

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**DIVERSIDAD DE ARTRÓPODOS EN EL CULTIVO DE ARROZ
EN EL SISTEMA DE ROTACIÓN CON PASTURAS**

por

Leticia Verónica BAO FONTES

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Doctor *en Ciencias Agrarias*

MONTEVIDEO
URUGUAY
diciembre 2019

Tesis aprobada por el tribunal integrado por Dr. Lic. Enrique Morelli, Dr. Ing. Agr. Álvaro Roel, y Dr. Lic. Federico Rizo-Patrón, el 19 de diciembre de 2019.

Autora: Lic. MSc. Leticia Bao. Director: Dr. Ing. Agr. Enrique Castiglioni, Co-director: Dr. Ing. Agr. Jerson Guedes.

Dedico este trabajo a mi familia, siempre presente,
en especial a mis padres, a Víctor, Agus y Fede

AGRADECIMIENTOS

A la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) por otorgarme la Beca de Posgrado.

A mi orientador Enrique Castiglioni por su apoyo en esta etapa de mi formación.

A mi co-orientador Jerson Guedes.

A Miguel Simó por su gran apoyo en el trabajo con arañas, fue muy enriquecedor haber tenido la oportunidad aprender trabajando con él.

A Mónica Cadenazzi por su apoyo en los análisis estadísticos.

A los integrantes del Comité de Seguimiento: Dr. José Terra, Dr. Andrés González Ritzel y Dr. Dori Edson Nava.

A los integrantes del tribunal Dr. Ing. Agr. Álvaro Roel, Dr. Lic Enrique Morelli, Dr. Lic. Federico Rizo-Patrón por sus valiosos aportes para mejorar la presentación de este trabajo.

A Sebastián Martínez e INIA Treinta y Tres por su apoyo en las salidas de campo.

A Luis Alberto Casales por su colaboración durante todo el período de trabajo de campo y por sus continuos aportes durante los muestreos. A María Paula Caraballo por su colaboración en el trabajo de campo y laboratorio.

A los productores Héctor Daniel Da Fonseca, Raúl Servetto y Jorge Servetto por permitirme realizar los muestreos en sus predios sin lo cual este trabajo no hubiera sido posible. Al Ing. Agr. Marcelo Segovia por su apoyo y asistencia en la selección de chacras en la localidad de La Charqueada.

A Lucía Seijas y Mónica Urrutia por su colaboración en el procesamiento de muestras. A Mónica Ziminov y Cecilia Costa por el acondicionamiento de parte de las muestras de campo.

A la Sección Limnología de la Facultad de Ciencias por el préstamo de equipos para medir las propiedades fisicoquímicas del agua en los muestreos de insectos acuáticos.

A mis compañeros de trabajo de la Unidad de Entomología, por su apoyo incondicional a lo largo de todo este proceso.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	IX
SUMMARY.....	X
 1. <u>INTRODUCCIÓN GENERAL</u>	 1
1.1. MARCO TEÓRICO.....	1
<u>1.1.1. Características e importancia del cultivo</u>	1
<u>1.1.2. El sistema de producción de arroz en Uruguay</u>	2
<u>1.1.3. Localización y caracterización agroclimática de la zona de estudio</u>	4
<u>1.1.4. La biodiversidad de los agro-ecosistemas en relación con el “equilibrio ecológico”</u>	5
<u>1.1.5. Algunas formas de estudiar la estructura de las comunidades</u>	8
1.1.5.1. Grupos funcionales y gremios.....	8
1.1.5.2. Curvas de acumulación de especies.....	11
1.1.5.3. Los índices de diversidad.....	14
<u>1.1.6. Sustentabilidad del sistema de producción</u>	15
1.2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	17
1.3. HIPÓTESIS.....	19
1.4. OBJETIVOS.....	20
<u>1.4.1. Objetivo general</u>	20
<u>1.4.2. Objetivos específicos</u>	20
1.5. ESQUEMA GENERAL DE LA TESIS.....	20
 2. <u>DIVERSIDAD DE INSECTOS EN EL CULTIVO DE ARROZ EN EL SISTEMA DE ROTACIÓN CON PASTURAS</u>	 21
2.1. RESUMEN.....	21
2.2. SUMMARY.....	22
2.3. INTRODUCCIÓN.....	23

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
<u>2.4.1. Muestreo exploratorio en el cultivo de arroz y bordes de vegetación nativa.....</u>	24
<u>2.4.2. Muestreo en el cultivo de arroz y pasturas en rotación con trampas de caída.....</u>	25
<u>2.4.3. Procesamiento de muestras e identificación de los individuos recolectados.....</u>	27
<u>2.4.4. Análisis de datos.....</u>	27
2.4.4.1 Análisis de datos del muestreo exploratorio.....	27
2.4.4.2 Análisis de datos del muestreo en el cultivo de arroz en rotación con pasturas con trampas de caída.....	28
2.5. RESULTADOS.....	29
<u>2.5.1. Muestreo exploratorio en el cultivo de arroz y bordes de vegetación nativa.....</u>	29
<u>2.5.2. Muestreo en el cultivo de arroz y pasturas en rotación con trampas de caída.....</u>	34
2.6. DISCUSIÓN.....	49
<u>2.6.1. Muestreo exploratorio en el cultivo de arroz y bordes de vegetación nativa.....</u>	49
<u>2.6.2. Muestreo en el cultivo de arroz y pasturas en rotación con trampas de caída.....</u>	50
2.7. CONCLUSIONES.....	53
2.8. BIBLIOGRAFÍA.....	53
 3. <u>COMUNIDADES DE ARAÑAS EN EL AGROECOSISTEMA ARROCERO DE LA ZONA ESTE DE URUGUAY.....</u>	 60
3.1. RESUMEN.....	60
3.2. SUMMARY.....	61
3.3. INTRODUCCIÓN.....	62

3.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	63
3.4.1. Área de estudio.....	63
3.4.2. Trabajo de campo.....	63
3.4.3 Análisis de datos.....	64
3.4.3.1 Comparación entre ambientes al macollaje.....	64
3.4.3.2 Variación de las comunidades de arañas en diferentes etapas del cultivo de arroz.....	65
3.5. RESULTADOS.....	66
3.5.1 Comunidades de arañas en cultivos de arroz, pasturas y parches de bosque ribereño al momento del macollaje del arroz.....	66
3.5.2 Composición de las comunidades de arañas en diferentes etapas del cultivo de arroz.....	72
3.6. DISCUSIÓN.....	81
3.7. CONCLUSIONES.....	85
3.8. BIBLIOGRAFÍA.....	85
 4. <u>RELEVAMIENTO DE INSECTOS ACUÁTICOS EN CULTIVOS DE ARROZ DE LA ZONA ESTE DE URUGUAY</u>	 92
4.1. RESUMEN.....	92
4.2. SUMMARY.....	93
4.3. INTRODUCCIÓN.....	94
4.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	95
4.5 RESULTADOS.....	98
4.5.1 Condiciones fisicoquímicas del agua.....	98
4.5.2 Abundancia relativa de insectos y otros macroinvertebrados.....	98
4.5.3 Abundancia, riqueza, y diversidad de insectos.....	101
4.5.4 Composición de las comunidades de insectos acuáticos en función de la fuente de agua y de la localidad de muestreo.....	104
4.5.5 Índices de riqueza y diversidad de insectos acuáticos en función de la fuente de agua y de la localidad de muestreo.....	106

4.6 DISCUSIÓN.....	108
4.7 CONCLUSIONES.....	110
4.8 BIBLIOGRAFÍA.....	111
 <u>5. DISCUSIÓN GENERAL, CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.....</u>	 116
5.1. DISCUSIÓN GENERAL.....	116
5.2. CONCLUSIONES.....	123
5.3. PERSPECTIVAS.....	125
 <u>6. BIBLIOGRAFÍA</u>	 127
 <u>7. ANEXOS.....</u>	 142
7.1 ARTÍCULO PUBLICADO EN CHECKLIST (2019) (CAPÍTULO 2).....	142
7.2 ARTÍCULO PUBLICADO EN BIODIVERSITY DATA JOURNAL (2018) (CAPÍTULO 3).....	149
7.3 TRABAJO PRESENTADO EN EL CONGRESO URUGUAYO DE ZOOLOGÍA (2016) (CAPÍTULO 3).....	166
7.4 TRABAJO PRESENTADO EN EL CONGRESO LATINOAMERICANO DE ARACNOLOGÍA (2017) (CAPÍTULO 3).....	167

RESUMEN

El arroz es uno de los principales rubros exportadores en Uruguay, con una valoración por la calidad e inocuidad del producto. Los cultivos permanecen bajo inundación en gran parte de su período de desarrollo, por lo que se pueden considerar ecosistemas acuáticos estacionales. El sistema de producción se realiza en rotación con pasturas y cultivos alternativos, integrado con la producción ganadera, y tiene el desafío de desarrollar indicadores que permitan cuantificar la sustentabilidad productiva, económica y ambiental. Si bien la actividad agrícola se asocia con zonas pobres en diversidad, hay ciertos agro-ecosistemas como el arrocerero que sustentan altos niveles de biodiversidad. La compleja comunidad de seres vivos presentes cumple un rol que generalmente no es evidenciado hasta que su estructura resulta afectada. La información sobre la biodiversidad en el agro-ecosistema arrocerero en Uruguay es incompleta. El objetivo general de este trabajo fue caracterizar la diversidad de insectos y arañas en el cultivo de arroz y áreas naturales próximas, en el sistema de rotación con pasturas. Se destaca el registro de nuevos reportes de especies de insectos y arañas para el país, y quedan especies aún para reportar. El muestreo exploratorio mostró mayor abundancia y riqueza de insectos en los parches de vegetación nativa (bosque ribereño), en comparación con el cultivo de arroz, revelando la importancia de estas áreas como reservorios de especies. Se registraron más morfoespecies en las pasturas que en los cultivos de arroz, en los muestreos con trampas de caída. En el estudio de la composición de especies de arañas entre los ambientes pastura, parche de vegetación nativa y arroz al macollaje, la mayor abundancia de especies exclusivas se registró en la pastura. Por otra parte, en el muestreo de artrópodos acuáticos, se registraron valores de riqueza mayores a los registrados en cultivos de producción orgánica de arroz en Costa Rica, Italia y Australia. La riqueza y la diversidad de especies de artrópodos observadas en este trabajo, podrían posicionar al cultivo de arroz como un sistema de producción con potencial de aportar a la conservación de estos grupos, y producir en forma sustentable, a través de la definición de medidas de manejo que permitan conservar la biodiversidad observada.

Palabras clave: sustentabilidad, biodiversidad, conservación, artrópodos

SUMMARY

ARTHROPOD DIVERSITY IN RICE CROP IN THE ROTATION SYSTEM WITH PASTURES

Rice is one of the main exporting items in Uruguay with a valuation for the quality and safety of the product. Crops remain flooded for a large part of its development period, so that can be considered as seasonal aquatic ecosystems. It is based on a production system in rotation with pastures and alternative crops, integrated with livestock production, and has the challenge of developing indicators for productive, economic and environmental sustainability quantification. Agricultural activity is associated with poor diversity areas, there are certain agro-ecosystems such as rice crop, that sustain high levels of biodiversity. However, the complex community of living organisms present in the crop plays a role that is generally not evident until its structure is affected. Information on biodiversity in the agro-ecosystem of rice cultivation in Uruguay is incomplete. The objective of this work was to characterize the diversity of insects and spiders in the cultivation of rice and nearby natural areas, in the rotation system with pastures. The record of new reports of insect and spider species for the country is highlighted, and there are still species to report. The exploratory sampling showed greater abundance and richness of insects in the patches of native vegetation (riverine forest), in comparison with the rice cultivation, demonstrating the importance of these areas as species reservoirs. More morphospecies were recorded in pastures than in rice crops, in samplings with pitfall traps. In the study of the composition of spider species between the pasture, patch of native vegetation and rice at tillering stage, the greatest abundance of exclusive species was recorded in the pasture. On the other hand, in the sampling of aquatic arthropods, richness values were greater than those recorded in crops of organic rice production in Costa Rica, Italy and Australia. Richness and diversity of arthropod species observed in this work could positionate rice cultivation as a production system with the potential to contribute to the conservation of these groups, and produce in a sustainable way, through the definition of management measures that allow the conservation of the observed biodiversity.

Key words: sustainability, biodiversity, conservation, arthropods

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1. MARCO TEÓRICO

1.1.1. Características e importancia del cultivo

El arroz asiático *Oryza sativa* L. es, de las dos especies de arroz cultivables, la que se cultiva a nivel mundial. Esta especie vegetal pertenece a la familia de las gramíneas. El género *Oryza* se habría generado hace al menos 130 millones de años y su domesticación ocurrió aproximadamente 10.000 años antes de Cristo en los valles de los ríos del sur y sureste de Asia y China (Heinrichs, 1994).

El arroz es el cereal cultivado más importante a nivel mundial y una de las principales fuentes de alimento para más de un tercio de la población del mundo, siendo el único cereal cultivado que es casi exclusivamente consumido por humanos (Kush, 1997).

En 2017 se cultivaron más de 167 millones de hectáreas en el mundo, en más de 100 países (FAOSTAT, 2017). Este cultivo tiene como una de las principales particularidades que en la mayoría de los sistemas de producción permanece bajo inundación en gran parte de su período de desarrollo. Dado que son hábitats acuáticos con una fase seca predecible, se pueden considerar los cultivos como ecosistemas acuáticos estacionales, agronómicamente manejados con un grado variable de intensidad (Bambaradeniya, 2000).

Los ecosistemas arroceros son comúnmente clasificados de acuerdo a su hábitat, en términos de suelo y agua, en cuatro tipos: irrigados, de tierras bajas (irrigado por lluvia), de tierras altas y propensas a inundación. El arroz irrigado es el ecosistema más extendido, comprendiendo el 55% del total del área de producción mundial y también el más productivo, cosechando el 75% de la producción global (Bernier, 2008).

1.1.2. El sistema de producción de arroz en Uruguay

Uruguay presenta tres zonas productivas, Norte, Centro y Este. La zona Este es la más extensa del país con 67% del área sembrada (Pittelkow *et al.*, 2016). Si bien hay algunos datos sobre ensayos realizados en 1869, el primer plantío se instaló en Santa Rosa del Cuareim (actualmente Bella Unión) y a partir de 1927 las primeras arroceras, de las que existen datos concretos, se instalaron en la zona de la Laguna Merín, y es esta zona la que desde ese entonces ha tenido un crecimiento sostenido del área y de los rendimientos obtenidos (ACA, 2017).

En Uruguay el ecosistema arrocero es el irrigado y, en su mayor parte, se basa en un sistema de producción en rotaciones con pasturas para producción ganadera y cultivos alternativos, integrado con la producción ganadera. Este sistema pretende promover la sustentabilidad productiva, económica y ambiental (ACA, 2013). Según información oficial (Couto, 2017), 60% de la superficie total del cultivo se siembra en campos que no han tenido arroz en la zafra anterior (“arroz de primer año”), 36% corresponde a arroz sembrado sobre áreas sembradas el año previo con arroz (“arroz de segundo año”), mientras tan solo el 6% del área total sembrada corresponde a arroz sembrado sobre rastrojo en forma continua durante tres o más años.

El cultivo de arroz ocupa un período de entre 25-30% de la duración de la rotación. El resto del tiempo está ocupado por pasturas naturales regeneradas o siembra de praderas (mezcla de gramíneas y leguminosas) (Figura 1.1).

Año	1		2		3		4		5	
ROTACIÓN	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI
AZ-PP LARGA	ARROZ 1	CC	ARROZ 2	PASTURA						

Figura 1.1. Esquema del sistema de rotación de cultivos asociados al cultivo de arroz en la zona Este (Redibujado de Macedo *et al.*, 2016). PV: primavera-verano, OI: otoño-invierno, CC: cultivo de cobertura, AZ-PP: arroz - pastura permanente. ARROZ 1 y ARROZ 2: cultivo de arroz de primer y segundo año, respectivamente.

Existe información que indica que el sistema de rotación cultivo-pastura con la integración de la producción ganadera es el más sustentable ya que, entre otros, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Macedo *et al.*, 2017), disminuye la presencia de malezas (Filizadeh *et al.*, 2007), insectos e inóculo de enfermedades (Tilman *et al.*, 2002), lo que reduce la frecuencia con que se aplican los productos agroquímicos en un lugar sobre un determinado período (ACA, 2013).

Entre las características diferenciales de la forma de producción de arroz en Uruguay, que además resultan ventajosas dado que minimizan el posible impacto ambiental del cultivo, se destaca la siembra de un solo cultivo por año, que la misma se hace en seco y después de ello se inunda en forma permanente entre los 30 a 40 días posteriores a la emergencia de las plantas. Hay además un menor uso de productos agroquímicos, en comparación con otros productores de arroz de la región (Pittelkow *et al.*, 2016; Carneiro *et al.*, 2015).

En Uruguay el arroz es sembrado en forma directa previo a la inundación. La planta de arroz pasa a través de su ciclo de desarrollo por dos grandes etapas que son: 1) etapa vegetativa, 2) etapa reproductiva (Figura 1.2).

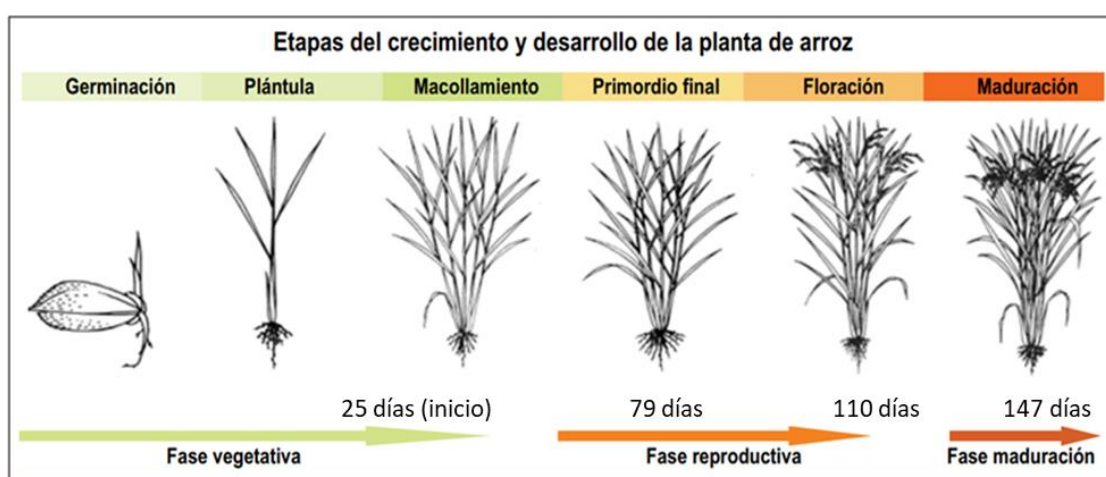


Figura 1.2. Esquema de las diferentes etapas de desarrollo del cultivo de arroz (Modificado de fuente: Quirós McIntire, 2005), se indican los valores para El Paso 144 en siembra de primera época en el Paso de la Laguna INIA Treinta y Tres (10 de octubre, como referencia (INIA, 2019)).

Durante la etapa vegetativa se dan los períodos de emergencia, estado de plántula y posteriormente el macollaje. La emergencia corresponde a la salida de la primera hoja sobre la superficie del suelo y este momento se toma como referencia para determinar las futuras etapas dentro del ciclo de la planta (Gamarra, 1996). Luego de la emergencia la plántula deja gradualmente de alimentarse de las reservas de la semilla para comenzar a extraer los nutrientes del suelo. El macollaje corresponde al período de formación de tallos de la planta, a partir de los cuales luego se formarán las panojas con los granos (el número de panojas por hectárea es el primer componente del rendimiento del cultivo). Cada macollo, una vez desarrollado, constituye una planta independiente de la planta madre, con raíz propia. De acuerdo a las variedades de arroz el número de macollos puede variar. En esta etapa, luego de la fertilización, se define la inundación permanente del cultivo.

Durante la etapa reproductiva se suceden la diferenciación del primordio floral y luego la formación de la panoja. El crecimiento de la planta en esta etapa influye sobre el número de granos por panoja (segundo componente del rendimiento).

1.1.3. Localización y caracterización agroclimática de la zona de estudio

Uruguay se localiza entre los 30 y 35 grados de latitud sur, en la zona subtropical templada (CIAAB, 1971). Las variaciones espaciales de una gran parte de las variables climáticas son relativamente de escasa proporción, en parte debido a la ausencia de sistemas orográficos importantes (Castaño *et al.*, 2011).

De acuerdo a la clasificación de Köppen-Geiger Uruguay corresponde al clima tipo Cfa, que se caracteriza por el clima templado sin estación seca y el mes más cálido con temperatura por encima de 22 °C (Peel *et al.*, 2007). La presencia de sistemas de presión atmosférica semipermanentes sobre los océanos Atlántico y Pacífico, establece que la circulación horizontal en superficie es predominantemente del sector NE, con un aporte anual mayoritariamente de aire de origen tropical. Generalmente, las masas de aire tropical que se originan en territorio brasileño y paraguayo se trasladan por la

influencia del anticiclón del Atlántico, alcanzando el país con alta temperatura y alto contenido de humedad pudiendo provocar eventos de lluvias intensas y copiosas. La temperatura media anual es de 17,7°C. Las temperaturas medias más altas se presentan en los meses de enero y febrero, y las más bajas en junio y julio, de acuerdo a la región. Las medias anuales de las temperaturas extremas medias son 22,6°C y 12,9°C de máxima y mínima media anual, respectivamente (Castaño *et al.*, 2011). En la región sureste (litoral Atlántico) y este (cuenca de la Laguna Merín) el régimen de precipitaciones tiene características marítimas, con el máximo de precipitaciones en invierno (Castaño *et al.*, 2011).

Los suelos de esta zona son mayoritariamente del tipo solod melanizado, basado en la clasificación uruguaya de suelos, pertenece a la unidad de suelo “La Charqueada” presenta importante lixiviación y tiene poco sodio intercambiable (Altamirano *et al.*, 1976).

1.1.4. La biodiversidad de los agro-ecosistemas en relación con el “equilibrio ecológico”

El término biodiversidad surge de la contracción de las palabras diversidad biológica y fue aparentemente propuesto por Walter G. Rosen en 1986 durante la planificación del primer Foro Nacional de BioDiversidad y a partir de la publicación de los trabajos de ese evento en un libro denominado Biodiversity, el término alcanzó un público más amplio.

La palabra biodiversidad se refiere a la variabilidad entre los organismos vivos y a las interacciones entre ellos: un vasto arreglo de organismos con una complejidad casi infinita de interacciones (Magurran, 2004). El número de especies por unidad de área o localidad se denomina diversidad alfa. Por otra parte, se conoce como diversidad beta la medida de los cambios en la composición de especies entre un área y otra adyacente. Cuando se habla comparativamente de todas las especies de una región dada se usa el término diversidad gama (Dirzo y Raven, 2003).

La biodiversidad presenta tres propiedades: composición, estructura y función. La composición se refiere a la identidad y variedad de elementos en un nivel de organización dado. La estructura es la relación espacial entre los componentes de un sistema (estructura demográfica o genética de una población, complejidad de hábitats, estructura de parches que forman un paisaje). La función comprende los procesos ecológicos y evolutivos que sobrevienen en cada nivel de biodiversidad (flujo génico, perturbaciones, el reciclaje de nutrientes, entre otras) (Noss, 1990).

Estudios recientes ponen de manifiesto que hay una continua y creciente pérdida de biodiversidad en las últimas décadas (Butchart *et al.*, 2010). Este fenómeno de pérdida de especies funcionaría como el principal impulsor de cambios en los ecosistemas, por ejemplo, a través de la disminución de la producción primaria y la descomposición, procesos clave en el ciclo del carbono y la provisión de muchos servicios ecosistémicos (Hooper *et al.*, 2012).

La biodiversidad agrícola, es decir la “agro-biodiversidad”, es una subcategoría de la biodiversidad. La agro-biodiversidad a través de la agricultura, es decir el manejo de las interacciones entre cultivos, animales domésticos y su biodiversidad asociada, provee la mayor parte de nuestra alimentación con menos de un 5% proveniente del ambiente natural. Menos de 20 especies proveen la mayoría de los alimentos a nivel mundial y tres cultivos (arroz, trigo y maíz) proveen aproximadamente el 60% de las calorías y el 56% de las proteínas que los seres humanos consumen directamente de las plantas (Lenné y Wood, 2011).

La agro-biodiversidad incluye mucho más que los cultivos y animales vecinos. Brookfield y Stocking (1999) destacan el dinamismo de la agro-biodiversidad y el arreglo de parches y de relaciones entre la gente, las plantas, y su ambiente. Las interacciones dinámicas de esta agrobiodiversidad con la de otros agroecosistemas, son críticas para determinar el volumen de cosecha.

Si bien la actividad agrícola ha estado siempre asociada con zonas pobres en cuanto a diversidad, hay una extensa investigación que, por el contrario, muestra hay

ciertos tipos de agroecosistemas como el arroz que sustentan altos niveles de biodiversidad (Bambaradeniya *et al.*, 2004).

Los insectos constituyen el grupo mayoritario dentro de los artrópodos presentes en el cultivo de arroz (Bambaradeniya y Amarasinghe, 2003) por lo que un estudio sobre la biodiversidad de este grupo sería representativo para conocer en buena medida la situación del cultivo en nuestro país.

Uno de los principales propósitos de la agroecología es el estudio de la biodiversidad de los agroecosistemas para preservar y potenciar los servicios ecológicos que proveen la sustentabilidad a la producción (Gliessman, 2007). Para lograr dicho propósito, la principal estrategia es disponer de diferentes combinaciones de cultivos que sean complementarios y sinérgicos en la provisión de tales servicios (Altieri, 1999). El estudio de la diversidad biológica asociada a los agroecosistemas ha llamado la atención de los biólogos en las últimas décadas para producir cultivos sustentables. Uno de ellos es el cultivo de arroz, el cual es la forma más antigua de agricultura intensiva en el mundo (Fernando, 1977).

Los cultivos de arroz irrigados son ecosistemas del tipo de humedales temporarios con un grado variable de manejo agronómico (Bambaradeniya *et al.*, 2004, Ramsar, 2010). A lo largo de un período de cultivo, el agroecosistema arroz presenta tres fases ecológicas principales: acuática, semi-acuática y seca (Fernando 1995). A pesar de la perturbación el cultivo de arroz y los ecosistemas asociados (ambientes naturales u otros cultivos) constituyen un rico mosaico de hábitats que preservan una importante diversidad biológica (Roger, 1996). Esto promueve intensos cambios en los ecotonos como procesos de colonización, migración y reproducción (Bambaradeniya, 2000). Más aún, el sistema de producción irrigada provee un ambiente temporal que es beneficioso para la conservación de especies de invertebrados y vertebrados (Heong *et al.*, 1991, Schoenly *et al.*, 1996). Algunos componentes importantes de la diversidad son ciertos grupos de artrópodos que participan como reguladores de poblaciones de insectos plaga (Roger, 1996).

Según la clasificación de 1984 Uruguay cultiva arroz en ambiente irrigado con una lámina estable de agua de 5 a 10 cm de profundidad. El cultivo de arroz en el país está principalmente basado en un sistema de rotación de cultivos que en la mayoría de los casos consiste en dos años de arroz seguido de cuatro años de pasturas, integrado a sistemas ganaderos, si bien se observa una reciente intensificación (ACA, 2013). En este contexto, hay algunas áreas con remanentes de montes ribereños adyacentes o próximos a este agroecosistema.

La zona de cultivo más importante es la región Este del país. Se ubica dentro de los Bañados del Este, una región de humedales que pertenece a un área de importancia internacional definida por la convención de Ramsar (PROBIDES, 1999).

1.1.5. Algunas formas de estudiar la estructura de las comunidades

1.1.5.1. Grupos funcionales y gremios

La información referente a las diferentes especies puede analizarse desde el enfoque de los grupos funcionales. Cuando la diversidad encontrada es muy importante, este enfoque es una forma de simplificar la información sin dejar de comprender la estructura y funcionamiento del agroecosistema (Settle *et al.*, 1996).

Las comunidades de artrópodos en el cultivo de arroz consisten principalmente en insectos y arañas que habitan la vegetación (plantas de arroz y malezas) y superficie del suelo. Con respecto al cultivo y basado en las relaciones entre poblaciones, las comunidades de artrópodos terrestres se pueden dividir en plagas del arroz, sus enemigos naturales (predadores y parasitoides) y formas neutrales. En arroz estas comunidades cambian con el crecimiento del cultivo (Heong *et al.*, 1991).

La literatura disponible sobre la composición de plagas terrestres y sus enemigos naturales en el cultivo de arroz es extensa, pero los trabajos destinados al estudio de la comunidad de artrópodos sobre el cultivo como un todo son escasos. Trabajos realizados en cultivos de arroz en Asia determinaron la composición de especies y la

estructura y abundancia de los gremios de artrópodos, resaltándose la importancia de los predadores y parasitoides (Heong *et al.*, 1991; Bambaradeniya y Edirisinghe, 2008).

Los procesos ecológicos que operan en un ecosistema son, en gran medida, consecuencia de los organismos que lo componen. Sin embargo, muchos de los procesos que regulan el funcionamiento de los ecosistemas son difícilmente asignables a una especie en particular, y generalmente no es posible determinar la contribución relativa de cada especie a un proceso en particular. Es por este motivo que, en la actualidad, además de calcular la riqueza de especies se tiene un enfoque más funcional. En algunos casos el abordaje ha sido el de especies *clave*, en otros casos sobre **grupos funcionales** que se definen como grupos de especies que tienen un papel semejante en el funcionamiento del ecosistema, o sobre **gremios**, que son conjuntos de especies que explotan de manera similar los recursos ambientales, particularmente recursos tróficos. En este sentido el concepto de grupo funcional tiene implicaciones más generales (Blondel, 2003).

Los **fitófagos** son el grupo de consumidores primarios del ecosistema., al que pertenecen los consumidores de follaje, succionadores de savia, los formadores de galerías, entre otros. La funcionalidad de los fitófagos dentro del ecosistema radica en que éstos se encargan de ligar el subsistema vegetal con el de los descomponedores. Además, los fitófagos son una fuente importante de alimento para niveles tróficos superiores, los depredadores y parásitos (Speight *et al.*, 1999).

Los **predadores** tienden a ser polífagos (generalistas), frecuentemente nocturnos y usualmente son parte de la fauna nativa de los agroecosistemas (Lenné, 2011). Settle *et al.* (1996) observaron altas poblaciones de predadores al inicio del cultivo al alimentarse de insectos detritívoros y plantean que la abundancia de estas presas alternativas les provee a los predadores un punto de partida para incrementar sus poblaciones, previo al desarrollo de poblaciones de insectos plaga. En cultivos del oeste de África se registraron potenciales predadores pertenecientes a los órdenes

Coleoptera, Dermaptera, Hemiptera, Hymenoptera, Mantodea, Odonata y Orthoptera además de arañas (Heinrichs y Barrion, 2004).

Los **parasitoides** son componentes muy importantes de los sistemas de cultivo y han sido el tipo más frecuente de enemigo natural empleado contra insectos plaga. Comprenden un diverso rango de insectos que colocan sus huevos sobre o dentro del cuerpo de su insecto huésped el cual es usado luego como alimento para el desarrollo de la larva (Leneé, 2011). En estudios sobre estructura de comunidades en Asia, los parasitoides representaron el 24% de los insectos recolectados (Settle *et al.*, 1996). La información relativa a parasitoides de herbívoros del cultivo de arroz es escasa. Heinrichs y Barrion (2004) registraron integrantes de los órdenes Hymenoptera y Strepsiptera.

Los **agentes microbianos de control natural** son importantes en la regulación de las poblaciones de insectos del cultivo de arroz (Heinrichs, 1994). Estas relaciones generalmente no son detectadas hasta que una perturbación afecta la interacción y los insectos que normalmente eran controlados por algún patógeno o grupo de patógenos, pasan a tener explosiones poblacionales pudiendo llegar al estatus de plaga. En Brasil hay trabajos realizados sobre control biológico con los hongos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* (Costa *et al.*, 2003 a, b y c; Martins *et al.*, 2003).

El grupo de los **detritívoros** está conformado por los insectos y otra mesofauna del suelo que transforman el detritus. A modo de ejemplo, los coleópteros estercoleros (Scarabaeidae) juegan un rol importante en la transformación y descomposición de desechos animales con extensas y bien documentadas consecuencias a nivel de los ecosistemas (Yang y Gratton, 2014). Los detritívoros tienen importantes efectos en la estructura de los hábitats a través de la descomposición de los detritos disponibles como son hojarasca, pelo, heces, orina e incluso organismos muertos (Louzada y Nichols, 2012).

El grupo de los **omnívoros** incluye en su dieta material vegetal y animal, pudiendo alimentarse de plantas y también de otros insectos (Zumbado y Azofeifa, 2018).

El grupo de los **hematófagos** se alimenta de sangre, generalmente de vertebrados. Muchas especies de insectos hematófagos, particularmente especies dentro de las familias Ceratopogonidae, Culicidae, Psychodidae y Simuliidae, son vectores de enfermedades en la región tropical (Catenacci *et al.*, 2018) y están asociados a ambientes semiacuáticos (Bentancourt *et al.*, 2009).

1.1.5.2. Curvas de acumulación de especies

Los inventarios faunísticos son inevitablemente incompletos. Dada la gran dificultad para registrar la totalidad de especies presentes durante un trabajo de muestreo, especialmente cuando se trabaja con invertebrados, una de las estrategias posibles para tener una buena estandarización de las riquezas estimadas en diferentes áreas, es la realización de curvas de acumulación de especies (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). Esta metodología de análisis permite hacer una valoración de la calidad de los inventarios realizados. Al graficar el número de especies recolectadas en función del esfuerzo de muestreo, es de suponer que la incorporación de nuevas especies en el inventario, se deba a un mayor esfuerzo de muestreo. Dicho de otra forma, a mayor esfuerzo de muestreo, mayor número de especies recolectadas. En la medida que se continúa incrementando el número de muestras, el inventario crece a partir de la captura de las especies raras (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). De esta forma, las curvas de acumulación muestran la tasa de registro de especies nuevas (Magurran, 2004).

Lo que permiten las curvas de acumulación de especies, entonces, es dar fiabilidad a los inventarios biológicos, hacer posible su comparación y poder estimar el total de especies presentes en una zona determinada al extrapolar el número de especies observado (Gotelli y Colwell, 2001).

Para estimar el número total de especies presentes en cada localidad, suponiendo que se haya alcanzado el máximo esfuerzo de muestreo, se utilizan los estimadores no

paramétricos a partir de las proporciones de especies raras. Dentro de las especies raras podemos tener:

- *singletons*: especies que tienen un solo individuo en todo el inventario.
- *doubletons*: especies que tienen dos individuos en todo el inventario.
- *uniques*: especies que aparecen en una sola muestra, independientemente del número de individuos.
- *duplicates*: especies que aparecen en dos muestras, independientemente del número de individuos.

En base a las proporciones estos valores que representan a las especies raras, se calculan los diferentes estimadores de riqueza (Chao 1, Chao 2, ACE, ICE, Jackknife 1, Jackknife 2, entre otros, ver cuadro 1.1) que corrigen la riqueza de especies observadas S_{obs} para estimar la riqueza asintótica de la curva (suponiendo un muestreo de todas las especies existentes) (Gotelli y Colwell, 2001).

Cuadro 1.1. Descripción de los estimadores de riqueza más utilizados.

Índice	Descripción
Chao 1	Basado en el número de especies en una muestra que están representados por un individuo (<i>singletons</i>) o por dos individuos (<i>doubletons</i>). Es un estimador basado en abundancia.
Chao 2	Basado en las especies que aparecen solo en una muestra (<i>uniques</i>) o en dos muestras (<i>duplicates</i>). Es un estimador basado en incidencia.
Jackknife 1	Este estimador tiene en cuenta las especies que aparecen solo en una muestra (<i>uniques</i>), ponderadas por el número total de muestras.
Jackknife 2	Este estimador tiene en cuenta las especies que aparecen en solo una muestra (<i>uniques</i>) y en dos muestras (<i>duplicates</i>), ambos ponderados por el número total de muestras.
Bootstrap	Tiene en cuenta la probabilidad de que una especie sea muestreada a medida que aumenta el número de muestras.
ACE	(Abundance-based Coverage Estimator of species richness). Es un estimador basado en el número de individuos de las especies “raras”. El investigador debe definir el nivel de abundancia para la cual una especie se considera “rara” (generalmente 10 individuos es el valor umbral).
ICE	(Incidence-based Coverage Estimator). Es un estimador basado en el número de incidencias (ocurrencias) de las especies “infrecuentes”. El nivel de incidencia para la cual una especie se considera “infrecuente” es definido por el investigador (se recomienda 10 como valor umbral).

Fuente: Gotelli y Colwell (2001).

1.1.5.3. Los índices de diversidad

El concepto de diversidad es fundamental en ecología y su medición es materia de constante discusión y evolución (Maurer y McGill, 2011). Es una variable interesante si se quieren comparar ecosistemas con diferentes grados de impacto antrópico y evaluar la eficiencia de las estrategias de conservación de la biodiversidad (González-Oreja *et al.*, 2010).

El estudio de la diversidad se puede organizar y analizar a diferentes niveles. La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que se considera homogénea, la diversidad beta que es el grado de cambio en la composición de especies entre diferentes comunidades de un paisaje y la diversidad gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje (Whittaker, 1972, citado por Moreno, 2000).

La gran mayoría de los métodos formulados para evaluar la diversidad se relacionan a la diversidad dentro de las comunidades (diversidad alfa). Para diferenciar los métodos, en función de las variables biológicas que miden, se dividen en aquellos que se basan en la cuantificación del número de especies y los que se basan en la estructura de la comunidad (abundancia relativa de los individuos, biomasa, etc.) (Moreno, 2000).

Dentro de los índices que se basan en la cuantificación del número de especies, la riqueza específica es el concepto más usado de la diversidad y se refiere al número de especies. Peet (1974) plantea la riqueza de especies como un indicador de “exuberancia” de una comunidad. En este grupo de índices se encuentran el índice alfa, el índice de Margalef y el índice de Menhinick.

Los métodos de evaluación de la estructura se pueden basar en la dominancia o en la equidad de la comunidad. Los índices que se basan en la dominancia tienen en cuenta las especies que están mejor representadas (dominan) sin tener en cuenta las demás. Estos son los índices de Simpson, Serie de Hill, Berger-Parker y McIntosh. Los índices que se basan en la equidad tienen en cuenta la abundancia de cada especie y

qué tan uniformemente se hallan distribuidas. Estos son los índices de Shannon-Wiener, Pielou y Brillouin, entre otros (Villareal *et al.*, 2004, Moreno, 2000).

1.1.6. Sustentabilidad del sistema de producción

Más allá de la perturbación que representa la instalación del cultivo, el sistema de producción bajo inundación provee un ambiente transitorio que puede resultar beneficioso para la conservación de ciertos grupos de insectos, entre ellos los reguladores de las poblaciones de insectos plaga (Roger, 1996). El control natural que ejercen predadores, parasitoides y patógenos de insectos se presenta como un servicio del propio ecosistema, proporcionado por la biodiversidad (Heinrichs y Barrion, 2004; Naeem *et al.*, 1999).

El manejo de plagas en el cultivo requiere una aproximación ecológica que incluya control biológico, cultural, variedades resistentes y ocasionalmente el control químico (Heinrichs, 2007). Heong (2009) demostró que la reducción del uso insecticidas por largos períodos provocó un cambio en la estructura de la comunidad, al reducir los herbívoros del 46% al 12% de los insectos. Una comunidad es un conjunto de poblaciones de especies diferentes que ocupan el mismo hábitat y pueden interactuar. Dichas interacciones estructuran la comunidad (Combes, 1995). Los insectos no son simplemente un conjunto de especies controladas por el espectro de plantas hospederas disponibles y sus preferencias alimenticias. Existen procesos ecológicos que intervienen en la estructuración de las comunidades de insectos. Si bien no es posible decir cuál es el grado en el que las comunidades están estructuradas por interacciones ecológicas o por colecciones de especies dirigidas por eventos al azar (si influye más la historia que la biología), uno de los grandes desafíos actuales es comprender por qué las interacciones interespecíficas influyen la estructura de una comunidad, la coexistencia de especies y la biodiversidad (Hatcher *et al.*, 2006).

En un mundo crecientemente modificado por las actividades humanas, la conservación de la biodiversidad es esencial para asegurar un flujo sustentable de

bienes y servicios ecosistémicos a la sociedad. Para que los ecosistemas se reorganicen luego de una perturbación, la resiliencia espacial en forma de memoria ecológica es un prerequisite. La memoria ecológica está compuesta por las especies, interacciones y estructuras que hacen posible la reorganización, y sus componentes pueden encontrarse dentro de los parches perturbados (memoria interna), así como en el entorno (memoria externa) (Bengtsson *et al.*, 2003).

Actualmente, el Instituto Internacional de Investigación en Arroz (IRRI) intenta desarrollar métodos de ingeniería ecológica a través de la manipulación del hábitat (Gurr *et al.*, 2012), para fortalecer la diversidad de enemigos naturales e incrementar los servicios ecosistémicos que los mismos brindan (Norton *et al.*, 2010). La creciente preocupación por la conservación de la biodiversidad y la seguridad alimentaria propició la incorporación de requerimientos gubernamentales en los procesos de producción, que promuevan el uso sustentable y la conservación de los recursos naturales (Varela y Gapud, 2007). Es preciso conocer qué es lo que se debe preservar para así saber cómo las medidas de manejo afectan la sustentabilidad del cultivo (Roger *et al.*, 1991).

En cultivos de arroz poco perturbados, la mayoría de las plagas son eficientemente suprimidas por poblaciones de enemigos naturales dentro de los que se encuentran predadores, parasitoides y entomopatógenos. La conservación de estos enemigos naturales es clave para un control de plagas estable. La mayoría de problemas de plagas ocurren cuando las medidas de manejo como uso excesivo de plaguicidas pueden destruir o disminuir estas poblaciones de enemigos naturales. Está bien documentado que el uso de insecticidas de amplio espectro tiene un efecto negativo sobre los enemigos naturales (Kenmore *et al.*, 1984).

Cuando se plantea la sustentabilidad de este sistema de producción, es fundamental conocer el estado de situación de la biodiversidad sobre el cual está influyendo la instalación del cultivo, de manera de saber cuál es la influencia de las medidas de manejo sobre la estabilidad del cultivo. Para saber cuál es el punto de partida de estas consideraciones se debería ampliar el conocimiento sobre los

organismos presentes en el cultivo y las cadenas alimenticias involucradas, tanto a nivel acuático como terrestre; es decir, cuál es el alcance de la biodiversidad asociada en las áreas gestionadas. Es preciso conocer qué es lo que se debe preservar para así conocer en qué sentido las medidas de manejo que se están aplicando afectan a la sustentabilidad del cultivo (Roger *et al.*, 1991).

1.2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

En Uruguay, el cultivo de arroz se basa mayoritariamente en un sistema de producción en rotaciones con pasturas y cultivos alternativos, integrado con la producción ganadera. En la temporada 2016-2017, el área sembrada superó las 168 mil hectáreas. El 60% del área de cultivo de arroz se realiza sobre campo natural o retorno y 40% sobre rastrojos de arroz del año anterior. Estas características le confieren al sector ventajas comparativas que lo diferencian dentro de la región, donde el sistema de rotaciones no está tan extendido y hay mayor proporción del área con siembra consecutiva de arroz por períodos superiores a tres años. Uruguay es un exportador neto de arroz y su producto es valorado por su calidad e inocuidad. En el año 2018 se exportó por un valor de 398 millones de dólares (Uruguay XXI, 2018).

Los ecosistemas arroceros son comúnmente clasificados de acuerdo a su hábitat en términos de suelo y agua en cuatro tipos: irrigados, de tierras bajas (irrigado por lluvia), de tierras altas y propensas a inundación. El arroz irrigado es el ecosistema más extendido, comprendiendo el 55% del total del área de producción mundial, y también el más productivo cosechando el 75% de la producción global (Bernier, 2008).

