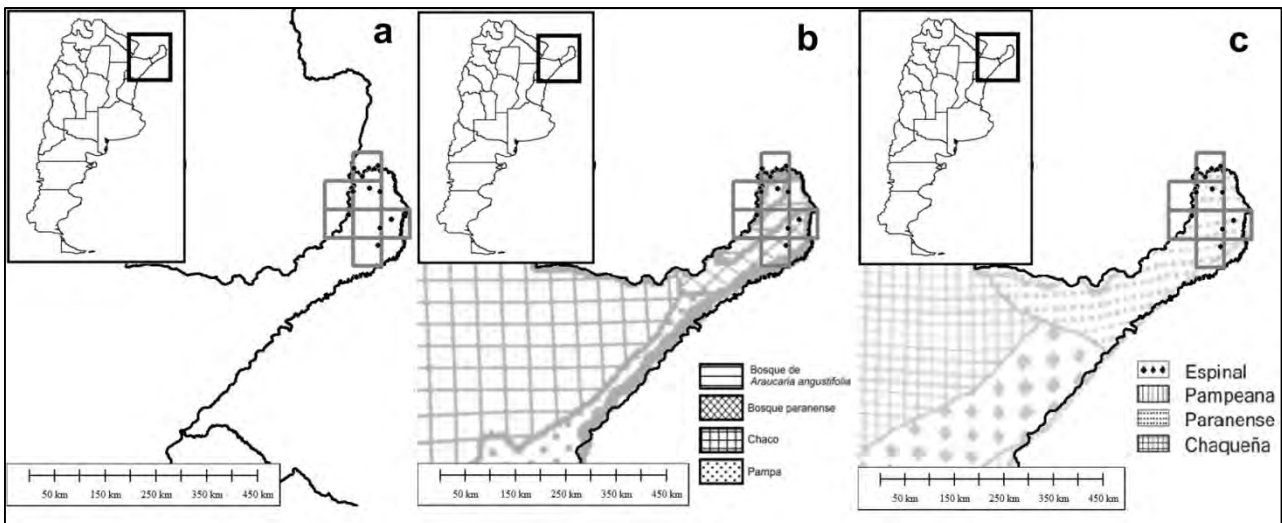


Figura 22. Área de consenso ( $AC_o$ ) de arañas Mygalomorphae obtenida usando grilla de  $0,5^\circ$ . (a) Ubicación del área en Argentina. (b) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Morrone (2001b). (c) Ubicación del área en las provincias biogeográficas de Cabrera & Willink (1973).

#### IV.2- Relaciones entre las provincias biogeográficas de Morrone (2001b, 2006).

Como resultado del análisis de parsimonia de endemismo basado en áreas, se obtuvieron 15 árboles de 89 pasos, con un índice de consistencia de 0,618 y un índice de retención de 0,558. El árbol de consenso estricto comprendió 92 pasos. Dentro del cladograma se identificaron cuatro grupos anidados definidos por lo menos por dos especies (Fig. 23). El primer grupo identificado comprendió a las provincias Patagonia Central y Patagonia Subandina (Figs. 13 y 14) definido por las especies *Acanthogonatus notatus* y *Acanthogonatus patagonicus*. Luego, se identificó el grupo conformado por las provincias Bosque Paranaense y Bosque de *Araucaria angustifolia* (Figs. 23 y 24), soportado por las especies *Eupalaestrus campestratus* y *Rachias timbo*.



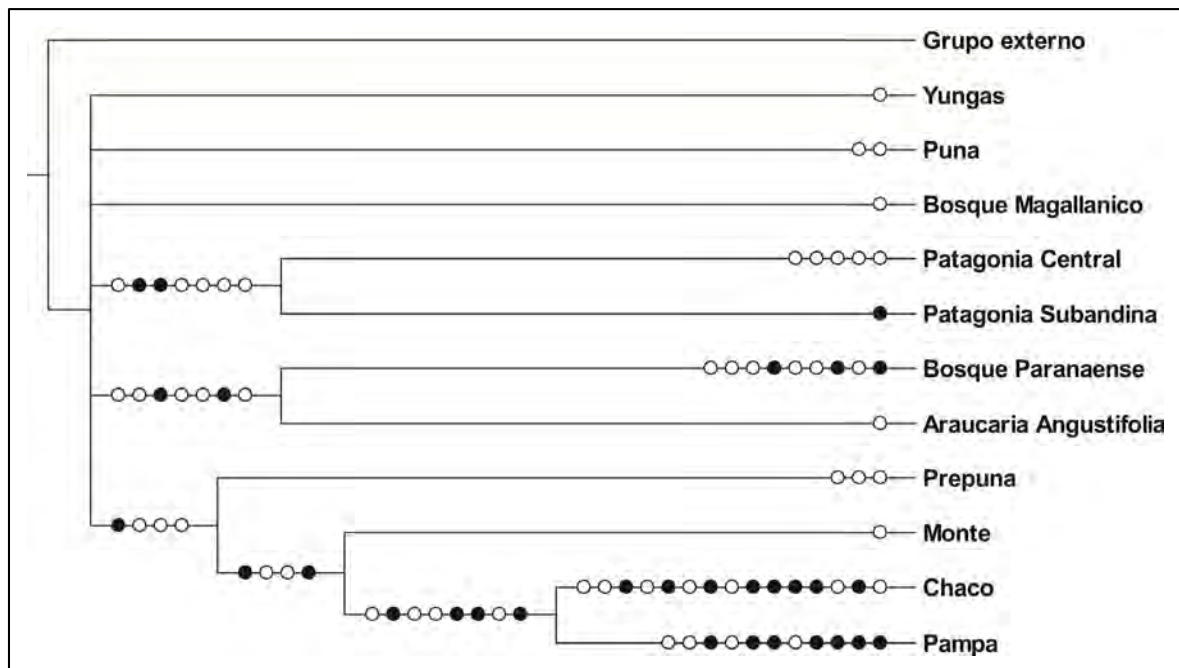


Figura 23. Árbol de consenso estricto de arañas Mygalomorphae con 92 pasos obtenido aplicando análisis de parsimonia de endemismo basado en áreas.

Finalmente, se identificó el grupo conformado por las provincias Prepuna, Monte, Chaco y Pampa (Figs. 23 y 24). Dentro de este grupo, las especies *Acanthogonatus centralis* y *Grammostola chalcothrix* definieron la relación de Monte, Chaco y Pampa. A su vez, dentro de este grupo se observó una relación estrecha entre las provincias Pampa y Chaco soportada por las especies *Grammostola anthracina*, *Grammostola pulchripes*, *Pycnothele modesta* y *Stenoterommata palmar*.

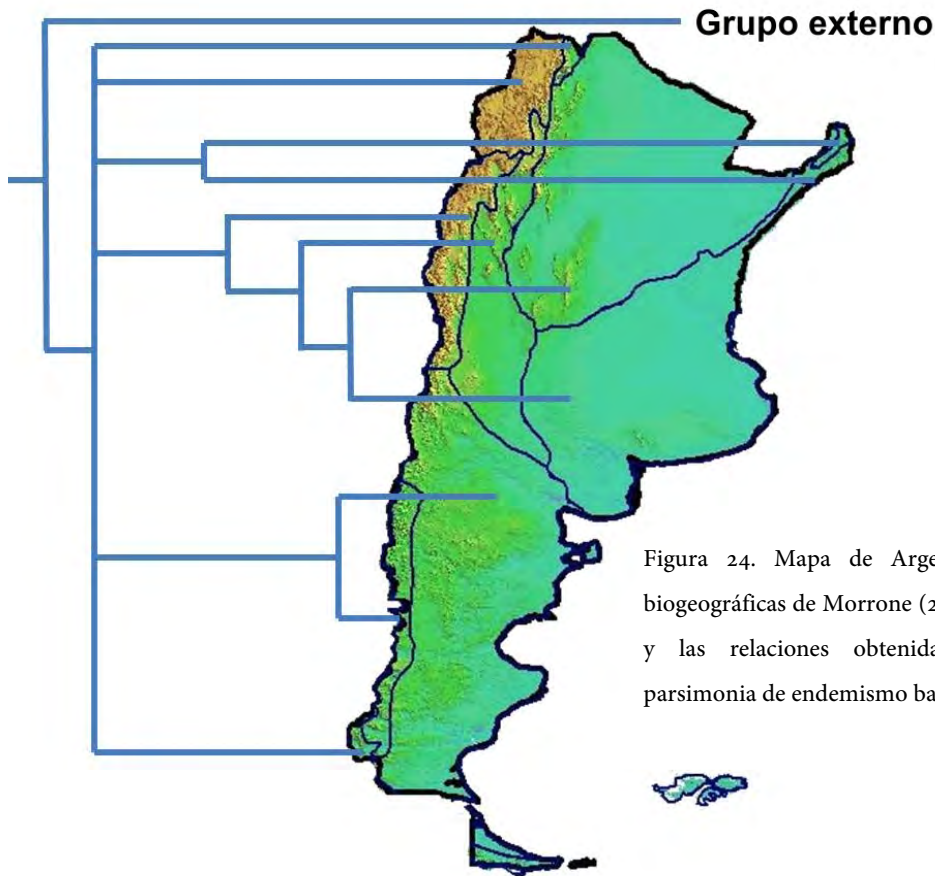


Figura 24. Mapa de Argentina con las provincias biogeográficas de Morrone (2001b) (delimitadas en azul) y las relaciones obtenidas mediante análisis de parsimonia de endemismo basado en áreas.