En Uruguay el ecosistema arrocero es el irrigado, y en su mayor parte, el cultivo se basa en un sistema de producción en rotaciones con pasturas y cultivos alternativos, integrado con la producción ganadera. Se distinguen tres zonas de producción (Norte, Centro y Este), siendo la zona Este la de mayor extensión (Uruguay XXI, 2018). Este sistema pretende promover la sustentabilidad productiva, económica y ambiental (ACA, 2013).

El cultivo de arroz ocupa en la rotación un período que abarca entre 25-30% de la duración de la misma. El resto del tiempo está ocupado por pasturas naturales regeneradas o siembra de praderas (mezcla de gramíneas y leguminosas). El sistema de rotación cultivo-pastura con la integración de la producción ganadera se indica como más sustentable ya que, entre otros, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, disminuye la presencia de malezas, insectos e inóculo de enfermedades. Como consecuencia, se reduce la frecuencia con que se aplican los productos agroquímicos en un lugar sobre un determinado período (ACA, 2013).

Otra de las características diferenciales de la forma de producción de arroz en Uruguay, entre otras, se destaca la siembra de un solo cultivo por año, que se realiza en seco y después de ello se inunda en forma permanente entre los 30 a 40 días posteriores a la emergencia de las plantas. Estas características resultan ventajosas dado que minimizan el posible impacto ambiental del cultivo, en comparación con otras regiones como Asia donde se cultiva arroz en forma continua con hasta tres ciclos por año. Hay, además, un bajo uso de productos agroquímicos (ACA, 2013).

A diferencia de otros países de la región, hasta el momento los ataques de plagas al cultivo no se han presentado como problemas extendidos a toda el área del cultivo. Posterior a la inundación se observan entre otros organismos, arañas y predadores de insectos (Carballo, 2003; Bao y Pérez, 2012). Los principales insectos fitófagos para el cultivo son *Oryzophagus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae), *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) *Oebalus poecilus* y *O. ypsilon-griseus* (Hemiptera: Pentatomidae) y *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) (Bentancourt y Scatoni, 2010; Gamarra, 1996).

Si bien no existe un estudio específico sobre el nivel de conocimiento de los uruguayos sobre la biodiversidad del país, en general se considera que éste es escaso. Esta situación conduce a que en los distintos sectores de la sociedad exista una escasa valoración de la biodiversidad del país y, por ende, sea baja la prioridad que se le asigna a las temáticas vinculadas a la conservación y uso sostenible de la misma (Rivas, 2010).

La información sobre la biodiversidad en el agro-ecosistema del cultivo de arroz en Uruguay es incompleta. Este conocimiento de base sería útil al momento de realizar la evaluación y seguimiento del efecto de las medidas de manejo del cultivo. De esta forma se podrían promover aquellas medidas que impliquen el menor impacto posible a la biodiversidad y contribuyan a su conservación, con miras a reducir el uso de insecticidas. La “Guía de Buenas Prácticas en el Cultivo de Arroz en Uruguay” plantea pautas que apuntan a conservar la biodiversidad, contribuyendo a la sustentabilidad del cultivo en el mediano y largo plazo (ACA, 2013). Sin embargo, se registra para el sector un incremento en el uso de insecticidas del 7,3 al 26% del área sembrada (2006-2007 y 2008-2009 respectivamente, ACA, 2013). Este incremento se debe en gran parte al incremento en el uso de insecticidas aplicados a las semillas previo a la siembra (“curasemillas”). Trabajos más recientes reportan que desde 2012 a la actualidad ha habido un incremento sostenido del área con aplicación de insecticidas (Bao y Martínez, 2018), lo cual puede tener un efecto negativo sobre la biodiversidad, pero no se puede tener una cuantificación de los mismos si no se cuenta con una línea de base que describa la composición de especies asociadas a este agro-ecosistema.

La compleja comunidad de seres vivos presentes en el cultivo, en interacción con su entorno, cumple un rol que generalmente no es evidenciado hasta que su estructura resulta afectada. Para evitar esta situación es importante conocer la composición y estructura de esta comunidad.

1.3. HIPÓTESIS

La comunidad de artrópodos en el cultivo de arroz está influenciada por la variación o de la vegetación o el entorno en que se encuentra (presencia de áreas naturales y rotación con pasturas) lo que contribuye a la estabilidad del sistema.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

- Estudiar la diversidad de insectos y arañas en el cultivo de arroz y áreas naturales próximas, en el sistema de rotación con pasturas en la zona Este.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Determinar la composición y abundancia de insectos, y estructura a nivel de gremios, en el cultivo de arroz en rotación con pasturas.
- Determinar la composición y abundancia de arañas, y estructura a nivel de gremios, en el cultivo de arroz y área natural adyacente.
- Determinar los grupos con potencial de actuar como controladores naturales.

1.5. ESQUEMA GENERAL DE LA TESIS

Los resultados obtenidos en el marco de esta tesis se presentan en los siguientes capítulos:

1. Introducción general.
2. Diversidad de insectos en el cultivo de arroz en rotación con pasturas.
3. Comunidades de arañas en el agroecosistema arrocerero de la zona Este de Uruguay.
4. Relevamiento de insectos acuáticos en cultivos de arroz del este de Uruguay.
5. Discusión general, conclusiones y perspectivas.
6. Bibliografía.
7. Anexos.

2. DIVERSIDAD DE INSECTOS EN EL CULTIVO DE ARROZ EN ROTACIÓN CON PASTURAS

2.1. RESUMEN

El agroecosistema arroz-pasturas representa un humedal con potencial para ser un sistema de producción compatible con estrategias de conservación y manejo sostenible. Para ello se plantea como necesidad conocer la biodiversidad asociada a este agroecosistema y definir especies de interés por sus servicios ecosistémicos y que puedan resultar bioindicadoras. Esta situación se hace preocupante en la medida que se ha registrado además un reciente incremento en el uso de insecticidas. El objetivo de este trabajo fue comparar la riqueza y abundancia de los insectos en cultivos de arroz del este de Uruguay en el sistema de rotación con pasturas, para proveer información de base para futuras evaluaciones sobre el impacto de diferentes estrategias de manejo en la sustentabilidad del sistema. Un muestreo exploratorio con red entomológica sobre el cultivo y parches de vegetación nativa lindera permitió demostrar el rol de los parches de vegetación nativa como reservorio de especies de insectos. Por otro lado, el muestreo con trampas de caída en cultivos de arroz y pasturas mostró que la composición de grupos funcionales varió en las diferentes etapas de muestreo. Los estimadores de riqueza confirmaron que el muestreo realizado con trampas de caída en la rotación arroz-pastura fue representativo de la zona estudiada. La riqueza de morfoespecies fue mayor en las pasturas que en el arroz. Las familias Formicidae, Carabidae y Staphylinidae se presentan como grupos interesantes como bioindicadores para su inclusión en futuros trabajos.

Palabras clave: trampas de caída, insectos de suelo, biodiversidad

2.2. SUMMARY

Rice-pasture agro-ecosystem represents a wetland with the potential to be a production system compatible with conservation strategies and sustainable management. For this purpose, it is necessary to know the biodiversity associated with this agro-ecosystem and define species of interest for their ecosystem services and that could be considered as bio-indicators. This situation becomes worrying because there has been a recent increase in the use of insecticides. The objective of this work was to compare the richness and abundance of insects in rice crops in eastern Uruguay in the pasture rotation system, to provide background information for future evaluations on the impact of different management strategies on the sustainability of the system. An exploratory sampling with entomological network on rice crop and patches of native vegetation bordering demonstrated the role of patches of native vegetation as a reservoir of insect species. On the other hand, sampling with pitfall traps in rice and pasture crops showed that the composition of functional groups varied throughout different sampling stages. Richness estimators confirmed that sampling conducted with pitfall traps in rice-pasture rotation was representative of study zone. The morphospecies richness was higher in pastures than in rice. Formicidae, Carabidae and Staphylinidae families are presented as interesting groups for future work including them as bioindicators.

Keywords: pitfall traps, soil insects, biodiversity

2.3. INTRODUCCIÓN

El control natural de plagas está asociado con la diversidad de enemigos naturales (Wilby y Thomas, 2002, Cardinale *et al.*, 2003, Letourneau *et al.*, 2009). A su vez, la composición y diversidad asociada a un territorio se puede ver afectada en forma negativa por la instalación de cultivos (Chen *et al.*, 2013). Sin embargo, para poder medir en cierta forma los efectos de estas actividades, es necesario contar con una línea de base a nivel de diversidad de artrópodos a partir de la cual poder analizar si se registra un detrimento en la misma luego de las medidas de manejo sobre las que se pretenda evaluar su impacto (Ramsar Convention on Wetlands, 2010).

En un momento en el que se enfatiza la continua pérdida de biodiversidad (Butchart *et al.*, 2010, Hanski, 2011), resulta relevante contar con información sobre este sistema de producción y su efecto sobre la biodiversidad en su área de influencia. Se debe considerar que, dependiendo del manejo que se haga del cultivo, la producción agropecuaria podría ser incluso un aporte a la conservación de ciertos grupos (Simons y Weisser, 2017).

La rica biodiversidad asociada al agroecosistema arroz-pasturas, que representa un humedal temporario creado por el hombre, indica que el mismo puede contribuir y promover la conservación de especies amenazadas, y podría ser un sistema de producción compatible con estrategias de conservación y manejo sostenible de este sistema (Bambaradeniya y Amerasinghe, 2003; Bambaradeniya *et al.*, 2004, Maltchik *et al.*, 2011). Sin embargo, el conocimiento sobre biodiversidad asociada al cultivo de arroz en Uruguay aún es escaso (Bao *et al.*, 2018). A esto se suma el registro de un incremento en el área sobre la cual se realizan aplicaciones de insecticidas, lo cual implica un riesgo para el surgimiento de plagas secundarias debido al impacto de los insecticidas sobre los enemigos naturales (Bao y Martínez, 2018). En este contexto resulta relevante poder avanzar en el conocimiento de la composición de especies asociadas al cultivo de arroz y su entorno, de modo de poder definir grupos de interés desde el punto de vista de sus servicios ecosistémicos para aportar a su conservación. Ello haría posible promover estrategias de manejo que tiendan a mantener las poblaciones de controladores naturales, haciendo posible un manejo sustentable del cultivo manteniendo un uso reducido de insecticidas.

El objetivo de este trabajo fue comparar la riqueza y abundancia de los grupos de insectos en cultivos de arroz y parches asociados de vegetación nativa del este de Uruguay en el sistema de rotación con pasturas, de manera de proveer de información de base para futuras evaluaciones sobre el impacto de diferentes estrategias de manejo en la sustentabilidad del sistema.

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1. Muestreo exploratorio en el cultivo de arroz y bordes de vegetación nativa

Se realizó un primer muestreo exploratorio con la finalidad de tener un conocimiento previo de los grupos de insectos asociados al cultivo y los bordes de vegetación nativa (relictos de bosque ribereño) (Figura 2.1). Se visitaron dos zonas de cultivo desde diciembre 2012 a marzo 2013 (19/12/12, 23/1/13, 6/3/13). Las localidades muestreadas fueron la estación experimental de INIA en El Paso de la Laguna y un cultivo comercial en El Tigre (ruta 17 km 327), ambos localizados en el departamento de Treinta y Tres, en el este de Uruguay.

En cada cultivo se realizó muestreo con red entomológica, a lo largo de dos transectas, cada una de las cuales consistió en 4 tramos lineales de 25 golpes de red cada uno. El primer tramo de muestreo de cada transecta se realizó en el borde del cultivo con vegetación nativa, seguido por los siguientes tres tramos de 25m ingresando desde el borde hacia el centro del cultivo.



Figura 2.1. Borde de vegetación nativa (izquierda) y área de cultivo muestreados durante el muestreo exploratorio (derecha).

2.4.2 Muestreo en el cultivo de arroz y pasturas en rotación con trampas de caída

El estudio de campo se realizó en cultivos de arroz y pasturas localizadas en las localidades de General Enrique Martínez, El Tigre y Julio María Sanz, Departamento de Treinta y Tres (Cuadro 2.1). El área pertenece a la cuenca de la Laguna Merín, donde los principales rubros de producción son el cultivo de arroz y la ganadería.

En cada una de las localidades se realizaron muestreos de un cultivo de arroz de primer año y uno de segundo año, una pastura de primer año y una pastura de cuarto año y un parche de vegetación nativa lindera a la ubicación de los cultivos de arroz. Desde noviembre 2013 hasta noviembre 2015 se realizaron muestreos en todos los ambientes antes mencionados, pautados por tres momentos principales en la fenología del cultivo de arroz (post siembra, macollaje, llenado de grano) y la entre zafra.

En cada uno de los ambientes y momentos mencionados se colocaron 5 trampas de caída tipo pitfall, que permanecieron activas por una semana. Las mismas consistieron de vasos plásticos descartables de 400 cc de 8 cm de diámetro (Figura 2.2). Se colocaron de manera que hubiera una distancia mínima entre ellas de 30 metros a fin de no afectar el área de influencia de cada una de ellas (Digweed *et al.*, 1995). En el interior de cada trampa se colocaron 100 ml de una mezcla de captura (o fijadora) conteniendo 8,5 volúmenes de agua, 1,5 volúmenes de ácido acético al 4% y 1 volumen de NaCl. Sobre las mismas se colocaron estructuras de metal provistas de una placa de madera a fin de proteger las trampas de la lluvia y desecación por el sol y, fundamentalmente, de la acción del ganado. En los períodos de inundación del cultivo de arroz las trampas colocadas en el cultivo se insertaron en una placa de espuma plast de 20x20 cm de manera que la parte superior de la trampa se mantuviera a nivel del agua del cultivo.

Cuadro 2.1. Ubicación de las chacras de arroz y pasturas muestreadas con trampas de caída, en tres localidades de la zona arroceras Este, indicando la localización geográfica y las características de cada cultivo.

Temporada 2013-2014			
Localidad	Detalle	Latitud	Longitud
Charqueada	Arroz primer año	33°12'8,15"S	53°50'47,98"O
	Arroz segundo año	33°11'58,82"S	53°51'5,18"O
	Pastura de primer año	33°11'9,77"S	53°49'55,45"O
	Pastura de tercer a cuarto año	33°11'0,48"S	53°49'22,82"O
El Tigre	Arroz primer año	33°14'47,58"S	54° 5'27,86"O
	Arroz segundo año	33°13'27,58"S	53°59'45,57"O
	Pastura de primer año	33°13'16,37"S	53°59'43,04"O
	Pastura de tercer a cuarto año	33°13'30,63"S	53°59'55,06"O
J.M. Sanz	Arroz segundo año	33°11'54,99"S	54° 5'12,30"O
	Arroz primer año	33°11'50,72"S	54° 5'5,99"O
	Pastura de primer año	33°11'20,86"S	54° 2'50,20"O
	Pastura de tercer a cuarto año	33°13'1,65"S	54° 4'20,22"O
Temporada 2014-2015			
Charqueada	Arroz primer año	33°11'0,48"S	53°49'22,82"O
	Arroz segundo año	33°11'53,74"S	53°51'9,47"O
	Pastura de primer año	33°11'58,82"S	53°51'5,18"O
	Pastura de tercer a cuarto año	33°10'53,16"S	53°49'28,05"O
El Tigre	Arroz primer año	33°13'30,63"S	53°59'55,06"O
	Arroz segundo año	33°11'1,57"S	54° 2'4,90"O
	Pastura de primer año	33°13'37,94"S	53°59'55,21"O
	Pastura de tercer a cuarto año	33°13'9,86"S	53°59'36,77"O
J.M. Sanz	Arroz primer año	33°11'41,61"S	54° 5'34,24"O
	Arroz segundo año	33°11'57,88"S	54° 5'30,66"O
	Pastura de primer año	33°11'44,72"S	54° 1'49,52"O
	Pastura de tercer a cuarto año	33°11'29,55"S	54° 2'55,90"O

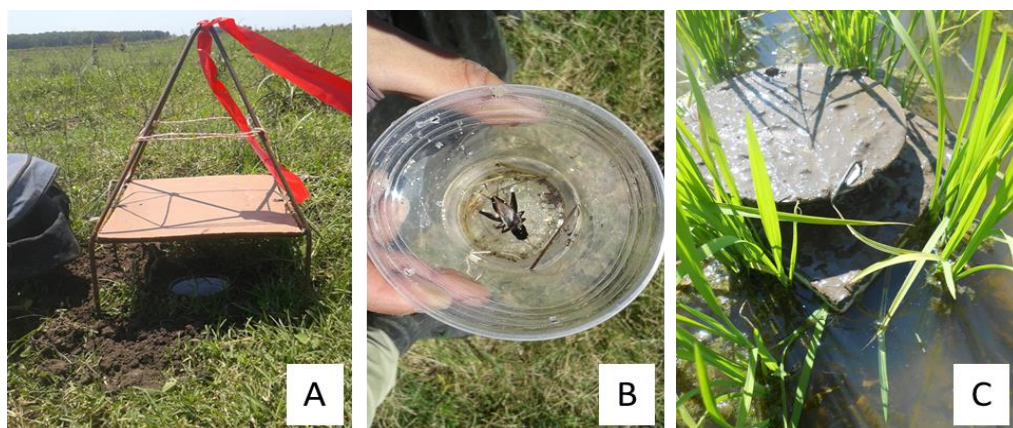


Figura 2.2. A: Trampa de caída y estructura metálica diseñada a modo de jaula de exclusión para proteger la trampa de la desecación y del ganado. B: vaso de la trampa de caída mostrando la colecta. C. Trampa adaptada para la captura en el cultivo de arroz inundado.

2.4.3. Procesamiento de muestras e identificación de los individuos recolectados

Todas las muestras se transfirieron a frascos con alcohol 70% para su conservación y posterior procesamiento. Cada una de las muestras fue procesada con apoyo en claves específicas para cada uno de los grupos de interés para este trabajo. Los insectos recolectados se clasificaron a nivel de orden y familia siguiendo claves taxonómicas nacionales e internacionales (Bentancourt *et al.*, 2009, Mc Alpine *et al.*, 1981 y 1987). Para facilitar la identificación se realizó una base fotográfica de los diferentes morfoespecies recolectadas, las cuales fueron separadas en tubos individuales y ordenadas por orden y familia. Los registros de las familias y de los individuos recolectados para cada grupo dentro de cada muestra fueron ingresados en planilla electrónica para su posterior análisis. Para cada muestra se registró el momento, la localización, el ambiente y el método de recolección.

2.4.4. Análisis de datos

2.4.4.1 Análisis de datos del muestreo exploratorio

Los datos correspondientes a número de individuos dentro de cada familia para cada ambiente fueron procesados para obtener valores de abundancia relativa de cada

orden. Se calculó el número de taxones y de individuos totales registrados para el cultivo y el área de vegetación nativa (AN). Se realizó ANAVA no paramétrica mediante la prueba de Kruskal Wallis (SAS Institute, 2009). Con los datos de morfoespecies recolectadas se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H), Simpson y Equitabilidad con el programa PAST. Se realizó ANAVA y comparación de medias por LSD.

2.4.4.2 Análisis de datos del muestreo en el cultivo de arroz en rotación con pasturas con trampas de caída

Se analizó el número de artrópodos totales mediante modelo lineal generalizado mixto (*InfoStat* con complemento en R), comparando por localidad y por ambiente. Los grupos funcionales se adjudicaron siguiendo bibliografía (Bentancourt *et al.*, 2009, Heong *et al.*, 1991, Settle *et al.*, 1996) y en el caso de aquellos grupos más ambiguos se buscó bibliografía más específica y detallada en internet (artículos científicos y plataformas). Se comparó la composición de grupos funcionales según ambiente y momento de muestreo. Se calcularon las abundancias relativas. Las abundancias de cada grupo se analizaron por el modelo lineal generalizado mixto, comparando entre momentos y ambientes.

Se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener por muestra y se realizó análisis de la varianza y comparación de medias por LSD con el programa Infostat. Para este análisis se consideraron solo los individuos adultos.

La curva de acumulación de especies y cálculo de los estimadores de riqueza se realizó a partir de la matriz de especies/morfoespecies registradas por muestra mediante el programa EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013).

Con la matriz de especies recolectadas según localidad y ambiente, se realizó test de ANOSIM de dos vías para comparar la composición de especies/morfoespecies, y se realizó test de SIMPER para determinar aquellas especies/morfoespecies que más contribuyen a la diferenciación entre ambientes (Programa PAST, Hammer *et al.*, 2001).

2.5. RESULTADOS

2.5.1. Muestreo exploratorio en el cultivo de arroz y bordes de vegetación nativa

Los dípteros representaron el grupo más abundante y diverso en el cultivo (Figura 2.3). Los hemípteros, representados mayoritariamente por las familias Ciccadellidae y Delphacidae, fueron el segundo grupo más abundante. En las muestras del borde del cultivo sobre la vegetación nativa se registró mayor diversidad de insectos que en las muestras del cultivo. Muchas de las familias registradas, tales como Dolichopodidae, Reduviidae, Coenagrionidae y Chrysopidae, son consideradas benéficas, debido al hábito predador de sus integrantes. También se registraron avispidas parasitoides, que fueron más abundantes en las muestras de los bordes de vegetación nativa.

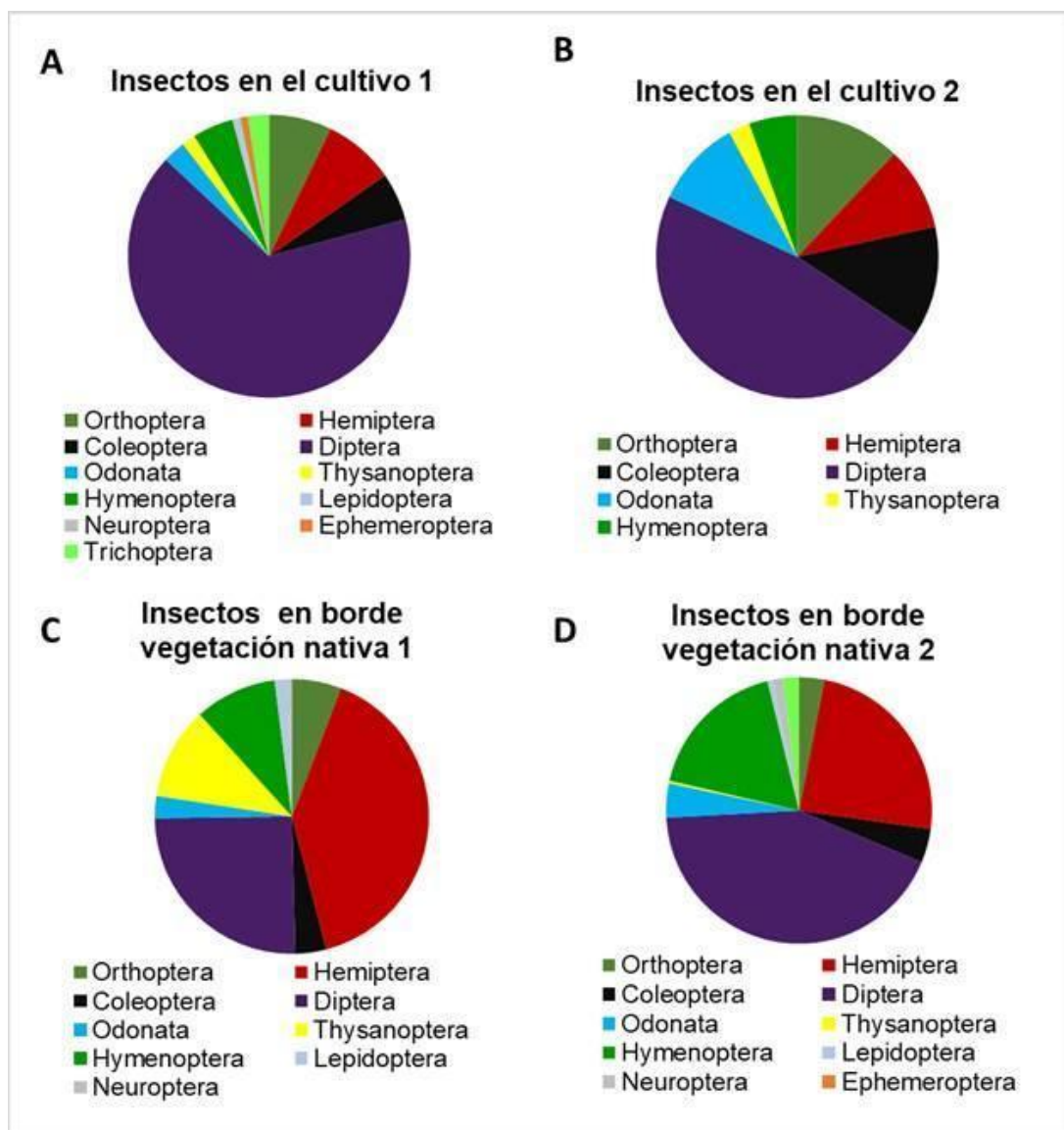


Figura 2.3. Abundancia relativa de los órdenes de insectos registrados sobre el cultivo de arroz (A y B) y un borde de vegetación nativa lindero (C y D) en dos localidades (1 y 2) del departamento de Treinta y Tres, en muestreo exploratorio con red entomológica de diciembre 2012 a marzo 2013.

Se recolectó un total de 3902 insectos y 277 arañas. Los insectos pertenecieron a 13 órdenes representados por 62 familias (Figura 2.4, Cuadro 2.2). Las arañas representaron el 6,63% del total de artrópodos recolectados (este grupo se analiza en el capítulo 3).

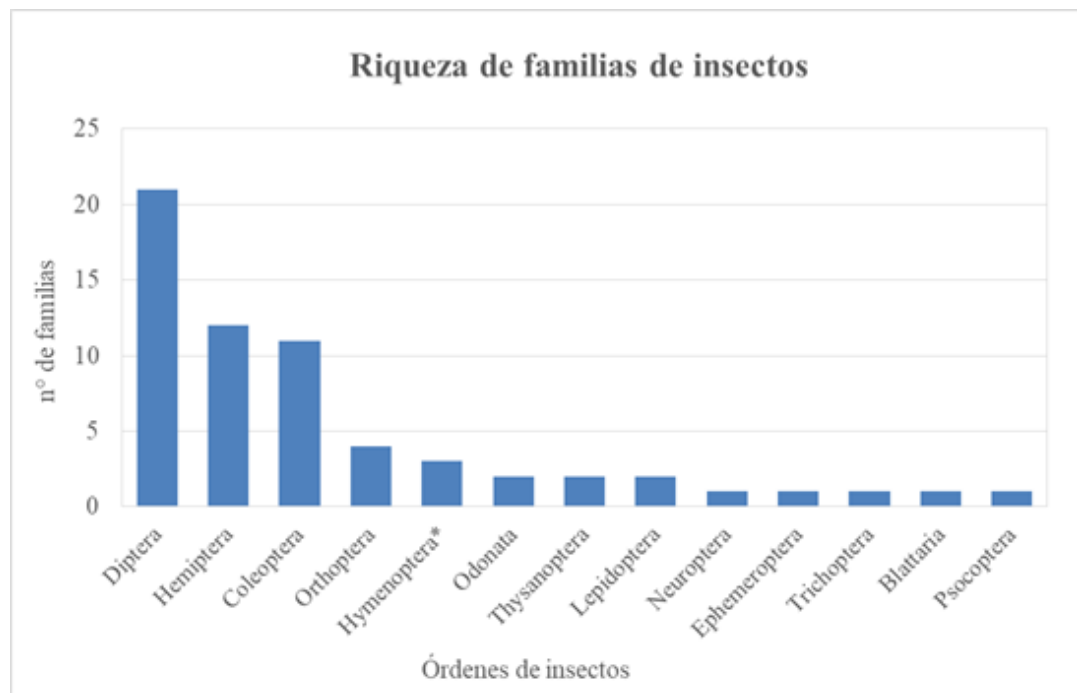


Figura 2.4. Riqueza de familias por cada orden de insectos recolectados con red entomológica en el muestreo exploratorio desde diciembre 2012 a marzo 2013 en dos chacras de arroz y sus bordes de vegetación nativa.

Dentro de los insectos, la riqueza de familias (Taxa S) y el número total de individuos por muestra resultó ser mayor en el borde de vegetación nativa lindera al cultivo ($H=4,50$ $p=0,0364$) (Cuadro 2.3). La diversidad de familias calculada a través del índice de Shannon-Wiener también fue mayor en los bordes de vegetación nativa ($F=9,59$ $p=0,0128$), mientras que la Equitatividad (*evenness*) fue mayor en el cultivo de arroz ($F=10,88$ $p=0,0092$).

Cuadro 2.2. Lista de órdenes y familias registrados en el muestreo exploratorio (2012-2013) con red entomológica en dos chacras de arroz y sus bordes de vegetación nativa.

Diptera	Hemiptera	Coleoptera	Thysanoptera
Agromyzidae	Anthocoridae*	Anthicidae	Thripidae
Anthomyiidae	Aphididae	Bruchidae	Tubulifera flia no id.
Calliphoridae*	Cercopidae	Buprestidae	
Cecidomyiidae*	Cicadellidae	Carabidae*	Odonata
Chironomidae	Delphaciidae	Chrysomelidae	Coenagrionidae*
Chloropidae	Fulgoridae	Curculionidae	Libellulidae*
Culicidae	Lygaeidae	Meloidae	
Dolichopodidae*	Miridae*	Mordellidae	Blattaria
Drosophilidae	Nabidae*	Phalacridae	Blattellidae
Empididae	Pentatomidae	Scarabeidae	
Ephydriidae	Psyllidae	Staphylinidae*	Psocoptera
Muscidae	Reduviidae*		Psocidae
Otitidae		Lepidoptera	
Phoridae*	Orthoptera	Nymphalidae	Neuroptera
Sarcophagidae	Acrididae	Piridae	Chrysopidae*
Sciomyzidae*	Gryllidae		
Simuliidae	Proscopidae	Hymenoptera	Ephemeroptera
Sphaeroceridae	Tetigoniidae	Braconidae*	Baetidae
Syrphidae*		Formicidae	
Tabanidae		Microhymenoptera*	Trichoptera
Tipulidae			Hydroptilidae

*Familias con enemigos naturales con potencial de control natural de plagas

Cuadro 2.3. Índices de riqueza, abundancia y diversidad de insectos en el cultivo de arroz y borde de vegetación nativa, en la etapa de macollaje del cultivo de arroz, en el muestreo exploratorio.

Variable	Arroz	Vegetación nativa
Taxa S	12,56±3,54a	30,50±0,71b
Número de individuos totales	44,78±26,99a	365,00±7,07b
Shannon Wiener	2,02±0,09a	2,68±0,19b
Equitatividad (<i>evenness</i>)	0,63±0,02a	0,48±0,04b

*Letras diferentes dentro de una misma fila muestran diferencias significativas ($p < 0,05$).

En este muestreo exploratorio se registraron las especies *Protodictya lilloana* Steyskal, 1953 y *Sepedonea lindneri* (Hendel, 1932) (Diptera: Sciomyzidae) no reportadas previamente para Uruguay (Bao *et al.*, 2019, Figura 2.5, ver Anexo 7.1). Estas especies se siguieron registrando en el muestreo posterior con aspirador. Los ejemplares recolectados fueron separados, fotografiados y enviados a Luciane Marinoni¹ y Marcoandré Savaris², quienes confirmaron la identificación. Producto de este trabajo se publicó el reporte en el corriente año, que se adjunta al final de este capítulo. Estas especies son predadoras de caracoles no operculados, y son de distribución neotropical (Knutson y Valley 1978, Freidberg *et al.*, 1991, Marinoni comunicación personal). Ambas especies se localizan en hábitats litorales estuarinos de agua dulce, bentónicos y en humedales a hábitats de tierra seca (Barker *et al.*, 2004).



Figura 2.5. Ejemplares adultos de dos especies de dípteros de la familia Sciomyzidae A: *Protodictya lilloana*, y B: *Sepedonea lindneri*, registradas por primera vez para Uruguay, en muestreos realizados sobre cultivos de arroz y pasturas próximas, capturados con red entomológica y aspirador.

¹. PhD. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas, Departamento de Zoologia, Programa de Pós-Graduação em Entomologia.

². PhD. Departamento de Entomologia e Acarologia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

2.5.2. Muestreo en el cultivo de arroz y pasturas en rotación con trampas de caída

Las condiciones de temperatura media, temperatura mínima sobre césped, junto con la precipitación mensual acumulada durante el período de muestreo se detallan en la Figura 2.6.

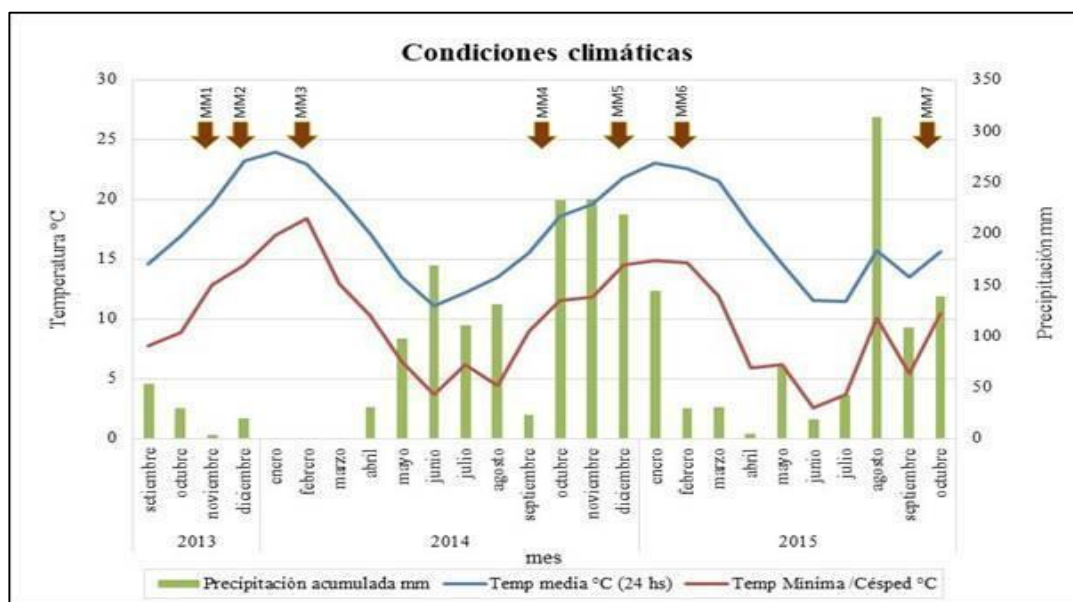


Figura 2.6. Precipitación acumulada, temperatura media y mínima registradas en el período de muestreo de insectos en los cultivos de arroz y pasturas en rotación en las zafra 2013-14 y 2014-15. Las flechas sobre el gráfico indican los momentos de instalación de las trampas de caída. (MM1: pos siembra; MM2 y MM5: macollaje; MM3 y MM6: llenado de grano; MM4 y MM7: entre zafra).

Se destacan las abundantes precipitaciones acumuladas desde octubre a diciembre 2014, lo que provocó la pérdida de trampas instaladas en el período de pos-siembra (previo a la inundación del cultivo de arroz). Las temperaturas medias y mínimas sobre césped presentaron similitud entre las dos temporadas productivas evaluadas.

El número de artrópodos totales registrados con trampas *pitfall* se ajustó a una distribución binomial negativa. Si se comparan los artrópodos totales registrados en cada zona a lo largo de todo el período de muestreo, se observó un mayor número en la localidad de J.M. Sanz, con más de 16 artrópodos por trampa (Cuadro 2.4).

Cuadro 2.4. Promedio de artrópodos totales por ambiente (zafras 2013-14 y 2014-15).

Localidad	Artrópodos totales Media $\pm$ E.E.
J.M. Sanz	16,57 $\pm$ 0,89 A
El Tigre	13,27 $\pm$ 0,71 B
Charqueada	12,79 $\pm$ 0,71 B

*Letras mayúsculas diferentes muestran diferencias significativas ($p < 0,05$).

En la comparación según ambiente (arroz, pastura) dentro de las tres localidades, para todo el período de muestreo, se observó mayor número de artrópodos totales en las pasturas que en las chacras de arroz, generalmente con mayores conteos en las pasturas de cuarto año (Cuadro 2.5).

Cuadro 2.5. Promedio de artrópodos totales por ambiente (arroz, pastura) en las zafras 2013-14 y 2014-15, según localidad en el departamento de Treinta y Tres.

Ambiente	Charqueada	El Tigre	J.M. Sanz
Arroz 1	9,37 $\pm$ 1,08Ca	7,65 $\pm$ 0,93Ba	9,39 $\pm$ 0,94Ca
Arroz 2	6,43 $\pm$ 0,75Db	7,02 $\pm$ 0,87Bb	9,48 $\pm$ 0,96Ca
Pastura 1	15,82 $\pm$ 1,74Bb	25,19 $\pm$ 2,85Aa	22,27 $\pm$ 2,13Ba
Pastura 4	28,08 $\pm$ 2,62Ab	22,95 $\pm$ 2,54Ab	38,07 $\pm$ 3,48Aa

*Letras mayúsculas diferentes dentro de una misma columna y minúsculas diferentes dentro de una misma fila muestran diferencias significativas ($p < 0,05$).

Por otro lado, si se comparan los artrópodos totales según el momento de muestreo para el arroz, se observó que excepto en el momento de la entre-zafra, en todos los demás casos el mayor número se registró en las pasturas. En las recolecciones realizadas en el cultivo de arroz, los mayores conteos de artrópodos totales se registraron al macollaje 2014-15 y pos siembra 2013-14, mientras que las menores capturas se registraron en los momentos de llenado de grano y entre zafra 2013-14 (Cuadro 2.6).

Cuadro 2.6. Artrópodos totales por muestra registrados en siete momentos de muestreo (MM) en la rotación arroz-pasturas. (MM1: pos siembra; MM2y MM5: macollaje; MM3 y MM6: llenado de grano; MM4 y MM7: entre zafra).

Momento de muestreo	Artrópodos totales Arroz Media $\pm$ E.E	Artrópodos totales Pastura Media $\pm$ E.E
MM5: macollaje 2014-15	21,53 $\pm$ 3,37 bA	32,33 $\pm$ 4,48 aA
MM1: pos siembra 2013-14	18,97 $\pm$ 2,98 bA	39,93 $\pm$ 5,50 aA
MM7: entre zafra 2014-15	14,63 $\pm$ 2,32 aA	19,30 $\pm$ 2,72a B
MM2: macollaje 2013-14	9,90 $\pm$ 1,60 bB	34,83 $\pm$ 5,49 aA
MM4: entre zafra 2013-14	6,28 $\pm$ 1,07 aC	7,90 $\pm$ 1,18 aC
MM6: llenado de grano 2014-15	6,03 $\pm$ 1,02 bC	36,90 $\pm$ 5,09 aA
MM3: llenado de grano 2013-14	4,33 $\pm$ 0,76 bC	51,76 $\pm$ 7,21 aA

*Letras mayúsculas diferentes dentro de una misma columna y minúsculas diferentes dentro de una misma fila muestran diferencias significativas ($p < 0,05$).

En un análisis más detallado dentro de cada localidad, ambiente y momento, se pudo observar que en general los conteos de artrópodos totales por trampa en las pasturas son mayores que en los cultivos de arroz (Figura 2.7).

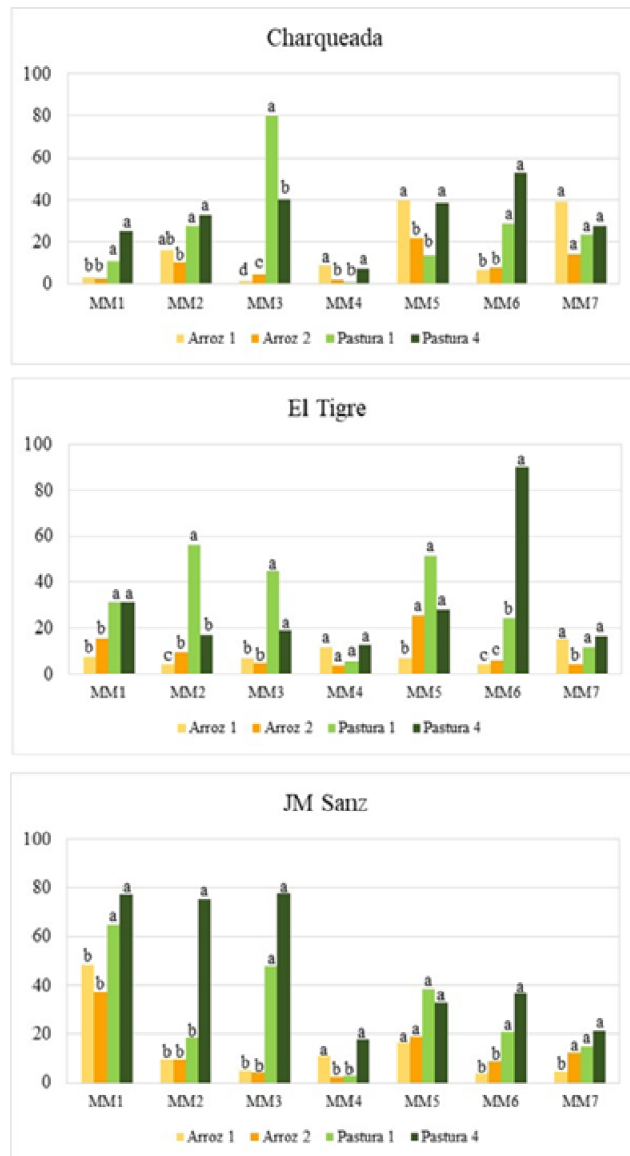


Figura 2.7. Artrópodos totales por muestra registrados en siete momentos de muestreo (MM) en la rotación arroz-pasturas en las localidades de Charqueada, El Tigre y J.M. Sanz en Treinta y Tres. (MM1: pos siembra; MM2y MM5: macollaje; MM3 y MM6: llenado de grano; MM4 y MM7: entre zafra) según localidad. *Letras diferentes dentro de cada momento de muestreo (MM) presentan diferencias significativas ($p < 0,05$).

Si se analiza la composición de grupos funcionales según los momentos de muestreo a nivel global se destaca que, excepto el momento de pos-siembra, el grupo más abundante corresponde a los omnívoros (Figura 2.8). En todos los muestreos se registraron predadores y parasitoides.

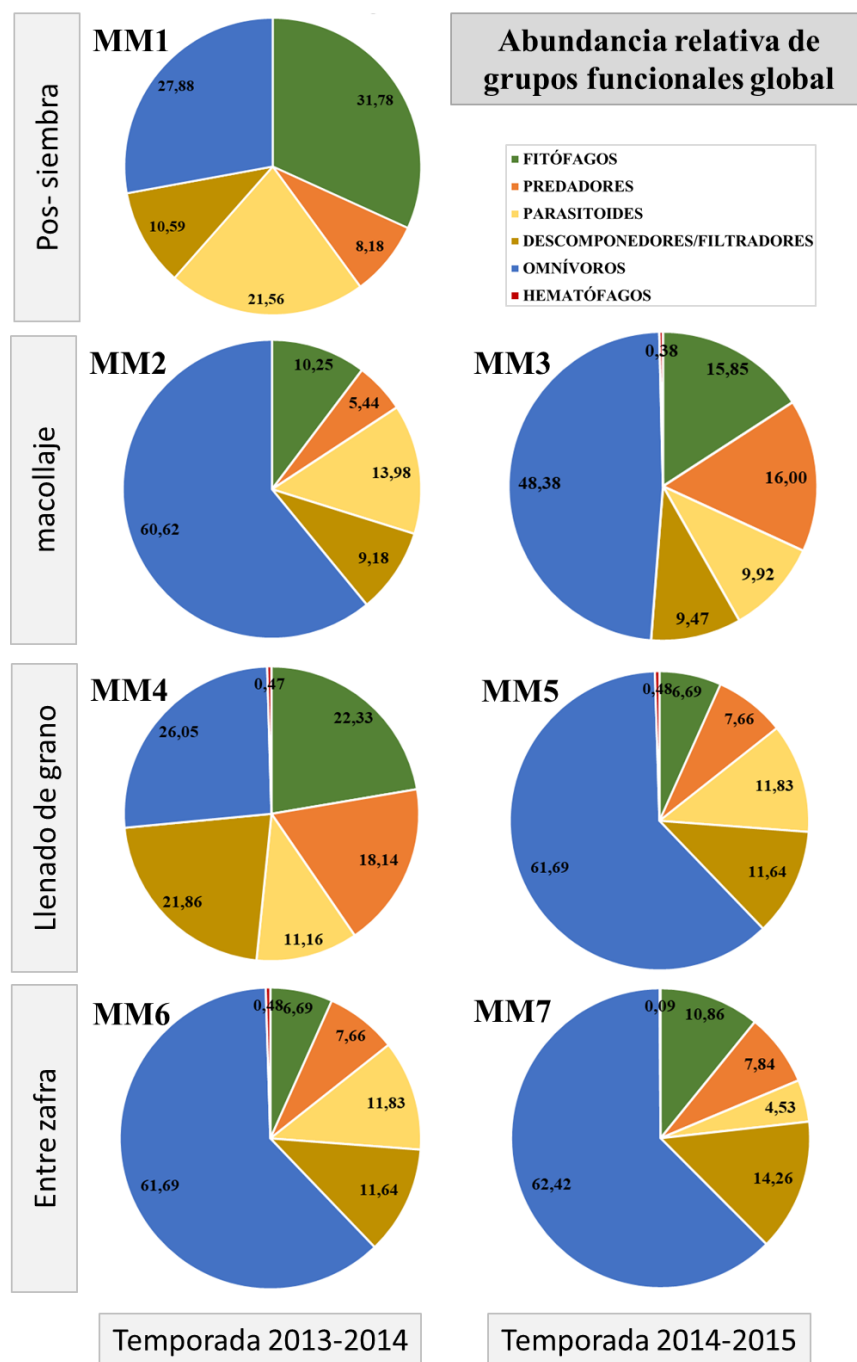


Figura 2.8. Abundancia relativa de grupos funcionales de insectos por momento de muestreo con trampas pitfall en dos temporadas de cultivo de arroz en rotación con pasturas en Uruguay (zafra 2013-14 y 2014-15).

La composición de grupos funcionales varió a lo largo de los momentos de muestreo y según el ambiente evaluado (arroz-pastura) (Figura 2.9).

En el primer ciclo de producción evaluado (temporada 2013-2014), se lograron obtener muestras al inicio del cultivo, previo a la inundación (MM1), al macollaje (MM2), al llenado de grano (MM3) y en la entre zafra (MM4). Al inicio de la temporada de cultivo (MM1), los fitófagos fueron uno de los grupos más abundantes, con valores superiores al 30% del total de insectos, en todos los ambientes. En el caso de los parasitoides, la abundancia alcanzó valores entre 13% (arroz de segundo año) y 24% (arroz de primer año y pastura de cuarto año). La abundancia relativa de los predadores y descomponedores fue similar en todos los ambientes para la etapa inicial del cultivo.

Al macollaje (MM2, luego de la inundación) la abundancia de los fitófagos y parasitoides en el arroz descendió notoriamente, mientras que el descenso en las pasturas no fue tan marcado. Los predadores presentaron abundancias relativas similares en todos los ambientes, con valores que variaron entre 4,78% y 10,61%. Luego de la inundación de los cultivos de arroz (MM2), se incrementó notoriamente la abundancia de los omnívoros.

Llegado el momento de llenado de grano (MM3) se incrementó la abundancia de los descomponedores/filtradores y predadores en el arroz, y la abundancia de los fitófagos en las pasturas. En esta etapa en el cultivo de arroz también se registró un bajo porcentaje de hematófagos, pertenecientes fundamentalmente a las familias Culicidae y Ceratopogonidae.

En el período de entre zafra (MM4) se registró un incremento en la abundancia de fitófagos y los parasitoides en los cultivos de arroz, y una disminución de la abundancia de descomponedores/filtradores. En el caso de las pasturas, para este momento de muestreo se registró un incremento de la abundancia de los predadores y descomponedores, respecto de la etapa previa de muestreo.

En el segundo ciclo productivo (temporada 2014-2015) no se pudo contar con las muestras del momento de inicio de cultivo (pos-siembra) ya que las recolecciones de esa fecha se perdieron debido a las intensas precipitaciones y la inundación de las trampas en varios de los sitios. Para este ciclo se obtuvieron muestras al momento de

macollaje (MM5), llenado de grano (MM6), y entre zafra (MM7). En esta temporada, se registró en los cultivos de arroz, mayor abundancia de predadores al macollaje (MM5) y llenado de grano (MM6), que en la temporada previa. La abundancia relativa de fitófagos en el cultivo de arroz, al macollaje y llenado de grano (MM5 y MM6) fue similar a la temporada anterior. Los descomponedores presentaron abundancias similares a la temporada anterior en los momentos de macollaje y entre zafra (MM5 y MM7), mientras que registraron abundancias menores que la temporada anterior para la etapa de llenado de grano (MM6).

En ambas temporadas (2013/14 y 2014/15) se registró escasa presencia de hematófagos principalmente en la etapa de llenado de grano (MM3 y MM6).

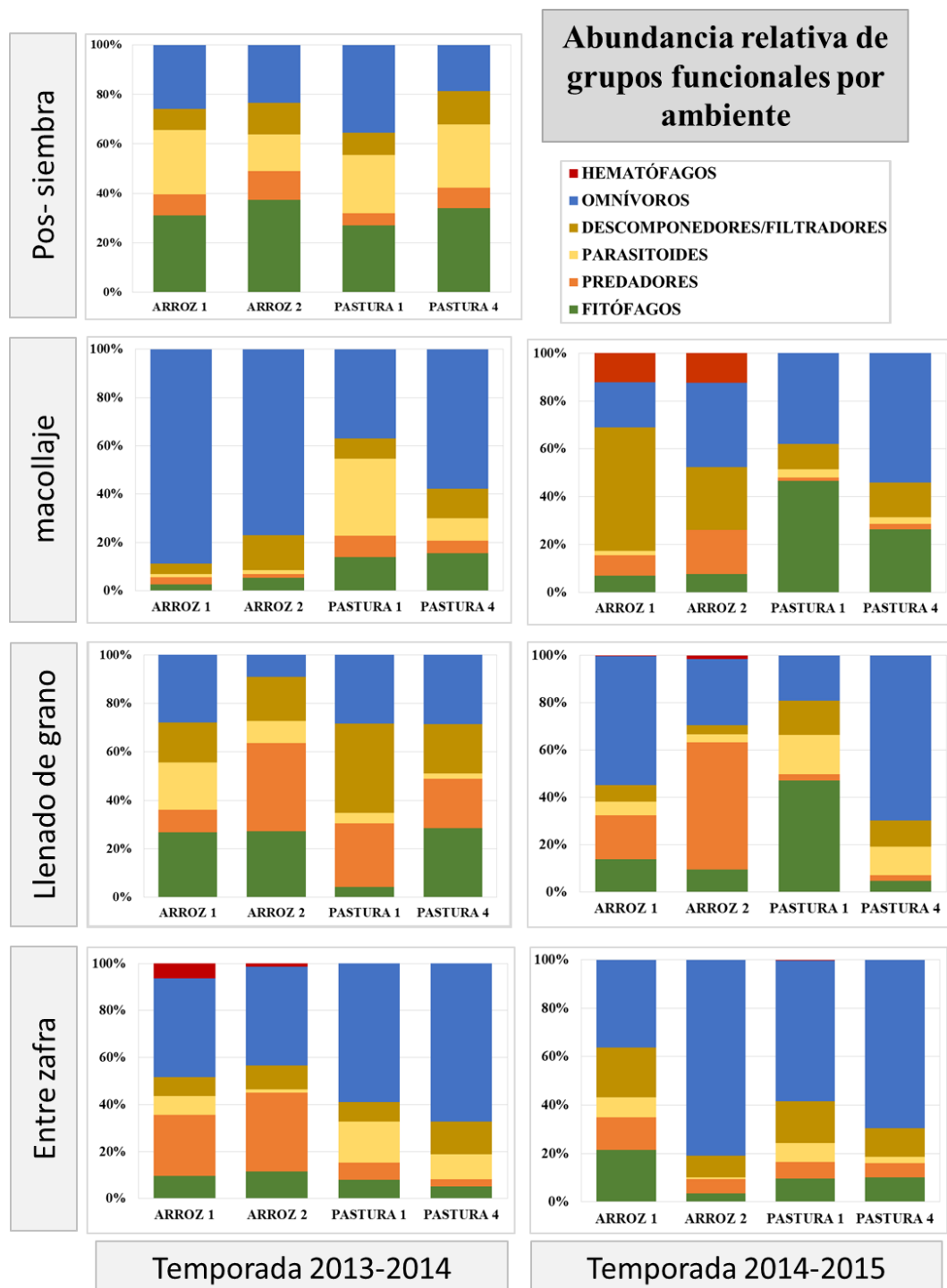


Figura 2.9. Composición de grupos funcionales de insectos según su abundancia relativa por momento de muestreo con trampas de caída, para los ambientes arroz-pasturas en Uruguay (zafras 2013-14 y 2014-15).

Para la curva de acumulación de morfoespecies de insectos se consideraron únicamente los adultos. De los estimadores de riqueza ACE y Chao 1 calculados surge que el 82% de las especies fueron registradas en este trabajo (Figura 2.10).

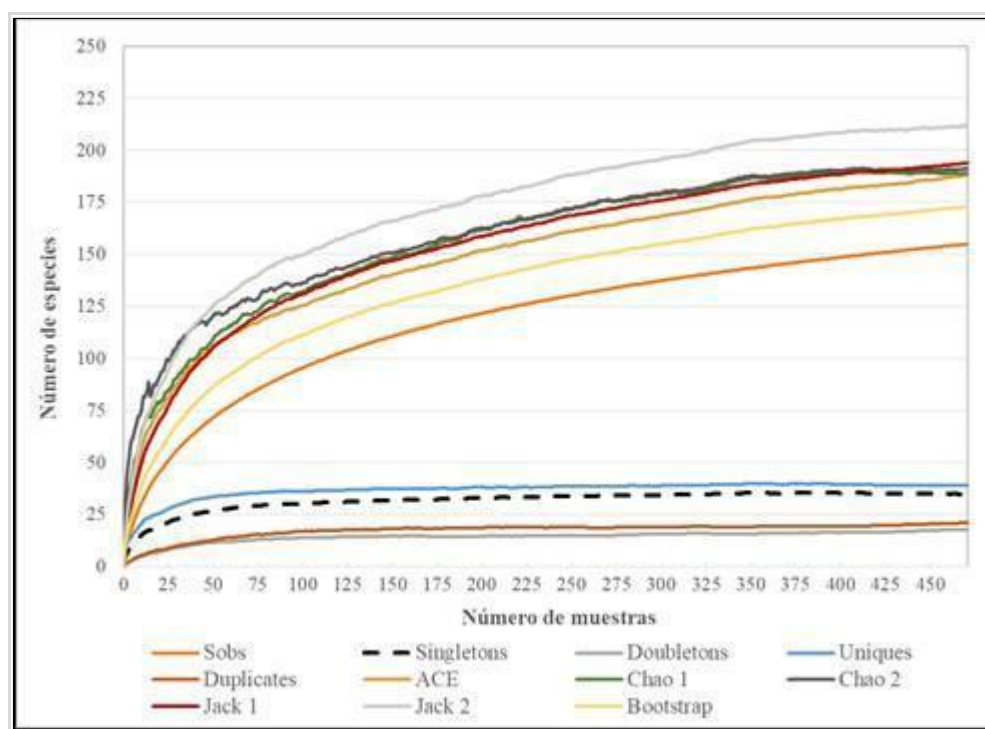


Figura 2.10. Curva de acumulación de especies (morfoespecies) de insectos mostrando la riqueza observada (Sobs), *singletons*, *doubletons*, *uniques* y duplicados, junto a los estimadores de riqueza (500 aleatorizaciones), en recolección con trampas de caída en el cultivo de arroz en rotación con pasturas de la zona Este, Treinta y Tres, Uruguay (zafras 2013-14 y 2014-15).

En lo que se refiere a la diversidad de insectos para el muestreo con trampas de caída, se registraron 203 morfoespecies de insectos (9371 individuos) distribuidas en 13 órdenes y 85 familias. Los órdenes más diversos fueron Coleoptera, Diptera y Hemiptera con 81, 60 y 29 morfoespecies, respectivamente. En el cultivo de arroz se registraron 136 morfoespecies de insectos, mientras que en las pasturas se registraron 153 (Cuadro 2.7, Figura 2.11).

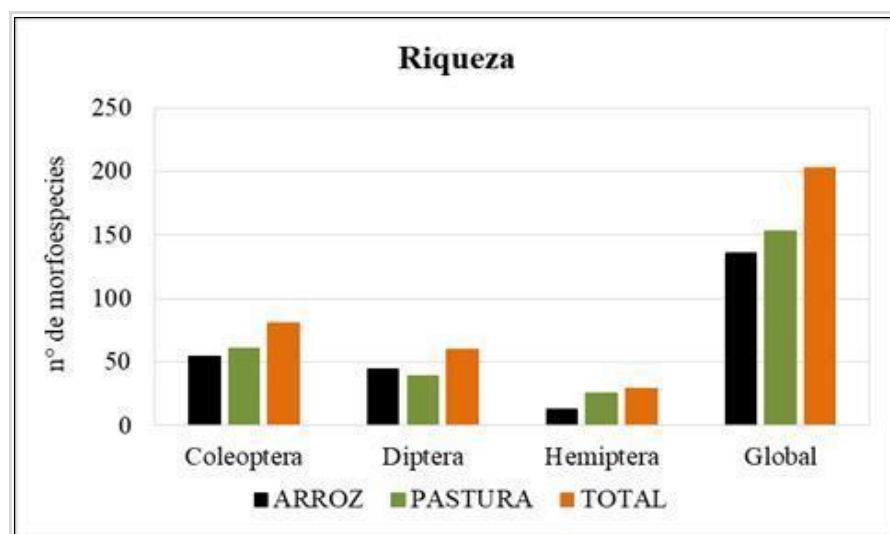


Figura 2.11. Riqueza de especies/morfoespecies de insectos de los órdenes mayoritarios registrados en el muestreo con trampas de caída en la rotación arroz-pasturas, según cultivo, en Treinta y Tres, Uruguay (zafras 2013-14 y 2014-15).

La riqueza de especies de coleópteros y hemípteros fue mayor en las pasturas, mientras que los dípteros presentaron mayor riqueza en los cultivos de arroz respecto a las pasturas. Si se analiza la riqueza por familias comparando entre arroz y pasturas se destacan algunos grupos que presentan mayor riqueza o solo se registran en uno de los ambientes. Los carábidos presentaron 11 morfoespecies en los cultivos de arroz, mientras que en las pasturas se registraron 6. Las familias Curculionidae y Ephydriidae presentaron mayor riqueza en los cultivos de arroz, mientras que las familias Cicadellidae y Scarabaeidae presentaron mayor diversidad en las pasturas. Por otra parte, las familias Hydrophilidae, Noteridae y los subórdenes Anisoptera y Zygoptera (Odonata) se registraron solo en los cultivos de arroz.

Cuadro 2.7. Riqueza de especies/morfoespecies de insectos registrados en el muestreo con trampas de caída en la rotación arroz-pasturas, según cultivo, en Treinta y Tres, Uruguay (zafras 2013-14 y 2014-15).

ORDEN	FAMILIA	RIQUEZA		
		ARROZ	PASTURA	TOTAL
Coleoptera	Anthicidae	1	1	1
	Apionidae	0	1	1
	Canthariidae	0	1	1
	Carabidae	11	6	11
	Chrysomelidae	2	5	6
	Coccinellidae	5	3	5
	Curculionidae	12	8	13
	Dystiscidae	1	1	2
	Elateridae	5	6	7
	Halipidae	0	1	1
	Histeridae	0	1	1
	Hydrophilidae	2	0	2
	Lampyridae	1	1	2
	Latridiidae	1	1	1
	Meloidae	0	1	1
	Mordellidae	0	1	1
	Noteridae	1	0	1
	Phalacridae	1	1	1
	Ptinidae	1	1	1
	Scarabeidae	2	6	6
	Silphidae	0	2	2
	Staphylinidae	7	12	12
	Tenebrionidae	2	1	2
Diptera	Agromyzidae	1	1	1
	Bibionidae	1	0	1
	Calliphoridae	0	1	1
	Cecidomyiidae	2	2	2
	Ceratopogonidae	3	3	4
	Chironomidae	5	6	7
	Chloropidae	5	4	6
	Culicidae	0	1	1
	Dolichopodidae	3	2	5
	Drosophilidae	0	1	1
	Empididae	1	1	1
	Ephydriidae	4	1	4
	Muscidae	2	1	2
	Mycetophilidae	3	1	3
	Otitidae	0	1	1
	Phoridae	2	3	4
	Psychodidae	1	0	1
	Scatopsidae	1	1	1
	Sciaridae	2	2	2
	Simuliidae	2	1	3
	Sphaeroceridae	3	2	3
	Tachinidae	1	2	2
	Tanyderidae	1	1	2
	Tephritidae	1	0	1
	Tipulidae	1	1	1

Cuadro 2.7. Continuación.

Hemiptera	Aphididae*	1	1	1
	Belostomatidae	1	1	1
	Cercopidae	2	1	2
	Cicadellidae	2	8	9
	Delphacidae	1	1	1
	Largidae	0	1	1
	Miridae	4	5	5
	Pentatomidae	0	2	2
	Psyllidae	1	1	1
	Reduviidae	1	2	3
	Rhyparochromidae	0	1	1
	Scutelleridae	0	1	1
	Tingidae	0	1	1
Himenoptera	Apoidea	0	1	1
	Bethylidae	0	1	1
	Braconidae	0	2	2
	Formicidae	7	6	7
	Haliictidae	0	1	1
	Megachilidae	0	1	1
	Microhimenoptera*			
	Pompilidae	0	1	1
Lepidoptera	Tortricidae	0	1	1
	Noctuidae	1	0	1
Neuroptera	Chrysopidae	0	1	1
Orthoptera	Acridoidea	1	1	1
	Gryllidae	4	4	4
	Gryllotalpidae	0	1	1
	Tettigoniidae	1	0	1
Psocoptera	Psocoptera	1	1	1
Thysanoptera	Suborden Terebrantia	1	1	1
	Suborden Tubulifera	1	1	1
Trichoptera	Hydroptilidae	1	1	1
Blattaria	Blattidae	1	1	1
	Blattellidae	1	0	1
Ephemeroptera	Baetidae	1	1	1
Odonata	Suborden Anisoptera	1	0	1
	Suborden Zygoptera	1	0	1
		136	153	203
*no se discriminó más allá de familia				

El test de ANOSIM de dos vías, a partir de la distancia de Bray-Curtis (9999 permutaciones) mostró un efecto del ambiente y del momento de muestreo ($F=0,199$ $p=0,0001$, y $F=0,294$ $p=0,0001$, respectivamente), pero no se registró un efecto de la localidad de muestreo ($F=0,028$ $p=0,0155$). Por otra parte, de acuerdo al test de SIMPER mediante la matriz de distancias de Bray-Curtis, 19 especies explicaron el 75% de la diferencia entre ambientes (Cuadro 2.8).

Cuadro 2.8. Test de SIMPER mostrando las especies de insectos responsables del 75% de la disimilitud entre ambientes, en el muestreo con trampas de caída en la rotación arroz-pasturas, según cultivo, en Treinta y Tres, Uruguay (zafras 2013-14 y 2014-15).

Taxón	Disimilitud promedio	% Contribución	% Acumulado	Arroz 1	Arroz 2	Pastura 1	Pastura 4
Formicidae sp5	14,99	16,16	16,16	0,69	1,86	5,02	6,67
Aphididae	8,96	9,66	25,82	0,56	0,53	3,74	1,81
Microhimenoptera	8,12	8,76	34,57	0,56	0,49	2,39	1,4
Gryllidae sp3	5,7	6,15	40,72	1,18	0,84	0,2	0,46
Gryllidae sp1	3,98	4,29	45,02	1,09	0,45	0,46	0,018
Scellionidae sp2	2,99	3,23	48,25	0,41	0,35	0,48	0,36
Formicidae sp1	2,97	3,2	51,45	0,058	0,09	0,17	1,55
Formicidae sp3	2,71	2,92	54,37	0,3	0,041	0,29	1,09
Curculionidae sp1	2,6	2,8	57,17	0,35	0,5	0,077	0,019
Elateridae sp2	2,48	2,67	59,85	0,21	0,23	0,36	0,32
Chironomidae sp1	2,19	2,36	62,21	0,31	0,21	0,029	0,019
Phallacridae sp1	2,15	2,32	64,52	0,116	0,16	0,54	0,2
Ptinidae sp1	1,86	2,002	66,52	0,0507	0,025	0,54	0,56
Scarabeidae sp1	1,61	1,73	68,25	0,058	0,057	0,14	0,65
Cecidomyiidae sp1	1,56	1,685	69,94	0,138	0,32	0,15	0,083
Staphylinidae sp2	1,53	1,65	71,59	0,159	0,0164	0,308	0,519
Mycetophilidae sp3	1,523	1,642	73,23	0,428	0,139	0,163	0,0741
Sciaridae sp1	1,429	1,541	74,77	0,159	0,148	0,0481	0,13
Carabidae sp6	0,8905	0,96	75,73	0,109	0,156	0,0192	0

Las morfoespecies Formicidae sp1 y sp5, Elateridae sp2, Ptinidae sp1, Scarabaeidae sp1, Staphylinidae sp2 y los grupos Aphididae y Microhymenoptera, fueron más abundantes en las pasturas de primer y de cuarto año. Por otra parte, las morfoespecies Curculionidae sp1 (*Oryzophagus oryzae* Costa Lima, 1936), Chironomidae sp1 y Carabidae sp6 fueron más abundantes en los cultivos de arroz.

Los índices de Shannon-Wiener por localidad mostraron diferencias entre ambientes que variaron de acuerdo a los momentos de muestreo (Cuadro 2.9, Figura 2.12).

Cuadro 2.9. Índice de diversidad Shannon Wiener según ambiente y momento de muestreo, y estadísticos obtenidos en el análisis de la varianza (ANAVA).

Localidad	Momento	Ambiente				Estadísticos ANAVA
		Arroz 1	Arroz 2	Pastura 1	Pastura 4	
Charqueada	MM1: pos siembra 2013-14	0,81 ± 0,15AB	0,37 ± 0,21A	1,17 ± 0,19BC	1,57 ± 0,14C	F=8,94 p=0,0002
	MM2: macollaje 2013-14	0,65 ± 0,11A	0,84 ± 0,18AB	1,34 ± 0,16BC	1,47 ± 0,16C	F=8,03 p=0,0008
	MM3: llenado de grano 2013-14	0,35 ± 0,26AB	0,23 ± 0,21A	0,93 ± 0,16BC	1,33 ± 0,16C	F=7,30 p=0,0058
	MM4: entre zafra 2013-14	1,32 ± 0,20B	0,35 ± 0,18A	0 ± 0,28A	0,92 ± 0,18B	F=7,12 p=0,0053
	MM5: macollaje 2014-15	1,33 ± 0,22AB	1,41 ± 0,22B	0,75 ± 0,22A	1,52 ± 0,22B	F=2,49 p=0,0974
	MM6: llenado de grano 2014-15	0,65 ± 0,22A	0,49 ± 0,22A	0,91 ± 0,22AB	1,58 ± 0,22B	F=4,54 p=0,0174
	MM7: entre zafra 2014-15	1,99 ± 0,18C	0,87 ± 0,20A	1,09 ± 0,20AB	1,68 ± 0,20BC	F=7,59 p=0,0035
El Tigre	MM1: pos siembra 2013-14	1,01 ± 0,14A	1,50 ± 0,14B	1,57 ± 0,14B	1,49 ± 0,14B	F=3,24 p=0,0291
	MM2: macollaje 2013-14	0,44 ± 0,20A	1,03 ± 0,18B	1,78 ± 0,20C	1,30 ± 0,20BC	F=8,13 p=0,0026
	MM3: llenado de grano 2013-14	0,65 ± 0,22A	0,46 ± 0,25A	1,40 ± 0,22B	0,87 ± 0,22AB	F=3,17 p=0,0677
	MM4: entre zafra 2013-14	0,94 ± 0,38A	0,70 ± 0,38A	0,96 ± 0,44A	0,57 ± 0,44A	F=0,21 p=0,8896
	MM5: macollaje 2014-15	0,27 ± 0,25A	1,11 ± 0,25B	1,50 ± 0,25B	1,16 ± 0,25B	F=4,42 p=0,0192
	MM6: llenado de grano 2014-15	1,08 ± 0,16B	0 ± 0,40A	1,23 ± 0,18B	1,49 ± 0,18B	F=4,00 p=0,0321
	MM7: entre zafra 2014-15	1,54 ± 0,23B	0,33 ± 0,26A	0,96 ± 0,26AB	0,40 ± 0,23A	F=5,52 p=0,0103
JM Sanz	MM1: pos siembra 2013-14	1,95 ± 0,09A	1,99 ± 0,09A	SD	SD	F=0,0,8 p=0,7742
	MM2: macollaje 2013-14	0,53 ± 0,21A	0,53 ± 0,21A	1,57 ± 0,27B	1,97 ± 0,33B	F=7,81 p=0,0045
	MM3: llenado de grano 2013-14	0 ± 0,20A	0,21 ± 0,17A	1,16 ± 0,13B	1,23 ± 0,13B	F=15,58 p=0,0003
	MM4: entre zafra 2013-14	1,12 ± 0,21B	0,93 ± 0,23B	0,69 ± 0,51AB	0 ± 0,29A	F=3,40 p=0,0573
	MM5: macollaje 2014-15	0,93 ± 0,12A	1,57 ± 0,13B	1,42 ± 0,19B	1,87 ± 0,12B	F=10,91 p=0,001
	MM6: llenado de grano 2014-15	0,63 ± 0,17A	0,99 ± 0,19AB	1,41 ± 0,17BC	1,53 ± 0,17C	F=6,02 p=0,0067
	MM7: entre zafra 2014-15	0,16 ± 0,29A	1,03 ± 0,26B	0,80 ± 0,26AB	1,07 ± 0,26B	F=2,19 p=0,131

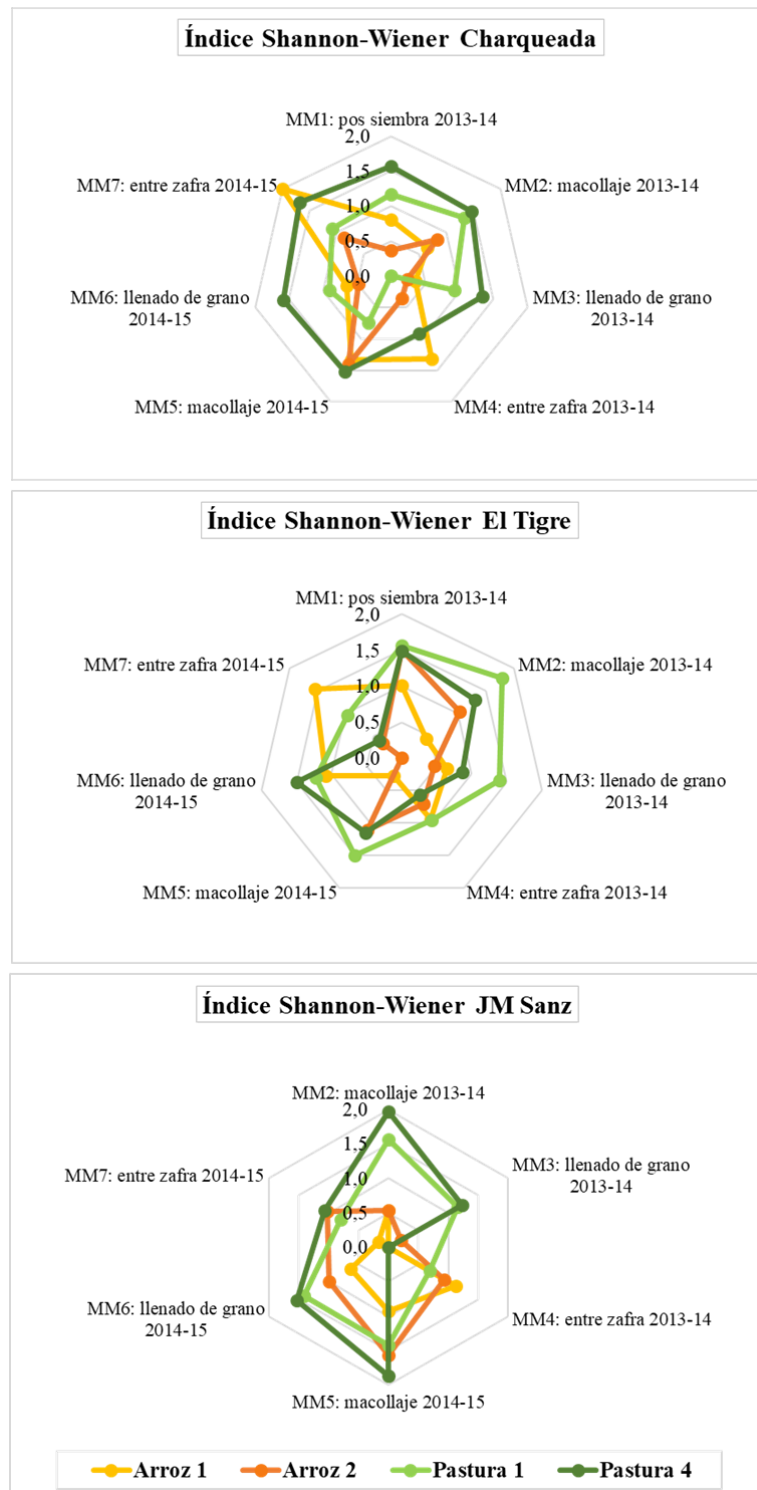


Figura 2.12. Índice de diversidad de Shannon-Wiener para las tres localidades según momento de muestreo y ambiente en el muestreo con trampas de caída en la rotación arroz-pasturas, según cultivo, en Treinta y Tres, Uruguay (zafra 2013-14 y 2014-15).

En la mayoría de los casos los índices de diversidad fueron mayores en las pasturas durante las etapas de macollaje y llenado de grano del cultivo de arroz, mientras que en los momentos de entre-zafra, en los casos que se presentaron diferencias significativas, los mayores índices se registraron en los rastrojos de los cultivos de arroz.

2.6. DISCUSIÓN

2.6.1. Muestreo exploratorio en el cultivo de arroz y bordes de vegetación nativa

El muestreo exploratorio permitió evidenciar una importante diversidad de grupos de insectos asociados al cultivo. Se destaca la presencia de las familias Carabidae, Braconidae, Coenagrionidae, Libellulidae, Dolichopodidae, Reduviidae y Nabidae dentro los potenciales controladores naturales. Se destaca también la mayor abundancia y diversidad registradas en las áreas de vegetación nativa, en comparación con los valores registrados para el cultivo, lo cual muestra la importancia de estas áreas como reservorios de especies (Blitzer *et al.*, 2012, Knapp y Řezáč, 2015).

En relación a las dos especies de Sciomyzidae reportadas en este trabajo, en los cultivos de arroz durante el muestreo exploratorio, destaca su interés como potenciales especies controladoras del caracol manzana *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822) (Gastropoda, Ampullariidae). *P. canaliculata* es una especie frecuente en los ambientes subacuáticos en Uruguay (Hayes *et al.*, 2012), también presente en el cultivo de arroz, y está reportada como una especie invasora en el continente asiático luego de su introducción con fines comerciales como alimento o animal exótico para acuarios (Joshi 2005, Murphy *et al.*, 2012). Es de destacar que *P. canaliculata* es presa de ciertas larvas de Sciomyzidae en la Región Neártica en ambientes de agua dulce (Foote *et al.*, 1999), por lo que resulta de interés poder profundizar en el conocimiento de la biología de ambas especies de mosca.

2.6.2. Muestreo en el cultivo de arroz y pasturas en rotación con trampas de caída

Las condiciones climáticas, particularmente el régimen de precipitaciones, fueron diferentes en las dos temporadas de estudio, con abundantes lluvias entre junio 2014 y enero 2015, y entre agosto y octubre de 2015.

En el análisis de los artrópodos totales según el momento de muestreo, se observó una mayor abundancia al macollaje en la temporada 2014-2015. Estos resultados son coincidentes con trabajos previos realizados en arroz (Dominik *et al.*, 2017, Wilby *et al.*, 2006, Heong *et al.*, 1991). Esto podría estar relacionado en parte a factores climáticos, principalmente la mayor temperatura de primavera-verano, que tiene un efecto importante sobre la actividad de los artrópodos (Saska *et al.*, 2013, Mineo *et al.*, 2010).

La composición de grupos funcionales varió a lo largo de los diferentes momentos de muestreo. En un análisis global por momentos de muestreo el grupo más abundante fue el correspondiente a los omnívoros. Al comparar la abundancia relativa de grupos funcionales por ambientes y momentos de muestreo, se destaca una abundancia de 30% de los fitófagos (mayoritariamente curculionidae, elateriadae y aphididae) en el inicio del cultivo de arroz en la temporada 2013-14 que desciende luego de la inundación. La llegada del agua al cultivo de arroz tiene un efecto sobre los artrópodos presentes, desplazando aquellas especies que no están adaptadas para vivir en un medio acuático (Jahn *et al.*, 2007).

Los estimadores de riqueza obtenidos para la curva de acumulación de especies/morfoespecies muestran que se alcanzó un porcentaje representativo de la fauna de insectos asociada con un mínimo del 73% y un máximo del 89% de las especies recolectadas (según los estimadores Jackknife 2 y Bootstrap, respectivamente).

El número total de morfoespecies registrado en el muestreo con trampas de caída es similar al reportado por otros autores para cultivos de arroz en otras regiones con red entomológica (Dominik *et al.*, 2017, Barrion y Litsinger., 1994, Heong *et al.*, 1991). Sin embargo, un trabajo similar realizado en Brasil con red entomológica registró un número menor de familias de insectos (Fritz *et al.*, 2011).

Las pasturas registraron 17 morfoespecies de insectos más que los cultivos de arroz en el período de muestreo con trampas de caída. Esta mayor riqueza en las pasturas se ve reflejada luego en los mayores índices de diversidad registrados. Estas diferencias, con una mayor riqueza y diversidad de especies en las pasturas, puede deberse a una mayor diversidad del tapiz vegetal, ya que las pasturas sembradas son una mezcla de tres especies vegetales (*Lotus corniculatus*, *Lolium multiflorum* y *Trifolium repens*), además de una variedad de especies espontáneas, mientras que el cultivo de arroz está compuesto por una sola especie. Varios estudios demuestran que una mayor diversidad vegetal puede proveer de alimento y reservorio para un rango más amplio de insectos, además de proveer mayor tiempo para que se estabilicen las poblaciones (Yadav y Mishra, 2013, Weigelt *et al.*, 2009).

La estructura de las comunidades estudiadas a partir de los muestreos con trampas de caída, mostró diferencias entre ambientes y momentos de muestreo, pero no entre localidades. El test de SIMPER registró 19 morfoespecies como responsables de 75% de las diferencias entre la composición de especies en arroz y pasturas. Dentro de las especies que fueron más abundantes en arroz, *Oryzophagus oryzae* (Curculionidae sp1) es un insecto fitófago asociado al cultivo, cuyas larvas se alimentan de raíces de la planta de arroz y son de hábitos acuáticos por lo que era esperable que fuera más abundante en este ambiente. Se destaca que la abundancia es mayor en los cultivos de arroz de segundo año, lo cual concuerda con otros trabajos que muestran cómo la intensificación del cultivo puede aumentar la incidencia de esta plaga (Martins y Prando, 2004). La otra morfoespecie que presentó mayor abundancia asociada al cultivo de arroz fue Chironomidae sp1, las larvas de esta familia son de hábitos acuáticos (Bentancourt *et al.*, 2009), por lo que es esperable tener una mayor abundancia de este grupo en el cultivo de arroz por la fase acuática que presenta. Esta familia aparece asociada al cultivo de arroz y se menciona como presa potencial, permitiendo que se desarrollen los predadores del cultivo incluso previo a que aparezcan potenciales plagas (Settle *et al.*, 1996). La tercer morfoespecie más abundante en arroz según el test de SIMPER fue Carabidae sp6, posiblemente del género *Stenocrepis*, hidrófilo (Porrini *et al.*, 2014), lo cual explicaría su mayor abundancia en el ambiente arroz.

Por otro lado, dentro de los grupos que presentaron mayor abundancia en las pasturas se destacan las familias Formicidae, Aphididae, Scarabaeidae, Staphylinidae y el grupo de los microhimenópteros. La mayor abundancia de Formicidae (hormigas) en las pasturas se explicaría, en parte, porque la etapa del arroz bajo inundación es un ambiente desfavorable para su instalación (Way *et al.*, 1998). Los Aphididae (pulgones) son fitófagos, al igual que los Scarabaeidae, y ambos están reportados como grupos de fitófagos que aparecen en las pasturas (Alzugaray y Ribeiro, 2000). La familia Staphylinidae fue la que más riqueza de especies presentó en este trabajo y además la morfoespecie Staphylinidae sp2 fue más abundante en las pasturas. Las especies de este grupo pueden ser de gran utilidad como bioindicadoras dado que ocurren en gran diversidad de hábitats, pertenecen a diferentes grupos tróficos y son sensibles a los cambios ambientales (Rodríguez *et al.*, 2018, Boháč, 1999).

Los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener presentaron diferencias entre los ambientes arroz y pastura, con comportamiento diferente según el momento de muestreo. Mientras que en los momentos de macollaje y llenado de grano los mayores índices se presentaron principalmente en las pasturas, en el período de entrezafra -en los casos en que se registraron diferencias entre ambientes- los cultivos de arroz de primer año fueron los que presentaron los mayores índices de Shannon-Wiener. En este último caso, en el período de entre-zafra los cultivos de arroz presentan una pastura que fue sembrada como cultivo de cobertura luego de la cosecha. En el sentido de lo anteriormente discutido, este cultivo de cobertura sembrado entre el primer y segundo año del cultivo de arroz estaría agregando diversidad de especies vegetales en este período.

Se debe recordar, sin embargo, que los datos corresponden a insectos recolectados con trampas de caída, por lo que en la etapa durante la cual el cultivo de arroz permanece inundado (macollaje y llenado de grano) puede haber una disminución en la diversidad de especies presentes, dado que el medio acuático temporal representa un hábitat que es favorable solo para aquellas especies que están adaptadas a estos ambientes. Esta situación, entonces, podría explicar también en parte los menores índices de Shannon registrados con este método de recolecta en el cultivo de arroz durante la etapa de inundación (Parys y Johnson, 2011, Orazé *et al.*, 1988).

2.7. CONCLUSIONES

El muestreo exploratorio con red entomológica permitió demostrar el rol de los parches de vegetación nativa como reservorio de especies por la mayor abundancia y riqueza de insectos que presentaron en comparación con el cultivo de arroz.

El número de artrópodos totales fue mayor en las pasturas que en los cultivos de arroz. La composición de grupos funcionales varió a lo largo de las etapas de muestreo, La inundación del cultivo de arroz mostró un impacto negativo sobre los fitófagos presentes en las etapas previas, probablemente por desplazamiento de estos grupos a zonas secas.

De acuerdo a los estimadores de la curva de acumulación de especies, el muestreo realizado con trampas de caída en la rotación arroz-pastura fue representativo de la artropodofauna local.

La riqueza de morfoespecies fue mayor en las pasturas que en el arroz.

Las familias Formicidae, Carabidae y Staphylinidae son potenciales grupos indicadores.

2.8. BIBLIOGRAFÍA

- Alzugaray R, Ribeiro A. 2000. Insectos en pasturas. Montevideo, INIA Serie Técnica 112: 13-30.
- Bambaradeniya CNB, Edirisinghe JP, De Silva DN, Gunatilleke CVS, Ranawana KB, Wijekoon S. 2004. Biodiversity associated with an irrigated rice agro-ecosystem in Sri Lanka. *Biodiversity&Conservation* 13(9): 1715-1753.
- Bambaradeniya CNB, Amerasinghe FP. 2003. Biodiversity associated with the rice field agro- ecosystem in Asian countries: a brief review. Working Paper 63. International Water Management Institute. Colombo, Sri Lanka. 29 pp.
- Bao L, Castiglioni EA, Martínez S, Savaris M, Marinoni L. 2019. First records of *Sepedonea lindneri* (Hendel, 1932) and *Protodictya lilloana* Steyskal, 1953

- (Diptera, Sciomyzidae) from Uruguay with an overview on their biology. Check List 15 (1): 71–77. [En línea]: 12 enero 2019. <https://doi.org/10.15560/15.1.71>
- Bao L, Ginella J, Cadenazzi M, Castiglioni EA, Martínez S, Casales C, Caraballo MP, Laborda A, Simó M. 2018. Spider assemblages associated with different crop stages of irrigated rice agroecosystems from eastern Uruguay. Biodiversity Data Journal 6: e24974, doi: 10.3897/BDJ.6.e24974
- Bao L, Martínez S. 2018. Control químico de insectos en el cultivo de arroz en Uruguay. Revista Arroz, 96: 40-45.
- Barker G, Knutson L, Vala JC, Coupland JB, Barnes J. 2004. Overview of the biology of marsh flies (Diptera: Sciomyzidae), with special reference to predators and parasitoids of terrestrial gastropods. En: Barker GM (Ed.) Natural Enemies of Terrestrial Molluscs. Wallingford, CABI Publishing, 159-225.
- Barrion AT, Litsinger JA. 1994. Taxonomy of rice insect pests and their arthropod parasites and predators. En: Heinrichs EA. (Ed.) Biology and management of rice insect pests. New Delhi. Wiley Eastern Limited, 13-362.
- Bentancourt CM, Scatoni I, Morelli E. 2009. Insectos del Uruguay. Montevideo. Universidad de la República. Facultad de Agronomía - Facultad de Ciencias. ANII-CSIC. 658p.
- Blitzer EJ, Dormann CF, Holzschuh A, Klein AM, Rand TA, Tscharntke. 2012. Spillover of functionally important organisms between managed and natural habitats, Agriculture, Ecosystems & Environment, 146(1): 34-43.
- Boháč J. 1999. Staphylinid beetles as bioindicators. Agriculture, Ecosystems and Environment, 74: 357–372.
- Butchart S, Walpole M, Collen B, van Strien A, Scharlemann JPW, Almond REA, Baillie JE.M., B. Bomhard, *et al.* 2010. Global biodiversity: Indicators of recent decline. Science 328: 1164-1168.