Los valores de similitud obtenidos con el índice de Jaccard se presenta en la Tabla 11 del ANEXO III. El coeficiente de correlación fenética obtenido para el índice de Jaccard fue de 0,86. El análisis de agrupamiento identificó al Bosque Magallánico en relación al resto de las provincias al menor valor de similitud (2%) (Fig. 25). A un valor aproximado de similitud del 10% se identificaron dos grupos: uno formado por la Yungas y la Prepuna (unidas a un 14% de similitud) y otro formado por el resto de las provincias. Dentro de este grupo, el Bosque de *Araucaria angustifolia* se unió con el Bosque Paranaense a un 40% de similitud. Finalmente, se reconoció un grupo formado a un 20% de similitud que incluyó a Chaco y Pampa (36%) y a otro grupo conformado por Monte y Prepuna (30%) y Patagonia Central y Patagonia Subandina (50%).

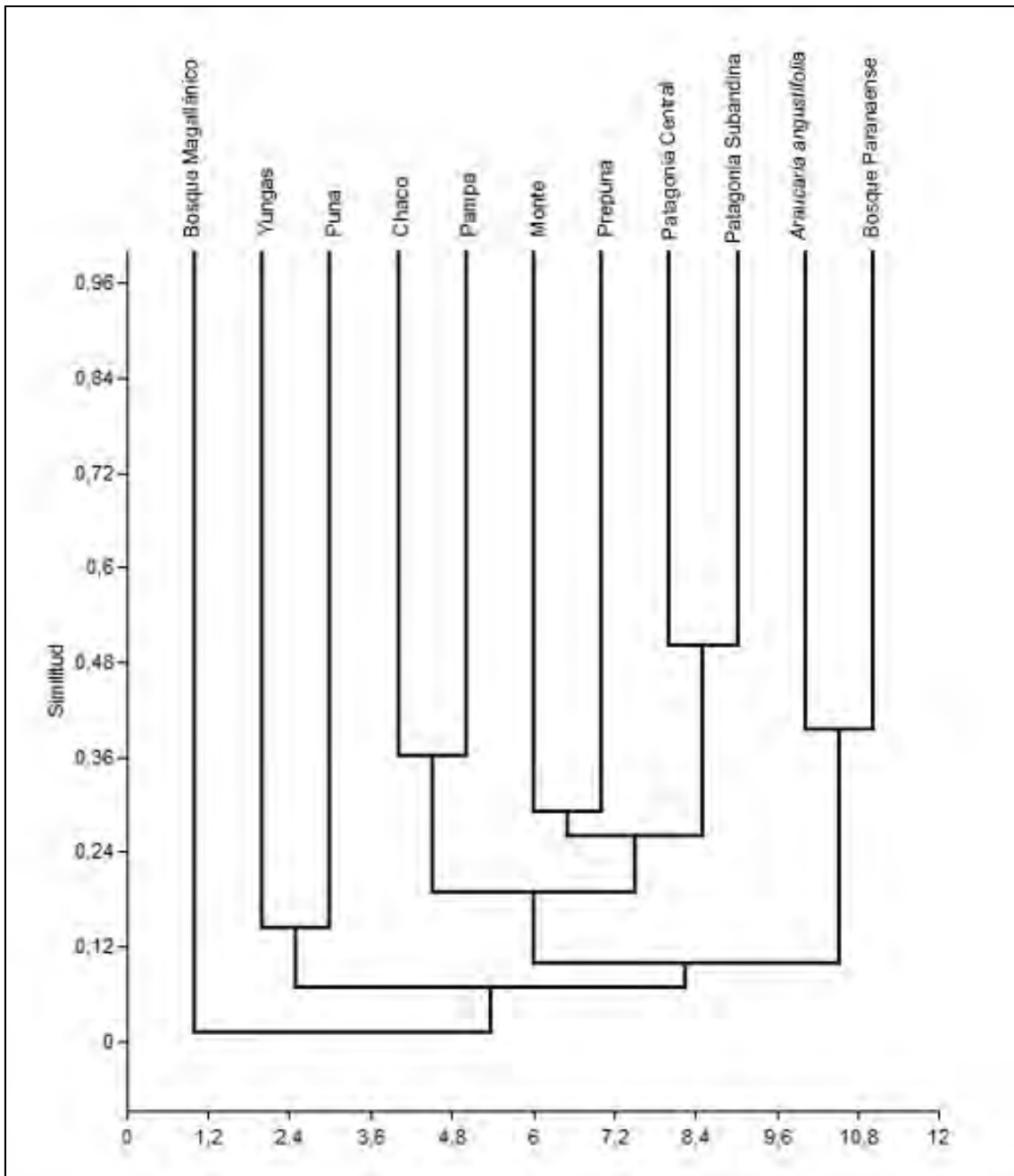


Figura 25 . Dendrograma del análisis de agrupamiento obtenido mediante el índice de Jaccard para las provincias biogeográficas y arañas Mygalomorphae.

## V. DISCUSIÓN

Muchas de las regionalizaciones biogeográficas utilizadas para la comparación de los resultados en el presente estudio se obtuvieron mediante métodos distintos del empleado en este análisis; incluso en algunos casos, estas regionalizaciones se realizaron sobre la base del conocimiento natural de los autores, prescindiendo para ello de un protocolo formal (Cabrera & Willink 1973). A pesar de las diferencias metodológicas mencionadas, gran parte de las áreas de endemismo obtenidas en este análisis corresponden total o parcialmente a alguna de las biorregiones descritas con anterioridad. Además de indicar coherencia biológica en los resultados encontrados, este hecho señala gran consistencia entre la teoría biológica que sustenta los métodos utilizados y su implementación computacional, como ha sido indicado por Casagrande *et al.* (2009).

Mediante el análisis de los patrones de distribución de arañas migalomorfas de Argentina se obtuvo un número variable de áreas de endemismo bajo diferentes metodologías (PAE y criterio de optimación). Por otra parte, el análisis de parsimonia de endemismo (PAE) produjo tres y dos áreas de endemismo utilizando diferentes tamaños de grilla y finalmente, el análisis de los patrones utilizando un criterio de optimación (NDM) el número máximo de áreas de endemismo obtenido fue de ocho.

### V.1- Áreas de endemismo comunes bajo diferentes metodologías.

#### *Selva Paranaense*

Como resultado del análisis a partir de la utilización de ambas metodologías (PAE y NDM) se recuperó un área de endemismo en el Noreste de la Argentina (provincia de Misiones). Esta área abarcó las provincias biogeográficas de Bosque Paranaense y Bosque de *Araucaria angustifolia* (Morrone 2001b).

Mediante el análisis de parsimonia de endemismo ( $2^\circ$  y  $1^\circ$ ) y NDM ( $2^\circ$ ,  $1,5^\circ$ ,  $1^\circ$  y  $0,5^\circ$ ), el área identificada utilizando todos los tamaños de grilla involucra a Bosque Paranaense junto a Bosque de *Araucaria angustifolia* (Morrone 2001b) y solamente a la provincia Paranaense *sensu* (Cabrera & Willink 1973). Consecuentemente, aquellas áreas que logran recuperarse mediante sucesivos cambios en el tamaño de la grilla pueden considerarse áreas más robustas y soportadas claramente por los datos (Aagesen *et al.* 2009, Navarro *et al.* 2009). Las especies comunes a ambos análisis presentes en esta área y que mayor contribuyeron al valor de endemidad fueron *Rachias timbo*, *Stenoterommata iguazu* y *S. uruguayi*. Otras especies presentes, que ocurren en áreas cercanas (Chaco) resultaron *Homoeomma elegans* y *Eupalaestrus campestratus*.

El área de selva Paranaense fue recuperada como área de endemismo utilizando NDM a partir del análisis de los patrones de distribución de plantas e insectos (Navarro *et al.* 2009, Ferrari *et al.* 2010). Recientemente también ha sido identificada como área de endemismo a diferentes escalas utilizando patrones de distribución de plantas, mamíferos, reptiles, aves e insectos (Szumik *et al.* 2007, Szumik *et al.* 2012). Los límites de distribución de las especies que aportan al área de endemismo resultan congruentes con los propuestos por Morrone (2001b, 2006) para las provincias Bosque Paranaense y Bosque de *Araucaria angustifolia*. La combinación de estas dos provincias biogeográficas obtenida en el presente estudio podría estar representando remanentes de la biota más austral de la región Neotropical, como lo propuesto por Cabrera & Willink (1973) y Morrone & Coscarón (1996).

### *Yungas*

A partir del análisis utilizando PAE y NDM se recuperó al área de las Yungas (Cabrera & Willink 1973, Morrone 2001b) como unidad biogeográfica o área de endemismo. El área de endemismo se ubicó al Norte de la Argentina, en las provincias

de Jujuy y Salta. Mediante el análisis de parsimonia de endemismo (PAE) el área de Yungas sólo se recuperó utilizando un tamaño de grilla de 2°. Los límites del área alcanzaron la provincia Chaco al Este y Prepuna al Oeste (Morrone 2001b). Las especies características presentes en el área de endemismo resultaron *Chaco obscura*, *Neocteniza minima* y *Stenoterommata quena*.