- Cardinale BJ, Harvey CT, Gross K, Ives AR. 2003. Biodiversity and biocontrol emergent impacts of a multienemy assemblage on pest suppression and crop yield in an agroecosystem. *Ecology Letters*, 6: 857-865.
- Carneiro FF, Da Silva Augusto LG, Rigotto RM, Friedrich K, Campos Búrgio A. 2015. Dossiê ABRASCO: Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro/ Sao Paulo. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio. 624p.
- Chen YH, Langellotto GA, Barrion AT, Cuong NL. 2013. Cultivation of domesticated rice alters arthropod biodiversity and community composition. *Annals of the Entomological Society of America*, 106: 100-110. doi: 10.1603/AN12082
- Colwell RK. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. [En línea]: 20 octubre 2017. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>
- Digweed SC, Currie CR, Cárcamo HA, Spence JR. 1995. Digging out the ‘digging-in effect’ of pitfall traps: influences of depletion and disturbance on catches of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Pedobiologia*, 39: 561-576.
- Dominik C, Seppelt R, Horgan F, Marquez L, Settele J, Václavík t. 2017. Regional-scale effects override the influence of fine-scale landscape heterogeneity on rice arthropod communities. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 246: 269-278.
- Foote BA, Knutson LV, Keiper JB .1999. The snail-killing flies of Alaska (Diptera: Sciomyzidae). *Insecta Mundi*, 13 (1-2): 45-71. [En línea]: 20 octubre 2017. <http://digitalcommons.unl.edu/insectamundi/326>
- Freidberg A, Knutson L, Abercrombie J. 1991. A revision of *Sepedonea*, a neotropical genus of snail-killing flies (Diptera: Sciomyzidae). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 506: 1–48. doi: 10.5479/si.00810282.506.
- Fritz L, Heinrichs E, Machado V, Andreis TF, Pandolfo M, Salles SM, Oliveira JV, Fiuza LM. 2011. Diversity and abundance of arthropods in subtropical rice

- growing areas in the Brazilian south. *Biodiversity and Conservation*, 20(10): 2211-2224.
- Hammer Ř, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4 (1): 9p. [En línea]: 25 octubre 2016. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Hanski I. 2011. Habitat Loss, the Dynamics of Biodiversity, and a Perspective on Conservation. *AMBIO*, 40: 248-255.
- Hayes KA, Cowie RH, Thiengo SC, Strong EE. 2012. Comparing apples with apples: clarifying the identities of two highly invasive Neotropical Ampullariidae (Caenogastropoda), *Zoological Journal of the Linnean Society*, 166: 723-753.
- Heong KL, Aquino GB, Barrion AT. 1991. Arthropod community structures of rice ecosystems in the Philippines. *Bulletin of Entomological Research*, 81: 407-416.
- Jahn GC, Litsinger JA, Chen Y, Barrion AT. 2007. Integrated pest management of rice: ecological concepts. En: Koul O. y Cuperus G.W. (Eds.). *Ecologically based integrated pest management*. Wallingford, CAB International: 315-366.
- Joshi RC. 2005. Managing invasive alien mollusk species in rice. Minireview *International Rice Research Institute Notes*. 30: 5-13. [En línea] 20 octubre 2018: http://books.irri.org/IRRN30no2_content.pdf
- Knapp M, Řezáč M. 2015. Even the smallest non-crop islands could be beneficial: distribution of carabid beetles and spiders in agricultural landscape. *PLoS ONE*, 10(4): e0123052. doi:10.1371/journal.pone.0123052
- Knutson L, Valley K. 1978. Biology of a neotropical snail-killing fly, *Sepedonea isthmi* (Diptera: Sciomyzidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 80 (2): 197-209.
- Letourneau DK, Jedlicka JA, Bothwell SG, Moreno C. 2009. Effects of natural enemy biodiversity on the suppression of arthropod herbivores in terrestrial ecosystems. *Annual Review of Ecology and Evolution*, 40: 573-592.

- Maltchik L, Rolon AS, Stenert C, Machado IF, Rocha O. 2011. Can rice field contribute to biodiversity in Southern Brazilian wetlands? *Journal of Tropical Biology*, 59(4): 1895-1914.
- Martins JF Da S, Prando HF. 2004. Bicheira da raíz do arroz. En: Salvadori JR, Ávila CJ, Braga MT da S. (Eds.) *Pragas de solo no Brasil*. Passo Fundo, RS. EMBRAPA, FUNDACEP. 259-296.
- Mc Alpine JF, Peterson BV, Shewell GE, Teskey HJ, Vockeroth J R, Wood DM. 1987. *Manual of Nearctic Diptera*. Volume 2. Research Branch Agriculture Canada, Monograph 28. 658p.
- Mc Alpine JF, Peterson BV, Shewell GE, Teskey HJ, Vockeroth J R, Wood DM. 1981. *Manual of Nearctic Diptera*. Volume 1. Research Branch Agriculture Canada, Monograph 27. 674p.
- Mineo FM, Del-Claro K, Domingos Brescovit A. 2010. Seasonal variation of ground spiders in a Brazilian Savanna. *Zoología*, 27 (3): 353-362.
- Murphy WL, Knutson LV, Chapman EG, Mc Donnell RG, Williams CD, Foote BA, Vala JC. 2012. Key Aspects of the Biology of Snail-Killing Sciomyzidae Flies. *Annual Review of Entomology*, 57:425-447.
- Oraze MJ, Grigarick AA, Lynch JH, Smith KA. 1988. Spider fauna of flooded rice fields in northern California. *Journal of Arachnology*, 16: 331-337.
- Parys KA, Johnson SJ. 2011. Collecting insects associated with wetland vegetation: an improved design for a floating pitfall trap. *The Coleopterist Bulletin*, 65(4): 341-344.
- Pittelkow CM, Zorrilla G, Terra J, Riccetto, Macedo I, Bonilla C, Roel A. 2016. Sustainability of rice intensification in Uruguay from 1993 to 2013. *Global Food Security*, 9: 10-18.

- Porrini DP, Castro AV, Cicchino AC. 2014. Los carábidos (Coleoptera: Carabidae) asociados a los remanentes de bosque nativo en la Reserva Natural Municipal Laguna de los Padres, Buenos Aires. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 73(1-2): 35-48.
- Ramsar Convention on Wetlands. 2010. A Ramsar framework for wetland inventory and ecological character description. Handbook 15 for the wise use of wetlands, 4th ed.). [En línea]: 15 mayo 2019: <http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-15.pdf>
- Rodríguez WD, Navarrete-Heredia JL, Klimaszewski J. 2018. Rove beetles collected with carrion traps (Coleoptera: Staphylinidae) in Quercus forest of Cerro de García, Jalisco and Quercus, Quercus-pine, and pine forests in other jurisdictions of Mexico. *Zootaxa*, 4433(3): 457-477.
- SAS Institute. 2009. SAS/STAT 9.2 User's guide. Cary, North Carolina, SAS Publishing. 524p.
- Saska P, van der Werf W, Hemerik L, Luff ML, Hatten T, Honek A. 2013. Temperature effects on pitfall catches of epigeal arthropods: a model and method for bias correction. *Journal of Applied Ecology*, 50: 181-189.
- Settle WH, Ariawan H, Astuti E, Cahyana W, Hakim AL, Hindayana D, Lestari AS, Pajarningsih S. 1996. Managing tropical rice pests through conservation of generalist natural enemies and alternative prey. *Ecology*, 77(7): 1975-1988.
- Simons NK, Weisser WW. 2017. Agricultural intensification without biodiversity loss is possible in grassland landscapes. *Nature Ecology & Evolution*, 1: 1136-1145.
- Way MJ, Islam Z, Heong KL, Joshi RC. 1998. Ants in tropical irrigated rice: distribution and abundance, especially of *Solenopsis geminata* (Hymenoptera: Formicidae). *Bulletin of Entomological Research*, 88: 467-476.

- Weigelt A, Weisser WW, Buchmann N, Scherer-Lorenzen. 2009. Biodiversity for multifunctional grasslands: equal productivity in high-diversity low-input and low-diversity high-input systems. *Biogeosciences*, 6: 1695-1706.
- Wilby A, La LP, Heong KL, Huyen NPD, Quang NH, Minh NV, Thomas MB. 2006. Arthropod diversity and community structure in relation to land use in the Mekong delta, Vietnam. *Ecosystems*, 9: 538-549.
- Wilby A, Thomas MB. 2002. Natural enemy diversity and pest control patterns of pest emergence with agricultural intensification. *Ecology Letters*, 5: 353-360.
- Yadav SK, Mishra GC. 2013. Biodiversity measurement determines stability of ecosystems. *International Journal of Environmental Science Development and Monitoring*, 4: 68-72.

3. COMUNIDADES DE ARAÑAS EN EL AGROECOSISTEMA ARROCERO DE LA ZONA ESTE DE URUGUAY

3.1. RESUMEN

El rol de las arañas como potenciales controladores de plagas en los agroecosistemas define la importancia de conocer la composición de estas comunidades asociadas. Este trabajo aborda el estudio de la diversidad de arañas entre los ambientes de arroz, pasturas y parches de vegetación nativa, en el período de macollaje del cultivo. Se estudiaron las comunidades de arañas asociadas al cultivo de arroz a lo largo de su ciclo. Se realizaron muestreos con trampas pitfall y aspirador portátil, en tres localidades del departamento de Treinta y Tres. En la comparación entre ambientes al macollaje, los índices de diversidad de Shannon calculados a partir del muestreo con aspirador presentaron valores mayores para la pastura y los parches de vegetación nativa, mientras que los valores más bajos se registraron en el cultivo de arroz. Los índices de Shannon calculados a partir de los datos de trampas pitfall no presentaron diferencias entre ambientes. En la evaluación realizada a lo largo del ciclo del cultivo de arroz, se registraron 16 familias y 61 especies/morfoespecies. El número de arañas totales presentó diferencias entre los momentos de muestreo, con los mayores registros en la etapa de entezafra y los conteos más bajos en los momentos posteriores más próximos a la siembra. Si se compara el número de arañas totales en el cultivo de arroz, hay un mayor registro en el cultivo de primer año. Los gremios más abundantes en el cultivo fueron “otras cazadoras” (29%), tejedoras de tela en sábana (25%) y cazadoras de suelo (25%). Las familias más abundantes fueron Lycosidae (26%), Linyphiidae (25%), Anyphaenidae (20%) y Tetragnathidae (12%). Se reportan ocho nuevos registros de especies para Uruguay. La riqueza observada en este trabajo podría posicionar al cultivo de arroz como un sistema de producción con potencial de aportar a la conservación de estos grupos en la medida que las estrategias de manejo empleadas sobre el cultivo lo promuevan.

Palabras clave: araneofauna de arroz, gremios de arañas

3.2. SUMMARY

The role of spiders as potential pest controllers in agroecosystems defines the importance of knowing the composition of these associated communities. This work deals with the study of the diversity of spiders among the environments of rice, pastures and patches of native vegetation, in the period of tillering of the crop. Spider communities associated with rice cultivation throughout its cycle were studied. Samples were taken with pitfall traps and portable vacuum cleaner, in three locations in the department of Treinta y Tres. In the comparison between tillering environments, Shannon diversity indices calculated from aspirator sampling showed higher values for pasture and patches of native vegetation, while the lowest values were registered in rice cultivation. The Shannon indexes calculated from the pitfall trap data did not show differences between environments. In the evaluation carried out throughout the rice cultivation cycle, 16 families and 61 species/morphospecies were recorded. The number of total spiders showed differences between sampling times, with the highest records in the inter-crop stage and the lowest counts in the moments soon after planting. Comparing the number of total spiders in the rice crop, there is a greater record in the first year crop. The most abundant guilds in the crop were "other hunters" (29%), sheet web weavers (25%) and soil hunters (25%). The most abundant families were Lycosidae (26%), Linyphiidae (25%), Anyphaenidae (20%) and Tetragnathidae (12%). Eight new species records are reported for Uruguay. The richness observed in this work could position rice cultivation as a production system with the potential to contribute to the conservation of these groups as long as the management measures applied to the crop promote it.

Keywords: rice araneofauna, spider guilds

3.3. INTRODUCCIÓN

Las arañas constituyen un orden megadiverso con alto valor como agentes de control biológico en los agroecosistemas (Riechert y Lockley 1984). Son un grupo abundante y exitoso de predadores naturales considerados eficientes biocontroladores de las principales plagas de insectos de los agroecosistemas (Norma-Rashid *et al.*, 2014, Pompozzi *et al.*, 2014). Considerando la importancia de este rol, el conocimiento de las comunidades de arañas presentes en el cultivo de arroz y su entorno es crucial para desarrollar un manejo ecológico del cultivo. El servicio ecosistémico brindado por las arañas como predadores generalistas de los agroecosistemas es sustentado en parte por la disponibilidad de hábitats alternativos de los cuales pueden obtener refugio y recolonizar el cultivo luego de la siembra y subsiguientes etapas de desarrollo del cultivo (Hibbert y Buddle, 2008). Está documentado que los remanentes de vegetación nativa pueden servir como refugios para las arañas y otros organismos, promoviendo altos valores de diversidad beta y contribuyendo a la conservación de “pools” de especies regionales (Opatovsky *et al.*, 2017). Schmidt y Tschardt (2005) observaron que la abundancia de arañas en cultivos de trigo era incrementada por la presencia de altos porcentajes de hábitats no cultivados en el paisaje circundante a diferentes escalas.

Una característica diferencial de la forma de producción de arroz en Uruguay es que se siembra, en seco, un solo cultivo por año que se inunda en forma permanente entre los 30 a 40 días posteriores a la emergencia de las plantas. Se destaca también que hay un menor uso de productos agroquímicos, en comparación con otros países productores de arroz de la región (Pittelkow *et al.*, 2016; Carneiro *et al.*, 2015). Como se mencionó en capítulos previos, el arroz representa un humedal temporario creado por el hombre, con una rica biodiversidad asociada al agroecosistema arroz-pasturas, lo que indica que el mismo podría ser un sistema de producción compatible con estrategias de conservación y manejo sostenible de este sistema (Bambaradeniya y Amerasinghe, 2003; Bambaradeniya *et al.*, 2004, Maltchik *et al.*, 2011). Hasta el momento, se han desarrollado algunos trabajos sobre diversidad de arañas en

agroecosistemas y ambientes circundantes en Uruguay (Simó *et al.*, 2011, Jorge *et al.*, 2013) pero no hay información relacionada al cultivo de arroz.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la diversidad de arañas en pasturas, arroz y parches de vegetación nativa adyacentes, al momento del macollaje del cultivo, y conocer la diversidad de arañas en el cultivo de arroz en momentos clave del cultivo.

3.4. MATERIALES Y MÉTODOS

3.4.1. Área de estudio

El área principal destinada a la producción de arroz en Uruguay se localiza en la zona este del país. El estudio de campo se desarrolló en cultivos de arroz, en pasturas y parches de vegetación nativa (relictos de bosque ribereño) ubicados entre las localidades de General Enrique Martínez (Charqueada), El Tigre y Julio María Sanz, Treinta y Tres (33°13'51"S 54°22'56"O). El área pertenece a la Cuenca de la Laguna Merín. Según la clasificación de Köppen-Geiger, Uruguay pertenece al tipo climático Cfa, que corresponde a un clima templado sin estación seca y temperatura del mes más caluroso de 22°C (Peel *et al.*, 2007). El tipo de suelo experimenta importante lixiviación, tiene bajo sodio intercambiable y es clasificado como solod melanizado de la unidad "La Charqueada" según la clasificación de Altamirano *et al.*, (1976).

3.4.2. Trabajo de campo

Desde noviembre 2013 a noviembre 2015 se muestrearon seis cultivos de arroz, seis pasturas y tres parches de bosque ribereño. Tanto en los cultivos de arroz como en las pasturas en que se realizaron los muestreos no se aplicaron insecticidas (excepto a las semillas previo a la siembra). Los cultivos de arroz fueron de primer y segundo año. Las pasturas, compuestas de una mezcla de *Lotus corniculatus* L. (Fabaceae), *Lolium multiflorum* LAM. (Poaceae) y *Trifolium repens* L. (Fabaceae), fueron de primer año (un año después de ser sembrada, nombrada a partir de aquí Pastura 1: P1) y de tercer año (tres años después de ser sembrada, nombrada a partir de aquí Pastura

3: P3). Los parches de vegetación corresponden al hábitat del tipo de bosque ribereño con una altura promedio de 4 m (Muñoz *et al.*, 2011). La composición florística de esta área tiene especies hidrofíticas como *Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg. (Phyllanthaceae) inmediatas a la línea de agua y una franja intermedia de especies de transición hacia la pastura representada por *Erythrina cristagalli* L. (Fabaceae), *Scutia buxifolia* Reiss. (Rhamnaceae), *Celtis tala* Gillies ex Planch. (Cannabaceae), *Schinus longifolius* (Lindl.) Speg. (Anacardiaceae), *Myrcianthes cisplatensis* (Cambess.) O. Berg (Myrtaceae), *Tillandsia* sp. (Bromeliaceae).

Las arañas se recolectaron con trampas de caída y aspirador portátil. Se colocaron y permanecieron por una semana 15 trampas de caída por cultivo y monte ribereño, de manera que hubiera una distancia mínima entre ellas de 30 metros a fin de no afectar el área de influencia de cada trampa (Digweed *et al.*, 1995). Cada trampa consistió en un recipiente de 400 ml de 8.5cm de diámetro conteniendo 100 ml de la mezcla conservante (8,5 volúmenes de agua destilada, 1,5 volúmenes de ácido acético al 4% y 1 volumen de NaCl). En los mismos puntos, el área circundante (suelo y vegetación) fue aspirada por un minuto con aspirador portátil. El material recolectado se colocó en tubos con alcohol 70%. Los ejemplares recolectados se identificaron a nivel de familia (Grismado *et al.*, 2014), especies/morfoespecies y se depositaron especímenes voucher en la colección aracnológica de Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay. Para la identificación de especies y morfoespecies se consideraron sólo los individuos adultos. Los gremios se asignaron siguiendo la clasificación de Cardoso *et al.* (2011).

3.4.3 Análisis de datos

3.4.3.1 Comparación entre ambientes al macollaje

Para el momento del macollaje del arroz se compararon las comunidades de arañas en los diferentes ambientes muestreados (cultivo de arroz, pasturas y parches de vegetación nativa). Se consideró este momento pues está generalmente asociado con la máxima abundancia de artrópodos (Wilby *et al.*, 2006). Para la evaluación, se

realizaron curvas de acumulación de especies para cada método de recolección y se calcularon estimadores de riqueza (Chao 1, Jackknife 1 y Bootstrap) con el programa EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013). Para comparar la diversidad alfa entre hábitats se realizó análisis de cluster (UPGMA) con los índices de Jaccard. Las diferencias estadísticas en la composición taxonómica entre los hábitats estudiados se calcularon a través de los análisis ANOSIM y SIMPER con el programa PAST 3.14 (Hammer *et al.*, 2001). Las diferencias entre los índices de Shannon y las abundancias relativas de los gremios asociados a los diferentes ambientes se sometieron a prueba de ANOVA y las diferencias estadísticas se analizaron a través de tests de aleatorización con el programa MULTIVAR (Pillar, 1997). Los valores de Shannon para cada método de muestreo se compararon a través de contrastes ortogonales.

3.4.3.2 Variación de las comunidades de arañas en diferentes etapas del cultivo de arroz

En particular para el cultivo de arroz, se analizaron las comunidades de arañas a nivel de especie y/o morfo-especie para las etapas de post-siembra (antes de la inundación), macollaje (inicio de la inundación), llenado de grano y pos cosecha en las temporadas 2013-2014 y 2014-2015. El conteo durante el momento de post-siembra del segundo año (2014-2015) no pudo realizarse, debido a que las intensas lluvias inundaron temporalmente varios de los cultivos a muestrear. El macollaje del segundo año (período de muestreo 5) corresponde a estos cultivos que se vieron inundados temporalmente, antes de lo previsto por su fenología (al macollaje: periodo de muestreo 5).

Los individuos recolectados mediante aspirador (G-vac) y trampas pitfall (trampas de caída), fueron clasificados y agrupados a nivel de gremios según Cardoso *et al* (2011). Se compararon promedios de arañas totales para cada momento, así como la composición de especies y gremios.

3.5. RESULTADOS

3.5.1 Comunidades de arañas en cultivos de arroz, pasturas y parches de bosque ribereño al momento del macollaje del arroz

Se registraron 16 familias y 45 especies/morfoespecies de arañas (Cuadro 3.1). Se recolectaron para este período 683 arañas de las cuales 52% fueron adultos y 48% juveniles. Las familias más abundantes fueron Linyphiidae, Lycosidae y Tetragnathidae (37%, 29%, y 10%, respectivamente), que representaron más del 60% de la abundancia relativa total. Miturgidae y Trachelidae se registraron solo en las pasturas. Araneidae fue exclusiva para los parches de vegetación riparia (bosque ribereño) y las pasturas en este momento del cultivo, y todos los individuos fueron juveniles. Los individuos de la familia Thomisidae fueron recolectados únicamente con aspirador, mientras que los individuos de las familias Ctenidae, Gnaphosidae, Titanoecidae and Trachelidae se registraron solo en las trampas pitfall. Si bien representantes de las familias Lycosidae, Salticidae y Tetragnathidae fueron recolectadas con ambos métodos, por medio del aspirado solo se capturaron juveniles. Entre hábitats, el 22% de las especies estuvieron presentes en todos los ambientes, mientras que 40% fueron exclusivas de pasturas, 6,6% fueron exclusivas para el arroz y 6,6% fueron exclusivas para los parches de vegetación riparia (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Lista de familias y especies de arañas registradas en arroz, pasturas y parches de vegetación nativa, en la etapa de macollaje del cultivo de arroz.

Familia	Especie/morfoespecies	Arroz	Pastura	Parches de vegetación nativa
Anyphaenidae	<i>Anyphaenidae</i> sp1	•	•	•
	<i>Sanogasta maculatipes</i>		•	
Araneidae	<i>Alpaida</i> sp1		•	•
Corinnidae	<i>Castianeira</i> sp1	•	•	•
	<i>Corinnidae</i> sp1	•	•	•
Ctenidae	<i>Asthenoctenus borellii</i>	•	•	•
Gnaphosidae	<i>Apopyllus iheringi</i>	•	•	•
Linyphiidae	<i>Linyphiidae</i> sp1	•	•	
	<i>Linyphiidae</i> sp2	•	•	•
	<i>Linyphiidae</i> sp4	•	•	•
	<i>Linyphiidae</i> sp5			•
	<i>Linyphiidae</i> sp6	•	•	•
	<i>Linyphiidae</i> sp7		•	
	<i>Psilocymbium lineatum</i>		•	
	<i>Sphecozone</i> sp1		•	
	<i>Sphecozone</i> sp2		•	
	<i>Sphecozone</i> sp3		•	
	<i>Sphecozone ignigena</i>	•	•	
	<i>Tutaibo</i> sp1		•	•
	<i>Tutaibo</i> sp2	•		•
Lycosidae	<i>Allocosa</i> sp1	•	•	
	<i>Allocosa</i> sp2		•	
	<i>Allocosa</i> sp3	•		
	<i>Diapontia uruguayensis</i>		•	
	<i>Lobizon humilis</i>		•	•
	<i>Lobizon</i> sp2			•
	<i>Lycosa aurogottata</i>		•	
	<i>Lycosa thorelli</i>	•	•	•
	<i>Lycosinae</i> sp1	•	•	•
	<i>Lycosinae</i> sp2	•		
	<i>Navira naguean</i>		•	•
	<i>Schizocosa malitiosa</i>		•	

Cuadro 3.1. (Continuación).

Miturgidae	Miturgidae sp1		•	
Pisauriidae	Pisauriidae sp1		•	
Salticidae	Salticidae sp1	•	•	•
Tetragnathidae	<i>Glenognatha lacteovitatta</i>	•	•	•
	<i>Tetragnatha sp1</i>		•	
Therididae	Therididae sp1	•	•	
	Therididae sp2		•	
	<i>Thymoites puer</i>			•
Thomisidae	<i>Misumenops maculissparsus</i>		•	
	Thomisidae sp2	•		
Titanoecidae	<i>Goeldia</i> sp1	•	•	•
Trachelidae	<i>Meriola</i> sp1		•	

Las curvas de acumulación de especies para ambos métodos de muestreo fueron no asintóticas, indicando que habría especies adicionales por muestrear (Figura 3.1). El estimador de riqueza Chao1 para las muestras de aspirador y trampas pitfall mostraron que al menos 75% y 82% (respectivamente) del total de especies esperadas fueron muestreadas. En las muestras con aspirador 43% fueron *singletons*, 29% *doubletons*, 52% *uniques* y 24% duplicados. En las muestras de trampas pitfall 31% fueron *singletons*, 23% *doubletons*, 40% *uniques* y 20% fueron duplicados.

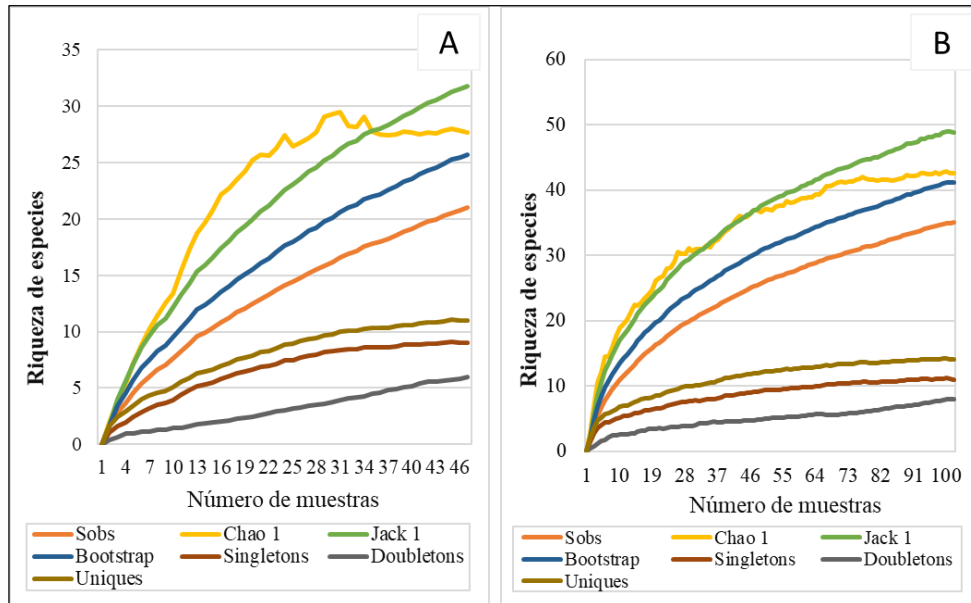


Figura 3.1. Curvas de acumulación de especies de arañas según las recolecciones realizadas con (pitfall izquierda) y con aspirador (derecha), en cultivos de arroz y pasturas y parches de vegetación nativa próximos Treinta y Tres, Uruguay (zafras 2013-14 y 2014-15).

El análisis de agrupamiento por similitud a través del índice de Jaccard (UPGMA, Figura 3.2) demostró un alto grado de complementariedad entre el método de aspirador y pitfall (ANOSIM: $R=0,847$ $p<0,05$, factor método, $R=0,598$ $p<0,05$, factor ambiente 9999 permutaciones).

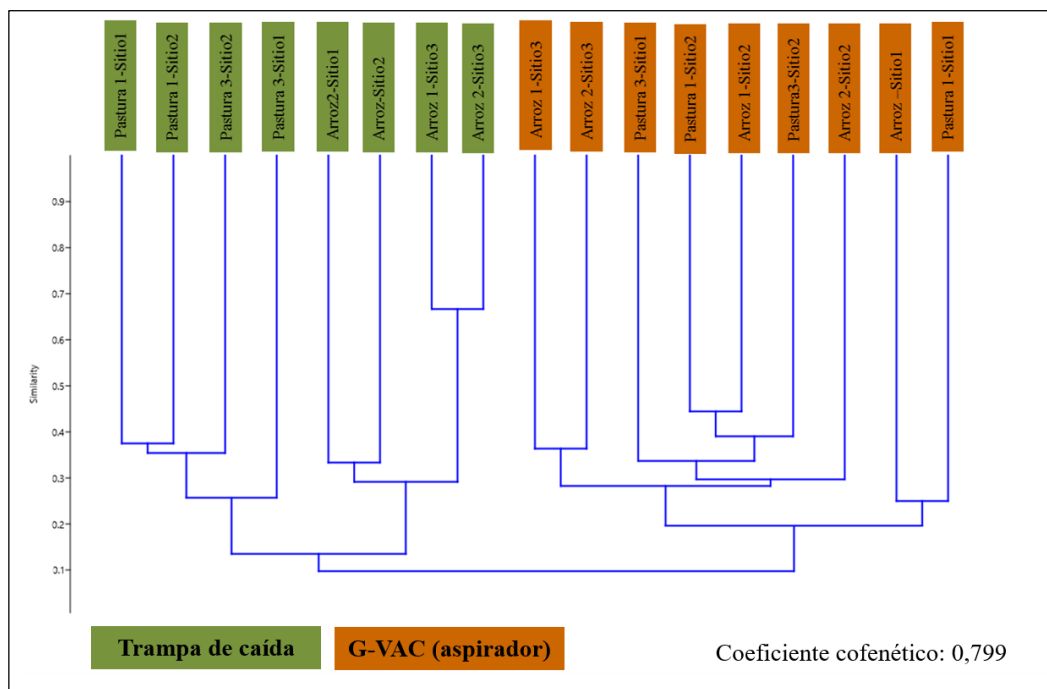


Figura 3.2. Análisis de clúster por similaridad (índice de Jaccard) a partir de los datos de recolecta con aspirador y pitfall, en cultivos de arroz, pasturas y parches de vegetación nativa próximos Treinta y Tres, Uruguay (zafras 2013-14 y 2014-15).

En este estudio se registraron siete de los ocho gremios de arañas planteados por la clasificación de Cardoso *et al.* (2011). Las cazadoras de suelo y las tejedoras de tela en sábana fueron los gremios más abundantes (Figura 3.3). En cuatro de los seis gremios registrados las menores abundancias relativas corresponden a las capturas realizadas en el cultivo de arroz.

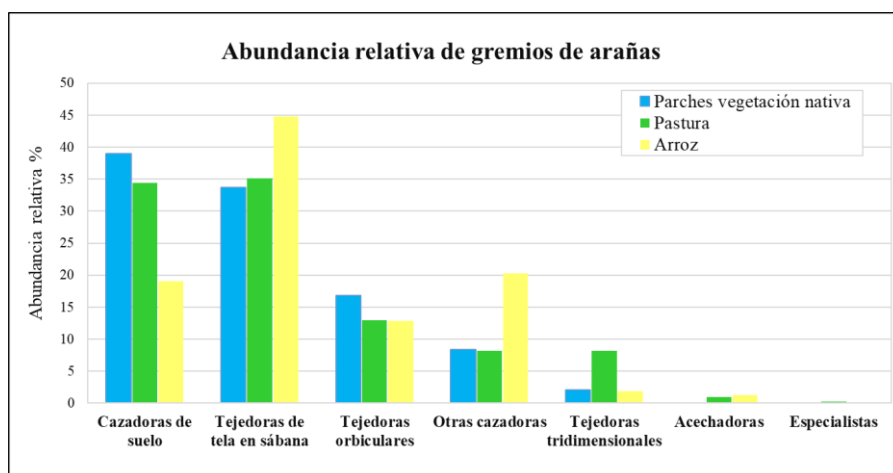


Figura 3.3. Abundancia relativa de los gremios de arañas recolectados en los ambientes pastura, arroz y parches de vegetación nativa, al momento del macollaje del cultivo de arroz, Treinta y Tres, Uruguay (zafras 2013-14 y 2014-15).

Los índices de Shannon-Wiener (H') obtenidos a partir de las muestras de aspirador solo mostraron diferencias estadísticas entre arroz y pasturas ($F=9,42$ $p=0,0259$, Cuadro 3.2). Para las muestras de trampas *pitfall* no hubo diferencias estadísticas entre ambientes para el macollaje. Los valores de H' obtenidos con ambos métodos de recolección tendieron a ser menores en los cultivos de arroz (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Diversidad de arañas al momento del macollaje para los agroecosistemas arroz (A) y pastura (P) y para parches de vegetación nativa, Treinta y Tres, Uruguay (zafras 2013-14 y 2014-15).

Índices de diversidad	P 1	P 3	A1	A2	Parches de vegetación nativa
	Aspirador				
Shannon (H')	1,35± 0,12a	1,35±0,12a	0,64±0,12b	0,69±0,12b	1,46±0,17a
Riqueza (S)	10	10	4	5	5
	Pitfall				
Shannon (H')	1,82±0,31a	2,13±0,31a	1,64±0,25a	1,92±0,31a	1,66±0,31a
Riqueza (S)	20	19	13	10	13

Dentro de la misma fila valores con una letra común no son significativamente diferentes por LSD Fisher ($p < 0,05$).

3.5.2 Composición de las comunidades de arañas en diferentes etapas del cultivo de arroz

Se registró un total de 2088 individuos (55% juveniles y 45% adultos), distribuidos en 16 familias desde noviembre 2013 hasta setiembre 2015. Se registraron ocho nuevos reportes de especies para Uruguay (Cuadro 3.3). Sobre un total de 61 especies/morfoespecies recolectadas. Los conteos de arañas totales por momento de muestreo se ajustaron a una distribución Poisson y presentaron diferencias estadísticas entre los momentos de muestreo ($F=24,22$ $p < 0,0001$), con los mayores conteos en las etapas de entrefa y los menores en los momentos posteriores a la siembra del cultivo (Figura 3.4).

Cuadro 3.3. Lista de familias y especies de arañas registradas en el cultivo de arroz, Treinta y Tres, Uruguay (zafras 2013-14 y 2014-15).

Familia	Especie/morphospecie
Anyphaenidae	<i>Acanthoceto acupicta</i> (Nicolet, 1849)
	<i>Arachosia magna</i> Rubio & Ramírez, 2015 *
	<i>Sanogasta maculatipes</i> (Keyserling, 1878)
Araneidae	<i>Alpaida veniliae</i> (Keyserling, 1865)
	<i>Alpaida versicolor</i> (Keyserling, 1877)
	<i>Argiope argentata</i> (Fabricius, 1775)
	Araneidae sp1
	<i>Larinia bivittata</i> Keyserling, 1885
Corinnidae	<i>Mazax cf ramirezi</i> Rubio & Danışman, 2014 *
Ctenidae	<i>Asthenoctenus borellii</i> Simon, 1897
Gnaphosidae	<i>Camillina chilensis</i> (Simon, 1902) *
	<i>Apopyllus silvestri</i> (Simon, 1905)
	<i>Gnaphosidae</i> sp1
Linyphiidae	<i>Linyphiidae</i> sp1 to sp9
	<i>Scolecurea propinqua</i> Millidge, 1991
	<i>Sphecozone ignigena</i> (Keyserling, 1886) *
	<i>Sphecozone</i> sp1
	<i>Sphecozone</i> sp2
	<i>Tutaibo</i> sp1
	<i>Tutaibo</i> sp2

Cuadro 3.3. (Continuación).

Lycosidae	<i>Agalenocosa velox</i> (Keyserling, 1891) *
	<i>Allocosa sp1</i>
	<i>Allocosa sp2</i>
	<i>Allocosa sp3</i>
	<i>Diapontia uruguayensis</i> Keyserling, 1877
	<i>Lobizon corondaensis</i> (Mello-Leitão, 1941) *
	<i>Lobizon humilis</i> (Mello-Leitão, 1944)
	<i>Lycosa auroguttata</i> (Keyserling, 1891) *
	<i>Lycosa cf thorelli</i> (Keyserling, 1877)
	<i>Lycosa u-album</i> Mello-Leitão, 1938
	<i>Lycosinae sp1</i>
	<i>Lycosinae sp2</i>
	<i>Schizocosa malitiosa</i> (Tullgren, 1905)
Miturgidae	<i>Miturgidae sp1</i>
Oxyopidae	<i>Oxyopes salticus</i> Hentz, 1845
Pholcidae	<i>Pholcidae sp1</i>
Salticidae	<i>Hisukattus transversalis</i> Galiano, 1987 *
	<i>Dendryphantas mordax</i> (C. L. Koch, 1846)
	<i>Salticidae sp1</i>
	<i>Salticidae sp2</i>
	<i>Salticidae sp3</i>
Tetragnathidae	<i>Glenognatha lacteovitatta</i> (Mello-Leitão, 1944)
	<i>Leucage volupis</i> (Keyserling, 1893)
	<i>Tetragnatha sp1</i>
	<i>Tetragnatha sp2</i>
Theridiidae	<i>Steatoda ancorata</i> (Holmberg, 1876)
	<i>Theridiidae sp1</i>
	<i>Theridiidae sp2</i>
	<i>Thymoites sp1</i>
Thomisidae	<i>Thomisidae sp1</i>
	<i>Thomisidae sp2</i>
Titanoecidae	<i>Goeldia luteipes</i> (Keyserling, 1891)
Trachelidae	<i>Meriola cetiformis</i> (Strand, 1908)

* Primer registro de la especie para Uruguay

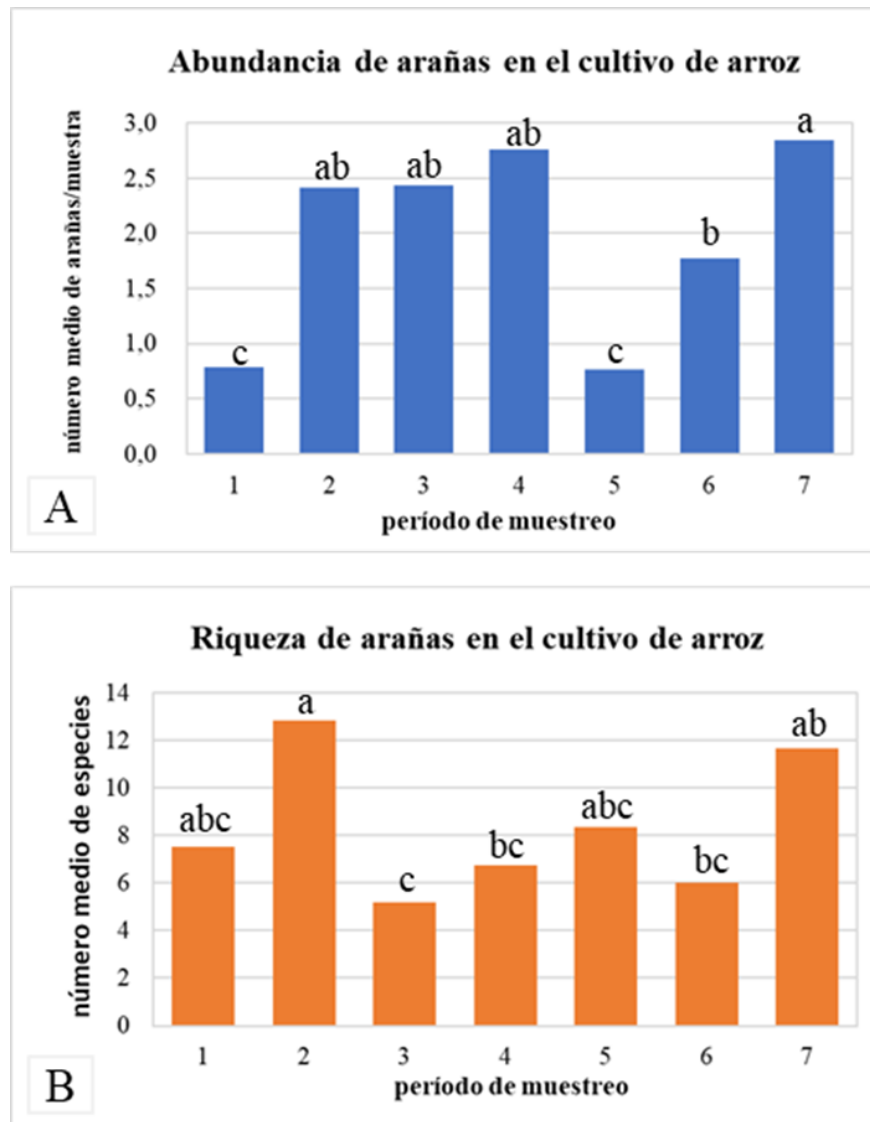


Figura 3.4. A: Número medio de arañas en el cultivo de arroz durante dos ciclos de producción. Medias seguidas por la misma letra no difieren para la prueba de Tukey-Kramer ($F=24,22$ $df=562$ $p<0,0001$). B: Riqueza expresada como número medio de especies de arañas. Medias seguidas por la misma letra no difieren para la prueba de Tukey-Kramer ($F=7,16$ $df=6$ $p<0,0036$). Período de muestreo: 1: post-siembra, 2,5: macollaje, 3,6: llenado de grano, 4,7: entre-zafra.

Los valores correspondientes a los conteos de arañas totales, machos, hembras y juveniles comparados por ciclo de cultivo en la rotación (arroz de primer año y arroz

de segundo año) se ajustaron a la distribución Poisson. Se registraron diferencias significativas en los conteos de arañas totales ($F=9,63$ $p=0,002$) y juveniles ($F=4,72$ $p=0,030$) en relación a la etapa del cultivo de arroz en la rotación, con valores mayores para los cultivos de primer año y menores para el cultivo de segundo año (Figura 3.5).

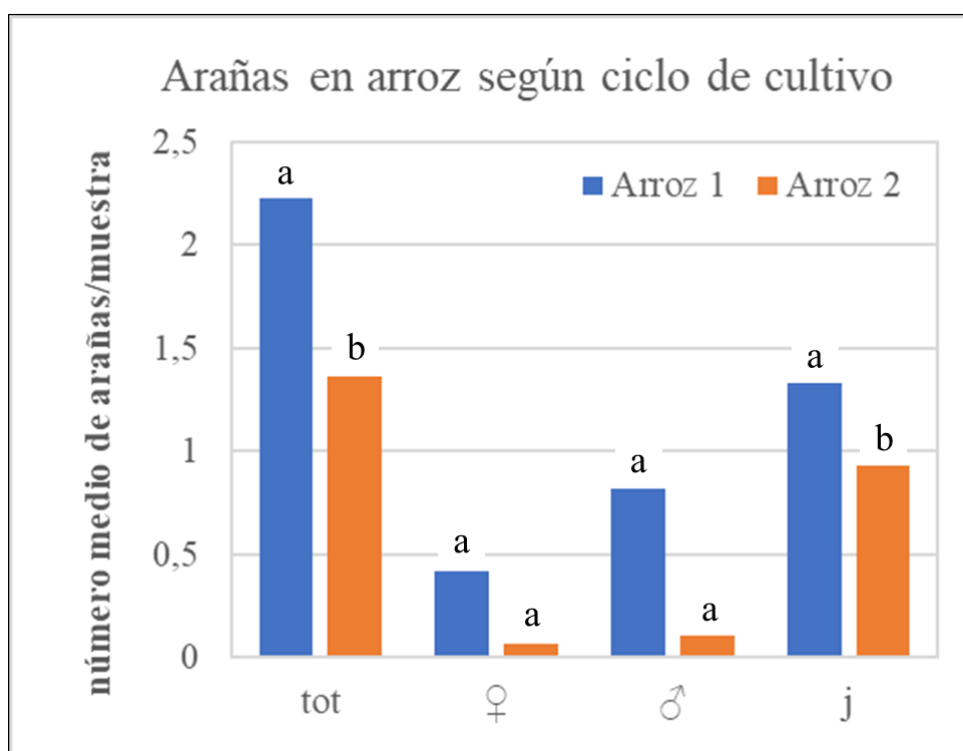


Figura 3.5. Número medio de arañas por muestra en el cultivo de arroz de primer (Arroz 1) y segundo año (Arroz 2) según grupo, tot: totales, ♀: hembras, ♂: machos, j: juveniles. Medias seguidas de la misma letra dentro de cada grupo no difieren para la prueba de Tukey-Kramer.

Entre las arañas adultas se registraron 61 morfoespecies distribuidas en seis gremios. Las familias más abundantes fueron Lycosidae, Linyphiidae, Anyphaenidae y Tetragnathidae (26%, 25%, 20% y 12%, respectivamente) componiendo el 82% del total de individuos recolectados (Figura 3.6, Cuadro 3.4). Las familias menos

abundantes fueron Corinnidae, Ctenidae, Gnaphosidae, Titanoecidae y Trachelidae, sumando 1,2% del total de arañas recolectadas.

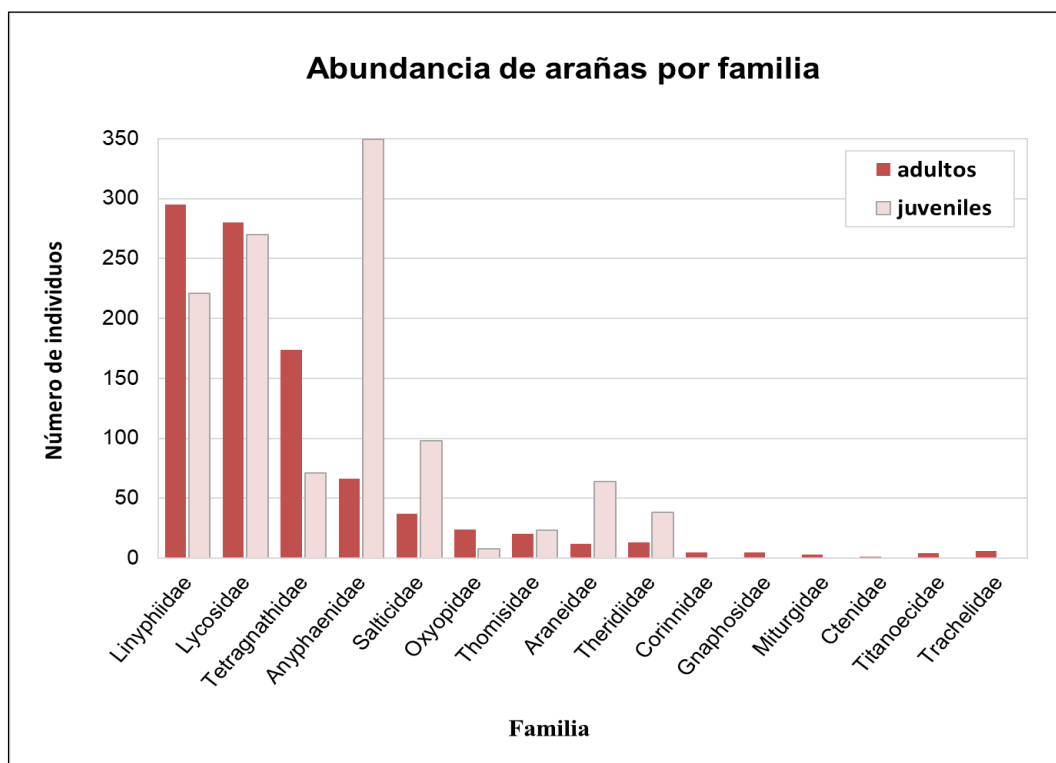


Figura 3.6. Abundancia de familias de arañas (adultas y juveniles) recolectadas en el cultivo de arroz con pitfall y aspirador en cultivos de arroz, Uruguay (zafras 2013-14 y 2014-15).