Como resultado del análisis con NDM, el área de Yungas se recuperó mediante un tamaño de grilla de 2° y 1,5°. Con la resolución de 2° algunas celdas se ubicaron claramente fuera del área, como por ejemplo en Chaco, Puna y Prepuna (Morrone 2001b). Así también, mediante una resolución de 1,5°, dos celdas se ubicaron fuera de la Yungas, en la provincia biogeográfica de Chaco. El área de Yungas en Argentina queda comprendida entre ambientes xéricos: la provincia biogeográfica de Chaco al Este, y las provincias Puna y Prepuna al Oeste. Las especies que soportaron el área de Yungas fueron *Chaco obscura*, *Cyriocosmus versicolor*, *Neocteniza minima* y *N. toba*. La inclusión de dichas celdas no está fuertemente soportada por los datos (por ejemplo, removiendo las mismas, el valor de endemidad disminuye en no más de un 1 a un 3% del valor de las áreas), pero contribuyen al valor de endemidad, ya que el valor disminuye cuando se remueven. Esto podría resolverse, por ejemplo contando con una mejor resolución de presencias y utilizando un tamaño de grilla menor (Navarro *et al.* 2009). Consecuentemente, algunas de las especies identificadas en esta área como “endémicas” de hecho se encuentran asociadas a otros ambientes, como es el caso de *Cyriocosmus versicolor* y *Neocteniza toba*. Además, esto puede estar relacionado con la existencia de un bosque premontano en la porción occidental de la provincia de Chaco que es transicional con la Yungas (Ayarde 1995, Morrone 2001b, Agesen *et al.* 2009).

## V.2- Otras áreas de endemismo obtenidas.

### *Patagonia Central y Subandina*

A partir del análisis de parsimonia de endemismo utilizando ambos tamaños de grilla (2° y 1°) se obtuvo un área de endemismo ubicada al Oeste de las provincias de Chubut y Santa Cruz, abarcando las provincias biogeográficas de Patagonia Central y Subandina (Morrone 2001b) soportada por las especies *Acanthogonatus fuegianus*, *A. notatus* y *A. patagonicus*. Es importante destacar que a partir del análisis de los patrones de distribución de arañas Mygalomorphae ambas provincias biogeográficas aparecen dentro de un área de endemismo. Esta área de endemismo, en la zona de la Patagonia Central, ha sido recuperada como las subáreas “Chubutense” y “Santacruceña” para insectos (Morrone *et al.* 2002, Dominguez *et al.* 2006), mostrando la ocurrencia de taxones relictuales que están ausentes en otras áreas de la estepa patagónica y mostrando grandes espacios de ausencia de distribución con especies relacionadas (Howden 1982, Lawrence & Newton 1995, Roig-Juñent *et al.* 2002, Domínguez *et al.* 2006). A pesar de que los resultados del análisis mostraron que sólo tres especies soportan esta área de endemismo y que solamente se ha recuperado mediante el PAE, las especies identificadas presentan una distribución restringida, habitando ambientes como bosques Andino-patagónicos y estepa (Goloboff 1995).

### *Chaco y Yungas*

Como resultado del análisis con NDM utilizando tamaño de grilla de 2°, se recuperaron dos áreas de endemismo: la primera (AC<sub>1</sub>) recuperada en las provincias Chaco y Yungas (Morrone 2001b), y la segunda (AC<sub>7</sub>), como subárea de la anterior, sólo en la provincia biogeográfica de Chaco. Las especies identificadas con mayor aporte al valor de endemidad fueron *Acanthoscurria sternalis*, *A. chacoana*, *Grammostola pulchripes*, *Ischnothele annulata* y *Pycnothele modesta*.

El área de Chaco junto a Yungas o Chaco solamente han sido recuperadas como áreas de endemismo para numerosos taxones, por ejemplo, plantas, reptiles, anfibios, aves, mamíferos, insectos y opiliones (Morrone 2001b, Acosta 2002, Navarro *et al.* 2009, Nori *et al.* 2011, Szumik *et al.* 2012). La identificación de la combinación de parches de Yungas junto a la zona oriental de la provincia biogeográfica de Chaco puede deberse a algunas especies de árboles del bosque premontano que se encuentran también dentro del Chaco (Prado 1995), los cuales se relacionan con bosques en galerías y son considerados como un linaje no perteneciente al Chaco (Adámoli *et al.* 1972) o como elementos trans-chaqueños de bosque subtropical (Morello & Adámoli 1974). Además, durante las fluctuaciones climáticas del Pleistoceno, las Yungas cubrían todo el Norte de Argentina (llegando hasta el Sur de Córdoba) por lo que la conexión obtenida en este estudio podría ser el resultado de esa formación (Prado 1995).

### *Pampa*

Mediante la utilización de NDM, con un tamaño de grilla de 2°, se recuperaron dos áreas de endemismo: la primera (AC<sub>0</sub>) en Pampa, Chaco y Sur del Bosque Paranaense (Morrone 2001b); y la segunda (AC<sub>4</sub>), como subárea de la anterior, restringida a la provincia Pampa. Las especies características en esta área de endemismo resultaron *Acanthoscurria suina*, *Grammostola anthracina*, *Homoeomma uruguayense*, *Stenoterommata palmar*, *S. tenuistyla* y *Xenonemesia platensis*. Dentro de la provincia Pampa se ha recuperado un área de endemismo para insectos (Coleopteros) ubicada al Este y Norte de la provincia de Buenos Aires (Casagrande *et al.* 2009). Además, se recuperó un área de endemismo en Córdoba dentro de la provincia biogeográfica de Pampa basada en los patrones de distribución de reptiles, aunque soportada levemente por los datos (Nori *et al.* 2011).

El área de endemismo obtenida en este estudio, al margen del río Uruguay, contiene remanentes sureños del Bosque Atlántico o Paranaense, formando bosques



en galerías a lo largo de las barrancas del río y en islas del río Uruguay. Consecuentemente, comprenden los límites Sur de distribuciones de numerosas especies tropicales, como por ejemplo de plantas, aves y reptiles (Menalled & Adámoli 1995, Agostinho *et al.* 2004, Giraudo & Arzamendia 2004, Nores *et al.* 2005, Arzamendia & Giraudo, 2009, 2012).

### *Zona de Transición sudamericana, Patagonia y Monte*

Como resultado del análisis con NDM, se obtuvieron tres grupos de celdas con un tamaño de grilla de 2° (AC<sub>2</sub>) definidos por las especies *Euathlus truculentus*, *Lycinus longipes* y *Paraphysa scrofa*. En el centro-Oeste de Argentina, se ubicaron dos celdas en la zona de transición sudamericana (Prepuna) y en Monte (Morrone 2001b). Esta área de endemismo ha sido propuesta para insectos al igual que Monte central, ubicada en la provincia de La Rioja hasta el Sur de Mendoza y con elementos bióticos neotropicales y patagónicos (Roig-Juñent *et al.* 2001, 2002).

Adicionalmente, otro grupo de celdas se ubicó en Patagonia Central y Patagonia Subandina (Morrone 2001b). Esta área, identificada como una subárea para insectos, denominada como Patagonia Occidental (Domínguez *et al.* 2006), ha sido considerada como una unidad biogeográfica independiente de Patagonia Central y Subandina.

### *Ventania y Tandilia*

Esta área de endemismo se recuperó mediante NDM utilizando los tamaños de grilla de 2° y 1,5°. Las especies identificadas como endémicas resultaron *Grammostola burzquensis*, *Calathotarsus simoni* y *Mecicobothrium thorelli* en grilla de 2° y *C. simoni* y *M. thorelli* en grilla de 1,5°. De estas especies, *C. simoni* es una especie de araña albañil endémica a los sistemas serranos de Ventania y Tandilia (Schiapelli & Gerschman de Pikelín 1975).

Las especies de Mygalomorphae de los sistemas de Ventania y Tandilia comprenden un grupo importante de arañas sedentarias y criptozoicas que son altamente dependientes de numerosos factores, tales como la estacionalidad o el régimen de precipitaciones, como se ha expuesto en el capítulo II. La diversidad y abundancia de estas arañas en las áreas de Ventania y Tandilia es mayor a la hallada en otras áreas, por ejemplo en Chile, Bolivia e incluso similar a la encontrada en áreas muy diversas como Brasil o Bolivia. Las condiciones microclimáticas (Kristensen & Frangi 1995a, 1995b) y la vegetación (Lizzi *et al.* 2007) de Ventania y Tandilia podrían proveer un hábitat adecuado para tales especies criptozoicas.

### *V.3- Relaciones entre las provincias biogeográficas de Argentina sensu Morrone (2001b, 2006).*

Las relaciones obtenidas a partir del análisis de los patrones de distribución de arañas migalomorfas en Argentina, en parte se ajustan al esquema biogeográfico propuesto por Morrone (2001b, 2006).

Las provincias de Bosque Magallánico, Yungas y Puna aparecen sin resolución en el PAE. A partir de los resultados obtenidos con el análisis de similitud, el Bosque Magallánico se une a la menor similitud. Esto puede deberse a que la provincia de Bosque Magallánico se caracteriza por poseer sólo una especie de migalomorfa, *Scotinoecus fasciatus* (Hexathelidae). A su vez, las provincias de Yungas y Puna aparecen como un grupo y unido a baja similitud al resto de las provincias biogeográficas (Chaco, Pampa, Monte, Prepuna, Pataogña Central, Patagonia Subandina, Bosque de *Araucaria angustifolia* y Bosque Paranaense).