En este estudio se registraron siete de los ocho gremios de arañas propuestos por la clasificación de Cardoso *et al.* (2011). Los gremios de “otras cazadoras”, “tejedoras de tela en sábana” y “cazadoras de suelo” fueron los más abundantes con 29%, 25% y 25% de abundancia relativa, respectivamente (Figura 3.7).

Cuadro 3.4. Capturas y abundancias relativas de las familias de arañas recolectadas en las diferentes etapas del arroz, Treinta y Tres, Uruguay (zafras 2013-14 y 2014-15).

Familia	Momento							Subtotal	%
	post siembra	macollaje 1	llenado 1	entrezafra 1	macollaje 2	llenado 2	entrezafra 2		
Anyphaenidae	25	116	144	6	24	67	33	415	19,88
Araneidae	0	6	12	30	7	12	9	76	3,64
Corinnidae	2	0	0	0	1	0	2	5	0,24
Ctenidae	1	0	0	0	0	0	0	1	0,05
Graphosidae	3	1	0	0	1	0	0	5	0,24
Linyphiidae	100	129	26	91	37	11	122	516	24,71
Lycosidae	30	197	53	32	65	59	114	550	26,34
Miturgidae	0	1	2	0	0	0	0	3	0,14
Oxyopidae	0	4	1	1	1	1	24	32	1,53
Pholcidae	0	0	1	0	0	0	0	1	0,05
Salticidae	9	35	49	2	4	11	25	135	6,47
Tetragnathidae	23	106	24	18	25	39	10	245	11,73
Theridiidae	2	8	16	9	4	1	11	51	2,44
Thomisidae	2	3	1	4	0	26	7	43	2,06
Titanoecidae	1	0	0	0	3	0	0	4	0,19
Trachelidae	0	0	1	0	1	2	2	6	0,29
	198	606	330	193	173	229	359	2088	100,00

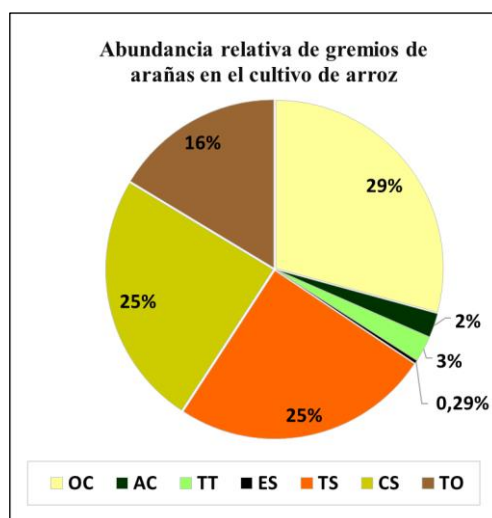


Figura 3.7. Abundancias relativas de gremios de arañas para todo el período de estudio (OC: otras cazadoras, AC: acechadoras o cazadoras de emboscada, TS: tejedoras de tela en sábana, ES: especialistas, TT: tejedoras tridimensionales, CS: cazadoras de suelo, TO: tejedoras orbiculares) en cultivos de arroz, Treinta y Tres, Uruguay (zafras 2013-14 y 2014-15).

La curva de acumulación de especies fue no-asintótica, indicando que habría especies adicionales para recolectar (Figura 3.8). Los estimadores de riqueza mostraron que al menos el 75% del total de las especies fue recolectado (Jack 1: 75%, Chao 1: 83% y Bootstrap 87%). Los *singletons* representaron el 25% de las especies recolectadas, *doubletons* 12%, *uniques* 39% y *duplicates* 17%.

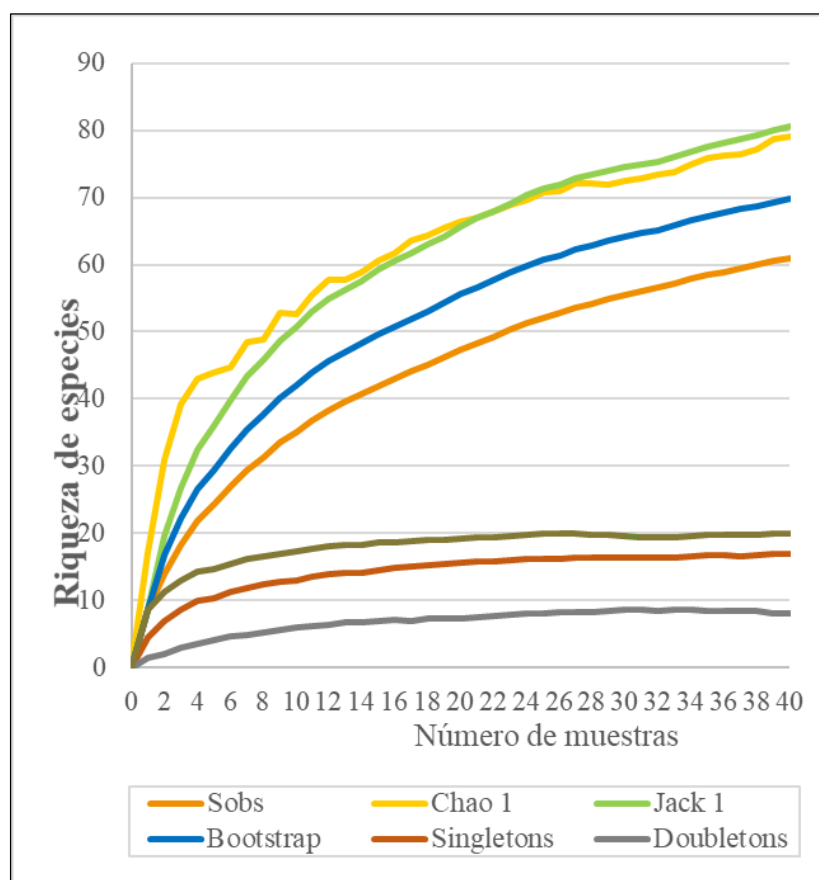


Figura 3.8. Curvas de acumulación de especies de arañas observadas (S) y riqueza corregida (S corr: 500 aleatorizaciones), *singletons*, *doubletons*, *uniques* y *duplicates*, en cultivos de arroz en Treinta y Tres, Uruguay (zafras 2013-14 y 2014-15).

La composición de especies según los momentos de muestreo presentó diferencias significativas por el test ANOSIM ($R=0,544$ $p=0,0001$ índice Jaccard, $R=0,433$, $p=0,0001$ índice Morisita); pero no se registraron diferencias en la

composición por localidad ($R=0,097$ $p=0,252$ índice Jaccard, $R=0,048$ $p=0,374$ índice Morisita).

De acuerdo a los resultados del test SIMPER multigrupo *L. thorelli*, *G. lacteovitatta*, *S. propinqua*, *Tetragnatha* sp1, *D. uruguayensis* y *S. maculatipes* comprendieron el 57,24% de la disimilitud entre momentos. Las abundancias relativas de las especies según momento de muestreo variaron de acuerdo a la especie/morfoespecie considerada (Figura 3.9).

Las familias Anyphaenidae, Linyphiidae, Lycosidae, Tetragnathidae y Theridiidae se registraron a lo largo de todo el período de muestreo. Las especies más abundantes fueron *G. lacteovitatta* (11,80%), *L. thorelli* (18,99%) y *S. propinqua* (11,59%) calculadas sobre el total de individuos adultos.

Arachosia magna, *A. acupicta*, *A. silvestri* y *G. luteipes* fueron algunas de las especies exclusivas del cultivo de arroz, mientras que *O. salticus*, *A. versicolor* y *L. bivittata* se encontraron entre las especies registradas solo en la entre-zafra.

En el marco de este trabajo se publicaron resultados sobre la composición de las comunidades de arañas registradas en las diferentes etapas del cultivo de arroz (Anexos 8.2, 8.3 y 8.4).

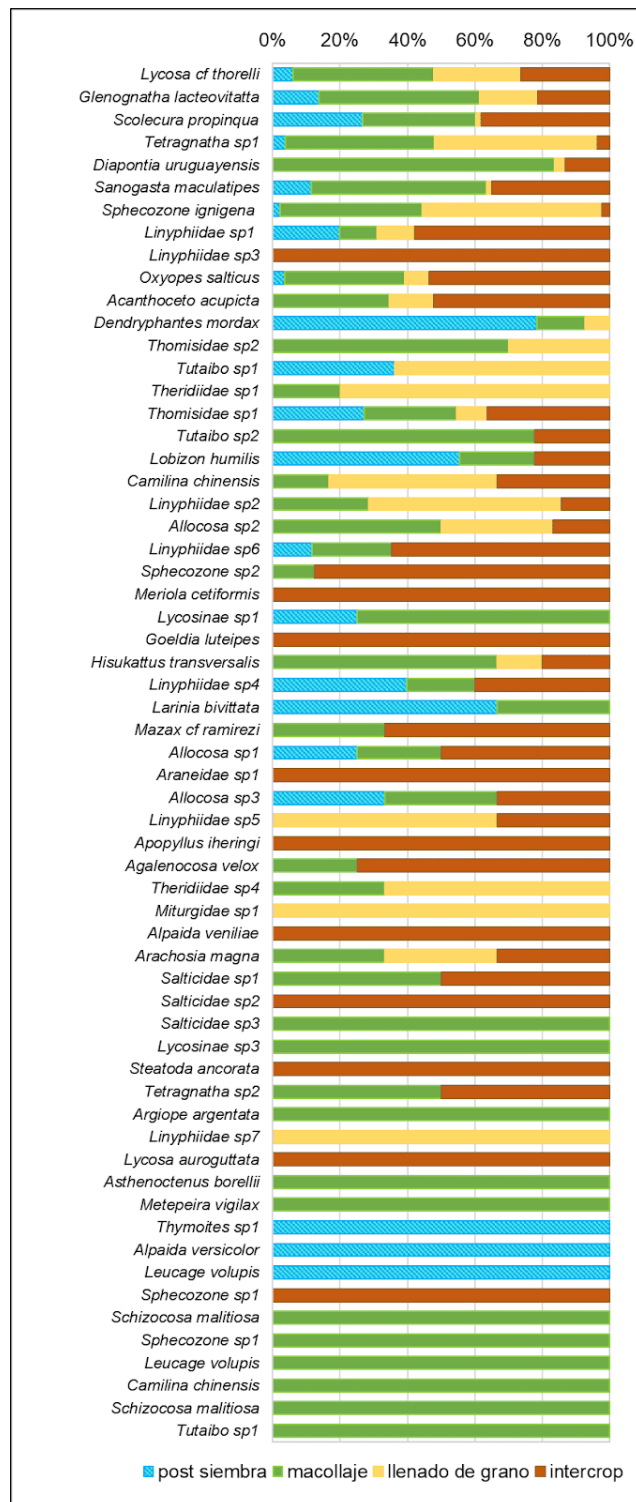


Figura 3.9. Abundancias relativas de las especies de arañas más abundantes en el cultivo de arroz según etapa del arroz, en Treinta y Tres, Uruguay (zafras 2013-14 y 2014-15).

3.6. DISCUSIÓN

Este estudio representa la primera contribución al conocimiento de la diversidad de arañas asociadas al agro-ecosistema arrocerero en Uruguay. Los métodos de muestreo empleados mostraron ser complementarios, y se observó que ciertas especies fueron capturadas solo por uno u otro método. El uso de ambas estrategias de recolección está ampliamente recomendado para estudios de biodiversidad de manera de lograr un muestreo más representativo de las comunidades de arañas presentes (Zou *et al.*, 2012).

En la comparación de la composición de especies entre los ambientes pastura, parche de vegetación nativa y arroz al momento del macollaje, la mayor abundancia de especies exclusivas se registró en la pastura. La abundancia relativa de gremios varió de acuerdo al ambiente muestreado, presentando en general mayor abundancia relativa las pasturas y los parches de vegetación nativa. Si bien las abundancias registradas en arroz fueron siempre menores, los gremios mayoritarios fueron los mismos que en los otros ambientes. Trabajos previos sobre gremios de arañas en arroz también registraron a las cazadoras de suelo y tejedoras de tela en sábanas como los grupos mayoritarios (Uetz *et al.*, 1999, Rodrigues *et al.*, 2008). Los gremios mayoritarios registrados en este trabajo (cazadoras de suelo y tejedoras de tela en sábana) estuvieron mayoritariamente representados por Lycosidae y Linyphiidae respectivamente. Estas familias son frecuentemente abundantes en los agroecosistemas en diferentes localizaciones del mundo y se las reporta como potenciales agentes de control (Nyffeler y Sunderland, 2003).

Los índices de diversidad registrados en arroz al macollaje son similares a los registrados por otros autores en India (Goswami *et al.*, 2015) pero inferiores a los reportados para el mismo agroecosistema en Pakistán (Ghafoor y Mahmood, 2011). El período de muestreo empleado en este trabajo (macollaje, previo a la inundación permanente) podría explicar en parte los menores índices registrados. Thair y Butt (2009) también registraron menor abundancia y riqueza de arañas en este período del ciclo de cultivo. Por otra parte, la menor diversidad y abundancia en arroz comparada con la pastura y parches de vegetación nativa podría deberse a las actividades

realizadas para la siembra y podría ser esperable que dicha diversidad se incremente en las siguientes etapas del cultivo. La mayor complejidad del tapiz vegetal en las pasturas y la vegetación nativa en la etapa de macollaje podría representar un mejor refugio que el arroz para las arañas. Luego de la perturbación que representan las actividades de la siembra, la recuperación de las poblaciones de arañas puede lograrse por reproducción, pero la inmigración también es muy importante. Las actividades de dispersión y la composición de los hábitats circundantes determinan la inmigración hacia el área perturbada (Thorbeck y Topping, 2005). De esta forma, las pasturas y los parches de vegetación nativa podrían actuar como reservorio de especies que pueden recolonizar el cultivo de arroz luego de la siembra u otras perturbaciones debidas al manejo.

En relación a la composición de las comunidades de arañas a lo largo del ciclo de producción en el cultivo de arroz, se observó que el número medio de arañas totales, fue incrementándose desde las primeras etapas del cultivo hacia el final del ciclo. Los campos recién sembrados tienen una baja complejidad de su vegetación y representan un período crítico para el establecimiento de los predadores (Rypstra *et al.*, 1999).

El número de arañas totales y de juveniles por muestra fue mayor en el arroz de primer año, lo cual podría estar mostrando cómo la intensificación del cultivo podría estar afectando la abundancia de este grupo en un segundo ciclo (Tscharntke *et al.*, 2005). Este resultado apoya la idea de no superar el 40% del tiempo de la rotación destinado al cultivo de arroz (Deambrosi, 2009) pues se estaría provocando una simplificación de las comunidades de arañas asociadas al cultivo.

La riqueza de familias y especies registradas en el cultivo de arroz fue mayor comparada con otro trabajo realizado con muestreos con red entomológica en el sur de Brasil, cerca de Uruguay (14 familias, 38 especies/morfoespecies) (Rodrigues *et al.*, 2008). En ese estudio, los autores no recolectaron, en arroz, ejemplares de las familias Titanoecidae y Trachelidae, que fueron registradas en el presente trabajo. Las familias Linyphiidae y Lycosidae (presentes en ambos trabajos) presentaron mayor riqueza de especies en este estudio, mientras que las familias Salticidae, Tetragnathidae y Thomisidae presentaron mayor riqueza en los cultivos de arroz en Brasil (Rodrigues

et al., 2008). Estas diferencias podrían estar explicadas por los diferentes métodos de recolección empleados en ambos estudios (Green, 1999), pero también por diferentes estrategias de manejo (Tanaka *et al.*, 2000).

Lobizon humilis se registró principalmente durante la entre-zafra. Esta especie fue reportada para Argentina (Piacentini y Grismado, 2009) y prefiere pastizales (Rubio *et al.*, 2008). Otros registros de captura de esta especie en Uruguay están asociados con sierras rocosas (Simó *et al.*, 2015) y humedales. *S. ignigena* ha sido recolectada en el sur de Brasil (Rodrigues *et al.*, 2008) y ha sido reportada también para el este de Argentina (Miller, 2007). En el presente trabajo se registró en todas las etapas, pero fue más abundante mientras estuvo presente el cultivo.

Sanogasta maculatipes fue más abundante en las etapas de macollaje y llenado de grano, lo cual concuerda con otros registros de cultivos brasileños (Rodríguez *et al.*, 2013). La especie construye refugios sobre el follaje (Ramírez 2003), lo cual explica su escasez en la etapa post-siembra, cuando la complejidad de la cobertura vegetal es muy escasa. *Diapontia uruguayensis* se registró durante todo el ciclo de estudio, pero fue más abundante al macollaje, cuando el agua ingresa al cultivo debido al riego por inundación. Esto concuerda con el hecho de que la especie normalmente vive asociada a corrientes de agua o suelos anegados (Piacentini *et al.*, 2017). La presencia de *Asthenoctenus borellii* Simon, 1897 y *A. silvestri* durante la post-siembra y el macollaje era esperable, teniendo en cuenta que estas especies han sido reportadas en Uruguay para ambientes de vegetación nativa pero también para ambientes perturbados (Simó *et al.*, 2000).

Glenognatha lacteovitatta (Mello-Leitão, 1944) fue reportada para cultivos de alfalfa y trigo en Argentina (Armendano y González 2010, 2011). Esta especie se registró en todas las etapas de este estudio, lo cual sugiere que coloniza el cultivo en las etapas iniciales, desde hábitats circundantes. En forma similar, *G. luteipes* fue registrada en las etapas de post-siembra y macollaje.

La familia Linyphiidae presentó una alta diversidad de especies. Este resultado concuerda con lo observado por Rodrigues *et al.* (2013) en cultivos de arroz del sur de

Brasil. Esta familia fue la segunda más abundante en este trabajo y requiere de un hábitat adecuado para la construcción de telas en sábana (Cardoso *et al.*, 2011). *S. ignigena* fue registrada durante todo el período de recolección y fue previamente reportada en cultivos de arroz del sur de Brasil (Rodrigues *et al.*, 2013). Esto sugiere que esta especie y otros Linyphiidae representan una parte importante de la colonización de arañas luego de la instalación del cultivo.

Las curvas de acumulación de especies indican que hay especies adicionales pendientes de ser recolectadas. Sin embargo, los valores obtenidos (Jack 1: 75% y Chao 1: 83%), muestran que se alcanzó un inventario representativo (Cardoso, 2009).

Los gremios más abundantes en el cultivo de arroz fueron “otras cazadoras” (29%), tejedoras de tela en sábana (25%) y cazadoras de suelo (25%). Las cazadoras estuvieron mayoritariamente representadas por individuos de las familias Anyphaenidae y Salticidae. Estudios previos relacionados a composición de gremios de arañas en el cultivo de arroz registraron a las cazadoras de suelo y las tejedoras de tela en sábana como los más abundantes (Uetz *et al.*, 1999, Rodrigues *et al.*, 2008). En el presente trabajo estos gremios estuvieron principalmente representados por Lycosidae y Linyphiidae, respectivamente. Estas familias son abundantes en los agroecosistemas en muchas regiones del mundo y se les menciona como potenciales agentes de control de plagas (Nyffeler y Sunderland, 2003). Según Jocqué y Dippenaar-Schoeman (2007), los licósidos habrían coevolucionado con los pastizales, lo cual podría explicar, en parte, la abundancia de este grupo en el sistema de rotación con pasturas que se practica en Uruguay. Los linífidos pueden hilar telas en sábana en hierbas altas, o próximas a la superficie del suelo. El cuarto gremio más abundante fue el de las tejedoras de telas orbiculares principalmente representadas por *G. lacteovitatta* (Tetragnathidae), reportada como una especie común en alfalfa y trigo en Argentina (Armendano y González 2010, 2011). Este género fue también reportado en arroz en Arkansas (Heiss y Meisch, 1985). Las redes son colocadas cerca de la superficie del suelo (Hormiga y Döbel 1990).

En este trabajo se realizaron ocho nuevos registros de especies de arañas para Uruguay. Futuros estudios deberían de enfocarse en los cambios que se suceden a lo

largo del tiempo en el mosaico de paisajes de la región y evaluar los efectos de las medidas de manejo sobre la biodiversidad, de forma de promover su conservación y asegurar la producción sustentable de este cultivo.

3.7. CONCLUSIONES

Los gremios mayoritarios registrados en el cultivo de arroz (cazadoras de suelo y tejedoras de tela en sábana) al macollaje, fueron los mismos que se registraron en las pasturas y los parches de vegetación riparia. Estos gremios estuvieron mayoritariamente representados por Lycosidae y Linyphiidae respectivamente, y son potenciales agentes de control de plagas. La composición de gremios de arañas en arroz similar al resto de los ambientes podría posicionar al cultivo como un sistema de producción que aporte a la conservación de estos grupos. De esta forma se podría valorar los cultivos de arroz como sitios de conservación de la araneofauna a nivel local y regional, en la medida que las estrategias de manejo aplicadas sobre el cultivo lo promuevan.

3.8. BIBLIOGRAFÍA

- Altamirano A, Da Silva H, Durán, A, Echeverría A, Panario D, Puentes R. 1976. Clasificación de Suelos. Dirección de Suelos y Fertilizantes. Montevideo, Ministerio de Agricultura y Pesca. Tomo I, 96 p.
- Armendano A, González A. 2011. Spider fauna associated with wheat crops and adjacent habitats in Buenos Aires, Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82: 1176-1182.
- Armendano A, González A. 2010. Comunidad de arañas (Arachnida, Araneae) del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) en Buenos Aires, Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 58 (2): 757–767.

- Bambaradeniya CNB, Edirisinghe JP, De Silva DN, Gunatilleke CVS, Ranawana KB, Wijekoon S. 2004. Biodiversity associated with an irrigated rice agro-ecosystem in Sri Lanka. *Biodiversity&Conservation*, 13(9): 1715-1753.
- Bambaradeniya CNB, Amerasinghe FP. 2003. Biodiversity associated with the rice field agro- ecosystem in Asian countries: a brief review. Working Paper 63. International Water Management Institute. Colombo, Sri Lanka. 29 p.
- Cardoso P, Pekar S, Jocque R, Coddington JA. 2011. Global Patterns of Guild Composition and Functional Diversity of Spiders. *PLoS ONE*, 6 (6): e21710. doi:10.1371/journal.pone.0021710.
- Cardoso P. 2009. Standardization and optimization of arthropod inventories—the case of Iberian spiders. *Biodiversity Conservation*, 18: 3949-3962.
- Carneiro FF, Da Silva Augusto LG, Rigotto RM, Friedrich K, Campos Búrgio A. 2015. Dossiê ABRASCO: Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro/ Sao Paulo. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio. 624p.
- Colwell RK. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. [En línea]: 20 octubre 2017. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>
- Deambrosi E. 2009. 10 años de la Unidad de Producción Arroz-Ganadería. Montevideo. INIA. Serie Técnica, 180: 9-12.
- Digweed SC, Currie CR, Cárcamo HA, Spence JR. 1995. Digging out the ‘digging-in effect’ of pitfall traps: influences of depletion and disturbance on catches of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Pedobiologia*, 39: 561-576.
- Ghafoor A, Mahmood A. 2011. Population dynamics of the araneid fauna from district Gujranwala, Pakistan. *The journal of Animal and Plant Sciences*, 21(4): 812-816.

- Goswami, TN, Kumari K, Kole AB. 2015. Quantitative Estimation of spider fauna in rice ecosystem of Zone IIIA in Bihar. *Environment and Ecology*, 33(2): 783-785.
- Green J. 1999. Sampling method and time determines composition of spider collections. *The Journal of Arachnology*, 27: 176-182.
- Grismado C J, Ramírez MJ, Izquierdo MA. 2014. Araneae: Diversidad y clave de identificación de familias de la Argentina. En: Claps LE y Roig-Juñent SA (Eds). *Biodiversidad de artrópodos argentinos*. San Miguel de Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales. 3: 55-93.
- Hammer Ř, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1): 9p. [En línea]: 25 octubre 2017. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Heiss JS, Meisch MV. 1985. Spiders (Araneae) associated with rice in Arkansas with notes on species compositions of populations. *The Southwestern Naturalist*, 30 (1): 119-127. <https://doi.org/10.2307/3670665>
- Hibbert AC, Buddle CM. 2008. Assessing the Dispersal of Spiders within Agricultural Fields and an Adjacent Mature Forest. *The Journal of Arachnology*, 36 (1): 195-198.
- Hormiga G, Döbel H. 1990. A new *Glenognatha* (Araneae, Tetragnathidae) from New Jersey, with redescrptions of *G. centralis* and *G. minuta*. *Journal of Arachnology*, 18: 195-204.
- Jocqué R, Dippenaar-Schoeman AS. 2007. Spider Families of the World. *Musée Royal de l'Afrique Central, Tervuren*, 336 p.
- Jorge C, Laborda A, Simó M. 2013. Las arañas en plantaciones de *Pinus taeda*: su potencial uso como controladores biológicos. Montevideo. INIA. Serie Técnica 209: 15-22.

- Maltchik L, Rolon AS, Stenert C, Machado IF, Rocha O. 2011. Can rice field contribute to biodiversity in Southern Brazilian wetlands? *Journal of Tropical Biology*, 59(4): 1895-1914.
- Miller J. 2007. Review of Erigonine spider genera in the Neotropics (Araneae: Linyphiidae, Erigoninae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 149 (Suppl. 1): 1-263.
- Muñoz J, Ross P, Cracco P. 2011. Flora indígena del Uruguay: árboles y arbustos ornamentales. Editorial Hemisferio Sur. Hemisferio Sur, Montevideo, 320 p.
- Norma-Rashid Y, Azizi WM, Zainudin W, Dzulhelmi MN, Masduki N. 2014. Spiders as Potential Ecofriendly Predators Against Pests. En: K. Sahayaraj (Ed.). *Basic and Applied Aspects of Biopesticides*. India: Springer: 245-254.
- Nyffeler M, Sunderland KD. 2003. Composition, abundance and pest control potential of spider communities in agroecosystems: A comparison of European and US studies. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 95: 579-612.
- Opatovsky I, Weintraub PG, Musli I, Lubin Y. 2017. Use of alternative habitats by spiders in a desert agroecosystem. *Journal of Arachnology*, 45 (1): 129-138.
- Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, European Geosciences Union, 4 (2): 439-473.
- Piacentini LN, Scioscia CL, Carbajal MN, Ott R, Brescovit D, Ramírez MJ. 2017. A revision of the Wolf spider genus *Diapontia* Keyserling, and the relationships of the subfamily Sosippinae (Araneae: Lycosidae). *Arthropod Systematics & Phylogeny*, 75(3): 387-415.
- Piacentini LN, Grismado CJ. 2009. Lobizon and Navira, two new genera of Wolf spiders from Argentina (Aranea: Lycosidae). *Zootaxa*, 2195: 1-33.
- Pillar VD. 1997. Multivariate exploratory analysis and randomization testing with MULTIV. *Coenoses*, 12: 145-148.

- Pittelkow CM, Zorrilla G, Terra J, Riccetto, Macedo I, Bonilla C, Roel A. 2016. Sustainability of rice intensification in Uruguay from 1993 to 2013. *Global Food Security*, 9:10-18.
- Pompozzi G, Ferretti N, Copperi S, Simó M, Ferrero A. 2014. Arthropod fauna of winter wheat of southwest Buenos Aires Province, Argentina. *Munis Entomology and Zoology*, 9 (1): 182-190.
- Ramírez M. 2003. The spider subfamily Amaurobioidinae (Araneae, Anyphaenidae): A phylogenetic revision at the generic level. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 277. 262 p.
- Riechert SE, Lockley T. 1984. Spiders as biological control agents. *Annual Review of Entomology*, 29: 299-320.
- Rodrigues EN, Mendonça Jr MS, Fritz LL, Heinrichs EA, Fiuza L. 2013. Effect of the insecticide Lambda-cyhalothrin on rice spider populations in southern Brazil. *Zoologia*, 30(6): 615-622.
- Rodrigues EN, Mendoça M, Ott R. 2008. Fauna de aranhas (Arachnida, Araneae) em diferentes estágios do cultivo de arroz irrigado em Cachoeirinha, RS, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, 98 (3): 362-371.
- Rubio GD, Minoli I, Piacentini LN. 2008. Patrones de abundancia de cinco especies de arañas lobo (Araneae: Lycosidae) en dos ambientes del Parque Nacional Mburucuyá, Corrientes, Argentina. *Brenesia*, 67: 59-67.
- Rypstra AL, Carter PE, Balfour RA, Marshall SD. 1999. Architectural Features of Agricultural Habitats and Their Impact on the Spider Inhabitants. *The Journal of Arachnology*, 27 (1): 371-377.
- Schmidt MH, Tschamtk T. 2005. Context of Sheetweb Spider (Araneae: Linyphiidae) Abundance in Cereal Fields. *Journal of Biogeography*, 32 (3): 467-473.

- Simó M, Núñez M, Ojeda L, Laborda A, Queirolo D. 2015. Knowing the biological linkage: spider composition and guilds in a hill range of northern Uruguay. *Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay*, 24 (2): 117-129.
- Simó M, Laborda A, Jorge C, Castro M. 2011. Las arañas en agroecosistemas: bioindicadores terrestres de calidad ambiental. *Revista del Laboratorio tecnológico del Uruguay. INNOTECH*, 6: 51-55.
- Simó M, Vázquez V, Useta G. 2000. Estudio comparativo de la fenología y el hábitat de *Ctenus taeniatus* keyserling 1891 y *Asthenoctenus borelli* Simon 1897 en el Uruguay (Araneae, Ctenidae). *Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay* (2ª época), 12: 32-40.
- Tanaka K, Endo S, Kazano H. 2000. Toxicity of insecticides to predators of rice planthoppers: Spiders, the mirid bug and the dryinid wasp. *Applied Entomology and Zoology*, 35(1): 177-187.
- Thair HM, Butt A. 2009. Effects of Different Management Practices and Field Margins on the Abundance of Ground Spiders in Rice Ecosystems. *Pakistan Journal of Zoology*, 41(2):85-93.
- Thorbek P, Topping CJ. 2005. The influence of landscape diversity and heterogeneity on spatial dynamics of agrobiont linyphiid spiders: An individual-based model. *BioControl*, 50: 1-33.
- Tscharntke T, Klein AM, Kruess A, Steffan-Dewenter I, Thies C. 2005. Landscape perspectives on agriculture intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8: 857-874.
- Uetz GW, Halaj J, Cady AB. 1999. Guild structure of spiders in major crops. *The Journal of Arachnology*, 27: 270-280.
- Wilby A, La LP, Heong KL, Huyen NPD, Quang NH, Minh NV, Thomas MB. 2006. Arthropod diversity and community structure in relation to land use in the Mekong delta, Vietnam. *Ecosystems*, 9: 538-549.

Zou Y, Feng J, Xue D, Sang W, Axmacher JC. 2012. A Comparison of Terrestrial Arthropod Sampling Methods. *Journal of Resources and Ecology*, 3(2): 174-182.

4. RELEVAMIENTO DE INSECTOS ACUÁTICOS EN CULTIVOS DE ARROZ DEL ESTE DE URUGUAY

4.1. RESUMEN

El cultivo de arroz en Uruguay se produce principalmente bajo irrigación, por lo cual se genera un ambiente semi-acuático temporario desde el macollaje hasta pre-cosecha. Esta condición puede resultar propicia para el desarrollo de insectos y otros macroinvertebrados que dependen del medio acuático. Esta característica diferencial, sumada a la localización en regiones de humedales, presenta al cultivo como un potencial reservorio de biodiversidad. Los trabajos sobre macroinvertebrados acuáticos a nivel nacional se refieren mayoritariamente a ambientes naturales y no hay en nuestro país trabajos sobre macroinvertebrados acuáticos en el cultivo de arroz. Este trabajo es una primera aproximación al conocimiento de los insectos y otros macroinvertebrados acuáticos presentes en el agroecosistema arrocerero, de manera de poder definir los grupos más relevantes de acuerdo a los servicios ecosistémicos que brindan. La composición de los grupos presentes puede representar una aproximación al conocimiento de la calidad de las fuentes de agua asociadas a la producción arrocerera del este de Uruguay. El muestreo de macroinvertebrados acuáticos se realizó en febrero 2015 en las localidades de Julio María Sanz, El Tigre y General Enrique Martínez (Charqueada), en el departamento de Treinta y Tres. En cada cultivo se recolectaron los macroinvertebrados con red tipo *surber* en la entrada de agua al cultivo, la salida del agua y una zona de control aledaña. Se encontraron diferencias en la composición de morfoespecies según la localidad y la fuente de agua. Los individuos de *Caenis* sp (Ephemeroptera: Caenidae) estuvieron asociados a las entradas de agua, mientras que las larvas de los dípteros Syrphidae y Chironomidae (morfoespecie 2) predominaron en las salidas de agua. Los mayores valores de riqueza y de índice de diversidad de Shannon se registraron en la localidad de El Tigre a la salida de agua. Los índices de riqueza y diversidad de Shannon fueron mayores que los registrados en trabajos similares en cultivos de Costa Rica, Italia y Australia.

4.2 SUMMARY

Rice crop in Uruguay is mainly produced under irrigation, which generates a temporary semi-aquatic environment that goes from tillering to pre-harvest. This condition may be favorable for the development of insects and other macroinvertebrates that depend on the aquatic environment. This differential feature, added to its location in wetland regions, presents the crop as a potential reservoir of biodiversity. Works on aquatic macroinvertebrates at national level refer mainly to natural environments, but there are not works on aquatic macroinvertebrates in rice cultivation in our country. This work is a first approach to the knowledge of insects and other aquatic macroinvertebrates present in rice agroecosystem, in order to define the most relevant groups according to the ecosystem services they provide. The composition of the groups present may represent an approximation to the knowledge of water sources quality associated with rice production in eastern Uruguay. Sampling of aquatic macroinvertebrates was carried out in February 2015 in the localities of Julio María Sanz, El Tigre and General Enrique Martínez (Charqueada), in the department of Treinta y Tres. In each crop, macroinvertebrates were collected with a surber-type network at the entrance of water to the crop, the water outlet and a neighboring control area. Differences in the composition of morphospecies were found according to the location and source of water. The individuals of *Caenis* sp (Ephemeroptera: Caenidae) were associated with the water inlets, while the larvae of the diptera Syrphidae and Chironomidae (morphospecies 2) predominated in the water outlets. The highest richness and Shannon diversity indices were recorded in the location of El Tigre at the water outlet. Richness and Shannon diversity indices were higher than those recorded for similar crops in Costa Rica, Italy and Australia.

4.3. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la convención internacional de Ramsar, las arroceras son consideradas como humedales artificiales y aproximadamente 100 sitios Ramsar en el mundo incluyen áreas de arrozales, que cumplen con importantes funciones ecológicas y sustentan una notoria biodiversidad, como es el ejemplo de las aves migratorias (Rizo-Patrón 2003). La importancia de los servicios ecosistémicos que brinda el cultivo radica fundamentalmente a nivel del reciclaje de nutrientes, la formación de suelos y la biodiversidad, con aportes que pueden ser variables dependiendo de la región (Ramsar Convention on Wetlands, 2018).

Dado que el cultivo de arroz en Uruguay se produce principalmente por el sistema bajo irrigación), el ambiente semi-acuático temporario que se conforma durante el período que va desde el macollaje hasta pre-cosecha puede resultar propicio para el desarrollo de insectos y otros grupos taxonómicos que presenten alguna o todas sus etapas de desarrollo en el medio acuático. Esta característica diferencial respecto a los demás cultivos, sumada a la localización en regiones de humedales, presenta al cultivo como un potencial reservorio de biodiversidad para estos grupos taxonómicos (Luo *et al.*, 2014; Maltchik *et al.*, 2011; Varela y Gapud, 2007).

Dependiendo del tipo de manejo que se realice sobre el cultivo, el ambiente semi-acuático generado en forma temporaria puede ser propicio para la conservación de ciertos grupos de artrópodos y ello puede ser un aporte interesante, máxime cuando se realiza en el contexto de áreas con humedales (Gurr *et al.*, 2012; Luo *et al.*, 2014). Hay suficiente evidencia que indica que la fase acuática del cultivo es proveedora de condiciones ambientales que promueven la conservación de una importante fracción de macro invertebrados (Stenert *et al.*, 2009, Settle *et al.*, 1996).

A su vez, no todos los grupos de artrópodos cumplen los mismos roles dentro de las comunidades presentes en la fase acuática del cultivo (Ramírez y Gutiérrez-Fonseca, 2014). Dentro de los grupos presentes hay diferentes grados de tolerancia a la calidad del agua, de tal manera que la composición de fauna de macroinvertebrados

podría ser una información importante del estado ambiental del cultivo (Rizo Patrón *et al.*, 2011, 2013; Melo *et al.*, 2015).

En Uruguay los trabajos sobre macroinvertebrados acuáticos se refieren a ambientes naturales (Bentancourt *et al.*, 2009, Morelli y Verdi, 2014) y los estudios de estos grupos en agro ecosistemas son escasos (Vilaboa 2012; Rizo-Patrón *et al.*, 2011; González *et al.*, 2014). Sin embargo, en nuestro país no hay trabajos sobre macro invertebrados acuáticos en el cultivo de arroz.

El presente trabajo constituye una primera aproximación al conocimiento de los principales grupos de insectos acuáticos presentes en el cultivo de arroz en el país. Esta información permitirá definir los grupos más relevantes por los servicios ecosistémicos que brindan, haciendo posible plantear las medidas de manejo tendientes a la conservación de los mismos. A su vez, la composición de los grupos presentes puede representar una aproximación al conocimiento de la calidad de las fuentes de agua asociadas a la producción arrocería de Uruguay.

4.4. MATERIALES Y MÉTODOS

En febrero 2015 se realizó un muestreo de artrópodos acuáticos en tres cultivos de arroz en las localidades de Julio María Sanz, El Tigre y General Enrique Martínez (Charqueada), en el departamento de Treinta y Tres. En cada cultivo se recolectaron los macro invertebrados con red tipo *Surber* de 30 x 30 cm de sección y malla de voile, que se mantuvo por un período de un minuto en tres puntos dentro de cada ubicación. Las ubicaciones seleccionadas dentro de cada cultivo correspondieron a la entrada de agua al cultivo (E), la salida del agua (S) y una zona de control aledaña (C) (Figura 4.1). En cada ubicación (E, S, C) dentro de cada cultivo se sacaron tres muestras y se registraron, además, los parámetros fisicoquímicos del agua: oxígeno disuelto en agua (DO), temperatura y conductividad. El material recolectado se colocó en recipientes plásticos con etanol al 90% para su conservación, y se procesó trabajando con claves específicas para identificar a nivel de familia (Bentancourt *et al.*, 2009, Garrido *et al.*, 2011). Los grupos recolectados se clasificaron de acuerdo a las categorías de grupos

funcionales alimenticios de insectos acuáticos propuestas por Ramírez y Gutiérrez-Fonseca (2014).

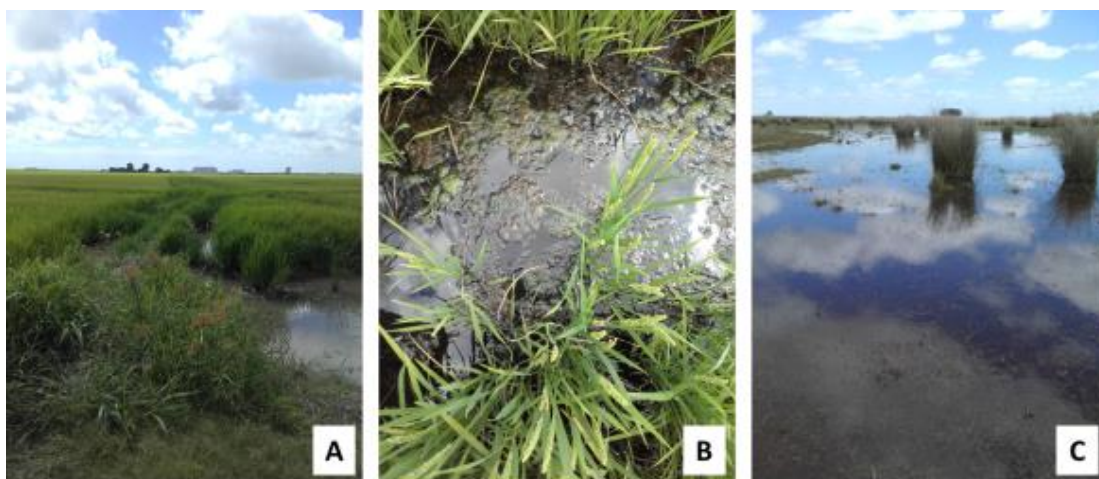


Figura 4.1. Ejemplo de ubicaciones donde se realizaron los muestreos de artrópodos acuáticos en cada cultivo en relación a la fuente de agua. Entrada (A), Salida (B) y Zona control (C).

Para los parámetros fisicoquímicos se promediaron los registros dentro de cada posición y cada cultivo, se realizó análisis de varianza y comparación de medias por Test de Tukey ($p < 0,05$). Se comprobaron, además, los supuestos de normalidad y homocedasticidad.

Los individuos recolectados en cada muestra fueron contabilizados y ordenados a nivel de taxa mediante el uso de múltiples claves taxonómicas (Bentancourt *et al.*, 2009, Merritt y Cummins, 2007, Palma 2013, Springer 2006, 2008). A su vez, los individuos se adjudicaron a grupos funcionales (Ramírez y Gutiérrez-Fonseca, 2014). Los grupos funcionales y las propiedades fisicoquímicas del agua se analizaron mediante test de Mantel (SAS Institute, 2009) a fin de comprobar si hubo correlación entre las propiedades del agua y la composición de grupos funcionales.

Con los datos obtenidos a nivel de taxa de insectos se realizó curva de acumulación de especies mediante EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013) y se calcularon los estimadores de riqueza (Chao1 y 2, Jackknife 1 y 2, Bootstrap y ACE).

Con la matriz de datos de especies de insectos por fuente de agua y localidad se realizó un análisis de componentes principales (PCA), a fin de determinar cuáles grupos registrados presentaron una respuesta frente a las diferentes localidades, fuentes de agua o propiedades del agua (Hammer *et al.*, 2001). Se incluyeron en el análisis los grupos que están descritos por bibliografía como buenos indicadores de calidad ambiental ya sea por baja o alta tolerancia a la contaminación (Ephemeroptera, Trichoptera, Odonata, Hemiptera: Corixidae, Coleoptera: Hydrophilidae y Noteridae, Diptera: Chironomidae, Culicidae, Syrphidae y Ceratopogonidae) (Palma, 2013, Rizo-Patrón *et al.*, 2013, Takahashi *et al.*, 2008).

Por otra parte, para el número de artrópodos totales y de larvas de Syrphidae se realizó ANAVA no paramétrica mediante la prueba de Kruskal Wallis (SAS Institute, 2009).

Con la matriz de especies recolectadas según localidad y fuente de agua, se realizó test de ANOSIM de dos vías para comparar la composición de especies, y se realizó test de SIMPER para determinar aquellas especies/morfoespecies que más contribuyen a la diferenciación entre localidades y fuentes de agua (Programa PAST, Hammer *et al.*, 2001). Con la matriz antes mencionada, dentro de cada localidad se realizó análisis de componentes principales (ACP) con *Biplot* usando la matriz de distancias de Bray-Curtis.

Por otro lado, para cada localidad y fuente de agua se calcularon los valores de abundancia, riqueza y diversidad (Simpson, Shannon, Evenness, Margalef, Equitabilidad y Berger-Parker) para cada una de las tres muestras tomadas mediante el programa PAST (Hammer *et al.*, 2001). Estos valores se analizaron mediante ANAVA y las medias por localidad y fuente de agua fueron comparadas mediante test de Tukey (0,05) a través del software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2017). Se comprobó la distribución normal de los residuos y la homogeneidad de las varianzas.

4.5. RESULTADOS

4.5.1 Condiciones fisicoquímicas del agua

Las condiciones fisicoquímicas variaron dentro de cada sitio y también entre los puntos de muestreo (Cuadro 4.1). La temperatura registrada en el momento de la recolección de las muestras osciló entre 26,47 y 30,10°C, habiendo diferencias significativas entre fuentes de agua ($F=4,06$ $p=0,032$) pero no entre localidades ($F=2,81$ $p=0,082$).

Los valores de oxígeno disuelto en agua variaron de 1,95 a 9,71 mg/l, presentaron diferencias significativas entre localidad ($F=5,64$ $p=0,011$) y entre ambiente ($F=4,94$ $p=0,17$). La conductividad tuvo valores de entre 58 y 180,5 μ S, registrando diferencias significativas solo entre localidades ($F=123,1$ $p=0,0001$), con los mayores valores para la chacra localizada en Charqueada.

Cuadro 4.1. Propiedades fisicoquímicas del agua en las entradas, salidas y zonas control de cada localidad de muestreo en Treinta y Tres, Uruguay (febrero 2015).

Localidad	Ubicación	Temperatura (°C)	O ₂ (mg/l)	Conductividad (μ S)
Charqueada	Entrada	26, 57 $\pm$ 0,64a	4, 20 $\pm$ 0,89abc	163,67 $\pm$ 10,02ab
	Salida	26, 47 $\pm$ 0,64a	6, 27 $\pm$ 0,89c	139,30 $\pm$ 10,02a
	Control	30,10 $\pm$ 0,64b	6, 16 $\pm$ 0,89c	180,50 $\pm$ 12,27b
El Tigre	Entrada	27, 53 $\pm$ 0,57a	9,71 $\pm$ 0,89b	89, 73 $\pm$ 3,79a
	Salida	29,63 $\pm$ 0,57b	9,63 $\pm$ 0,89b	94, 73 $\pm$ 3,79a
	Control	28,23 $\pm$ 0,57ab	1, 95 $\pm$ 0,89a	102, 63 $\pm$ 3,79a
Julio M, Sanz	Entrada	26, 50 $\pm$ 0,11a	2, 67 $\pm$ 0,89ab	59,93 $\pm$ 2,03a
	Salida	27,40 $\pm$ 0,11b	5,06 $\pm$ 0,89bc	60,95 $\pm$ 2,03a
	Control	27,30 $\pm$ 0,11b	2, 21 $\pm$ 0,89a	58, 00 $\pm$ 2,48a

Dentro de cada columna y cada localidad medias con una letra común no son significativamente diferentes por LSD Fisher ($p<0,05$).

4.5.2 Abundancia relativa de insectos y otros macroinvertebrados

Se registró un total de 2851 macroinvertebrados para las tres localidades en 27 muestras. Los insectos representaron un 43% del total de los individuos recolectados,

mientras que el resto de los macroinvertebrados alcanzó el 57%. Sin considerar los insectos, se registraron otros grupos de los cuales los más abundantes correspondieron a las clases Maxillopoda (22,5%, copépodos), Branchiopoda (18,1%, *Daphnia* sp), Arachnida (8,3%, mayoritariamente ácaros) y Gastropoda (4,9%, caracoles) (Cuadro 4.2, Figura 4.2).

Dentro de los insectos, los Ephemeroptera fueron más abundantes en la entrada de agua mientras que los Syrphidae fueron más abundantes en la salida (Figura 4.3).

Cuadro 4.2. Lista y abundancia relativa de los macroinvertebrados (no insectos) colectados con red surber en el muestreo de insectos acuáticos en el cultivo de arroz y su entorno, en Treinta y Tres, Uruguay (febrero 2015).

Clase	Orden	Familia	Género/morfoespecie	Abundancia relativa (%)
Maxillopoda	Cyclopoida	Cyclopidae	<i>Copépodos</i>	22,50
Branchiopoda	Anomopoda	Daphniidae	<i>Daphnia</i>	18,12
Arachnida	Araneae	<i>Allocosinae, Lyniphiidae, Anyphaenidae</i>	juveniles sin identificar	0,32
	Trombidiformes (subclase Acarina)	Hydrachnidae	<i>Hydrachna</i> y otros	8,00
Gastropoda (caracoles)	Caenogastropoda	Ampullariidae	<i>Pomacea</i> y otros	4,88
Oligochaeta	Tubificida	sin determinar	lombriz sin identificar	1,77
Malacostraca	Amphipoda	posible Hyalellidae	posible <i>Hyalella</i> sp	1,35
Clitellata	Hirudinea	sin determinar	sanguijuela sin identificar	0,28

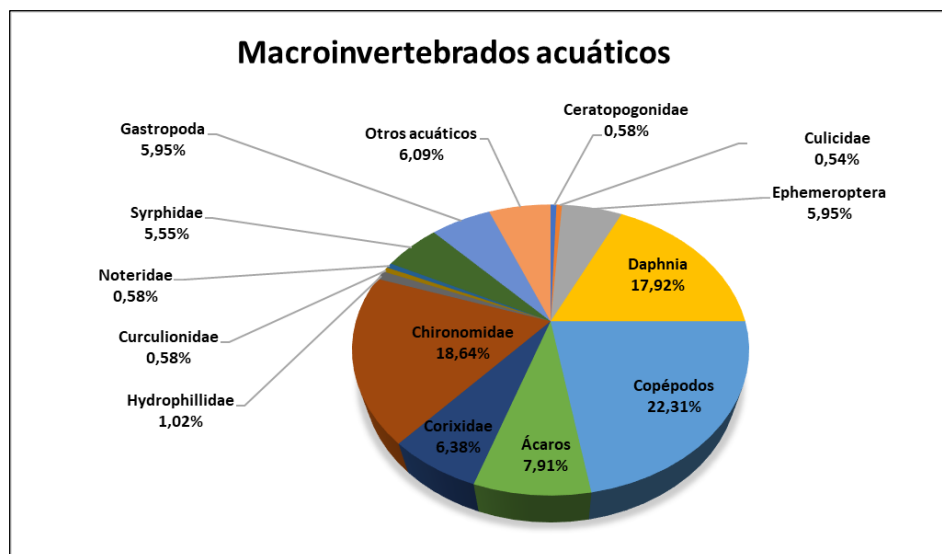


Figura 4.2. Abundancia relativa de los grupos de insectos y otros invertebrados recolectados con red tipo *surber* en el muestreo de insectos acuáticos en el cultivo de arroz y su entorno en Treinta y Tres, Uruguay (febrero 2015).

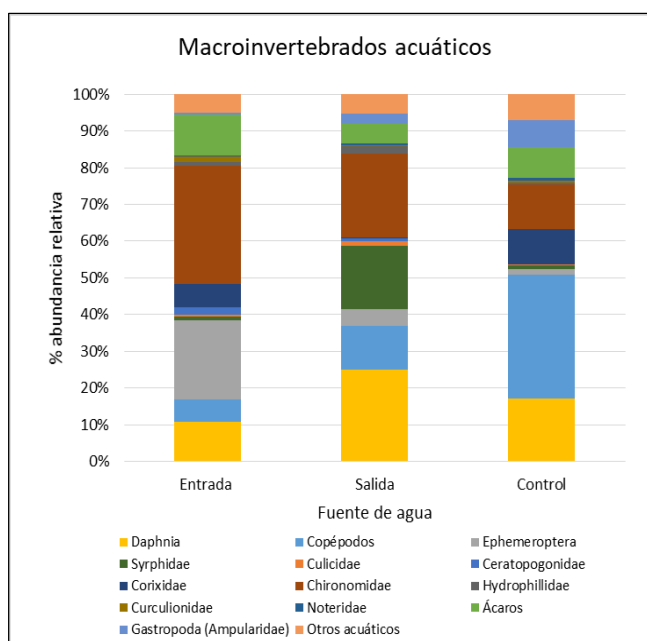


Figura 4.3. Abundancias relativas de los macroinvertebrados acuáticos recolectados con red *surber*, según la fuente de agua (entrada, salida, control) en Treinta y Tres, Uruguay (febrero 2015).

4.5.3 Abundancia, riqueza, y diversidad de insectos

Dentro de la clase Insecta, se registró un total de 1046 individuos distribuidos en 10 órdenes, 39 familias y 50 especies/morfoespecies (Cuadro 4.3). Los órdenes más abundantes fueron Diptera, Hemiptera y Ephemeroptera (24,8%, 8,1% y 5,8%, respectivamente). Los principales grupos de dípteros correspondieron a las familias Chironomidae y Syrphidae, con 18,2% y 5,4% del total de individuos recolectados, respectivamente. En el orden Hemiptera el grupo mayoritario fue Corixidae con 6,2%, mientras que el orden Ephemeroptera estuvo compuesto por las familias Baetidae y Caenidae (3,4% y 2,5%, respectivamente). Dentro de los insectos, los grupos más diversos fueron los coleópteros, con 12 familias y 16 especies/morfoespecies, seguido de los dípteros con 7 familias y 10 especies/morfoespecies.

Cuadro 4.3. Lista de familias y géneros de insectos colectados en el muestreo de agua con red surber en el cultivo de arroz a la entrada y salida de agua y en la zona control en Treinta y Tres, Uruguay (febrero 2015).

Orden	Familia	Género/morfoespecie
Ephemeroptera	Baetidae	Probable <i>Americabaetis</i>
	Caenidae	<i>Caenis</i>
Odonata	Libellulidae	Libellulidae - morfoespecie 1
	Coenagrionidae	Probable <i>Acanthagrion</i>
Trichoptera	Hydroptylidae	<i>Oxyethira</i>
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>
	Corixidae	<i>Sigara chrotsky</i>
		Corixidae - morfoespecie 1
	Notonectidae	Notonectidae sp1
	Nepidae	<i>Ranatra sp</i>
	Aphididae	<i>Rhopalosiphum*</i>
	Cicadellidae	ninfa*
	Pentatomidae	ninfa*
	Lygaeidae	<i>Nysius similans*</i>
	Cercopidae	ninfa*
Hymenoptera	Formicidae	<i>Solenopsis*</i>
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Berosus</i>
		<i>Tropisternus</i>
	Dytiscidae	<i>Enochrus</i>
		<i>Laccophilus</i>
		<i>Rhantus</i>
		Probable <i>Desmopachria</i>
	Curculionidae	<i>Oryzophagus</i>
		<i>Hypselus</i>
	Scarabaeidae	Probable <i>Ataenius</i>
		Probable <i>Aphodius</i>
	Halplidae	<i>Haliphus</i>
	Carabidae	Probable <i>Meotachys*</i>
	Elmidae	Elmidae - morfoespecie 1
	Ptinidae	<i>Scydmaenus*</i>
	Chrysomelidae	<i>Epitrix*</i>
Diptera	Mycetophagidae	Mycetophagidae - morfoespecie 1*
	Staphylinidae	Staphylinidae - morfoespecie 1*
	Noteridae	<i>Suphisellus</i>
	Chironomidae	Chironomidae - morfoespecie 1
		Chironomidae - morfoespecie 2
		Chironomidae - morfoespecie 3
		Chironomidae - morfoespecie 4
		Chironomidae - morfoespecie 5
	Syrphidae	Syrphidae - morfoespecie 1
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i>
		<i>Anopheles</i>
	Simuliidae	Simuliidae - morfoespecie 1
	Empididae	Empididae - morfoespecie 1
Lepidoptera	Piridae	Probable <i>Parapoynx</i>
	Hesperiidae	<i>Hylephila</i>
Orthoptera	Tettigoniidae	<i>Conocephalus*</i>
	Acridoidea	subfamilia <i>Acridinae*</i>
Thysanoptera	Thripidae	Thripidae - morfoespecie 1*
Psocoptera		Psocoptera - morfoespecie 1*

Se señalan con (*) aquellos grupos de insectos que no se consideraron en los análisis por ser de hábitos terrestres.

La curva de acumulación de especies de insectos muestra que quedan aún especies por recolectar. De los estimadores de riqueza calculados surge que al menos un 58,8% de las especies esperables han sido recolectadas (Jacknife 2: 58,8%, Chao 1: 59,8%, Chao 2: 60,4%, ACE: 62,1%, Jacknife 1: 66,4%, Bootstrap: 74,4% y correspondiente a un número de especies estimado de 49, 48, 48, 47, 44 y 39, respectivamente). Los *singletons* representaron el 25,7% de las especies colectadas, mientras que 8,6% fueron *doubletons*, 25,7% *uniques* y 8,6% duplicados (Figura 4.4).

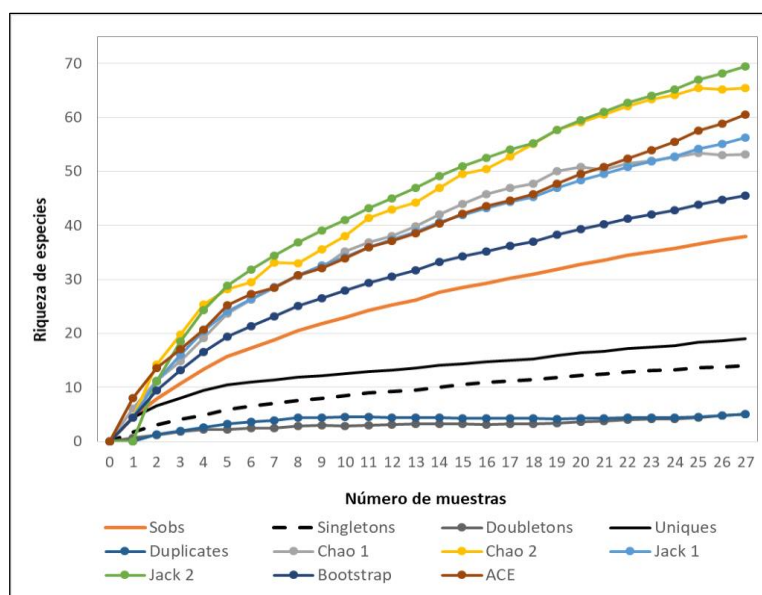


Figura 4.4. Curva de acumulación de especies mostrando la riqueza observada (Sobs), *singletons*, *doubletons*, *uniques* y duplicados, junto a los estimadores de riqueza de las especies de insectos acuáticas recolectadas con red surber (500 aleatorizaciones) en Treinta y Tres, Uruguay (febrero 2015).

De acuerdo a la prueba de Kruskal Wallis se registró mayor número de artrópodos totales en la zona control y salida, mientras que en la entrada se registró el menor número de artrópodos ($H=18,47$ $p=0,0178$). Para el número de larvas de Syrphidae se realizó el mismo tipo de análisis, a partir del cual se registran los mayores valores para la salida de agua del cultivo ($H=20,34$ $p=0,006$) (Cuadro 4.4).

Cuadro 4.4. Abundancia de larvas de Syrphidae y de artrópodos totales según las fuentes de agua (arriba) y por localidad y fuente de agua (abajo) en Treinta y Tres, Uruguay (febrero 2015).

Fuente de agua	Larvas Syrphidae*	Artrópodos totales*
Entrada	0,67±1,32a	40,78±6,87a
Control	1,22±1,30b	145,78±18,56b
Salida	15,56±11,54c	89,11±16,61b

*medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$ prueba Kruskal Wallis) dentro de cada columna.

Localidad	Fuente de agua	Larvas Syrphidae*	Artrópodos totales*
El Tigre	Entrada	0a	23,00±10,58a
	Salida	18,00±8,54c	91,33±35,92abcd
	Control	0,33±0,58ab	258,00±25,67d
Charqueada	Entrada	1,67±2,08abc	70,67±27,02abcd
	Salida	22,67±14,74c	92,67±24,70cd
	Control	0,67±1,15abc	104,33±49,34cd
J,M, Sanz	Entrada	0,33±0,58ab	28,67±18,58ab
	Salida	6,00±4,58bc	83,33±15,31bcd
	Control	2,67±0,58abc	75,00±14,00abc

*medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$) dentro de cada columna.

4.5.4 Composición de las comunidades de insectos acuáticos en función de la fuente de agua y de la localidad de muestreo

Las propiedades fisicoquímicas del agua con los grupos funcionales recolectados por localidad y fuente de agua resultaron correlacionadas ($r=0,48$ $p=0,019$), de acuerdo al Test de Mantel, a través de las distancias euclidianas.

La composición de especies de insectos analizada mediante el test ANOSIM utilizando las distancias de Bray-Curtis presentó diferencias según la localidad y la fuente de agua muestreada ($R=0,388$ $p=0,0013$ y $R=0,615$ $p=0,0001$, respectivamente). De acuerdo al test de SIMPER mediante la matriz de distancias de Bray-Curtis, siete especies explicaron el 80% de la diferencia entre las localidades

(Cuadro 4.5). En las mismas condiciones de análisis, un 80% de diferencia entre fuentes de agua fue explicado por la distribución de 6 especies (Cuadro 4.6).

Cuadro 4.5. Test de SIMPER mostrando las especies de insectos responsables del 80% de la disimilitud entre localidades.

Taxon	Disimilitud promedio	% Contribución	% Acumulado	Promedio Charqueada	Promedio JM Sanz	Promedio El Tigre
Chironomidae – morfoesp.2	22,83	27,94	27,94	13,60	15,20	7,67
<i>Sigara chrotowsky</i>	13,64	16,70	44,64	14,80	0,00	3,67
Syrphidae (Eristalinae)	8,08	9,88	54,52	7,89	2,11	1,89
<i>Caenis</i>	6,47	7,92	62,44	5,33	0,11	2,22
<i>Americabaetis</i>	6,12	7,50	69,93	3,11	1,11	4,33
Chironomidae – morfoesp.3	6,07	7,43	77,36	1,89	3,11	1,00
<i>Oryzophagus oryzae</i>	2,02	2,47	79,83	0,56	0,22	0,67

Cuadro 4.6. Test de SIMPER mostrando las especies de insectos responsables del 80% de la disimilitud entre fuentes de agua.

Taxon	Disimilitud promedio	% Contribución	% Acumulado	Promedio Entrada	Promedio Salida	Promedio Control
Chironomidae – morfoesp.2	26,06	31,02	31,02	5,11	25,10	6,22
<i>Sigara chrotowsky</i>	13,30	15,83	46,85	2,56	0,11	15,80
Syrphidae – (Eristalinae)	8,34	9,93	56,79	1,78	9,11	1,00
<i>Caenis</i>	6,76	8,05	64,84	7,56	0,11	0,00
<i>Americabaetis</i>	6,40	7,62	72,46	4,11	4,11	0,33
Chironomidae – morfoesp.3	6,26	7,45	79,91	3,33	2,33	0,33

En la figura 4.5 se presenta el análisis de componentes principales (ACP) con *Biplot* para comparar la composición de las comunidades según las fuentes de agua. Se observa agrupamiento de las muestras en función de la fuente de agua. Los dos primeros ejes del ACP explicaron el 78% (autovalores eje 1: 57,74%, eje 2: 21,51%) de la varianza de los datos de grupos de insectos registrados. La morfoespecie

Chironomidae 2 (Diptera) y Syrphidae se presentaron asociadas a las muestras de la salida de agua, mientras que *Caenis* (Ephemeroptera) estuvo más asociada a las muestras correspondientes a la entrada de agua y los corixidos (*Sigara chrotowsky*) a las zonas control.

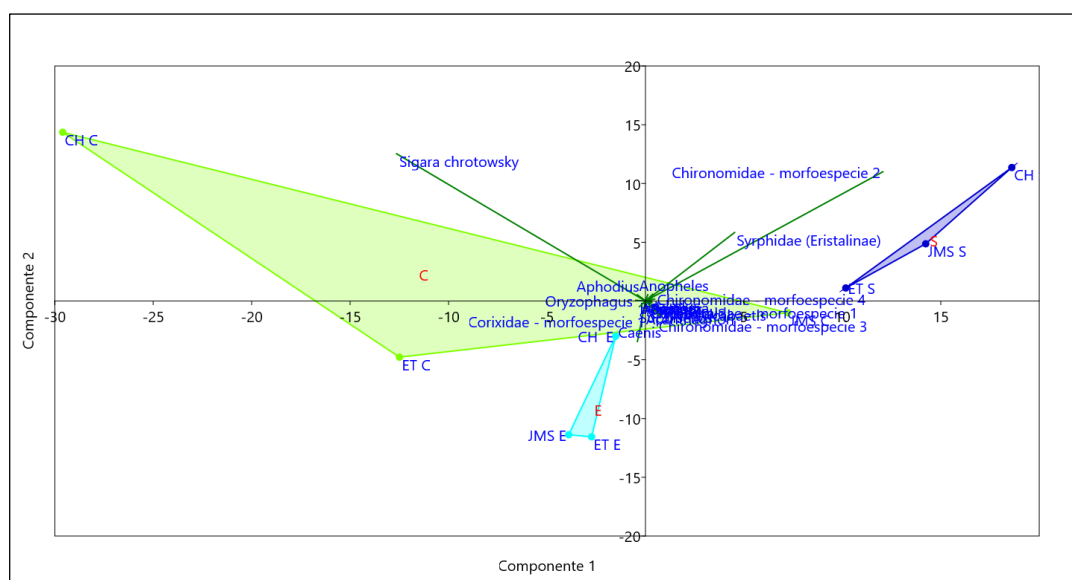


Figura 4.5. Análisis de componentes principales (ACP) con *Biplot* a partir de la matriz de varianza-covarianza y distancias de Bray-Curtis para cada una de las localidades muestreadas. Se marcan las muestras según la fuente de agua (●) entrada, (●) salida y (●) control.

4.5.5 Índices de riqueza y diversidad de insectos acuáticos en función de la fuente de agua y de la localidad de muestreo

Los índices de riqueza y diversidad según localidad y fuente de agua se presentan en la Cuadro 4.7. Si se compara entre las diferentes localidades para la zona control, no se registran diferencias en los índices. En el caso del agua de entrada a las chacras se registró mayor valor de Evenness y Equitabilidad en la zona de El Tigre.

Para los índices registrados a la salida de agua de las chacras, se observó diferencias en algunos valores, con la mayor riqueza específica en El Tigre (promedio de 13,33 especies). Esto coincide con mayores valores de los índices de Shannon,

Simpson y Margalef para la chacra de El Tigre, también en la salida de agua. Si se comparan los valores de los índices dentro de cada chacra según la fuente de agua, las mayores diferencias se registran en El Tigre con mayores índices de riqueza, Shannon, Simpson y Margalef. En J.M. Sanz solo se registró diferencias en la riqueza, que presentó el mayor valor en la entrada de agua (9,00), mientras que para la Charqueada no se registraron diferencias en ninguno de los índices entre las fuentes de agua.

Cuadro 4.7. Índices de riqueza y diversidad de insectos $\pm$ E.E. en muestras de agua.

Índice de diversidad	Control		
	Charqueada	El Tigre	J.M. Sanz
Riqueza (S)	7,33 $\pm$ 1,31aA	11,00 $\pm$ 1,31aB	7,00 $\pm$ 1,31aAB
Simpson_1-D	0,48 $\pm$ 0,08aA	0,62 $\pm$ 0,08aA	0,58 $\pm$ 0,08aA
Shannon_H	1,05 $\pm$ 0,15aA	1,40 $\pm$ 0,15aA	1,19 $\pm$ 0,15aA
Equitatividad (Evenness_e^H/S)	0,46 $\pm$ 0,10aA	0,38 $\pm$ 0,10aA	0,49 $\pm$ 0,10aA
Margalef	1,59 $\pm$ 0,25aA	1,86 $\pm$ 0,25aA	1,39 $\pm$ 0,25aA
Equitabilidad_J	0,56 $\pm$ 0,09aA	0,59 $\pm$ 0,09aA	0,62 $\pm$ 0,09aA
Berger-Parker	0,68 $\pm$ 0,07aA	0,57 $\pm$ 0,07a	0,59 $\pm$ 0,07aA
Entrada			
Riqueza (S)	7,67 $\pm$ 0,92aA	6,33 $\pm$ 0,92aA	9,00 $\pm$ 0,92aB
Simpson_1-D	0,76 $\pm$ 0,03aA	0,74 $\pm$ 0,03aB	0,76 $\pm$ 0,03aA
Shannon_H	1,64 $\pm$ 0,12aA	1,55 $\pm$ 0,12aA	1,54 $\pm$ 0,12aA
Equitatividad (Evenness_e^H/S)	0,68 $\pm$ 0,04bA	0,76 $\pm$ 0,04bB	0,53 $\pm$ 0,04aA
Margalef	1,67 $\pm$ 0,24aA	1,82 $\pm$ 0,24aA	1,91 $\pm$ 0,24aA
Equitabilidad_J	0,81 $\pm$ 0,03abA	0,85 $\pm$ 0,03bB	0,700 $\pm$ 0,03aA
Berger-Parker	0,36 $\pm$ 0,03aA	0,39 $\pm$ 0,03a	0,47 $\pm$ 0,03aA
Salida			
Riqueza (S)	5,33 $\pm$ 0,67aA	13,33 $\pm$ 0,67bB	4,67 $\pm$ 0,67aA
Simpson_1-D	0,62 $\pm$ 0,04aA	0,81 $\pm$ 0,04Bb	0,61 $\pm$ 0,04aA
Shannon_H	1,14 $\pm$ 0,07aA	2,02 $\pm$ 0,07bB	1,14 $\pm$ 0,07aA
Equitatividad (Evenness_e^H/S)	0,61 $\pm$ 0,09aA	0,57 $\pm$ 0,09aAB	0,71 $\pm$ 0,09aA
Margalef	0,93 $\pm$ 0,14aA	2,78 $\pm$ 0,14bA	1,22 $\pm$ 0,14aA
Equitabilidad_J	0,70 $\pm$ 0,07aA	0,78 $\pm$ 0,07aB	0,77 $\pm$ 0,07aA
Berger-Parker	0,52 $\pm$ 0,06Aa	0,33 $\pm$ 0,06a	0,53 $\pm$ 0,06aA

Letras minúsculas diferentes dentro de cada fila y mayúsculas dentro de cada columna corresponden a diferencias significativas según test de Tukey ($p < 0,05$).

4.6. DISCUSIÓN

En relación a las propiedades fisicoquímicas del agua, las mayores diferencias se registraron en la concentración de oxígeno disuelto con valores menores en los sitios control en las localidades de El Tigre y J.M. Sanz. Las zonas control seleccionadas son cuerpos de agua que se encuentran en el mismo entorno que el cultivo, pero es un cuerpo de agua generalmente de menos extensión y que no presenta flujo de agua. En el caso de la localidad de Charqueada, la zona control encontrada corresponde a un cuerpo de agua de mayor extensión. La menor concentración de oxígeno en las zonas control de El Tigre y J.M. Sanz podría considerarse esperable, ya que, los sitios de entrada y salida del cultivo, por la dinámica del riego, tienen una circulación continua de agua. A su vez, las variaciones también pueden estar afectadas por la radiación solar y la cobertura vegetal, entre otros (Ito, 1987).

El test de Mantel permitió demostrar que hubo un efecto de las propiedades fisicoquímicas registradas en las diferentes fuentes de agua sobre la composición de los gremios.

De los estimadores de riqueza se desprende que quedan aún especies por recolectar, y que el muestreo alcanzó al menos un 58% de las especies presentes, dependiendo del estimador considerado. Sin embargo, aún en estas condiciones se registraron 50 morfoespecies de insectos, valores que son mayores que los reportados para el mismo cultivo en Costa Rica (44 morfoespecies: Rizo-Patrón *et al.*, 2013) y Brasil (34 morfoespecies, Molozzi *et al.*, 2007).

El test ANOSIM mostró que se registraron diferencias en la composición de morfoespecies encontradas según la localidad y la fuente de agua ($R=0,388$ $p=0,0013$ y $R=0,615$ $p=0,0001$, respectivamente). Si se analiza la composición de especies de insectos comparando de acuerdo a la localidad, el test de SIMPER muestra que un 80% de las diferencias se explican por 7 morfoespecies, mientras que las diferencias entre fuentes de agua se vieron explicadas por 6 morfoespecies.

Si se considera la fuente de agua, se observa que Chironomidae sp2 y las larvas de Syrphidae (ambos Diptera) se asocian a la salida, mientras que los individuos de

Caenis (Ephemeroptera) se encuentran más asociados a la entrada de agua. Por otro lado, en relación a las zonas control se detectó una predominancia de coríxidos, donde la morfoespecie presente varió según la localidad. Las diferentes morfoespecies encontradas podrían emplearse como potenciales indicadores de la calidad de agua de cada fuente estudiada (Entrada, Salida y Control). En relación a los individuos del género *Caenis*, está bien documentado que son organismos sensibles a la contaminación (Roldán, 2003; Ocón y Rodríguez Capítulo, 2012), por lo que una predominancia en las zonas de entrada, podría estar indicando una mejor calidad de agua en comparación con la salida y las zonas control. Por otra parte, la marcada predominancia de larvas de Syrphidae, organismos conocidos como indicadores de contaminación fundamentalmente por exceso de materia orgánica (Bonada *et al.*, 2006, Arimoro *et al.*, 2007) en la salida de agua, indica que allí la calidad del agua se ha visto desmerecida en el recorrido por los cuadros del cultivo.

Por otra parte, los índices de diversidad de Shannon calculados por localidad y fuente de agua no presentaron diferencias entre fuente de agua. Solamente se registraron diferencias para los índices de Shannon entre localidades en la salida de agua, con el mayor valor en la localidad de El Tigre ($H' = 2,02$). En relación al índice de riqueza, los valores siguieron un comportamiento similar, las diferencias entre localidades se registraron solo en la salida de agua con el mayor índice de riqueza en El Tigre ($R = 13,33$). Sin embargo, se registraron diferencias entre fuentes de agua dentro de cada localidad en El Tigre y J.M Sanz. En el primer caso, el mayor índice de riqueza se registró a la salida ($R = 13,33$), mientras que en el segundo fue en la entrada ($R = 9,00$). Estos valores de riqueza antes mencionados son mayores que los reportados para cultivos de producción orgánica de arroz en Costa Rica, Italia y Australia (Rizopatrón *et al.*, 2013, Lupi *et al.*, 2013 y Wilson *et al.*, 2008, respectivamente). En relación a trabajos similares realizados en Uruguay, los índices de Shannon encontrados fueron similares a los registrados por Morelli y Verdi (2014) en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa, aunque la composición de especies fue diferente.

Esta mayor riqueza y diversidad encontrada en la localidad de El Tigre podría deberse a diversos factores. Desde el punto de vista del paisaje en el cual se encuentra el cultivo seleccionado en esta localidad, probablemente haya una mayor conectividad con el área de bosque ribereño, que en el de las otras dos localidades muestreadas. Se puede especular que este entorno podría, en parte, haber sido un mejor reservorio de especies en que los casos de Charqueada y J.M. Sanz, favoreciendo una mayor diversidad y riqueza de organismos (González *et al.*, 2016; Molozzi *et al.*, 2007).

Por otra parte, se debe señalar que el presente trabajo se realizó en la etapa de llenado de grado, por lo que no muestra la posible variación estacional de los grupos registrados. Un muestreo más exhaustivo podría detectar diferencias en la composición de la comunidad de macroinvertebrados y registrar un número mayor de especies presentes.

A su vez, avanzar en la identificación de las diferentes especies de Chironomidae podría ser información útil, dado que la composición de especies de este grupo es un buen indicador de la calidad ambiental (Takahashi *et al.*, 2008).

Es necesario avanzar en la caracterización de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el cultivo de arroz. De esta manera se podrán definir grupos indicadores que permitan hacer evaluaciones relativamente rápidas de la calidad de agua, que es uno de los principales recursos necesarios para la producción. Esto permitirá tener un monitoreo del impacto de la producción en la calidad del agua empleada, ajustando medidas de manejo que preserven este recurso vital para nuestro país.

4.7. CONCLUSIONES

Los individuos de *Caenis* estuvieron asociados a las entradas de agua, mientras que las larvas de Syrphidae y Chironomidae morfoespecie 2 predominaron en las salidas de agua.

Dado que el muestreo no fue completo, el nivel de discriminación entre localidades y fuentes de agua pudo haber sido insuficiente, por lo que en muestreos más exhaustivos podrían encontrarse más bioindicadores potenciales y marcar mayores diferencias entre las fuentes de agua.

Los mayores valores de riqueza y de índice de diversidad de Shannon se registraron en la localidad de El Tigre a la salida de agua. Los índices de riqueza y diversidad de Shannon fueron mayores que los registrados en trabajos similares en cultivos de Costa Rica, Italia y Australia.

4.8. BIBLIOGRAFÍA

- Arimoro FO, Ikomi RB, Iwegbue CMA. 2007. Water quality changes in relation to Diptera community patterns and diversity measured at an organic effluent impacted stream in the Niger Delta, Nigeria. *Ecological Indicators*, 7(3): 541-552.
- Bentancourt CM, Scatoni I, Morelli E. 2009. Insectos del Uruguay. Montevideo. Universidad de la República. Facultad de Agronomía – Facultad de Ciencias. ANII-CSIC. 658p.
- Bonada N, Prat N, Resh VH, Statzner B. 2006. Developments En: Aquatic Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. *Annual Review of Entomology*, 51: 495-523.
- Colwell RK. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. [En línea]: 20 octubre 2017. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo CW. 2017. InfoStat Versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. [En línea]: 12 enero 2018. <http://www.infostat.com.ar> . (PDF) *Non-destructive estimation of the leaf weight and leaf area in cacao (Theobroma cacao L.)*. Consultado 7 marzo 2019. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/320871320_Non-destructive_estimation_of_the_leaf_weight_and_leaf_area_in_cacao_Theobroma_cacao_L

- Garrido J., Benetti, C., Pérez-Bilbao, A. 2011. Chrysomelidae, Curculionidae, Dryopidae, Dytiscidae, Elmidae, Gyrinidae, Helophoridae, Haliplidae, Hydraenidae, Hydrochidae, Hydrophilidae, Hydroscaphidae, Hygrobiidae, Noteridae, Psephenidae and Scirtidae. En: Oscoz J., Galicia D, Miranda. (Eds.). Identification guide of freshwater macroinvertebrates of Spain. Nueva York: Springer:102-111.
- González E, Salvo M, Defagó MT, Valladares G. 2016. A moveable feast: moving at the forest-crop interface are affected by crop phenology and the amount of forest in the landscape. PLoS ONE, 11(7): e0158836.
- González ML, Simone MJ, Morais RM, Da Silva G. 2014. Diversidad de insectos depredadores en área orizícola orgánica y de conservación, en Viamão, RS, Brasil. Revista Colombiana de Entomología, 40(1): 120-128.
- Gurr G, Wratten S, Snyder W. 2012. Biodiversity and insect pests: Key issues for sustainable management. West Sussex, Reino Unido. Wiley-Blackwell. 347p.
- Hammer Ř, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica, 4 (1): 9p. [En línea]: 25 octubre 2016. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Ito A. 1987. Changes of water temperature, pH, dissolved oxygen, inorganic nitrogen, and phosphorus concentrations in flowing irrigation water on paddy surface. Soil Science in Plant Nutrition, 33(3): 449-459.
- Luo Y, Fu H, Traore S. 2014. Biodiversity conservation in rice paddies in China: Toward ecological sustainability. Sustainability, 6: 6017-6024.
- Lupi D, Rocco A, Rossaro B. 2013. Benthic macroinvertebrates in Italian rice fields. Journal Limnology, 72(1): 184-200.

- Maltchik L, Rolon AS, Stenert C, Machado IF, Rocha O. 2011. Can rice field contribute to biodiversity in Southern Brazilian wetlands? *Journal of Tropical Biology*, 59(4): 1895-1914.
- Melo S, Stenert C, Schmidt Dalzochio M, Maltchik L. 2015. Development of a multimetric index based on aquatic macroinvertebrate communities to assess water quality of rice fields in southern Brazil. *Hydrobiologia*, 742: 1-14.
- Merritt RW, Cummins KW. 2007. Trophic relationships of macroinvertebrates. En: Hauer F.R y Lamberti GA. (Eds.). *Methods in stream ecology*. Burlington. Second Edition. Elsevier Academic Press: 585-611.
- Molozzi J, Hepp LU, Dias A. da S. 2007. Influence of rice crop on the benthic community in Itajaí Valley (Santa Catarina, Brazil). *Acta Limnologica Brasileira*, 19(4): 383-392.
- Morelli E, Verdi A. 2014. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 1160-70.
- Ocón C, Rodríguez Capítulo A. 2012. Assessment of water quality in temperate-plain streams (Argentina, South America) using a multiple approach. *Ecología Austral*, 22: 81-91.
- Palma A. 2013. Guía para la identificación de invertebrados acuáticos. Primera edición. 122p. [En línea]: 20 de octubre 2017. http://www2.udec.cl/~lpalma/Palma2013_Guia_identificacion_Macroinvertebrados_preview.pdf
- Ramírez A, Gutiérrez-Fonseca. 2014. Functional feeding groups of aquatic insect families in Latin America: a critical analysis and review of existing literature. *Revista de Biología Tropical*, 62 (Supl. 2): 153-165.
- Ramsar Convention on Wetlands. 2018. *Global Wetland Outlook: State of the World's Wetlands and their Services to People*. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat. 84p.

- Rizo-Patrón F, Kumar A, McCoy Colton MB, Springer M, Trama FA. 2013. Macroinvertebrate communities as bioindicators of water quality in conventional and organic irrigated rice fields in Guanacaste, Costa Rica. *Ecological indicators*, 29: 68-78.
- Rizo-Patrón F, Santo Domingo A, Trama FA. 2011. Evaluación de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en arrozceras bajo riego en el noreste de Argentina. En: Blanco D.E. y Balze V.M. (Eds.) *Conservación de los recursos acuáticos y la biodiversidad en arrozceras del noreste de Argentina*, 19-40.
- Rizo-Patrón, F. 2003. Estudio de los arrozales del Proyecto Tamarindo: agroquímicos y macroinvertebrados bentónicos en relación al Parque Nacional Palo Verde, Guanacaste, Costa Rica. *Magister Scientiae*, Instituto en Conservación y Manejo de Vida Silvestre, Heredia, Universidad Nacional. 91p.
- Roldán GA. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Medellín, Colombia. Primera Edición. Editorial Universidad de Antioquia. 170p.
- SAS Institute. 2009. *SAS/STAT 9.2 User's guide*. Cary, North Carolina, SAS Publishing. 524p.
- Settle WH, Ariawan H, Astuti E, Cahyana W, Hakim AL, Hindayana D, Lestari AS, Pajarningsih S. 1996. Managing tropical rice pests through conservation of generalist natural enemies and alternative prey. *Ecology*, 77(7): 1975-1988.
- Springer M. 2008. Aquatic insect diversity of Costa Rica: State of knowledge. *Revista de Biología Tropical*, 56(4): 273-295.
- Springer M. 2006. Clave taxonómica para larvas de las familias del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 54(1): 273-286.
- Stenert C, Bacca R, Maltchik L, Rocha O. 2009. Can hydrologic management practices of rice fields contribute to macroinvertebrate conservation in southern Brazil wetlands? *Hydrobiologia*, 635: 339-350.

- Takahashi MA, Higuti J, Bagatini YM, Zviejkowski IP, Velho LFM. 2008. Composition and biomass of larval chironomid (Insecta, Diptera) as potential indicator of trophic conditions in southern Brazil reservoirs. *Acta Limnologica Brasileira*, 20(1): 5-13.
- Varela RP, Gapud VP. 2007. Rice paddies as corridors for conservation of aquatic fauna 4th INWEPF Steering Meeting and Symposium. [En línea]: 10 junio 2019. https://www.researchgate.net/publication/263357063_RICE_PADDIES_AS_CORRIDORS_FOR_CONSERVATION_OF_AQUATIC_FAUNA
- Vilaboa N. 2012. Evaluación de calidad de agua en un sistema lótico bajo impacto lechero mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos. Tesis de Grado. En Ciencias Biológicas, Montevideo, Uruguay. Facultad de Ciencias. Universidad de la República. 54p.
- Wilson AL, Watts RJ, Stevens MM. 2008. Effects of different management regimes on aquatic macroinvertebrate diversity in Australian rice fields. *Ecological Research*, 23: 565-572.

5. DISCUSIÓN GENERAL CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

5.1. DISCUSIÓN GENERAL

El trabajo desarrollado en esta tesis representa el primer aporte al conocimiento de la fauna de artrópodos asociados al agroecosistema del cultivo de arroz en rotación con pasturas en Uruguay. Es de destacar que se registraron nuevos reportes de especies de insectos y arañas para el país, y quedan especies aún por reportar, lo cual muestra la relevancia de la diversidad de estos grupos en este agroecosistema.

El muestreo exploratorio con red entomológica permitió evidenciar una importante diversidad de grupos asociados al cultivo. Se destaca la presencia de las familias Carabidae, Braconidae, Coenagrionidae, Libellulidae, Dolichopodidae, Reduviidae y Nabidae dentro los potenciales controladores naturales. Se destaca también la mayor abundancia y diversidad registradas en las áreas de vegetación nativa, en comparación con los valores registrados para el cultivo, lo cual muestra la importancia de estas áreas como reservorios de especies (Blitzer *et al.*, 2012, Knapp y Řezáč, 2015).

En relación a las dos especies de Sciomyzidae reportadas en este trabajo, en los cultivos de arroz, destaca su interés como potenciales especies controladoras del caracol manzana *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822) (Gastropoda, Ampullariidae). *P. canaliculata* es una especie frecuente en los ambientes subacuáticos en Uruguay (Hayes *et al.*, 2012), también presentes en el cultivo de arroz, y está reportada como una especie invasora en el continente asiático (Joshi 2005, Murphy *et al.*, 2012). Es interesante destacar que *P. canaliculata* es presa de ciertas larvas de Sciomyzidae en la Región Neártica en ambientes de agua dulce (Foote *et al.*, 1999), por lo que se hace muy interesante poder profundizar en el conocimiento de la biología de ambas especies de mosca.

El número de artrópodos totales recolectados con trampas de caída, analizado según el momento de muestreo, mostró mayor abundancia al macollaje del arroz en la temporada 2014-2015. Estos resultados son coincidentes con trabajos previos realizados en este cultivo (Dominik *et al.*, 2017, Wilby *et al.*, 2006, Heong *et al.*,

1991). Esto podría estar relacionado en parte a factores climáticos, principalmente la temperatura, ya que tiene un efecto importante sobre la actividad de los artrópodos (Saska *et al.*, 2013, Mineo *et al.*, 2010).

En lo que se refiere a la composición de grupos funcionales de insectos en el sistema con datos de trampas de caída, la composición varió a lo largo de los diferentes momentos de muestreo. Al comparar la abundancia relativa de grupos funcionales de insectos por ambientes y momentos de muestreo, se destaca una abundancia de 30% de los fitófagos en el inicio del cultivo de arroz en la temporada 2013-14 que desciende bruscamente luego de la inundación. La llegada del agua al cultivo de arroz tiene un efecto sobre los artrópodos presentes, desplazando aquellas especies que no están adaptadas para vivir en un medio acuático (Jahn *et al.*, 2007). Los estimadores de riqueza obtenidos muestran que se alcanzó un porcentaje representativo de la fauna de insectos asociada con un mínimo del 73% y un máximo del 89% de las especies recolectadas (según los estimadores Jackknife 2 y Bootstrap, respectivamente).