Como resultado del PAE basado en áreas y del análisis multivariado, se obtuvo un grupo formado por las provincias de Pampa, Chaco (subregión Chaqueña), Monte y Prepuna pertenecientes a la zona de transición sudamericana; y a su vez mostrando una relación estrecha entre Pampa y Chaco. Esta relación se apoya en las especies

*Grammostola anthracina*, *Grammostola pulchripes*, *Pycnothele modesta* y *Stenoterommata palmar*. Numerosos autores han considerado a la provincia de Pampa como un complejo de elementos bióticos originados a partir de las provincias de Chaco y Monte, y en menor medida del Bosque Atlántico y Paranaense (Porzecanski & Cracraft 2005, Morrone 2001b, 2006, Ciprandi Pires & Marinoni 2010). Además, Morrone (1993, 2001b, 2006) ha propuesto una relación estrecha entre la provincia de Pampa con las provincia de Chaco. La relación entre las provincias de Prepuna y Monte, ambas de la zona de transición sudamericana, con las de Monte y Pampa (subregión Chaqueña) no se ajusta al esquema de Morrone (2006), mientras que se ajusta parcialmente al esquema de Cabrera & Willink (1973). Asimismo, existe una secuencia de empobrecimiento biótico desde la provincia de Chaco hasta la de la Pampa, siendo la provincia de Monte intermedia entre ambas (Ringuelet 1956a, Cabrera 1971, 1976, Ribichich 2002).

A diferencia del presente estudio, la provincia de Pampa presentó mayor relación a Patagonia a partir del análisis de la fauna de coleópteros carábidos (Roig-Juñent & Debandi 2004). Roig-Juñent *et al.* (2003, 2006) han observado una relación estrecha entre los artrópodos de las provincias de Monte y Chaco, pero a diferencia del presente estudio, la fauna de artrópodos de estas provincias mostró mayor relación con la Precordillerana y Patagónica.

Otro grupo identificado a través del PAE y del análisis multivariado mostró una relación entre las provincias de Bosque Paranaense y Bosque de *Araucaria angustifolia* de la subregión Paranaense, relaciones propuestas por numerosos autores para insectos (Morrone 2001b, 2006, Nihei & de Carvalho 2007, Ciprandi Pires & Marinoni 2010). Existe evidencia paleontológica, paleoclimatológica y geológica de que durante el Terciario prevaleció un clima templado en el Sur de América del Sur, permitiendo el desarrollo de un bosque lluvioso continuo que se extendía aún más al Sur que en la actualidad (Kuschel 1969, Maury *et al.* 1996, Morrone 2006). Además, durante el Oligoceno y el Mioceno, comenzó un enfriamiento y aridificación, y luego

el bosque lluvioso sufrió una fragmentación en simultáneo con los cambios climáticos inducidos por el levantamiento de los Andes y la expansión de la biota Chaqueña (Kuschel 1969, Ron 2000).

Finalmente, se obtuvo una relación entre las provincias de Patagonia Central y Patagonia Subandina pertenecientes a la subregión Patagónica. Como se mencionó anteriormente, a partir del análisis de los patrones de distribución de arañas Mygalomorphae, ambas provincias biogeográficas aparecen como un área de endemismo. La relación entre estas dos provincias biogeográficas ha sido propuesta para taxones de insectos, plantas y aves (Morrone 2001b, 2006).

## VI. CONSIDERACIONES FINALES

En el presente estudio el mayor número de áreas de endemismo se obtuvo mediante el uso de NDM. A pesar de que el análisis de parsimonia de endemismo ha sido ampliamente criticado en el uso de la identificación de áreas de endemismo, existen pocos análisis que comparen la eficacia de este método frente a otros enfoques (Moline & Linder 2006, Morrone 2008, Escalante *et al.* 2009). Algunos autores (Moline & Linder 2006, Casagrande & Taher 2007) han propuesto que el PAE resulta menos efectivo para la identificación de áreas de endemismo cuando en la matriz existen más celdas que taxones. Asimismo, se ha demostrado ampliamente que mediante la utilización de NDM se obtienen mejores resultados en la identificación de áreas de endemismo (Szumik & Roig-Juñent 2005, Carine *et al.* 2009, Escalante *et al.* 2009, Szumik *et al.* 2012).

La exploración de diferentes métodos, como también de distintos valores de parámetros durante la búsqueda de patrones, puede brindar una idea sobre el universo de posibles resultados a partir de un conjunto de datos, permitiéndonos obtener cierta medida cualitativa de la “estabilidad” del resultado final. La ocurrencia de diferentes procesos formadores de patrones a distintas escalas espaciales hace imprescindible la descripción de estos patrones bajo diferentes tamaños de grilla (Levin 1992, Morrone & Escalante 2002, Willig *et al.* 2003, Casagrande *et al.* 2009). El uso de diferentes tamaño de celda durante los análisis permite el reconocimiento de áreas de endemismo con diferentes características (por ejemplo, tamaño y composición de especies), evidenciando una diversidad de patrones que queda encubierta al utilizar una única escala de análisis.

Si bien existe una gran cantidad de trabajos sobre la determinación de patrones biogeográficos en América del Sur (Roig-Juñent 1994, Morrone 1996, Morrone *et al.* 2002), en la mayoría de ellos permanecen sin discusión los aspectos metodológicos mencionados. El desarrollo de trabajos que tomen en cuenta estos

puntos enriquecería el conocimiento de la biogeografía de América del Sur, permitiendo reevaluar y elaborar una nueva discusión sobre los esquemas conocidos.

Finalmente, a pesar de que un número razonable de datos de distribución de arañas migalomorfas ha permitido el reconocimiento de numerosas áreas de endemismo en Argentina, aún es necesario explorar esta área y obtener más información a partir de material de Museos y campañas. Esta nueva información podría permitir la delimitación de dichas áreas a una resolución más detallada, estableciendo su importancia de acuerdo a la diversidad “gamma”, grado de endemismo y la ocurrencia de taxones relictuales dentro de ellas.

## CAPÍTULO V

---

# **Patrones de distribución de arañas migalomorfas en Argentina y áreas prioritarias para la conservación**



*Grammostola pulchripes* (Theraphosidae)

## I. INTRODUCCIÓN

### I.1- Biogeografía y conservación.

La biodiversidad de América del Sur austral es de un alto valor debido a su riqueza en especies filogenéticamente valiosas, como así también por estar amenazada ambientalmente (Morrone *et al.* 1996). Dinerstein *et al.* (1995) consideraron que desde el punto de vista de la conservación, América del Sur austral tiene una prioridad regional muy importante debido a su particularidad biológica. Esta está definida por varios aspectos, tales como la riqueza de especies, alto grado de endemismo, particularidad de los procesos ecológicos y por su estado de conservación. Otro aspecto remarcable es la estrecha relación filogenética de su flora y fauna con las biotas de otras regiones australes, como Australia y Nueva Zelanda.

La biogeografía de la conservación se considera como una disciplina emergente en los últimos años que involucra la aplicación de la ciencia de la biogeografía, por ejemplo en el diseño de áreas prioritarias para preservar (Grehan 1993, Whittaker *et al.* 2005, Lomolino *et al.* 2006, Richardson & Whittaker 2010, Arzamendia & Giraudo 2012). Consecuentemente, el mayor número de análisis realizados para la detección de áreas prioritarias para la conservación se basa en patrones biogeográficos, por ejemplo, la distribución de las especies, gradientes en la riqueza de especies, áreas de endemismo y “hot spots” de biodiversidad (Whittaker *et al.* 2005, Lomolino *et al.* 2006). Como resultado de éstos, en las últimas décadas se nota un incremento en el número de contribuciones aplicando principios y análisis biogeográficos para evaluar y/o designar áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad (Humphries *et al.* 1991, Williams *et al.* 1996, 2000, Contreras-Medina *et al.* 2001, Álvarez-Mondragón & Morrone 2004, Arzamendia & Giraudo, 2004, 2012).



La biogeografía histórica puede generar información necesaria para la conservación de la biodiversidad (Morrone & Espinosa 1998, Contreras-Medina *et al.* 2001), debido que considera la riqueza de biotas más que la de taxones aislados (Morrone & Espinosa 1998). En los últimos años, se han aplicado algunos métodos de la biogeografía histórica con fines de conservación de la biodiversidad, analizándose diferentes grupos taxonómicos y a distintas escalas geográficas (Morrone 1999, Luna-Vega *et al.* 2000, Cavieres *et al.* 2002, Álvarez Mondragón & Morrone 2004).

La aplicación de los métodos de la biogeografía histórica para la conservación de la biodiversidad se realiza a través de tres enfoques principales: taxón, área y homología espacial. El enfoque del estudio sobre un taxón se utiliza para investigar la biogeografía de una especie o género que es clave en un ecosistema o funciona como un indicador de la biodiversidad. El estudio de un área puede ser utilizado para el planeamiento de una red de unidades de conservación considerando la relación histórica de las áreas. Finalmente, el estudio de la homología espacial ofrece información sobre la disposición espacial e historia de las áreas (Neto 2011).

La identificación de las áreas de endemismo resulta importante, no sólo para definir homologías biogeográficas primarias (Morrone 2001b, 2005b), sino también para investigar las relaciones existentes entre diferentes áreas bajo un contexto biogeográfico histórico (Nelson & Platnick 1981, Humphries & Parenti 1999, Morrone 2001b). Además, las áreas de endemismo aportan información valiosa para la identificación de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad (Myers *et al.* 2000, IUCN 2001). La importancia de los endemismos frecuentemente ha sido enfatizada para el establecimiento de estrategias apropiadas para la conservación de la biodiversidad (Myers *et al.* 2000, Crisp *et al.* 2001, Lamoreux *et al.* 2006). En tal sentido, la detección de áreas con numerosos endemismos (o centros de endemismos) resulta crucial para la conservación (Myers *et al.* 2000). Asimismo, los estudios biogeográficos contribuyen de forma substancial a las políticas de conservación, dado que las áreas de endemismo representan áreas bióticas complejas,

y las mismas merecen conservarse (Contreras-Medina *et al.* 2001). Por lo tanto, la conservación de dichas áreas implica que se preservarán los taxones exclusivos, pero que además se conservarán todos los procesos evolutivos y paleoecológicos que han modelado dicha biota (Neto 2011).