El número total de morfoespecies registrado en el muestreo con trampas de caída es similar al referido por bibliografía para cultivos de arroz en otras regiones con red entomológica (Dominik *et al.*, 2017, Barrion *et al.*, 1994, Heong *et al.*, 1991). Sin embargo, un trabajo similar realizado en Brasil con red entomológica registró un número menor de familias de insectos (Fritz *et al.*, 2011). En las pasturas se registraron 17 morfoespecies más que los cultivos de arroz en el período de muestreo con trampas de caída. Esta mayor riqueza en las pasturas se ve reflejada luego en los mayores índices de diversidad registrados. Estas diferencias, con una mayor riqueza y diversidad de especies en las pasturas, puede deberse a una mayor diversidad del tapiz vegetal, ya que las pasturas sembradas son una mezcla de tres especies vegetales (*Lotus corniculatus*, *Lolium multiflorum* y *Trifolium repens*), mientras que el cultivo de arroz está compuesto por una sola especie. Varios estudios demuestran que una mayor diversidad vegetal puede proveer de alimento y reservorio para un rango más amplio de insectos (Yadav y Mishra, 2013, Weigelt *et al.*, 2009).

La estructura de las comunidades estudiadas a partir de los muestreos con trampas de caída mostró diferencias entre ambientes y momentos de muestreo, pero

no entre localidades. El test de SIMPER registró 19 morfoespecies como responsables de 75% de las diferencias entre la composición de especies en arroz y pasturas. Entre las morfoespecies que fueron más abundantes en arroz, *Oryzophagus oryzae* (Curculionidae sp1) es un insecto fitófago asociado al cultivo, cuyas larvas se alimentan de raíces de la planta y son de hábitos acuáticos, por lo que era esperable que fuera más abundante en este ambiente. Se destaca que la abundancia es mayor en los cultivos de arroz de segundo año, lo cual concuerda con otros trabajos que muestran cómo la intensificación del cultivo puede aumentar la incidencia de esta plaga (Martins y Prando, 2004). La otra morfoespecie que presentó mayor abundancia asociada al cultivo de arroz fue Chironomidae sp1 y, dado que las larvas de esta familia son de hábitos acuáticos (Bentancourt *et al.*, 2009), es esperable tener una mayor abundancia de este grupo en el cultivo de arroz por la fase acuática que presenta. Esta familia aparece asociada al cultivo de arroz y se menciona como presa potencial que permite que se desarrollen los predadores del cultivo, incluso previo a que aparezcan plagas (Settle *et al.*, 1996). La tercer morfoespecie más abundante en arroz según el test de SIMPER fue Carabidae sp6, posiblemente del género *Stenocrepis*, que es un grupo hidrófilo (Porrini *et al.*, 2014), lo cual explica su mayor abundancia en el ambiente arroz.

Por otro lado, dentro de los grupos que presentaron mayor abundancia en las pasturas se destacan las familias Formicidae, Aphididae, Scarabaeidae, Staphylinidae y el grupo de los microhimenópteros. La mayor abundancia de Formicidae (hormigas) en las pasturas se explicaría, en parte, porque la etapa del arroz bajo inundación es un ambiente desfavorable para su instalación (Way *et al.*, 1998). Los Aphididae (pulgones) son un grupo de fitófagos al igual que los Scarabaeidae y están citados como grupos de fitófagos que aparecen en las pasturas (Alzugaray y Ribeiro, 2000). La familia Staphylinidae fue la que más riqueza de especies presentó en este trabajo y además la morfoespecie Staphylinidae sp2 fue más abundante en las pasturas. Las especies de este grupo pueden ser de gran utilidad como bioindicadoras, dado que ocurren en gran diversidad de hábitats, pertenecen a diferentes grupos tróficos y son sensibles a los cambios ambientales (Rodríguez *et al.*, 2018, Boháč, 1999). Por lo tanto, avanzar en la identificación a nivel de especie en la recolección realizada en el

presente trabajo puede ser de gran interés para definir bioindicadores asociados a este agroecosistema.

Los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener presentaron diferencias entre los ambientes arroz y pastura, con comportamiento diferente según el momento de muestreo. Mientras que en los momentos de macollaje y llenado de grano los mayores índices se presentaron principalmente en las pasturas, en el período de entrezafa en los casos que se registraron diferencias entre ambientes, los mayores índices de Shannon-Wiener se obtuvieron en los cultivos de arroz de primer año. En el período de entrezafa, luego de la cosecha de los cultivos de arroz, la práctica común es sembrar una pastura como cultivo de cobertura. En el sentido de lo anteriormente discutido, este cultivo de cobertura sembrado entre el primer y segundo año del cultivo de arroz estaría agregando diversidad de especies vegetales en este período.

Se debe de recordar, sin embargo, que los datos corresponden a insectos recolectados con trampas de caída, por lo que en la etapa durante la cual el cultivo de arroz permanece inundado (macollaje y llenado de grano), puede haber una disminución en la diversidad de especies presentes, dado que el medio acuático temporal representa un hábitat que es favorable solo para aquellas especies que están adaptadas a estos ambientes. Esta situación, entonces, podría explicar también en parte, los menores índices de Shannon registrados con este método de recolecta en el cultivo de arroz durante la etapa de inundación (Parys y Johnson, 2011, Orazé *et al.*, 1988).

Los métodos de recolección con trampas de caída y aspirador empleados en el muestreo de arañas mostraron ser complementarios, con ciertas especies capturadas solo por uno u otro método. El uso de ambas estrategias de recolecta permitió lograr un muestreo más representativo de las comunidades presentes.

En la comparación de la composición de especies de arañas entre los ambientes pastura, parche de vegetación nativa y arroz al momento del macollaje, la mayor abundancia de especies exclusivas se registró en la pastura. En arroz las abundancias registradas fueron siempre menores, pero los gremios mayoritarios fueron los mismos

que en los otros ambientes, situación similar a la registrada en trabajos previos realizados en Brasil (Uetz *et al.*, 1999, Rodrigues *et al.*, 2008). Los gremios mayoritarios de arañas fueron las cazadoras de suelo y las tejedoras de tela en sábana; mayoritariamente representados por Lycosidae y Linyphiidae respectivamente. Estas familias son frecuentemente abundantes en los agroecosistemas y se las refiere como potenciales agentes de control de plagas (Nyffeler y Sunderland, 2003).

Los índices de diversidad de arañas registrados en arroz al macollaje (previo a la inundación) son similares a trabajos realizados en India (Goswami *et al.*, 2015) pero inferiores a los reportados en Pakistán (Ghafoor y Mahmood, 2011). En esta etapa del cultivo Thair y Butt (2009) también registraron menor abundancia y riqueza de arañas. La menor diversidad y abundancia en arroz comparada con la pastura y parches de vegetación nativa podría estar explicada por un impacto de las actividades previas realizadas para la siembra. El tapiz vegetal más denso y complejo de las pasturas y la vegetación nativa, en la etapa de macollaje, podría representar un mejor refugio que el arroz para las arañas, al menos en las etapas iniciales del cultivo. Las actividades de siembra generan una perturbación para las comunidades de artrópodos del suelo, luego de la cual la recuperación de las poblaciones de arañas puede lograrse por reproducción y/o inmigración. Las actividades de dispersión y la composición de los hábitats circundantes determinan la inmigración hacia el área perturbada (Thorbek y Topping, 2005). De esta manera, las pasturas y los parches de vegetación nativa podrían actuar como reservorio de especies con capacidad recolonizar el cultivo de arroz luego de la siembra u otras perturbaciones debidas al manejo.

En relación a la composición de las comunidades de arañas a lo largo del ciclo de producción en el cultivo de arroz, se observó un incremento gradual del número medio de arañas totales, desde las primeras etapas hacia el final del ciclo del cultivo. El número de arañas totales (adultos y juveniles) por muestra fue mayor en el arroz de primer año, lo cual sugeriría que la intensificación del cultivo podría afectar la abundancia de este grupo en un segundo ciclo (Tscharntke *et al.*, 2005). Este resultado apoya la idea de no superar el 40% del tiempo de la rotación destinado al cultivo de

arroz (Deambrosi, 2009) pues se estaría provocando una simplificación de las comunidades de arañas asociadas al cultivo.

La riqueza de familias y especies de arañas registradas en el cultivo de arroz fue mayor que la registrada en un trabajo similar realizado en el sur de Brasil (14 familias, 38 especies/morfoespecies, muestreo con red entomológica) (Rodrigues *et al.*, 2008). Las familias Linyphiidae y Lycosidae (presentes en ambos trabajos) presentaron mayor riqueza de especies en este estudio, mientras que las familias Salticidae, Tetragnathidae y Thomisidae presentaron mayor riqueza en los cultivos de arroz en Brasil (Rodrigues *et al.*, 2008). Estas diferencias podrían deberse al uso de diferentes métodos de recolección (Green, 1999), pero también por diferentes estrategias de manejo a nivel de cada región (Tanaka *et al.*, 2000).

Los gremios de arañas más abundantes en el cultivo de arroz fueron “otras cazadoras” (29%), tejedoras de tela en sábana (25%) y cazadoras de suelo (25%). Las cazadoras estuvieron mayoritariamente representadas por las familias Anyphaenidae y Salticidae. Según Jocqué y Dippenaar-Schoeman (2007), los licósidos habrían co-evolucionado con los pastizales, lo cual podría explicar, en parte, la abundancia de este grupo en el sistema de rotación con pasturas que se practica en Uruguay. El cuarto gremio más abundante fue el de las tejedoras de telas orbiculares principalmente representadas por *G. lacteovitatta* (Tetragnathidae), reportada como una especie común en alfalfa y trigo en Argentina (Armendano y González 2010). Este género fue también reportado en arroz en Arkansas (Heiss y Meisch, 1985) y presenta la característica de que sus redes son colocadas cerca de la superficie del suelo (Hormiga y Döbel 1990).

El estudio de macroinvertebrados acuáticos permitió realizar una primera descripción de la comunidad de estos organismos asociados al cultivo de arroz en Uruguay, y constituye una primera lista de taxones registrados para este agro-ecosistema. Los estimadores de riqueza calculados en base a los insectos registrados indicaron que quedan aún especies por coleccionar, y que se alcanzó al menos un 58% de las especies presentes. Sin embargo, en este resultado parcial se registraron 50 morfoespecies de insectos, valor mayor que los determinados para el mismo cultivo

en Costa Rica (44 morfoespecies: Rizo-Patrón *et al.*, 2013) y Brasil (34 morfoespecies, Molozzi *et al.*, 2007).

Teniendo en cuenta la fuente de agua, se registraron especies asociadas a los diferentes sitios estudiados (Entrada, Salida y Control). Algunas de las morfoespecies encontradas podrían emplearse como potenciales indicadores de la calidad de agua de cada fuente estudiada. Los individuos del género *Caenis*, por ejemplo, son organismos sensibles a la contaminación (Roldán, 2003; Ocón y Rodríguez Capítulo, 2012), por lo que su predominancia en las zonas de entrada podría estar indicando una mejor calidad de agua en comparación con la salida y las zonas control. Por otra parte, la predominancia de larvas de Syrphidae, conocidos como indicadores de contaminación fundamentalmente por exceso de materia orgánica (Bonada *et al.*, 2006, Arimoro *et al.*, 2007) en la salida de agua, condice con la disminución de la calidad del agua que se produce en su recorrido por los cuadros del cultivo. Sería necesario poder avanzar en el estudio de los índices de tolerancia que presentan estos indicadores en relación a diferentes contaminantes que pudieran estar presentes en el agua de riego, de manera de contar con un sistema de bioindicadores de calidad de agua que permita a través de un muestreo relativamente sencillo calcular un índice de calidad (Alvarez-Mieles *et al.*, 2013).

Los valores de riqueza registrados en el muestreo de artrópodos acuáticos son mayores que los reportados para cultivos de producción orgánica de arroz en Costa Rica, Italia y Australia (Rizo-Patrón *et al.*, 2013, Lupi *et al.*, 2013 y Wilson *et al.*, 2008, respectivamente). Si se comparan los índices de Shannon de este trabajo con otros similares realizados en Uruguay en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa (Morelli y Verdi, 2014), los valores encontrados fueron similares, aunque la composición de especies fue diferente.

Se registró mayor riqueza y diversidad de artrópodos acuáticos en la localidad El Tigre, lo que podría deberse a diversos factores. Desde el punto de vista del paisaje en el cual se encuentra el cultivo seleccionado en esta localidad, probablemente haya una mayor conectividad con el área de bosque ribereño que en el de las otras dos localidades muestreadas. Este entorno podría, en parte, haber sido un mejor reservorio

de especies que en las localidades Charqueada y J.M. Sanz, favoreciendo una mayor diversidad y riqueza de organismos (González *et al.*, 2016; Molozzi *et al.*, 2007).

El muestreo de artrópodos acuáticos se realizó en la etapa de llenado de grado, por lo que no muestra la variación estacional de los grupos registrados. Un muestreo más exhaustivo podría detectar entonces diferencias en la composición de la comunidad de macroinvertebrados y registrar un número mayor aún de especies presentes.

Avanzar en la caracterización de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el cultivo de arroz permitiría llegar a definir grupos indicadores que posibiliten hacer evaluaciones relativamente rápidas de la calidad de agua, que es uno de los principales recursos necesarios para la producción. Esto permitirá tener un monitoreo del impacto de la producción en la calidad del agua empleada, ajustando medidas de manejo que preserven este recurso vital para nuestro país.

5.2. CONCLUSIONES

La información generada servirá de base para el desarrollo de nuevas líneas de investigación que promuevan el manejo sustentable del agro-ecosistema arrocero. La gran diversidad registrada resalta la importancia de continuar investigando sobre algunos grupos registrados, que tienen potencial como controladores y/o indicadores.

En el muestreo exploratorio de insectos terrestres se destaca la presencia de las familias Carabidae, Braconidae, Coenagrionidae, Libellulidae, Dolichopodidae, Reduviidae y Nabidae como potenciales controladores naturales. La mayor abundancia y diversidad de insectos registradas en las áreas de vegetación nativa, muestra la importancia de estas áreas como reservorios y/o refugios de especies.

En las pasturas se registró un mayor número de especies de insectos que en los cultivos de arroz mediante el estudio con trampas de caída. La estructura de las comunidades asociadas a estos dos ambientes presentó diferencias, y algunas especies fueron más abundantes en arroz y otras en la pastura, dependiendo de sus

características biológicas y ecológicas. La rotación arroz pastura constituye una estrategia de producción que permite la sustentabilidad del sistema a partir del cambio en el hábitat debido a la alternancia de estos dos cultivos con condiciones de producción tan diferentes.

Los gremios mayoritarios de arañas registrados al momento del macollaje del cultivo de arroz (cazadoras de suelo y tejedoras de tela en sábana), fueron los mismos en éste, las pasturas y los parches de vegetación nativa y son potenciales agentes de control natural. La composición similar al resto de los ambientes podría posicionar al cultivo de arroz como un sistema de producción con capacidad de aportar a la conservación de estos grupos siempre y cuando las medidas de manejo aplicadas sobre el cultivo lo promuevan. La pastura presentó el mayor número de especies exclusivas, por lo que resulta ser un ambiente que aporta a una mayor biodiversidad del sistema.

En el relevamiento de artrópodos acuáticos se encontraron diferencias en la composición de morfoespecies según la localidad y la fuente de agua. Los individuos del género *Caenis* (Ephemeroptera) estuvieron asociados a las entradas de agua, mientras que las larvas de Syrphidae y Chironomidae morfo-especie 2 predominaron en las salidas de agua, por lo que estas especies podrían tener un potencial como indicadores de calidad de agua. Se registraron mayores valores para los índices de riqueza y diversidad de Shannon que los registrados en trabajos similares en cultivos de Costa Rica, Italia y Australia.

La riqueza y la diversidad observadas en este trabajo, tanto a nivel de artrópodos terrestres como acuáticos, podrían posicionar al cultivo de arroz como un sistema de producción con potencial de aportar a la conservación de estos grupos. El agroecosistema arroz-pastura se presenta con potencial para producir en forma sustentable, a través de la definición de medidas de manejo que permitan conservar la biodiversidad verificada.

5.3. PERSPECTIVAS

En base a los resultados generados en este trabajo se plantea como necesidad generar información sobre:

- Efecto de la complejidad del paisaje sobre la diversidad de artrópodos en la rotación arroz-pastura.
- Efecto de los principales productos agroquímicos empleados en el cultivo, sobre los potenciales enemigos naturales registrados tanto en el muestreo de artrópodos terrestres como acuáticos, para definir estrategias de control que generen menor impacto sobre los enemigos naturales y otros organismos no blanco.
- Rango de presas de los principales enemigos naturales registrados para conocer su verdadero potencial como controladores.
- Potencial de consumo y estudios de preferencia de presas dentro de las plagas de interés para el cultivo de arroz, para los principales enemigos naturales registrados.
- Definición de especies bioindicadoras a nivel terrestre y acuático, para poder realizar un seguimiento continuo del impacto de las medidas de manejo en el agroecosistema arroz-pastura.
- En el caso de los potenciales bioindicadores de la calidad de agua, evaluar el efecto de contaminantes potenciales sobre su mortalidad y efectos subletales (fecundidad, fertilidad, etc.), de manera de seleccionar especies sensibles y otras tolerantes a la mala calidad de agua. Esto hará posible calcular índices bióticos que permitan caracterizar la calidad del agua evaluada, a través de un sistema relativamente sencillo y rápido de monitoreo.
- Identificación de las morfoespecies de delfácidos registradas, debido a su potencial capacidad de transmitir virosis al cultivo de arroz.

- Identificación de las morfo-especies de carábidos y estafilínidos como grupos de interés como bioindicadores y/o bio-controladores.
- Composición de las comunidades de arañas en arroz, pasturas y parches de vegetación nativa en otros momentos de la rotación.
- Seguimiento de los grupos bioindicadores en ensayos de rotaciones a largo plazo para poder incrementar la información sobre la composición de la artropodofauna asociada al cultivo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ACA (Asociación de Cultivadores de Arroz). 2017. El arroz: Cumplir 70 años demuestra la solidez e integración de una organización. En: ACA 70 Aniversario. Suplemento Especial de El Observador. [En línea]: 18 junio 2019. <http://www.aca.com.uy/portfolio/suplemento-70-anos-en-el-observador#.XQug4YhKiM8>
- ACA (Asociación de Cultivadores de Arroz). 2013. Guía de buenas prácticas en el cultivo de arroz en Uruguay. [En línea]: 18 junio 2019. <http://www.aca.com.uy/manual-de-buenas-practicas-agricolas>
- Altamirano A, Da Silva H, Durán, A, Echeverría A, Panario D, Puentes R. 1976. Clasificación de Suelos. Dirección de Suelos y Fertilizantes. Montevideo, Ministerio de Agricultura y Pesca. Tomo I, 96 p.
- Altieri MA. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 74: 19-31.
- Alvarez-Mieles G, Irvine K, Griensven AV, Arias-Hidalgo M, Torres A, Mynett AE. 2013. Relationships between aquatic biotic communities and water quality in a tropical river–wetland system (Ecuador). *Environmental Science & Policy*, 34: 115-127.
- Alzugaray R, Riberiro A. 2000. Insectos en pasturas. Montevideo. INIA Serie Técnica 112: 13-30.
- Arimoro FO, Ikomi RB, Iwegbue CMA. 2007. Water quality changes in relation to Diptera community patterns and diversity measured at an organic effluent impacted stream in the Niger Delta, Nigeria. *Ecological Indicators*, 7(3): 541-552.
- Armendano A, González A. 2010. Comunidad de arañas (Arachnida, Araneae) del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) en Buenos Aires, Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 58 (2): 757-767.

- Bambaradeniya CNB, Edirisinghe JP. 2008. Composition, structure and dynamics of arthropod communities in a rice agro-ecosystem. *Ceylon Journal of Science (Biological Sciences)*, 37(1): 23-48.
- Bambaradeniya CNB, Edirisinghe JP, De Silva DN, Gunatilleke CVS, Ranawana KB, Wijekoon S. 2004. Biodiversity associated with an irrigated rice agro-ecosystem in Sri Lanka. *Biodiversity&Conservation*, 13(9): 1715-1753.
- Bambaradeniya CNB, Amarasinghe FP. 2003. Biodiversity associated with the rice field Agro-ecosystem in Asian Countries: a brief review. Working Paper 63, Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 24p.
- Bambaradeniya CNB. 2000. Ecology and biodiversity in an irrigated rice field ecosystem in Sri Lanka. PhD. Thesis. Sri Lanka. University of Peradeniya. 525p.
- Bao L, Martínez S. 2018. Control químico de insectos en el cultivo de arroz en Uruguay. Montevideo. ACA (Asociación de Cultivadores de Arroz). Revista Arroz 96: 40-45.
- Bao L, Pérez O. 2012. El gorgojo acuático del arroz. Proyecto FPTA-228: Estudios biológicos de *Oryzophagus oryzae* como base para la implementación de buenas prácticas del cultivo de arroz en diferentes zonas de Uruguay. Montevideo. Serie Técnica FPTA 38. 34p.
- Barrion AT, Litsinger JA. 1994. Taxonomy of rice insect pests and their arthropod parasites and predators. En: Heinrichs EA. (Ed.) *Biology and management of rice insect pests*. New Delhi. Wiley Eastern Limited, 13-362.
- Bengtsson J, Angelstam P, Elmqvist T, Emanuelsson U, Folke C, Ihse M, Moberg F, Nyström M. 2003. Reserves, resilience, and dynamic landscapes. *Ambio*, 32: 389-396.
- Bentancourt CM, Scatoni IB. 2010. Guía de insectos y ácaros de importancia agrícola y forestal en el Uruguay. Montevideo. Editorial Hemisferio Sur. Tercera Edición revisada y ampliada. 582p.

- Bentancourt CM, Scatoni IB, Morelli E. 2009. Insectos del Uruguay. Montevideo. Universidad de la República. Facultad de Agronomía – Facultad de Ciencias. ANII-CSIC. 658p.
- Bernier J. 2008. Breeding upland rice for drought resistance. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88: 927-939.
- Blitzer EJ, Dormann CF, Holzschuh A, Klein AM, Rand TA, Tscharntke. 2012. Spillover of functionally important organisms between managed and natural habitats, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 146(1): 34-43.
- Blondel J. 2003. Guilds or functional groups: does it matter? *Oikos*, 100(2): 223-231.
- Boháč J. 1999. Staphylinid beetles as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 357-372.
- Bonada N, Prat N, Resh VH, Statzner B. 2006. Developments En: *Aquatic Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches*. *Annual Review of Entomology*, 51: 495-523.
- Brookfield H, Stocking M. 1999. Agrobiodiversity: definition, description and design. *Global Environment Change*, 9: 77-80.
- Butchart SHM, Walpole M, Collen M, van Strien A, Scharlemann JPW, Almond RE A, Baillie JEM., Bomhard B, Brown C, Bruno J, Carpenter KE. Carr GM, Chanson J, Chenery AM, Csirke J, Davidson NC, Dentener F, Foster M, Galli A, Galloway JN, Genovesi P, Gregory RD, Hockings M, Kapos V, Lamarque JF, Leverington F, Loh J, McGeoch MA, McRae L, Minasyan A, Hernández Morcillo M, Oldfield Thomasina EE, Pauly D, Quader S, Revenga C, Sauer JR, Skolnik B, Spear D, Stanwell-Smith D, Stuart SN, Symes A, Tierney M, Tyrrell TD, Vié JC, Watson R. 2010. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science*, 328: 1164-1168.

- Carballo R. 2003. Entomofauna del cultivo de arroz en Uruguay. 3ra Conferencia Internacional de Arroz de Clima Templado, 10-13 de marzo 2003, Punta del Este, Uruguay. Libro de resúmenes, p.81.
- Carneiro FF, Da Silva Augusto LG, Rigotto RM, Friedrich K, Campos Búrgio A. 2015. Dossiê ABRASCO: Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro/ Sao Paulo. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio. 624p.
- Castaño JP, Giménez A, Ceroni M, Furest J, Aunchayna R. 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2008. Montevideo. INIA. Serie Técnica 193. 34p.
- Catenacci LS, Nunes-Neto J, Deem SL, Palmer JL, Travassos-da Rosa ES, Tello JS. 2018. Diversity patterns of hematophagous insects in Atlantic forest fragments and human-modifies areas of southern Bahía, Brazil. *Journal of Vector Ecology*, 43(2): 293-305.
- CIAAB. 1971. Clima y Agricultura. Ministerio de Ganadería y Pesca – CIAAB. Miscelánea 40. Colonia – Uruguay. CIAAB. 28p.
- Combes C. 1995. Interactions durables. Ecologie et évolution du parasitisme. Paris. Masson. 524p.
- Costa ELN, da Silva RFP, de Oliveira JV, Fiuza LM. 2003a. Controle de *Oryzophagus oryzae* (Lima, 1936) (Col., Curculionidae) com os bioinseticidas Boveril e Metarril em áreas de arroz irrigado. 8º Simpósio de Controle Biológico, 2003, São Pedro-SP. Resumos do 8º Simpósio de Controle Biológico. Esalq, p. 75.
- Costa ELN, da Silva RFP, de Oliveira JV, Fiuza LM. 2003b. Efeito residual de formulações de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* sobre adultos de *Oryzophagus oryzae* (Lima, 1936) (Coleoptera, Curculionidae). 8º Simpósio de Controle Biológico, 2003, São Pedro-SP. Resumos do 8º Simpósio de Controle Biológico. Esalq, 2003. p. 75.

- Costa ELN, da Silva RFP, de Oliveira JV, Fiuza LM, Lucho APR, da Silva MAT. 2003c. Formulações comerciais de fungos na água de irrigação para controle de *Oryzophagus oryzae* (Col., Curculionidae). Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 3. Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 25., 2003, Balneário Camboriú. Anais. Itajaí Epagri, p. 357-359.
- Couto P. 2017. Encuesta de Arroz. Zafra 2016/17. Estadísticas Agropecuarias (DIEA), Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Serie Encuestas N° 346, agosto, 2017. [En línea]: 20 de agosto 2018. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/encuesta-arroz-zafra-2016-17>
- Deambrosi E. 2009. 10 años de la Unidad de Producción Arroz-Ganadería. Montevideo. INIA Serie Técnica 180: 9-12.
- Dirzo R, Raven PH. 2003. Global state of biodiversity and loss. Annual Reviews of Environmental Resources, 28: 137-167.
- Dominik C, Seppelt R, Horgan F, Marquez L, Settele J, Václavík t. 2017. Regional-scale effects override the influence of fine-scale landscape heterogeneity on rice arthropod communities. Agriculture, Ecosystems and Environment, 246: 269-278.
- FAO STAT. 2017. FAO Statistical Databases. [En línea]: 20 diciembre 2018. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Fernando CH. 1995. Rice fields are aquatic, semi-aquatic, terrestrial and agricultural: A complex and questionable limnology. En: KH Timotius y F Goltenboth. (Eds.) Tropical limnology, 1: 121-148.
- Fernando CH. 1977. Investigation on the aquatic fauna of tropical rice fields with special reference to South East Asia. Geo-Eco-Trop, 1(3): 169-188.

- Filizadeh Y; Rezazadeh A; Younessi, Z. 2007. Effects of crop rotation and tillage depth on weed competition and yield of rice in the paddy fields of Northern Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 9(2): 99-105.
- Foot BA, Knutson LV, Keiper JB. 1999. The snail-killing flies of Alaska (Diptera: Sciomyzidae). *Insecta Mundi*, 13 (1-2): 45-71. [En línea]: 20 octubre 2017. <http://digitalcommons.unl.edu/insectamundi/326>
- Fritz L, Heinrichs E, Machado V, Andreis TF, Pandolfo M, Salles SM, Oliveira JV, Fiuza LM. 2011. Diversity and abundance of arthropods in subtropical rice growing areas in the Brazilian south. *Biodiversity and Conservation*, 20(10): 2211-2224.
- Gamarra G. 1996. *Arroz: Manual de Producción*. Montevideo. Editorial Hemisferio Sur. 440p.
- Ghafoor A, Mahmood A. 2011. Population dynamics of the araneid fauna from district Gujranwala, Pakistan. *The journal of Animal and Plant Sciences*, 21(4): 812-816.
- Gliessman SR. 2007. *Agroecology: The ecology of sustainable food systems* (2nd ed). Boca Raton, FL: CRC Press-Taylor & Francis. 408p.
- González E, Salvo M, Defagó MT, Valladares G. 2016. A moveable feast: moving at the forest-crop interface are affected by crop phenology and the amount of forest in the landscape. *PLoS ONE*, 11(7): e0158836.
- González-Oreja JA, de la Fuente Díaz AA, Hernández Santín L, Buzo Franco D, Bonache Regidor C. 2010. Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies. Un ejemplo con aves en áreas verdes de la ciudad de Puebla, México. *Animal Biodiversity and Conservation*, 33(1): 31-45.

- Goswami TN, Kumari K, Kole AB. 2015. Quantitative estimation of spider fauna in rice ecosystem of Zone IIIA in Bihar. *Environment and Ecology*, 33(2): 783-785.
- Gotelli NJ, Colwell RK. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4: 379-391.
- Green J. 1999. Sampling method and time determines composition of spider collections. *The Journal of Arachnology*, 27: 176-182.
- Gurr G, Wratten S, Snyder W. 2012. Biodiversity and insect pests: Key issues for sustainable management. West Sussex, Reino Unido. Wiley-Blackwell. 347p.
- Hatcher MJ, Dick JTA, Dunn AM. 2006. How parasites affect interactions between competitors and predators. *Ecology Letters*, 9: 1253-1271.
- Hayes KA, Cowie RH, Thiengo SC, Strong EE. 2012. Comparing apples with apples: clarifying the identities of two highly invasive Neotropical Ampullariidae (Caenogastropoda), *Zoological Journal of the Linnean Society*, 166: 723-753.
- Heinrichs EA. 2007. Management of rice insect pests. Radcliffe's IPM World Textbook. St. Paul, Minn. (USA): University of Minnesota. [En línea]: 10 mayo 2012. <http://ipmworld.umn.edu/chapters/heinrich.htm>
- Heinrichs EA, Barrion AT. 2004. Rice feeding insects and selected natural enemies in West Africa: Biology, Ecology, Identification. IRRI. 242p.
- Heinrichs EA. 1994. Biology and management of rice insects. Ed E.A. Heinrichs. Wiley Eastern Ltd., India and International Rice Research Institute (IRRI) Manila, Philippines. 779p.
- Heiss JS, Meisch MV. 1985. Spiders (Araneae) associated with rice in Arkansas with notes on species compositions of populations. *The Southwestern Naturalist*, 30 (1): 119-127. <https://doi.org/10.2307/3670665>

- Heong KL. 2009. Are planthopper problems caused by a breakdown in ecosystem services? En: Heong, K.L., Hardy, B. (Eds.). *Planthoppers: New Threats to the Sustainability of Intensive Rice Production Systems in Asia*. Los Baños (Philippines), International Rice Research Institute, 221-232.
- Heong KL, Aquino GB, Barrion AT. 1991. Arthropod community structures of rice ecosystems in the Philippines. *Bulletin of Entomological Research*, 81: 407-416.
- Hooper Du, Adair EC, Cardinale BJ, Byrnes JEK, Hungate BA, Matulich KL, González A, Duffy JE, Gamfeldt L, O'Connor MI. 2012. A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature*, 486: 105-108.
- Hormiga G, Döbel H. 1990. A new *Glenognatha* (Araneae, Tetragnathidae) from New Jersey, with redescrptions of *G. centralis* and *G. minuta*. *Journal of Arachnology*, 18: 195-204.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). 2019. Boletín Periódico Arroz. 3a década noviembre. Programa Nacional Arroz, INIA Treinta y Tres. 21p.
- Jiménez-Valverde A, Hortal J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología. Sección Boletín*, 151-161.
- Jocqué R, Dippenaar-Schoeman AS. 2007. *Spider Families of the World*. Musée Royal de l'Afrique Central, Tervuren. 336 p.
- Joshi RC. 2005. Managing invasive alien species in rice. *Minireview International Rice Research Institute Notes*, 5-13.
- Kenmore PE, Carino FO, Pérez CA, Dyck VA, Gutiérrez AP. 1984. Population regulation of the rice brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stal) within rice fields in the Philippines. *Journal of Plant Protection in the Tropics*, 1: 19-37.

- Knapp M, Řezáč M. 2015. Even the smallest non-crop islands could be beneficial: distribution of carabid beetles and spiders in agricultural landscape. PLoS ONE, 10(4): e0123052. doi:10.1371/journal.pone.0123052
- Kush GS. 1997. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. Plant Molecular Biology, 35: 25-34.
- Lenné JM, Wood D. 2011. Agrobiodiversity revisited. En: Lenné J.M. y Wood, D. (Eds.). Agrobiodiversity management for food security. Oxfordshire. CAB International, 1-11.
- Lenné JM. 2011. Management of Crop-associated Biodiversity Above-ground. En: Lenné J.M. y Wood, D. (Eds.). Agrobiodiversity management for food security. Oxfordshire. CAB International, 111-133.
- Louzada JNC, Nichols ES. 2012. Detritivorous insects. En: Panizzi A.R. y Parra J.R.P. (Eds.). Insect Bioecology and nutrition for Integrated Pest Management. CRC Press, 397-415.
- Lupi D, Rocco A, Rossaro B. 2013. Benthic macroinvertebrates in Italian rice fields. Journal Limnology, 72(1): 184-200.
- Macedo I, Castillo J, Saldain N, Martínez S, Bordagorri A, Hernández J, Terra J. 2017. Cerrando un ciclo de las rotaciones arroceras: rendimiento del cultivo de arroz y cultivos alternativos. Montevideo. INIA. Serie técnica 233, 63-65.
- Macedo I, Castillo J, Saldain N, Martínez S, Ayala W, Hernández J, Serrón N, Bordagorri A, Zorrilla G. 2016. Nuevas rotaciones arroceras: primeros datos de productividad. Arroz. Asociación de Cultivadores de Arroz. Año XVI, N°88: 34-39.
- Magurran AE. 2004. Measuring biological diversity. Malden, USA. Blackwell Publishing. 256p.

- Martins JF Da S, Prando HF. 2004. Bicheira da raiz do arroz. En: Salvadori JR, Ávila CJ, Braga MT da S. (Eds.). *Pragas de solo no Brasil*. Passo Fundo, RS. EMBRAPA, FUNDACEP, 259-296.
- Martins JF da S, Mello M, Mattos MLT, Chocorosqui VR, Weber DS, Soares JC. 2003. Virulencia de fungos entomopatogénicos ao gorgulho-aquático. Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 3. Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 25, 2003, Balneário Camboriú. *Anais: Epagri*, 388-390.
- Maurer BA, McGill BJ. 2011. Measurement of species diversity. En: Ed: Magurran AE, McGill BJ. (Eds.). *Biological diversity: Frontiers in measurement and assessment*. Oxford University Press. 344p.
- Mineo FM, Del-Claro K, Domingos Brescovit A. 2010. Seasonal variation of ground spiders in a Brazilian Savanna. *Zoología*, 27 (3): 353-362.
- Molozzi J, Hepp LU, Dias A. da S. 2007. Influence of rice crop on the benthic community in Itajaí Valley (Santa Catarina, Brazil). *Acta Limnologica Brasileira*, 19(4): 383-392.
- Morelli E, Verdi A. 2014. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 1160-70.
- Moreno CE. 2000. Métodos para medir la biodiversidad. Centro de Investigaciones Biológicas, México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 83p.
- Murphy WL, Knutson LV, Chapman EG, Mc Donnell RG, Williams CD, Foote BA, Vala JC. 2012. Key Aspects of the Biology of Snail-Killing Sciomyzidae Flies. *Annual Review of Entomology*, 57: 425-47.
- Naeem S, Chapin FS, Costanza R, Ehrlich PR, Golley FB, Hooper DU, Lawton JH, O'Neil RV, Mooney HA, Sala OE, Symstad AJ, Tilman D. 1999. Biodiversity and ecosystem functioning: maintaining natural life support processes. *Issues in Ecology*, No4. Ecological Society of America, Washington DC. 11p.

- Norton GW, Heong KL, Johnson D, Savary S. 2010. Rice pest management: issues and opportunities. En: Pandey S, Byerlee D, Dawe D, Dobermann A, Mohanty S, Rozelle S, Hardy B. (Eds.). Rice in the global economy: strategic research and policy issues for food security. Los Banos, Philippines. International Rice Research Institute, 297-332.
- Noss RF. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4 (4): 355-364.
- Nyffeler M, Sunderland KD. 2003. Composition, abundance and pest control potential of spider communities in agroecosystems: A comparison of European and US studies. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 95: 579-612.
- Ocón C, Rodríguez Capítulo A. 2012. Assessment of water quality in temperate-plain streams (Argentina, South America) using a multiple approach. *Ecología Austral*, 22: 81-91.
- Oraze MJ, Grigarick AA, Lynch JH, Smith KA. 1988. Spider fauna of flooded rice fields in northern California. *Journal of Arachnology*, 16: 331-337.
- Parys KA, Johnson SJ. 2011. Collecting insects associated with wetland vegetation: an improved design for a floating pitfall trap. *The Coleopterist Bulletin*, 65(4): 341-344.
- Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, European Geosciences Union, 4(2): 439-473.
- Peet RK. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Reviews of Ecology and Systematics*, 5: 285-307.
- Pittelkow CM, Zorrilla G, Terra J, Riccetto, Macedo I, Bonilla C, Roel A. 2016. Sustainability of rice intensification in Uruguay from 1993 to 2013. *Global Food Security*, 9: 10-18.

- Porrini DP, Castro AV, Cicchino AC. 2014. Los carábidos (Coleoptera: Carabidae) asociados a los remanentes de bosque nativo en la Reserva Natural Municipal Laguna de los Padres, Buenos Aires. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 73(1-2): 35-48.
- PROBIDES (Programa de Conservación de la Biodiversidad y Desarrollo Sustentable en los Humedales del Este). 1999. Plan Director. Reserva de Biosfera Bañados del Este, Rocha, Uruguay. 159p.
- Quirós Mc Intire E. 2005. Etapas de desarrollo y fisiología de la planta de arroz. En: Capacitación para la formación de plagueros. Panamá, IDIAP. 8p.
- Ramsar Convention on Wetlands. 2010. A Ramsar framework for wetland inventory and ecological character description. Handbook 15 for the wise use of wetlands, 4th [En línea]: 15 mayo 2019: <http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-15.pdf>
- Rivas M. 2010. Valorización y conservación de la biodiversidad en Uruguay. En: García Préchac F, Ernst O, Arbeletche P, Pérez Bidegain P, Pritsch C, Ferenczi A, Rivas M. (Eds.). *Intensificación Agrícola: oportunidades y amenazas para un país productivo y natural*. Fondo Universitario para contribuir a la comprensión pública de temas de interés general. 125p.
- Rizo-Patrón F, Kumar A, McCoy Colton MB, Springer M, Trama FA. 2013. Macroinvertebrate communities as bioindicators of water quality in conventional and organic irrigated rice fields in Guanacaste, Costa Rica. *Ecological indicators*, 29: 68-78.
- Rodrigues EN, Mendonça M, Ott R. 2008. Fauna de aranhas (Arachnida, Araneae) em diferentes estágios do cultivo de arroz irrigado em Cachoeirinha, RS, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, 98(3): 362-371.
- Rodríguez WD, Navarrete-Heredia JL, Klimaszewski J. 2018. Rove beetles collected with carrion traps (Coleoptera: Staphylinidae) in Quercus forest of Cerro de

- García, Jalisco and Quercus, Quercus-pine, and pine forests in other jurisdictions of Mexico. *Zootaxa*, 4433(3): 457-477.
- Roger PA, Heong KL, Teng PS. 1991. Biodiversity and Sustainability of Wetland Rice Production: Role and Potential of Microorganisms and Invertebrates. *The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: Its Role in Sustainable Agriculture*. Hawksworth D.L. Ed. CAB international, 117-136.
- Roger PA. 1996. Biology and management of the floodwater ecosystem in ricefields. Manila 1099, Philippines. International Rice Research Institute. 250p.
- Roldán GA. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Medellín, Colombia. Primera Edición. Editorial Universidad de Antioquia, 170p.
- Saska P, van der Werf W, Hemerik L, Luff ML, Hatten T, Honek A. 2013. Temperature effects on pitfall catches of epigeal arthropods: a model and method for bias correction. *Journal of Applied Ecology*, 50: 181-189.
- Settle WH, Ariawan A, Tri Astuti E, Cahyana W, Hakim AL, Hindayana D, Sri Lestari A, Pajarningsih A. 1996. Managing tropical rice pests through conservation of generalist natural enemies and alternative prey. *Ecology*, 77(7): 1975-1988.
- Speight MR, Hunter MD, Watt AD. 1999. *Ecology of Insects: Concepts and Applications*. Oxford, Oxford University Press. 628p.
- Tanaka K, Endo S, Kazano H. 2000. Toxicity of insecticides to predators of rice planthoppers: Spiders, the mirid bug and the dryinid wasp. *Applied Entomology and Zoology*, 35(1): 177-187.
- Thair HM, Butt A. 2009. Effects of Different Management Practices and Field Margins on the Abundance of Ground Spiders in Rice Ecosystems. *Pakistan Journal of Zoology*, 41(2): 85-93.

- Thorbek P, Topping CJ. 2005. The influence of landscape diversity and heterogeneity on spatial dynamics of agrobiont linyphiid spiders: An individual-based model. *BioControl*, 50:1-33.
- Tilman D, Cassman K, Matson PA, Naylor R, Polasky S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418: 671-677.
- Tscharntke T, Klein AM, Kruess A, Steffan-Dewenter I, Thies C. 2005. Landscape perspectives on agriculture intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8: 857-874.
- Uetz GW, Halaj J, Cady AB. 1999. Guild structure of spiders in major crops. *The Journal of Arachnology*, 27: 270-280.
- Uruguay XXI (Promoción de Inversiones, Exportaciones e Imagen País). 2018. Informe anual de comercio exterior. Promoción de inversiones, exportaciones e imagen país. 11p. [En línea]: 19 junio 2019: <https://www.uruguayxxi.gub.uy/uploads/informacion/690cc2f9aaa8763b54d802d8e991665b4e007585.pdf>
- Varela RP, Gapud VP. 2007. Rice paddies as corridors for conservation of aquatic fauna 4th INWEPF Steering Meeting and Symposium. [En línea]: 10 junio 2019. https://www.researchgate.net/publication/263357063_RICE_PADDIES_AS_CORRIDORS_FOR_CONSERVATION_OF_AQUATIC_FAUNA
- Villareal H, Álvarez M, Córdoba S, Escobar F, Fagua G, Gast F, Mendoza H, Ospina M, Umaña AM. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Bogotá, Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Humboldt. 236p.
- Way MJ, Islam Z, Heong KL, Joshi RC. 1998. Ants in tropical irrigated rice: distribution and abundance, especially of *Solenopsis geminata* (Hymenoptera: Formicidae). *Bulletin of Entomological Research*, 88: 467-476.

- Weigelt A, Weisser WW, Buchmann N, Scherer-Lorenzen. 2009. Biodiversity for multifunctional grasslands: equal productivity in high-diversity low-input and low-diversity high-input systems. *Biogeosciences*, 6: 1695-1706.
- Wilby A, La LP, Heong KL, Huyen NPD, Quang NH, Minh NV, Thomas MB. 2006. Arthropod diversity and community structure in relation to land use in the Mekong delta, Vietnam. *Ecosystems*, 9: 538-549.
- Wilson AL, Watts RJ, Stevens MM. 2008. Effects of different management regimes on aquatic macroinvertebrate diversity in Australian rice fields. *Ecological Research*, 23: 565-572.
- Yadav SK, Mishra GC. 2013. Biodiversity measurement determines stability of ecosystems. *International Journal of Environmental Science Development and Monitoring*, 4: 68-72.
- Yang L, Gratton C. 2014. Insects as drivers of ecosystem processes. *Current Opinion in Insect Science*, 2: 26-32.
- Zumbado MA, Azofeifa D. 2018. Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204p.