La panbiogeografía es un enfoque que enfatiza en la importancia de la dimensión geográfica de la biodiversidad para comprender los patrones y procesos evolutivos (Craw *et al.* 1999, Crisci 2001). Consecuentemente, algunos autores han propuesto la aplicación de la panbiogeografía o el análisis de trazos para la identificación de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad (Morrone & Crisci 1992, Grehan 1993, Morrone & Espinosa 1998, Luna-Vega *et al.* 2000, Arzamendia & Giraudó 2012). Mediante este enfoque, los trazos que resultan de la coincidencia geográfica de diferentes trazos individuales se consideran trazos generalizados (Morrone & Crisci 1995). De esta manera, las áreas donde convergen dos o más trazos generalizados se denominan “nodos” y representan las interrelaciones espaciales y temporales de diferentes componentes bióticos y geológicos (Morrone & Crisci 1995). Los nodos resultan particularmente importantes desde un punto de vista de la conservación, ya que contienen elementos bióticos de diferentes orígenes y podrían considerarse como “hot spots”. Esto permite seleccionar áreas para proteger con la mayor diversidad biogeográfica teniendo en cuenta no sólo el número de especies sino también el grado de diferencia de la biota presente en los nodos (Morrone & Crisci 1992, Craw *et al.* 1999, Arzamendia & Giraudó 2012). Consecuentemente, los nodos incluyen áreas con alta riqueza de especies, por lo cual podrían considerarse zonas prioritarias para la conservación (Morrone & Espinosa 1998, Crisci *et al.* 2000, Contreras-Medina *et al.* 2001).

Finalmente, el análisis de parsimonia de endemismo (PAE) y el criterio de optimización (NDM) son herramientas de la biogeografía histórica que permiten descubrir los patrones naturales de distribución de los organismos (Morrone 1994a, Szumik *et al.* 2012). Los patrones de áreas anidadas obtenidos mediante el PAE son útiles desde un punto de vista de la conservación, ya que las unidades menores

incluyen las especies de distribución amplia así como aquellas de distribución restringida; es decir el PAE puede utilizarse como una herramienta para la toma de decisiones sobre selección de áreas prioritarias para la conservación en cuanto a su composición biótica y de este modo priorizar aquellas áreas que presentan un alto grado de endemismo (Posadas & Miranda-Esquivel 1999). A través del criterio de optimización (NDM) para la identificación y delimitación de áreas de endemismo (Szumik *et al.* 2002, Szumik & Goloboff 2004) se evalúan los patrones de distribución sobre la base del concepto de áreas de endemismo. La distribución de un taxón es producto de factores históricos y actuales; por lo tanto, si diferentes taxones responden de igual manera a esos factores debería haber concordancia en sus rangos de distribución (Szumik *et al.* 2002). Las áreas de endemismo constituyen las unidades de estudio para los enfoques biogeográficos y de conservación (Navarro *et al.* 2009). Por lo tanto, la identificación de áreas que albergan taxones exclusivos provee información importante para priorizar áreas a conservar.

### *I.2- Ecoregiones*

Las regiones ecológicas o ecoregiones son grandes áreas, relativamente homogéneas, en las que hay diferentes comunidades naturales que tienen en común un gran número de especies y condiciones ambientales (Dinerstein *et al.* 1995).

Las ecoregiones son cada vez más aceptadas como unidades geográficas útiles para la planificación de la conservación (Noss 1996, Olson & Dinerstein 1998, Olson *et al.* 2001, Olson & Dinerstein 2002, Wikramanayake *et al.* 2002, Magnusson 2004). Una ecoregión es definida generalmente como una unidad relativamente grande de tierra o agua que contiene un conjunto característico de comunidades naturales que comparten una gran mayoría de especies, dinámicas y condiciones ambientales (Dinerstein *et al.* 1995, Olson & Dinerstein 1998).

Las ecoregiones son el nivel de organización biológica más apropiado para conservar la variabilidad de especies, de ecosistemas y de sus funciones. Por otro lado,

se presentan a una escala geográfica adecuada para el desarrollo e implementación de políticas regionales. Es por ello que el enfoque eco-regional se ha consolidado como el más apropiado para el análisis y la planificación en cuestiones relacionadas con la conservación del medio ambiente.

La clasificación biogeográfica basada en ecoregiones resulta interesante desde un punto de vista de la conservación, pues proveen un panorama general de la organización espacial de la vida, ayudan a priorizar áreas y permiten la generación de redes de unidades de conservación (Neto 2011). Por lo tanto, una clasificación en ecoregiones enfatiza atributos de la biodiversidad ligados a la funcionalidad y las áreas se definen teniendo en cuenta formaciones fitológicas, clima, suelo, etc. Consecuentemente, puede considerarse que las diferentes especies, que conforman un área de endemismo, presentan redundancia en su funcionalidad, siendo posible delimitar una ecoregión que incluya dichas áreas de endemismo (Neto 2011).

En los últimos años, en la Argentina han surgido algunas experiencias de aplicación del enfoque ecoregional en la planificación estratégica orientada a la conservación de la biodiversidad (Brown *et al.* 2002, Tecklin *et al.* 2002, Di Bitetti *et al.* 2003, Bilenca & Miñarro 2004). Actualmente, la Argentina se subdivide en 18 ecoregiones, 15 de ellas corresponden al área continental y las otras tres, a las islas del Atlántico Sur, a la Antártida Argentina y al Mar Argentino (Burkart *et al.*, 1999).

## **II. OBJETIVOS**

A partir de los análisis de los patrones de distribución de las arañas migalomorfas en Argentina, el objetivo general de este estudio que comprende este capítulo es el de proponer áreas prioritarias para la conservación.

### ***II.1- Objetivos específicos.***

- Realizar un análisis panbiogeográfico de los patrones de distribución de arañas Mygalomorphae de Argentina para la identificación de trazos generalizados y nodos biogeográficos.
- Proponer áreas prioritarias para la conservación en base a las áreas de endemismo obtenidas en el capítulo IV (mediante PAE y NDM) y a través del análisis panbiogeográfico.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### III.1- Panbiogeografía.

Para el análisis panbiogeográfico se utilizó el conjunto de datos georeferenciados de distribución de arañas Mygalomorphae de Argentina expuesto en el capítulo IV. El conjunto de puntos se analizó con el programa MartiTracks (Echeverría-Londoño & Miranda-Esquivel 2011). Los valores de los parámetros utilizados correspondieron a: cut value = 3, lmin = 3, lmax = 2,5, lmax.line = 4 y min-SI = 0,8. Por último, para la construcción de los mapas, los trazos generalizados son representados en un archivo KML (Keyhole Markup Language), el cual fue exportado a Quantum GIS 1.6.0, convertido luego a un archivo de formato capa (SHP) y finalmente exportado a Global Mapper 11.0.

Se utilizaron los trazos generalizados para determinar los nodos, siendo estos últimos el resultado de áreas donde dos o más trazos generalizados se interceptan o superponen. Los nodos indican diferentes componentes ancestrales bióticos y/o geológicos que han interactuado en espacio y tiempo, conformando un área compuesta (Morrone & Crisci 1995, Craw *et al.* 1999, Álvarez-Mondragón & Morrone 2004). Los nodos representan áreas de endemismo y de alta diversidad (Heads 2004), ambas consideradas relevantes como áreas prioritarias para la conservación (Arzamendia & Giraud 2012).

#### III.2- Áreas de endemismo.

Se consideraron las áreas de endemismo obtenidas en el capítulo IV a través del análisis de parsimonia de endemismo basado en cuadrículas y el criterio de optimización (NDM).

## IV. RESULTADOS

### IV.1- Panbiogeografía.

Se identificaron siete trazos generalizados para las especies de Mygalomorphae (Figs. 1 y 2) presentes en la Argentina utilizando MartiTracks (Tabla 1). El primer trazo generalizado denominado como T1 estuvo soportado por dos especies de migalomorfas y se ubicó en las provincias biogeográficas Pampa y Patagonia Central *sensu* Morrone (2001b) y en las ecoregiones de Espinal-Monte y Estepa patagónica.

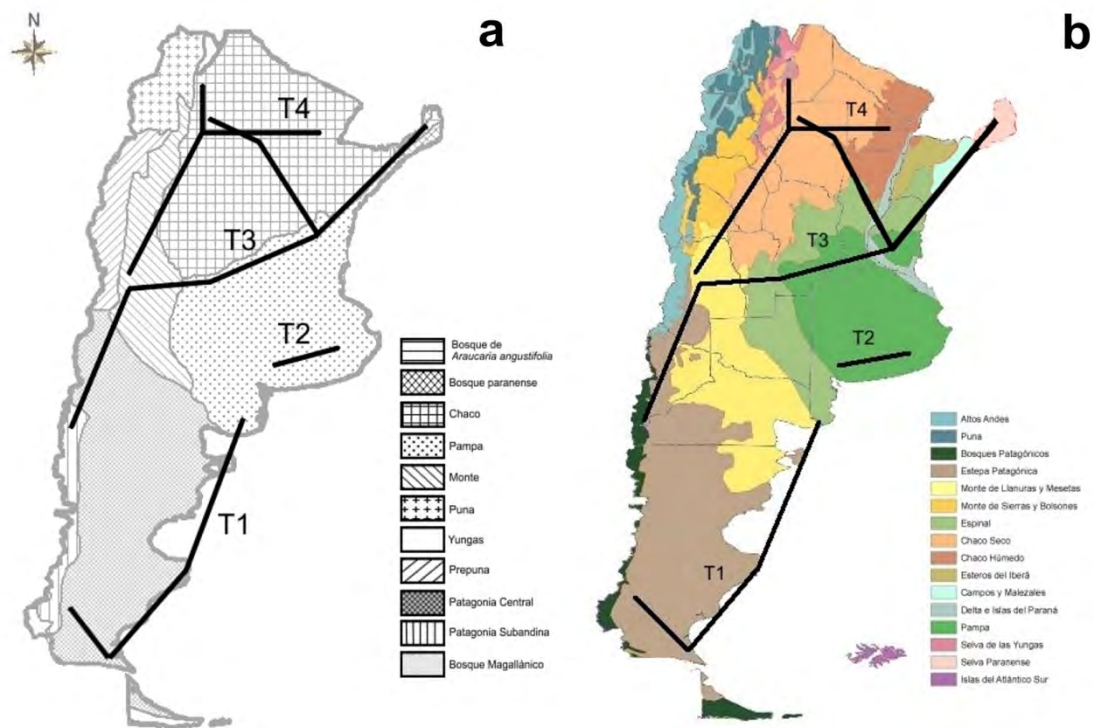


Figura 1. Mapas mostrando los trazos generalizados de arañas Mygalomorphae obtenidos mediante MartiTracks en Argentina. Los trazos se denominan de T1 a T4. (a) Provincias biogeográficas según Morrone (2001b). (b). Eco-regiones según Burkart *et al.* (1999).

Tabla 1. Trazos generalizados de arañas Mygalomorphae en Argentina recuperados en el análisis panbiogeográfico, con las especies que soportan cada trazo generalizado.

Trazos generalizados	Especies (trazos individuales)
T1	<i>A. fuegianus</i> y <i>A. patagonicus</i> .
T2	<i>G. doeringi</i> , <i>G. vachoni</i> , <i>C. simoni</i> y <i>M. thorelli</i>
T3	<i>A. centralis</i> , <i>C. argentinense</i> , <i>C. misionensis</i> , <i>G. burzaquensis</i> , <i>H. uruguayensis</i> , <i>N. australis</i> , <i>N. chancani</i> , <i>P. longisternale</i> , <i>S. iguazu</i> , <i>S. palmar</i> , <i>S. quena</i> y <i>S. tenuistyla</i> .
T4	<i>A. sternalis</i> , <i>C. obscura</i> , <i>I. hirsutipedis</i> , <i>I. annulata</i> y <i>M. crassifemur</i> .
T5	<i>A. notatus</i> , <i>E. truculentus</i> , <i>D. bonariensis</i> , <i>D. ornata</i> , <i>G. inermis</i> , <i>L. longipes</i> , <i>N. minima</i> , <i>N. toba</i> y <i>P. scrofa</i> .
T6	<i>A. chacoana</i> , <i>A. cordubensis</i> , <i>C. tucumana</i> , <i>G. grossa</i> , <i>G. anthracina</i> , <i>P. modesta</i> , <i>S. uruguayi</i> y <i>V. paranaensis</i> .
T7	<i>A. suina</i> , <i>D. paraguayensis</i> , <i>E. campestratus</i> , <i>E. weijenberghi</i> , <i>I. clarus</i> y <i>S. platensis</i> .

El segundo trazo generalizado detectado denominado T2, se encontró definido por cuatro especies y se ubicó en la provincia biogeográfica de Pampa *sensu* Morrone (2001b) y en la ecoregión de Pampa. El tercer trazo generalizado denominado T3, estuvo definido por 12 especies uniendo las provincias Bosque Paranaense-Pampa-Chaco-Monte-Patagonia Central-Patagonia Subandina *sensu* Morrone (2001b) y en las ecoregiones de Selva Paranaense-Espinal-Pampa-Chaco seco-Monte y Estepa patagónica. El cuarto trazo generalizado T4, soportado por cinco especies se ubicó en el Noroeste de Argentina y unió las provincias de Chaco y Monte *sensu* Morrone (2001b) y las ecoregiones de Chaco seco-Chaco húmedo-Monte y Yungas.



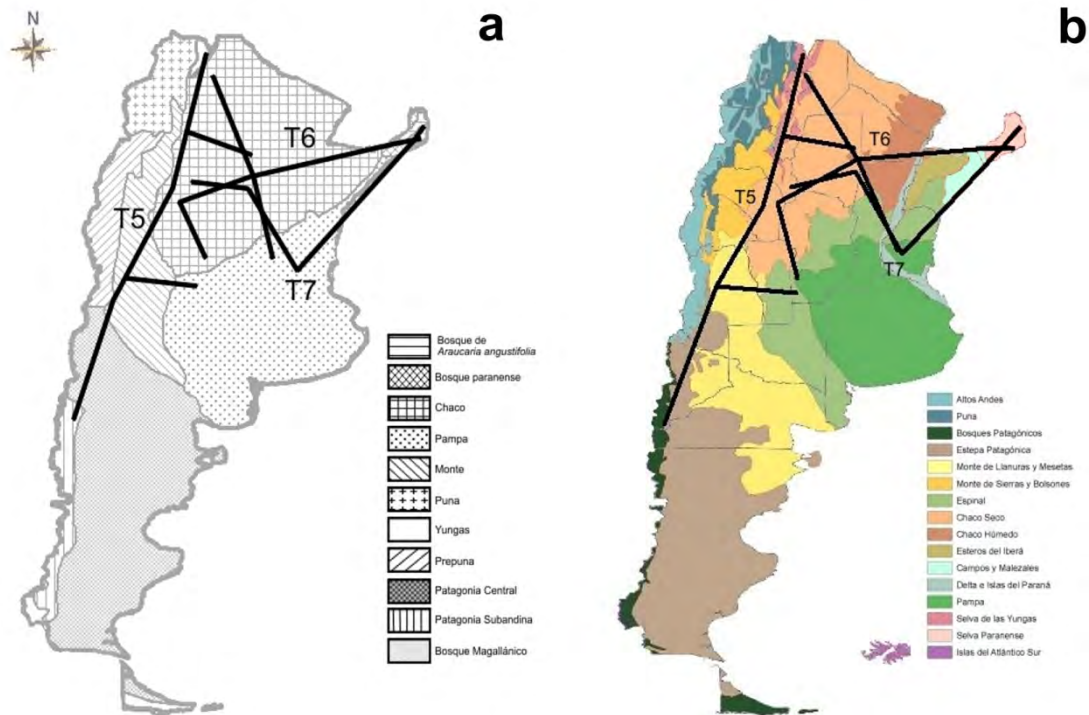


Figura 2. Mapas mostrando los trazos generalizados de arañas Mygalomorphae obtenidos mediante MartiTracks en Argentina. Los trazos se denominan de T5 a T7. (a). Provincias biogeográficas según Morrone (2001b). (b). Eco-regiones según Burkart *et al.* (1999).

El quinto trazo generalizado T5 se ubicó en sentido Noroeste al centro-Oeste de Argentina y estuvo soportado por 13 especies uniendo las provincias de Yungas-Chaco-Monte-Pampa-Patagonia Central y Patagonia Subandina *sensu* Morrone (2001b) y las ecoregiones de Chaco seco-Yungas-Monte-Espinal y Estepa patagónica. El sexto trazo generalizado, denominado T6, soportado por ocho especies, unió las provincias de Bosque Paranaense-Pampa-Chaco *sensu* Morrone (2001b) y las ecoregiones de Selva Paranaense-Esteros del Iberá-Chaco húmedo-Chaco seco-Espinal y Pampa. Finalmente, el último trazo generalizado detectado, denominado T7, se ubicó en Bosque Paranaense-Chaco-Pampa *sensu* Morrone (2001b) y en las ecoregiones de Selva Paranaense-Espinal-Pampa y Chaco seco.

Además de los trazos generalizados recuperados, se identificaron cuatro nodos biogeográficos (Fig. 8) en la intersección de los trazos generalizados T3, T6 y T7 en el Noreste de Argentina; T3, T6 y T7 en el centro-Este de Argentina; T3 y T6 en el

centro-Norte de Argentina; y los trazos generalizados T3, T4 y T5 en el centro-Oeste de Argentina.

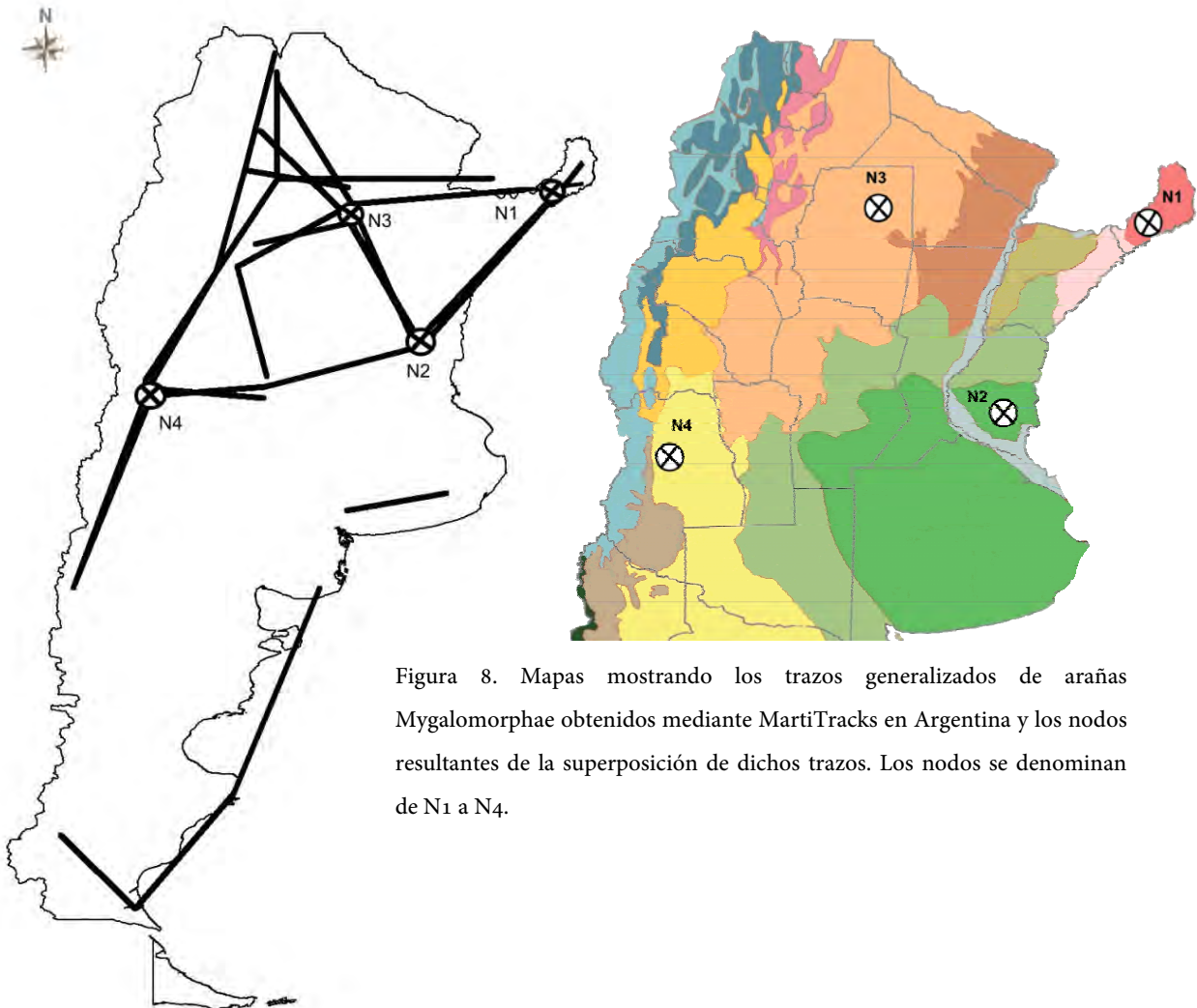


Figura 8. Mapas mostrando los trazos generalizados de arañas Mygalomorphae obtenidos mediante MartiTracks en Argentina y los nodos resultantes de la superposición de dichos trazos. Los nodos se denominan de N1 a N4.

El nodo denominado N1 (Fig. 8) se ubicó en la provincia biogeográfica de Bosque Paranaense *sensu* Morrone (2001b) y en la ecoregión de Selva Paranaense; el nodo N2 se recuperó en la provincia biogeográfica de Pampa *sensu* Morrone (2001b) y en la ecoregión de Pampa; el nodo denominado N3 se ubicó en la provincia de Chaco *sensu* Morrone (2001b) y en la eco-región del Chaco seco; finalmente el nodo N4 se recuperó en la provincia de Monte *sensu* Morrone (2001b) y en la ecoregión de Monte.

## V. DISCUSIÓN

Como resultado de la utilización de un enfoque panbiogeográfico se obtuvieron siete trazos generalizados y cuatro nodos, los cuales han sido considerados equivalentes a áreas de endemismos, centros de alta diversidad o incluso “hot spots” (Grehan 1993, Luna-Vega *et al.* 1999, Contreras-Medina *et al.* 2003). El término ‘hot spot’ fue propuesto originalmente por Myers (1988) para referirse a áreas donde coinciden altos niveles de riqueza de especies, endemismo e impacto de la actividad humana. Posteriormente, también ha sido utilizado para denotar áreas con una riqueza taxonómica extrema (Prendergast *et al.* 1993, Gaston & Williams 1996). Sin embargo, a diferencia de los “hot spots”, los nodos no poseen sólo una alta riqueza taxonómica, sino que también poseen diversidad de relaciones geográficas y filogenéticas (Arzamendia & Giraudo 2012).

### V.1- Áreas prioritarias para la conservación.

#### *Selva Paranaense*

Esta área de endemismo ha sido recuperada utilizando PAE y el criterio de optimización (NDM) (ver capítulo IV). Mediante el enfoque panbiogeográfico se identificó un nodo en la eco-región de Selva Paranaense (provincia de Misiones) que incluyó a tres trazos generalizados (T<sub>3</sub>, T<sub>6</sub> y T<sub>7</sub>). Las especies que caracterizaron esta área fueron *Stenoterommata iguazu*, *S. uruguayi*, *Vitalius paranaensis* y *Diplura paraguayensis*, a pesar de que esta última especie presentó un registro de distribución adicional en la provincia de Entre Ríos. La identificación de nodos constituye un concepto importante para establecer complementariedad entre áreas para conservar (Harold & Mooi 1994, Morrone 2001b, Arzamendia & Giraudo 2004), lo cual permite una mayor eficacia en términos de la superficie del área a proteger (Pressey & Tully 1994, Pressey 1995, Giraudo *et al.* 2003a, b, Arzamendia & Giraudo 2004). Los nodos, según Heads (2004) pueden considerarse como endemismo, gran diversidad,

límites de distribución o distribuciones disyuntas, siendo consideradas relevantes para priorizar áreas para la conservación (Arzamendia & Giraudó 2012). Además, los nodos se definen como áreas con alta riqueza específica y elementos taxonómicos de diferentes orígenes, que representan la interrelación espacial y temporal de diferentes componentes bióticos y geológicos. Por lo tanto, esto permite proteger áreas considerando no solo el número de especies sino también el grado de diferencia entre las biotas que se superponen y sus procesos evolutivos (Crisci *et al.* 1999, Álvarez-Mondragón & Morrone 2004, López Ruf *et al.* 2006).

El área de la Selva Paranaense exhibe una singularidad significativa en la composición de su fauna y flora con numerosas especies endémicas o especies con distribuciones restringidas a sólo esta área en Argentina, incluyendo plantas vasculares, invertebrados y aves (Bonetto 1961, Ponce *et al.* 2002, Giraudó *et al.* 2003a, Giraudó 2004, López Ruf *et al.* 2006, Arzamendia & Giraudó 2012). Por lo tanto, una adecuada protección de esta área preservaría un gran número de especies, debido a una complementariedad alta de los nodos y áreas de endemismo. Se destaca su eficacia con respecto a la representación de las especies endémicas y la presencia de áreas con una gran riqueza específica.

### *Yungas*

Mediante el enfoque panbiogeográfico, los trazos generalizados identificados en la eco-región de las Yungas correspondieron a T4, T5 y T6. Algunas de las especies características que definieron dichos trazos fueron *Chaco obscura*, *C. tucumana*, *Idiops hirsutipedis*, *Ischnothele annulata*, *Neocteniza minina*, *Melloleitoina crassifemur* y *Stenoterommata quena*. No se ha identificado ningún nodo biogeográfico en el área de Yungas. A pesar de ello, como se expuso en el capítulo IV, a través del PAE y el criterio de optimación se ha recuperado un área de endemismo en la provincia biogeográfica de Yungas (Morrone 2001b) (provincias de Jujuy y Salta), y las especies características presentes en el área resultaron *Chaco obscura*,

*Neocteniza minima* y *Stenoterommata quena*, todas identificadas también mediante el análisis panbiogeográfico.

El área de endemismo en Yungas ha sido recuperada por numerosos autores para diferentes taxones, resaltando la importancia de esta área para establecer prioridades de conservación (Ponce *et al.* 2002, López Ruf *et al.* 2006, Cuezco *et al.* 2007, Szumik *et al.* 2007, Löwenberg-Neto & de Carvalho 2009, Navarro *et al.* 2009, Ferrari *et al.* 2010, Szumik *et al.* 2012).

Las Yungas albergan un elevado número de especies animales y vegetales, que si bien no ha sido cuantificado en detalle, podría llegar a representar hasta un 40% de la riqueza de especies del país, en menos del 2% del territorio continental nacional. Una de las principales características de las Yungas subtropicales es su desarrollo sobre un gradiente altitudinal de unos 2000 m (ca. 400-2300 msnm). Esta extensión alberga una gran heterogeneidad de características ambientales, que se refleja en la composición y riqueza específica de la vegetación desde el pie de las montañas hacia las cimas (Brown *et al.* 2001, Blundo *et al.* 2012).

En Argentina, 11% de la distribución actual de Yungas se encuentra protegido. Las áreas protegidas cubren buena parte del gradiente altitudinal del sector Norte de Yungas, que para algunos grupos taxonómicos (por ejemplo, mamíferos) es el más diverso (Ojeda *et al.* 2008, Di Bitetti *et al.* 2011). En el sector central hay una falta de áreas protegidas, particularmente hacia el Oeste y Sur de la distribución en la Provincia de Salta. En el sector Sur, debido a la transformación casi completa de la selva pedemontana, sólo se protege el bosque nublado, y no hay áreas protegidas hacia el extremo Sur, particularmente en la Provincia de Catamarca.

### *Chaco*

Mediante el análisis panbiogeográfico se recuperó un nodo en la provincia biogeográfica de Chaco (Morrone 2001b) y en la eco-región de Chaco seco a partir de

la intersección de los trazos generalizados T3 y T6 soportado principalmente por la presencia de *Acanthoscurria chacoana*, *A. cordubensis*, *Catumiri argentinense*, *Neocteniza chancani*, *N. australis*, *Plesiopelma longisternale* y *Pycnothele modesta*. Es importante destacar que las especies *C. argentinense* y *P. longisternale* constituyen las especies con distribución más amplia en el país, por lo que la remoción de estas especies del área no modificaría la robustez del área. Como se expuso en el capítulo IV, a través del criterio de optimación se ha recuperado un área de endemismo en la provincia biogeográfica de Chaco, y las especies características presentes en el área, las cuáles también se identificaron resultaron *Acanthoscurria sternalis*, *A. chacoana*, *Grammostola pulchripes*, *Ischnothele annulata* y *Pycnothele modesta*

El área de Chaco ha sido recuperada como área de endemismo para numerosos taxones, por ejemplo, plantas, reptiles, anfibios, aves, mamíferos, insectos y opiliones (Morrone 2001b, Acosta 2002, Navarro *et al.* 2009, Nori *et al.* 2011, Szumik *et al.* 2012).

### *Pampa*

Como resultado del análisis panbiogeográfico se recuperó un nodo en la provincia biogeográfica de Pampa (Morrone 2001b) o eco-región de Pampa al Sur de la provincia de Entre Ríos a partir de la intersección de los trazos generalizados T3, T6 y T7 soportado principalmente por la presencia de *Acanthoscurria suina*, *Diplura paraguayensis*, *Eupalaestrus weijenberghi*, *Grammostola anthracina*, *Homoeomma uruguayense*, *Stenoterommata palmar*, *S. platensis* y *S. tenuistyla*.

Esta área de endemismo también ha sido recuperada mediante la utilización del criterio de optimación (NDM) (ver capítulo IV). Dicha área de endemismo obtenida en el presente estudio, al margen del río Uruguay, contiene remanentes sureños del Bosque Atlántico o Paranaense, formando bosques en galerías a lo largo de las barrancas del río y en islas del río Uruguay. Consecuentemente, como se ha expuesto en el capítulo IV, comprenden los límites Sur de distribuciones de

numerosas especies tropicales (Menalled & Adámoli 1995, Agostinho *et al.* 2004, Giraudo & Arzamendia 2004, Nores *et al.* 2005, Arzamendia & Giraudo, 2009, 2012). Asimismo, se ha demostrado la importancia de los bosques en galerías inundables o humedales como hábitats claves para estrategias de conservación, protegiendo tanto las barrancas de ríos como las tierras circundantes más altas (Roe *et al.* 2003, Giraudo *et al.* 2007, Arzamendia & Giraudo 2012).

### Monte

A partir del análisis panbiogeográfico se recuperó un nodo en la provincia biogeográfica de Monte (Cabrera & Willink 1973, Morrone 2001b) y en la eco-región del Monte (provincia de Mendoza), a partir de la intersección de los trazos generalizados T3, T4 y T5 soportado principalmente por la presencia de las especies *Diplotheopsis bonariensis*, *D. ornata*, *Grammostola inermis*, *Lycinus longipes* y *Paraphysa scrofa*.

La importancia de estas áreas para la conservación ha sido manifestada por Roig-Juñent *et al.* (2001) y Domínguez *et al.* (2006), dado el gran número de especies endémicas y a la presencia de taxones con distribuciones relictuales (Morrone *et al.* 2002, Roig-Juñent *et al.* 2002, Löwenberg-Neto & de Carvalho 2009). El área de endemismo en Monte, recuperada como Monte central para insectos (Roig-Juñent *et al.* 2001) abarca desde la provincia de La Rioja hasta el Sur de Mendoza comprendiendo una franja longitudinal de aproximadamente 200 km de ancho, caracterizada por montañas de la Precordillera. Además, Roig-Juñent *et al.* (2001) han propuesto que el Monte presenta numerosos elementos naturales que pertenecen a la biota Neotropical y a la Patagónica.

Es importante destacar que muchas de las reservas naturales ubicadas actualmente en la provincia biogeográfica de Monte se encuentran dentro del área de Monte Central, comprendiendo el nodo identificado en la provincia de Mendoza. De todas maneras, se enfatiza la necesidad de proponer y de crear áreas para la

conservación, con el fin de proteger numerosas especies endémicas y permitir la preservación de la biodiversidad tanto como sea posible.

### *Ventania y Tandilia*

A través del criterio de optimación (NDM) se obtuvo un área de endemismo que abarca a los sistemas serranos de Ventania y Tandilia (Pampa). Mediante el análisis panbiogeográfico se obtuvo un trazo generalizado en dicha área, uniendo los sistemas serranos de Ventania y Tandilia, y estuvo soportado por las especies *Calathotarsus simoni*, *Grammostola vachoni*, *Grammostola doeringi* y *Mecicobothrium thorelli*. Como se destacó en el capítulo IV, *C. simoni* es una especie de araña albañil endémica a los sistemas serranos de Ventania y Tandilia (Schiapelli & Gerschman de Pikelín 1975) y *Mecicobothrium thorelli*, además de estar presente en Ventania y Tandilia, sólo se ha registrado en las Sierra de las Ánimas (Sur de Uruguay) (Costa & Pérez-Miles 1998).

Roig-Juñent & Debandi (2004) identificaron como área de endemismo y a su vez, en segundo orden de importancia como área prioritaria de conservación a las sierras pampeanas de Ventania y Tandilia. Esta área posee también numerosos géneros relictuales e incluso una tribu endémica de insectos (Carabidae, Notiokasini), mostrando su biota una peculiar afinidad con la existente en África del Sur (De la Sota 1967) y otras regiones pangéicas de América del Sur (Mattoni & Acosta 1997). El conocimiento de las comunidades de arañas migalomorfas también podría contribuir a preservar los hábitats de pastizal natural. Para asegurar la conservación de la diversidad regional, es necesario realizar estudios en el área y aplicar diseños adecuados para la conservación y manejo. Los sistemas serranos de Ventania y Tandilia constituyen los últimos relictos del pastizal pampeano serrano en buen estado de conservación y con numerosos taxones endémicos, por lo que resulta imprescindible definir esta área como área prioritaria para la conservación (Cozzani *et al.* 2004, Di Giácomo 2005, Cozzani *et al.* 2007, Doiny Cabré & Lejarraga 2007, Cozzani & Zalba 2009, Konopko *et al.* 2009).



## VI. CONSIDERACIONES FINALES

El establecimiento de prioridades de conservación consiste en ordenar una serie de lugares con base en el contenido de la biodiversidad presente (Sarkar & Margules 2002, Sarkar 2005). El criterio más utilizado para esto ha sido, en ocasiones, la riqueza específica, pero ésta representa sólo una medida de la biodiversidad y no necesariamente refleja la abundancia de especies raras, o en peligro de extinción (Csuti *et al.* 1997, Sarkar 2005) o los patrones de endemismo.

Los estudios biogeográficos contribuyen de manera sustancial a las políticas de conservación; por ejemplo, las áreas de endemismo y los nodos panbiogeográficos representan áreas bióticas complejas, las cuáles merecen ser conservadas (Contreras-Medina *et al.* 2001, Arzamendia & Giraudó 2012). Los nodos panbiogeográficos resultan particularmente importantes para la conservación, debido a que poseen elementos bióticos de diferentes orígenes calificando como puntos de alta diversidad, permitiendo seleccionar aquellas áreas con la mayor diversidad biogeográfica para proteger, considerando no sólo el número de especies, sino también el grado de diferencia entre las biotas presente en los nodos (Morrone & Crisci 1992, Craw *et al.* 1999).

A partir del presente estudio se resalta la importancia de determinadas áreas de interés particular para la conservación de la biodiversidad en Argentina, resultantes de la identificación de nodos biogeográficos mediante un enfoque panbiogeográfico. Además, los nodos permiten la inclusión de características evolutivas y ecológicas durante el manejo y planeamiento de una estrategia de conservación. De esta manera, se contribuye a aumentar las redes de conservación y la efectividad de la asignación de recursos invertidos en la conservación de la biodiversidad (Arzamendia & Giraudó 2012).

La identificación de centros de diversidad o nodos y la importancia relativa que los mismos poseen, resulta clave para determinar prioridades en la selección de áreas para su conservación y el uso sustentable de diferentes ecosistemas. Además, esto permitiría identificar áreas y/o grupos taxonómicos que merezcan estudios más detallados, maximizando el potencial científico que pueda tener su investigación en el futuro, e integrar otros tipos de datos (ecológicos, geológicos, entre otros). Se espera que este análisis constituya un modesto paso en esta dirección.

Por lo anteriormente expuesto, sugiero que los resultados puedan ser tomados como una guía indicativa en donde podría ser más eficiente invertir en la creación de nuevas Áreas Naturales Protegidas, con la finalidad de conservar los procesos generadores de los patrones biogeográficos que exhiben las biotas.