7. ANEXOS

7.1 ARTÍCULO PUBLICADO EN CHECKLIST 15 (1): 71–77.

<https://doi.org/10.15560/15.1.71> (CAPÍTULO 2)



First records of *Sepedonea lindneri* (Hendel, 1932) and *Protodictya lilloana* Steyskal, 1953 (Diptera, Sciomyzidae) from Uruguay with an overview on their biology

Leticia Bao¹, Enrique Castiglioni², Sebastián Martínez³, Marcoandre Savaris⁴, Luciane Marinoni⁵

¹ Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Protección Vegetal, Unidad de Entomología, Avenida Garzón 780, CP 12900, Montevideo, Uruguay. ² Centro Universitario Regional del Este, Universidad de la República, Rocha, Uruguay. ³ Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Laboratorio de Patología Vegetal, Ruta 8, Km 281, CP 33000 Treinta y Tres, Uruguay. ⁴ Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" ESALQ-USP, Departamento de Entomologia e Acarologia – LEA, Av. Pádua Dias, 11, Caixa Postal 9, CEP 13418-900, Bairro Agronomia, Piracicaba, SP, Brazil. ⁵ Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas, Departamento de Zoologia, Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Caixa Postal 19020, CEP 81531-980, Curitiba, PR, Brazil.
Corresponding author: Leticia Bao, baofeticia@gmail.com

Abstract

Sciomyzidae (Diptera) has been recorded in several countries of South America, but few species have been found in Uruguay. We report the first record of *Sepedonea lindneri* (Hendel, 1932) and *Protodictya lilloana* Steyskal, 1953 (Diptera, Sciomyzidae) from Uruguay. The specimens were collected in rice crops and in adjacent native vegetation with sweep net and vacuum sampler from December to March (2012–2015) in the Eastern region of the country. Photos of collection areas, habitus of adults and distribution map of the species are provided.

Key words

Apple snail control, geographic distribution, marsh flies, Neotropical Region, rice crop.

Academic editor: Eliana Buenaventura | Received 26 September 2018 | Accepted 19 December 2018 | Published 25 January 2019

Citation: Bao L, Castiglioni E, Martínez S, Savaris M, Marinoni L (2019) First records of *Sepedonea lindneri* (Hendel, 1932) and *Protodictya lilloana* Steyskal, 1953 (Diptera, Sciomyzidae) from Uruguay with an overview on their biology. Check List 15 (1): 71–77. <https://doi.org/10.15560/15.1.71>

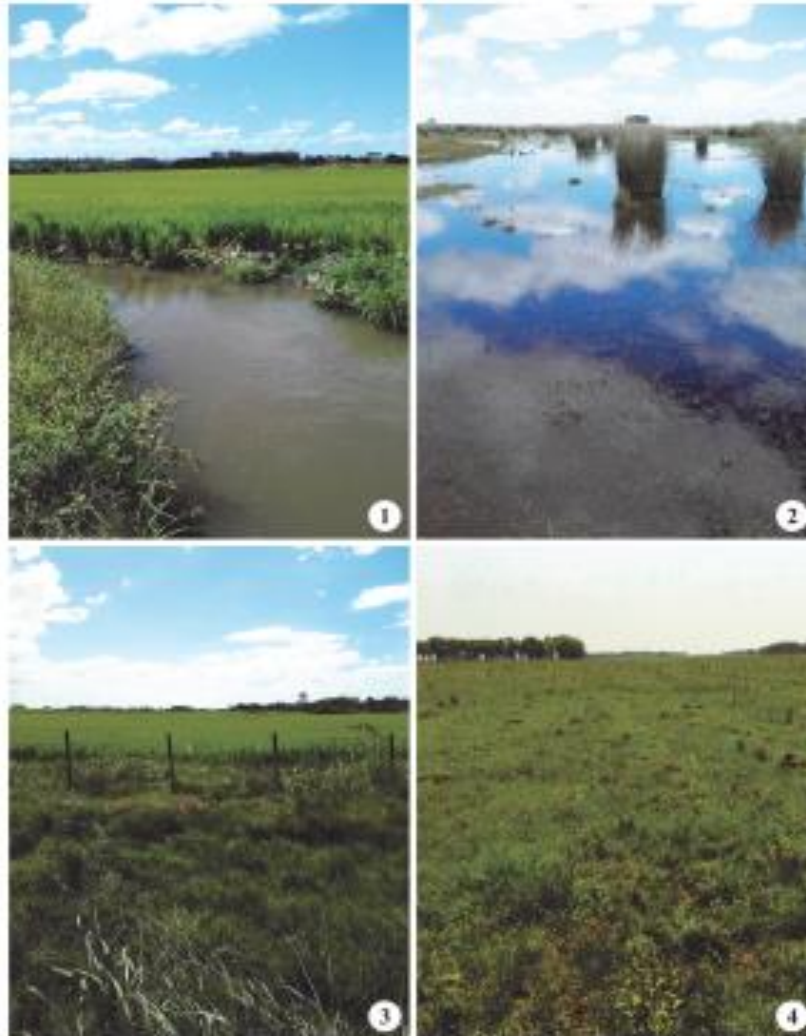
Introduction

The Sciomyzidae (Diptera) are commonly known as marsh flies or snail-killing flies. They are the only family formed almost exclusively by obligate killers of mollusks (Marinoni and Knutson 2010, Chapman et al. 2012). Within the Diptera, Sciomyzidae is the family of greatest relevance as biocontrol agent of gastropods (Gormally 1988, Maharaj et al. 1992, Barker et al. 2004, Marinoni and Knutson 2010, Kirst et al. 2015).

Species of this family are small to moderately large and range from 1.8 to 11.5 mm in length. Their color

varies from shiny black to dull gray, brown, yellowish or reddish. Wings are often patterned. Legs are often elongated and antennae elongated and prorect (Knutson 1987b). Sciomyzid flies are recognized by the absence of oral vibrissae, postocellar setae parallel or slightly diverging, costa entire, subcostal complete, one or more tibia with preapical setae (Barker et al. 2004).

The family Sciomyzidae comprises more than 600 species in approximately 63 genera distributed worldwide, with a higher diversity recorded from temperate regions (Vala et al. 2012, 2013, Marinoni and Mathis 2006, Marinoni and Murphy 2016). In the Neotropical



Figures 1–4. Environments of collection of Sciomyzidae. 1. River near rice crop. 2. Temporary pond with aquatic plants. 3. Native vegetation in the border of rice crop. 4. Pasture.

Region, the number of taxa described is 163 species in 25 genera (Berg and Knutson 1978, Knutson 1987a, b, Marinoni and Mathis 2000, Marinoni and Murphy 2016). The fauna of Sciomyzidae from Uruguay is poorly known. The only report corresponds to that by Marinoni and Murphy (2016) who reported *Perilissus albifacies*

Hecker, 1909 and *Synsagotus bipunctatus* (Mallech, 1933) from Montevideo. Since then, additional species were not described or recorded for this country. The aim of this study was assessing the arthropod diversity associated to rice crop.

We report *Synsagotus lindneri* (Hendel, 1932) and

Protodictya lilloana Steyskal, 1953 for the first time in Uruguay. New studies and surveys will undoubtedly increase the number of sciomyzid species known for this country.

Methods

This study was conducted in the Treinta y Tres province, Eastern region of Uruguay, from December 2012 to November 2015. The adult sciomyzids were collected with a sweep net and vacuum sampler during a biodiversity project carried out on rice agroecosystem in 4 localities: Julio María Sanz (33°11'54.99" S, 054°05'12.30" W), El Tigre (33°13'27.80" S, 053°59'38.84" W), General Enrique Martínez (33°12'08.15" S, 53°50'47.98" W) and Paso de la Laguna (33°16'27.07" S, 054°09'53.52" W) (Fig. 12).

The Eastern region of Uruguay is one of the most important cultivated areas (ACA 2013). It is located within the Bañados del Este, a wetland area that belongs to an international protected area by the RAMSAR convention (PROBIDES 1999). Different aquatic environments were sampled. Collecting was done near a small river bordering the rice crops (Fig. 1). Also, natural areas with temporary ponds and aquatic plants formed during the rainy season (Fig. 2) were sampled, as well as disturbed margins and surroundings with the vegetation altered, such as pastures (Figs 3, 4). Rice crop and native vegetation surroundings (NV: riparian forest patches) were also sampled. Collections with an aerial net were made by vegetation sweeping. The net was used along the crop, doing 8 transects of 20 sweeps by location. Vacuum sampler was used to aspirate at 15 points, for 60 seconds in each location.

Collected flies were placed into plastic vials with 70% ethyl alcohol and taken to the Entomology Laboratory of Facultad de Agronomía (Montevideo) where they were prepared for identification. The adults were identified following the taxonomic keys by Steyskal and Knutson (1975), Freidberg et al. (1991), Marinoni and Knutson (1992), Marinoni and Mathis (2006). Voucher

specimens were deposited at the Entomological Collection of Facultad de Agronomía, Universidad de la República (Unidad de Entomología, Montevideo, Uruguay) and Entomological Collection, "Padre Jesus Santiago Moure," Department of Zoology, Universidade Federal do Paraná (DZUP).

The habitus illustrations are digital photographs taken from a lateral view with a stereoscopic microscope Konus Crystal 45 with a Dino-Eye Microscope Eyepiece Camera, enhanced using Photoshop CS6 to adjust the color and make minor corrections (e.g. remove debris).

Distribution maps were made using Quantum GIS 2.8. Longitude and latitude were obtained for each locality where specimens were collected using a GPS GARMIN Etrex and were entered into a Microsoft Excel spreadsheet. Localities of specimens were plotted on a world land projection, presented within ESRI ArcView layouts, and exported as encapsulated postscript (EPS) files.

Results

A total of 28 specimens of marsh-flies belonging to the genera *Sepedonea* Steyskal and *Protodictya* Malloch were collected and identified. *Sepedonea lindneri* (Hendel, 1932) and *Protodictya lilloana* Steyskal, 1953 are reported for the first time for Uruguay (Table 1).

Sepedonea lindneri (Hendel, 1932)

Figures 5–8

New records. Uruguay: Treinta y Tres, Paso de la Laguna (33°16'27.07" S, 054°09'53.52" W, 1-II-2013, 6-III-2013, 14-XI-2013) Leticia Bao y Luis Casales (11 specimens). El Tigre (33°14'47.58" S, 054°05'27.86" W, 23-I-2013, 14-XI-2013, 26-XII-2013) Leticia Bao, Luis Casales y María Caraballo (7 specimens). *S. lindneri* was collected mainly in rice crops, but 3 specimens were collected in adjacent native vegetation patches (Table 1).

Protodictya lilloana Steyskal, 1953

Figures 9–11

New records. Uruguay: Treinta y Tres, El Tigre (33°14'47.58" S, 054°05'27.86" W, 19-XII-2012) Leticia Bao

Table 1. Sciomyzid species and collecting data. Abbreviations: N = number of specimens collected, NV = native vegetation patches adjacent to rice crop.

Species	N	Date	Locality	Landscape / N	Sampling method	Collectors*
<i>Sepedonea lindneri</i> (Hendel, 1932)	11	1-II-2013 6-III-2013 14-XI-2013	Paso de la Laguna	Rice (11)	Sweep net	LB, LC
	7	23-I-2013 14-XI-2013 26-XII-2013	El Tigre	Rice (4), NV (3)	Vacuum sampler/sweep net	LB, LC, MC
	4	14-XI-2013 28-XI-2013	Julio María Sanz	Rice (4)	Vacuum sampler	LB, LC
	1	19-XII-2012	El Tigre	Rice (1)	Sweep net	LB, LC
<i>Protodictya lilloana</i> Steyskal 1953	5	14-XI-2013 17-III-2014 13-X-2013	General Enrique Martínez	Rice (2), NV (2), Pasture (1)	Vacuum sampler	LB, LC, MC

*Abbreviated names: LB = Leticia Bao, LC = Luis Casales, MC = María Caraballo.



Figures 5–8. *Sepedoneo lindneri* (Hendel, 1932). 5. Habitus, lateral view. 6. Head, dorsal. 7. Head, lateral. 8. Hind leg, lateral.

y Luis Casales (1 specimen). General Enrique Martínez (33°12'8.15" S, 53°50'47.98" W, 14-XI-2013, 17-III-2014, 13-X-2014) Leticia Bao, Luis Casales y María Caraballo (5 specimens). Julio María Sanz (33°11'54.99" S, 054°05'12.30" W, 14-XI-2013, 28-XI-2013) Leticia Bao y Luis Casales (4 specimens). *P. lilloana* was mainly found in rice crop, with 2 specimens collected in adjacent native vegetation patches and 1 specimen collected on pasture (Table 1).

Identification. According to Freidberg et al. (1991), adults of *S. lindneri* are usually yellow to dark brown, with a lateral facial spot on the head (Fig. 7). Postocellar setae well developed and ocellar seta absent (Fig. 6). The mesonotum is usually grayish black (Figs 5, 6). Mid femur postero-ventrally with 4–7 spines. Hind femur with dark lateral and rounded dorsal preapical spots (Fig. 8). Wings are grayish hyaline, with indistinct clouds on crossveins $r-m$ and $dm-cu$ (Fig. 5). This species has the southernmost



Figures 9–11. *Protodictya lilloana* Steyskal 1953. 9. Habitus, lateral view. 10. Head, dorsal. 11. Head, lateral.

distribution of all congeners and can be differentiated from other species of the genus using the key in Freidberg et al. (1991). *Protodictya lilloana* can be identified using the key in Marinoni and Knutson (1992). Adults are dark brown with a frontal facial black spot in the anterior half (Figs 10, 11). The antenna with third antennomere apically darkened bearing a plumose arista. Wings have apical hyaline spots in cells r_{2+3} and r_{4+5} aligned (Fig. 9).

Discussion

Sepedonea and *Protodictya* are widely distributed in the Neotropical Region, mainly in Brazil (Marinoni and Knutson 2010). *Sepedonea* with 13 species and *Protodictya* with 8 species are within the richest sciomyzid genera in neotropical areas (Marinoni and Knutson 2010, KIRST et al. 2015). However, few species of Sciomyzidae

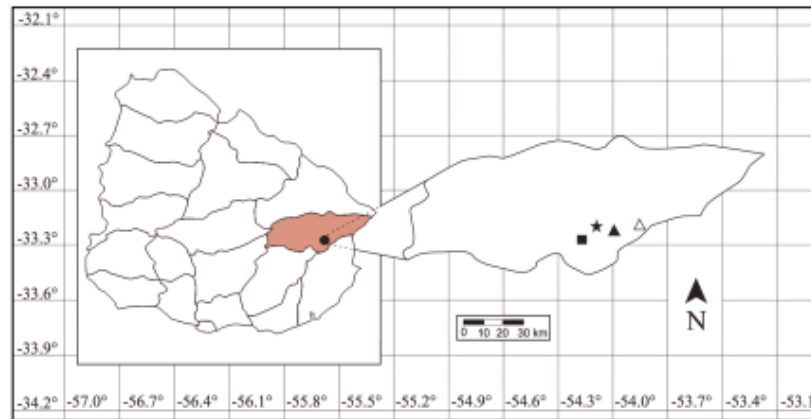


Figure 12. New records of the Sciomyzidae species from Treinta y Tres province, Uruguay: Δ – General Enrique Martínez, $\star$ – El Tigre, $\blacksquare$ – Julio María Sanz, $\blacklozenge$ – Paso de la Laguna.

have been recorded in Uruguay (*Perilimnia albifacies* and *Sepedomerus bipuncticeps*) (Marinoni and Murphy 2016), and knowledge on species is still scarce. In this work, we expanded the distributions of *Sepedonea lindneri* and *Protodictya lilloana* to Uruguay. These species are present in the Pampean Region (Pires and Marinoni 2010, Kirst et al. 2015), but at the moment have not been reported from Uruguay.

Both species are predators of non-operculate snails in different freshwater situations and are strictly neotropical (Knutson and Valley 1978, Freidberg et al. 1991, Marinoni personal communication). These species belong to the same eco-group defined by Barker et al. (2004), the group that inhabits in benthic freshwater, estuarine littoral habitats and in wetlands to dry land habitats. Oviposition takes place on prey or habitat substrates, and first instar larvae feeding behavior ranges from saprophagous scavenger, to polyphagous predator or parasitoid, or oligophagous parasitoid.

Considering the potential hosts present in the habitats surveyed, it is worth mentioning the golden apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822) (Gastropoda, Ampullariidae) as a species commonly found in Uruguay (Hayes et al. 2012). *Pomacea canaliculata* became a rice pest in the Asiatic continent after its introduction as human food or exotic snails in aquarists' shops (Joshi 2005, Murphy et al. 2012). *Pomacea canaliculata* is prey of certain sciomyzid larvae in the Nearctic Region in freshwater habitats (Foote et al. 1999).

The species *S. lindneri* and *P. lilloana* recorded for Uruguay in this work, can play an important role in the biological control of this snail pest in rice crops in Uruguay. Given the type of habitat and host/prey required by sciomyzids and the rice cultivation under flooding, the crop could be considered as a biological corridor for

these species. Both species are closely associated with semi-aquatic environments where they develop and find their hosts. More research should be conducted with the aim of knowing the host snail species that the 2 sciomyzid species reported here have the potential to control, considering that *P. canaliculata* is not a pest at present in Uruguay but causes severe damages in invaded Asiatic fields (Joshi 2005, Murphy et al. 2012).

Acknowledgements

LB was supported by a PhD fellowship (ANII, Agencia Nacional de Investigación e Innovación, ANII POS-NAC_2012_4459). We thank Héctor da Fonseca, Jorge Servetto and Raúl Servetto, who generously allowed us to conduct the research on their farms and to Ing. Agr. Marcelo Segovia for providing useful management information from General Enrique Martínez farm. We thank the Programa de Pós-Graduação em Entomologia USP/ESALQ. We also thank the anonymous reviewers and the subject editor for their help to improve the manuscript.

Author's Contributions

The paper was originally conceived by LB and LM. Study was designed by LB and EC. LB, SM carried out the fieldwork. LB processed collected material, LM and MS identified the exemplars and performed the curatorial work. LB analyzed the data. MS made the distribution map. All authors wrote the final version of the manuscript.

References

- ACA (2013) Guía de buenas prácticas en el cultivo de arroz en Uruguay. http://www.aca.com.uy/wp-content/uploads/2014/07/GUIA_DE_BUENAS_PRACTICAS_marzo_2013.pdf Accessed on: 2018-07-05.

- Barker G, Knutson L, Vala JC, Coupland JB, Barnes J (2004) Overview of the biology of marsh flies (Diptera: Sciomyzidae), with special reference to predators and parasitoids of terrestrial gastropods. In: Barker GM (Ed) Natural Enemies of Terrestrial Molluscs. Wallingford, CABI Publishing, 159–225.
- Berg CO, Knutson LV (1978) Biology and systematics of the Sciomyzidae. Annual Review Entomology 23: 239–258. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.23.010178.001323>
- Chapman EG, Przhiboro AA, Harwood JD, Foote BA, Hoch WR (2012) Widespread and persistent invasions of terrestrial habitats coincident with larval feeding behavior transitions during snail-killing fly evolution (Diptera: Sciomyzidae). BMC Evolutionary Biology 12: 1–22. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-12-175>
- Foote BA, Knutson LV, Keiper JB (1999) The snail-killing flies of Alaska (Diptera: Sciomyzidae). Insecta Mundi 13: 45–71.
- Freidberg A, Knutson L, Abercrombie J (1991) A revision of *Sepedonea*, a neotropical genus of snail-killing flies (Diptera: Sciomyzidae). Smithsonian Contributions to Zoology 506: 1–48. <https://doi.org/10.54796/00810282.506>
- Gormally MJ (1988) Studies on the oviposition and longevity of *Llano albiveta* (Dipt.: Sciomyzidae) potential biological control agent of liver fluke. Entomophaga 33: 387–395.
- Hayes KA, Cowie RH, Thiengo SC, Strong EE (2012) Comparing apples with apples: clarifying the identities of two highly invasive Neotropical Ampullariidae (Caenogastropoda). Zoological Journal of the Linnean Society 166: 723–753.
- Joshi RC (2005) Managing invasive alien species in rice. International Rice Research Institute Notes 30: 5–13.
- Kirst FD, Marinoni L, Krüger RF (2015) New distribution records for Sciomyzidae species (Insecta, Diptera) from Rio Grande do Sul, Brazil. Check List 11: 1552. <https://doi.org/10.1556/011.1.1552>
- Knutson LV (1987a) Life cycles of snail-killing flies: *Phorbellia griseicollis*, *Sciomyza dryomyzina*, *S. simplex*, and *S. testacea* (Diptera: Sciomyzidae). Insect Systematics & Evolution 18 (4): 383–391. <https://doi.org/10.1163/187631287X00197>
- Knutson LV (1987b) Sciomyzidae. In: McAlpine JF (Ed.) Manual of Nearctic Diptera 2. Biosystematics Research Centre, Ottawa, 927–940.
- Knutson LV, Valley K (1978) Biology of a neotropical snail-killing fly, *Sepedonea ixifoni* (Diptera: Sciomyzidae). Proceedings of the Entomological Society of Washington 80 (2): 197–209.
- Maharaj R, Appleton CC, Miller RM (1992) Snail predation by larvae of *Sepedonea scapularis* Adams (Diptera: Sciomyzidae), a potential biocontrol agent of snail intermediate hosts of schistosomiasis in South Africa. Medical and Veterinary Entomology 6: 183–187.
- Marinoni L, Knutson LV (1992) Revisão do gênero neotropical *Protodictya* Malloch, 1933 (Diptera, Sciomyzidae). Revista Brasileira de Entomologia 36 (2): 25–45.
- Marinoni L, Knutson LV (2010) Sciomyzidae. In: Brown BV, Borkeat A, Cumming JM, Wood DM, Woodley NE, Zumbado MA (Eds) Manual of Central American Diptera. Vol. 2. NRC Research Press, Ottawa, 1007–1024.
- Marinoni L, Mathis WN (2000) A cladistic analysis of Sciomyzidae Fallen (Diptera). Proceedings of Biological Society of Washington 113: 162–209.
- Marinoni L, Mathis WN (2006) A cladistic analysis of the Neotropical genus *Sepedonea* Steyskal (Diptera: Sciomyzidae). Zootaxa 1236: 37–52.
- Marinoni L, Murphy WL (2016) Family Sciomyzidae. In: Wolff M, Nihel SS, Carvalho CJB (Eds) Catalogue of Diptera of Colombia. Zootaxa 4122 (1): 642–647. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4122.1.3>
- Murphy WL, Knutson LV, Chapman EG, Mc Donnell RG, Williams CD, Foote BA, Vala JC (2012) Key aspects of the biology of snail-killing Sciomyzidae Flies. Annual Review of Entomology 57: 425–47. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100702>
- Pires AC, Marinoni L (2010) Historical relationships among Neotropical endemic areas based on *Sepedonea* (Diptera: Sciomyzidae) phylogenetic and distribution data. Zoologia 27 (5): 681–690. <https://doi.org/10.1590/S1984-4672010000500003>
- PROBIDES (1999) Plan Director. Reserva de Biodiversidad del Este, Uruguay. PROBIDES, Rocha, Uruguay, 159 pp.
- Steyskal GC, Knutson LV (1975) Key to the genera of Sciomyzidae (Diptera) from the Americas South of the United States, with descriptions of two new genera. Proceedings of the Entomological Society of Washington 77 (3): 274–277.
- Vala JC, Murphy WL, Knutson LV, Rozkošný R (2012) A cornucopia for Sciomyzidae (Diptera). Studia Dipterologica 19 (1–2): 67–137.
- Vala JC, Murphy WL, Knutson LV, Rozkošný R (2013) Corrigenda for the publication “A cornucopia for Sciomyzidae (Diptera).” Studia Dipterologica 20 (2): 183–188.

7.2 ARTÍCULO PUBLICADO EN BIODIVERSITY DATA JOURNAL

Biodiversity Data Journal 6: e24974. <https://doi.org/10.3897/BDJ.6.e24974>
(CAPÍTULO 3).



Biodiversity Data Journal 6: e24974
doi: 10.3897/BDJ.6.e24974



Research Article

Spider assemblages associated with different crop stages of irrigated rice agroecosystems from eastern Uruguay

Leticia Bao[‡], Joaquín Ginella[§], Mónica Cadenazzi^{||}, Enrique A. Castiglioni[¶], Sebastián Martínez[#], Luis Casales[#], María P. Caraballo[‡], Álvaro Laborda[§], Miguel Simo[§]

[‡] Unidad de Entomología. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Garzón 780. CP 12900, Montevideo, Uruguay

[§] Sección Entomología. Facultad de Ciencias. Universidad de la República. Igúá 4225. CP 11400, Montevideo, Uruguay

^{||} Departamento de Biometría Estadística y Computación. Estación Experimental Mario Cassinoni, EEMAC. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Ruta 3 km 363, Paysandú, Uruguay

[¶] Centro Universitario Regional del Este, CURE. Universidad de la República. Ruta 9 y Ruta 15, Rocha, Uruguay

[#] Laboratorio de Patología Vegetal, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Ruta 8 Km 281, CP33000, Treinta y Tres, Uruguay

Corresponding author: Leticia Bao (bauleticia@gmail.com)

Academic editor: Pedro Cardoso

Received: 12 Mar 2018 | Accepted: 24 Apr 2018 | Published: 03 May 2018

Citation: Bao L, Ginella J, Cadenazzi M, Castiglioni E, Martínez S, Casales L, Caraballo M, Laborda Á, Simo M (2018) Spider assemblages associated with different crop stages of irrigated rice agroecosystems from eastern Uruguay. Biodiversity Data Journal 6: e24974. <https://doi.org/10.3897/BDJ.6.e24974>

ZooBank: urn:lsid:zoobank.org:pub:EAE869B-DF25-4756-B886-79CE3C6B301F

Abstract

The rice crop and associated ecosystems constitute a rich mosaic of habitats that preserve a rich biological diversity. Spiders are an abundant and successful group of natural predators that are considered efficient in the biocontrol of the major insect pests in agroecosystems. Spider diversity in different stages of the rice crop growth from eastern Uruguay was analysed. Field study was developed on six rice farms with rotation system with pasture, installed during intercropping stage as cover crop. Six rice crops distributed in three locations were sampled with pitfall and entomological vacuum suction machine. Sixteen families, representing six guilds, were collected. Lycosidae, Linyphiidae, Anyphaenidae and Tetragnathidae were the most abundant families (26%, 25%, 20% and 12%, respectively) and comprised more than 80% of total abundance. Other hunters

© Bao L et al. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

(29%), sheet web weavers (25%) and ground hunters (24%) were the most abundant guilds. Species composition along different crop stages was significantly different according to the ANOSIM test. The results showed higher spider abundance and diversity along the crop and intercrop stages. This study represents the first contribution to the knowledge of spider diversity associated with rice agroecosystem in the country.

Keywords

Agroecology, Araneae, diversity, guilds composition, rice crop

Introduction

The study of biological diversity associated with agroecosystems has focused the attention of biologists in the last decades to produce sustainable crops. One of them has been the cultivation of rice, which is the most ancient form of intensive agriculture in the world (Fernando 1977). During 2016, more than 159 million hectares were cultivated in more than 100 countries (FAOSTAT 2016). Irrigated rice crops are seasonal temporary wetland ecosystems with a variable degree of agronomical management (Bambaradeniya et al. 2004). Throughout a single cultivation period, rice agroecosystem presents three major temporary ecological phases: aquatic, semiaquatic and dry (Fernando 1995).

Uruguay produced 1,348,301 tonnes of rice, becoming the seventh exporter country in the world during the 2013/2014 season (ACA 2015). According to the Khush classification (Khush 1984), Uruguay cultivates rice in irrigated environments with a standing layer of water of 5 to 10 cm of depth. Rice cultivation in the country is mostly based on a rotational production system with perennial pastures, consisting in two years of rice crop, followed by four years of pastures, integrated with livestock production (ACA 2013). One of the more important cultivated areas is the eastern region of the country, located within the Bañados del Este, a wetland region which belongs to an internationally protected area by the RAMSAR convention. In this region of the country, rice cultivation area is commonly surrounded by other crops or pasture areas or remnants of native ecosystems like patches of riparian forests and wetlands (PROBIDES 1999).

The rice crop and associated ecosystems (natural environments or other crops) constitute a rich mosaic of habitats that preserve a high biological diversity (Roger 1996). This disturbance promotes intensive changes in the ecotones like processes of colonisation, migration, reproduction and higher rates of growth of organisms (Bambaradeniya 2000). Furthermore, the flood production system provides a temporal environment that is beneficial for the conservation of invertebrates and vertebrate species (Heong et al. 1991, Schoenly et al. 1996). Currently, the International Rice Research Institute (IRRI) aims to develop ecological engineering methods to strengthen the diversity of natural enemies and to increase the ecosystem services they provide (Norton et al. 2010). Some important components of this diversity are certain arthropod groups which participate as regulators of

insect pest populations (Roger 1996), giving an ecological service provided by biodiversity of the rice ecosystem itself (Heinrichs and Barrion 2004, Naeem et al. 1999). Spiders constitute a megadiverse order with high value as biological control agents against the major insect pests in agroecosystems (Riechert and Lockley 1984, Norma-Rashid et al. 2014, Pompozzi et al. 2014). The ecosystem service provided by spiders as generalist predators in agroecosystems is supported in part by the availability of alternative habitats from which they take refuge and recolonise the crop after cultivation and the following growth stages (Hibbert and Buddle 2008).

A few studies related to spider diversity in agroecosystems and adjacent environments have been carried out in Uruguay (Simó et al. 2011, Jorge et al. 2013). Despite the fact that rice has been grown in Uruguay for so many years, there are no data about the spider fauna associated with this crop in the country and the impact on insect pest communities. Considering the role of this group, the knowledge of the assemblages of spider species present in the different rice phenological stages is crucial for the ecological management of the crop.

In the present paper, we study the spider diversity in different stages of the rice crop from eastern Uruguay, with the aim of identifying the changes along the crop cycle and to provide baseline information as a tool for evaluation of the impact of management practices on crop sustainability.

Materials and methods

Study area and crop management

The main area for rice production in Uruguay is located in the eastern region of the country (ACA 2015). It belongs to Laguna Merín basin, with rice and livestock farming as main production activities. The field study was conducted in rice farms of first and second year crop in a system rotation with pasture, installed during intercropping stage as cover crop. Sampling periods were performed considering intercropping and the phenological stages of the crop where the main rice pests are detected: post-seeding, tillering and grain filling. Post-seeding is an early stage during the first 20 to 30 days of the crop where the early seedling growth occurs. Tillering is a flooded stage that comprises the vegetative growth of the plant. Grain filling is also a flooded stage where immature grains of rice arise. Pastures were composed of a mix of *Lotus corniculatus* L. (Fabaceae), *Lolium multiflorum* Lam. (Poaceae) and *Trifolium repens* L. (Fabaceae). Native vegetation patches present in the study area correspond to the type riparian forest habitat with an average vegetation height of 4 metres. The most common floristic composition of this area is the hydrophilic species as *Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg. (Phyllanthaceae) immediate to the water line and an intermediate edge of transition species to pasture represented by *Erythrina cristagalli* L. (Fabaceae), *Scutia buxifolia* Reiss. (Rhamnaceae), *Celtis tala* Gillies ex Planch. (Cannabaceae), *Schinus longifolius* (Lindl.) Speg. (Anacardiaceae), *Myrcianthes cisplatensis* (Cambess.) O. Berg (Myrtaceae), *Tillandsia* sp. (Bromeliaceae) (Muñoz et al.

2011). Three collecting sites were selected: Julio María Sanz ($33^{\circ}11'54.99''\text{S}$, $54^{\circ}5'12.30''\text{W}$), El Tigre ($33^{\circ}13'27.80''\text{S}$, $53^{\circ}59'38.84''\text{W}$) and General Enrique Martínez ($33^{\circ}12'8.15''\text{S}$, $53^{\circ}50'47.98''\text{W}$) located in Treinta y Tres Department, eastern Uruguay (Fig. 1). According to the Köppen-Geiger classification, Uruguay belongs to the Cfa climate type, which corresponds to temperate climate without a dry season and the hottest month (January) with the temperature above 22°C (Peel et al. 2007). The soil type is a melanised solod of the "La Charqueada" Soil Unit. The crop was treated only with herbicide previous to sowing; no insecticide was applied on rice and pasture (Altamirano et al. 1976).

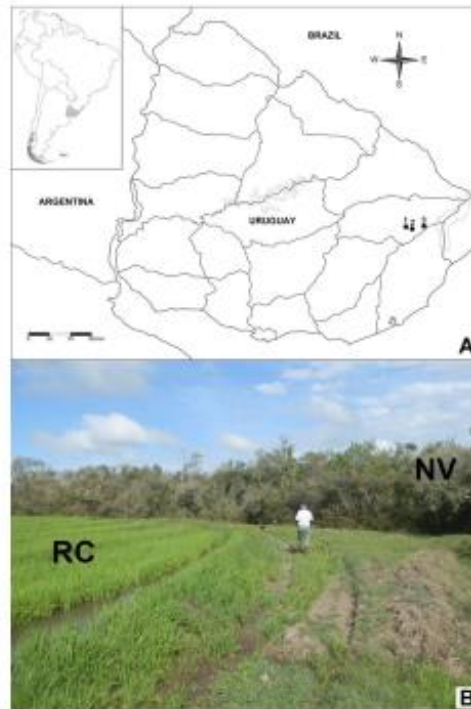


Figure 1. [doi](#)

A) Sampling locations Julio María Sanz (1), El Tigre (2) and General Enrique Martínez (3). B) View of the rice crop (RC) usually surrounded by native vegetation patches (NV)

Spider collection and data analysis

From November 2013 to November 2015, two rice paddies on each of the three collecting sites were sampled seasonally (one rice paddy of first and other of second year), resulting in six rice paddies in the whole work. Spiders were sampled with pitfall traps and an entomological vacuum suction machine. Fifteen pitfall traps were installed for each crop and set for a week. Each trap consisted of a 400 ml cup containing 100 ml conservative

mix (8.5 volumes of distilled water, 1.5 volumes of acetic acid 4%, 1 volume NaCl). Ground and vegetation from the surrounded area of each pitfall trap (3 to 4 metres away) was sampled during one minute with the vacuum suction machine (fifteen samples per paddy). The collected material was kept in 70% ethanol. Specimens were identified at family and species/morphospecies level using keys and taxonomic revisions from literature (Grismado et al. 2014). Vouchers were deposited in the arachnological collection of Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay. Only adults were considered for species/morphospecies identification. Guilds were assigned following Cardoso et al. (2011). EstimateS 9.1.0 (Collwell 2013) was used to calculate species accumulation curves for each collecting method and analytical richness estimators (Chao 1, Jackknife 1 and Bootstrap) in order to evaluate the sampling effort. Total number of spiders per sampling moment were compared using generalised linear-mixed model with Poisson distribution (PROC GLIMMIX, S.A.S. Institute 2009). Means were separated using Tukey-Kramer ($p < 0.05$). To test statistic differences intaxonomic composition between the sampling moments, we used ANOSIM and SIMPER analysis performed with PAST 3.14 software (Hammer et al. 2001).

Results

A total of 16 families, 61 species/morphospecies and six guilds of spiders were registered (Table 1). From the 2088 spiders collected, 945 were adults (45%) and 1143 juveniles (55%). The most abundant spider families were Lycosidae, Linyphiidae, Anyphaenidae and Tetragnathidae (26%, 25%, 20% and 12%, respectively) that represented more than 80% of total relative abundance (Table 2).

Table 1.
Families and species collected in rice fields.

Family	Species/morphospecies
Anyphaenidae	<i>Acanthoceto acupicta</i>
	<i>Arachosia magna</i>
	<i>Sanogasta maculatipes</i>
Araneidae	<i>Alpaida veniliae</i>
	<i>Alpaida versicolor</i>
	<i>Argiope argentata</i>
	<i>Araneidae</i> sp1
	<i>Larinia bivittata</i>
Corinnidae	<i>Mazax cf ramirezi</i>
Ctenidae	<i>Asthenoctenus borellii</i>
Gnaphosidae	<i>Camilina chilensis</i>
	<i>Apopyllus silvestri</i>

Family	Species/morphospecies
	<i>Gnaphosidae</i> sp1
Linyphiidae	<i>Linyphiidae</i> sp1 to sp9
	<i>Scolecuroa propinqua</i>
	<i>Sphecozone ignigena</i>
	<i>Sphecozone</i> sp1
	<i>Sphecozone</i> sp2
	<i>Tutaibo</i> sp1
	<i>Tutaibo</i> sp2
Lycosidae	<i>Agalenocosa velox</i>
	<i>Allocosa</i> sp1
	<i>Allocosa</i> sp2
	<i>Allocosa</i> sp3
	<i>Diapontia uruguayensis</i>
	<i>Lobizon corondaensis</i>
	<i>Lobizon humilis</i>
	<i>Lycosa cf thorelli</i>
	<i>Lycosa u-album</i>
	<i>Lycosinae</i> sp1
	<i>Lycosinae</i> sp2
	<i>Lycosa auroguttata</i>
	<i>Schizocosa malillosa</i>
Miturgidae	<i>Miturgidae</i> sp1
Oxyopidae	<i>Oxyopes salticus</i>
Pholcidae	<i>Pholcidae</i> sp1
Salticidae	<i>Hisukattus transversalis</i>
	<i>Dendryphantus mordax</i>
	<i>Salticidae</i> sp1
	<i>Salticidae</i> sp2
	<i>Salticidae</i> sp3
Tetragnathidae	<i>Glenognatha lacteovitatta</i>
	<i>Leucage volupis</i>
	<i>Tetragnatha</i> sp1
	<i>Tetragnatha</i> sp2
Theridiidae	<i>Staloda ancorata</i>
	<i>Theridiidae</i> sp1
	<i>Theridiidae</i> sp2

Family	Species/morphospecies
	<i>Thymoites</i> sp1
Thomisidae	Thomisidae sp1
	Thomisidae sp2
Titanoecidae	<i>Goeldia luteipes</i>
Trachelidae	<i>Meriola cetiformis</i>

Table 2.

Family relative abundances during different crop stages.

Family	Sampling moment								
	post-seeding	tillering 1	grain filling 1	intercrop 1	tillering 2	grain filling 2	intercrop 2	Subtotal	
Anyphaenidae	25	116	144	6	24	67	33	415	19.88
Araneidae	0	6	12	30	7	12	9	76	3.64
Corinnidae	2	0	0	0	1	0	2	5	0.24
Ctenidae	1	0	0	0	0	0	0	1	0.05
Gnaphosidae	3	1	0	0	1	0	0	5	0.24
Linyphiidae	100	129	26	91	37	11	122	516	24.71
Lycosidae	30	197	53	32	65	59	114	550	26.34
Miturgidae	0	1	2	0	0	0	0	3	0.14
Oxyopidae	0	4	1	1	1	1	24	32	1.53
Pholcidae	0	0	1	0	0	0	0	1	0.05
Salticidae	9	35	49	2	4	11	25	135	6.47
Tetragnathidae	23	106	24	18	25	39	10	245	11.73
Theridiidae	2	8	16	9	4	1	11	51	2.44
Thomisidae	2	3	1	4	0	26	7	43	2.06
Titanoecidae	1	0	0	0	3	0	0	4	0.19
Trachelidae	0	0	1	0	1	2	2	6	0.29
	198	606	330	193	173	229	359	2088	100

Hisukattus transversalis Galiano, 1987, *Lycosa auroguttata* (Keyserling, 1891), *Lobizon corondaensis* (Mello-Leitão, 1941), *Agalenocosa velox* (Keyserling, 1891), *Sphecozone ignigena* (Keyserling, 1886), *Camillina chilensis* (Simon, 1902), *Mazax ramirezi* (Rubio & Danışman, 2014) and *Arachosia magna* are registered for the first time for Uruguay (Table 1).

Spider abundance adjusted to Poisson distribution and presented statistical differences between sampling periods, showing higher values in the intercrop stages and the lower values immediately after seeding ($F=24.22$, $df=562$, $p>0.0001$, Fig. 2A). The discrete variable (number of spiders per sample) was adjusted to Binomial, Negative Binomial and Poisson distribution. The indicators used to compare the adjustments were the Akaike (AIC), Bayesian (BIC) criteria and the logarithm of the Maximum Likelihood (-2LMV). Poisson distribution had the best values for all the indications mentioned above in all cases. Species richness per sampling period was higher at tillering of the first year and intercrop of the second year sampling ($F=7.16$, $df=6$, $p<0.0036$; Fig. 2B). Considering sampling done during crop presence, tillering stage richness values were higher than the grain filling stage.

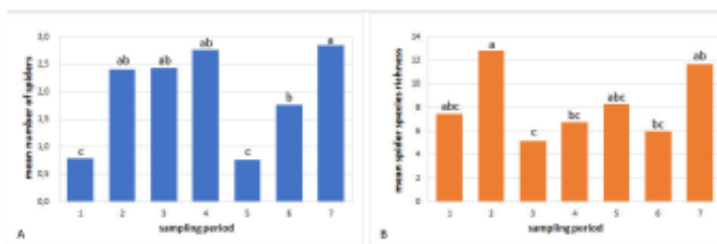


Figure 2. [doi](#)

A) Mean number of spiders per sample. Different letters indicate significant differences compared by Tukey-Kramer test ($F=24.22$, $df=562$, $p<0.0001$). B) Mean spider species richness. Different letters indicate significant differences compared by Tukey-Kramer test ($F=7.16$, $df=6$, $p<0.0036$). Sampling periods: 1:post-seeding; 2 and 5: tillering, 3 and 6: grain filling; 4 and 7: intercrop.

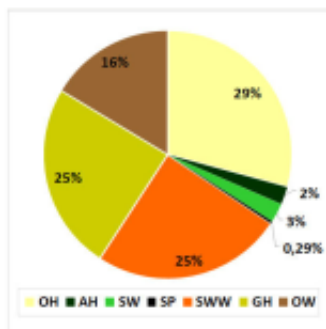


Figure 3. [doi](#)

Spider guilds relative abundances for the whole collecting period. OH: other hunters, AH: ambush hunters, SWW: sheet web weavers, SP: specialists, SW: space weavers, GH: ground hunters, OW: orb web weavers.

Other hunters, sheet web weavers and ground hunters were the more abundant guilds with 29%, 25% and 24% of relative abundance respectively (Fig. 3).

Species accumulation curve was non-asymptotic, indicating that there could be additional species to be sampled (Fig. 4). Richness estimators showed that at least 67% of the total expected species were sampled (Incidence based estimators: Jack 2: 91.17, 67%; Chao 2: 82.67, 74%; Bootstrap 69.85, 87%; Jack 1: 80.5, 76%; Abundance based estimator Chao 1: 79.04; 77%). Singletons represented 27.8% of the species collected, doubletons 13.1%, uniques 32.8% and duplicates 14.7%.

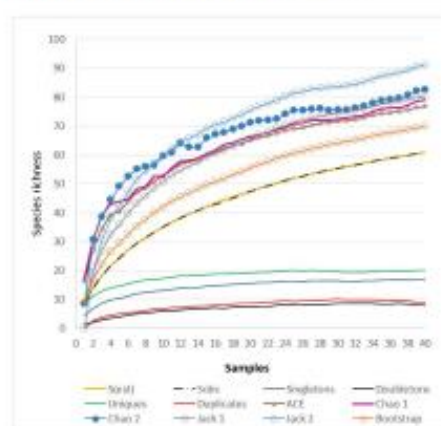


Figure 4. [doi](#)

Species accumulation curves of observed (S) and corrected richness (S est: 500 randomisations), singletons, doubletons, uniques and duplicates from the forty samples from different sampling moments: 1-6: post-seeding, 7-12, 23-28: tillering, 13-18, 29-34: grain filling, 19-22, 35-40: intercrop.

According to the SIMPER test comparing between collecting moments, *Lycosa thorelli* (Keyserling, 1877), *Glenognatha lacteovitatta* (Mello-Leitao, 1944), *Scolecuroa propinqua* (Millidge, 1991), *Tetragnatha* sp. 1, *Diapontia uruguayensis* (Keyserling, 1877), *Sphecozone ignigena* (Keyserling, 1886) and *Sanogasta maculatipes* (Keyserling, 1891) contributed to 57% of the observed dissimilarity (Suppl. material 1). Relative abundances of species by crop stage showed different patterns according to the species considered (Fig. 5). *Arachosia magna* (Rubio and Ramírez, 2015), *Acanthoceto acupicta* (Nicolet 1849) and *Apopyllus silvestri* (Simon 1905) were collected only in the rice crop. Meanwhile *Oxyopes salticus* (Hentz 1845), *Alpaida versicolor* (Keyserling 1877), *Salticidae* sp. 1 and *Salticidae* sp. 2, were collected only during the intercrop stage. Species composition for collecting moments were significantly different according to the ANOSIM test ($R=0.544$, $p=0.0001$ Jaccard index, $R=0.433$, $p=0.0001$ Morisita index).

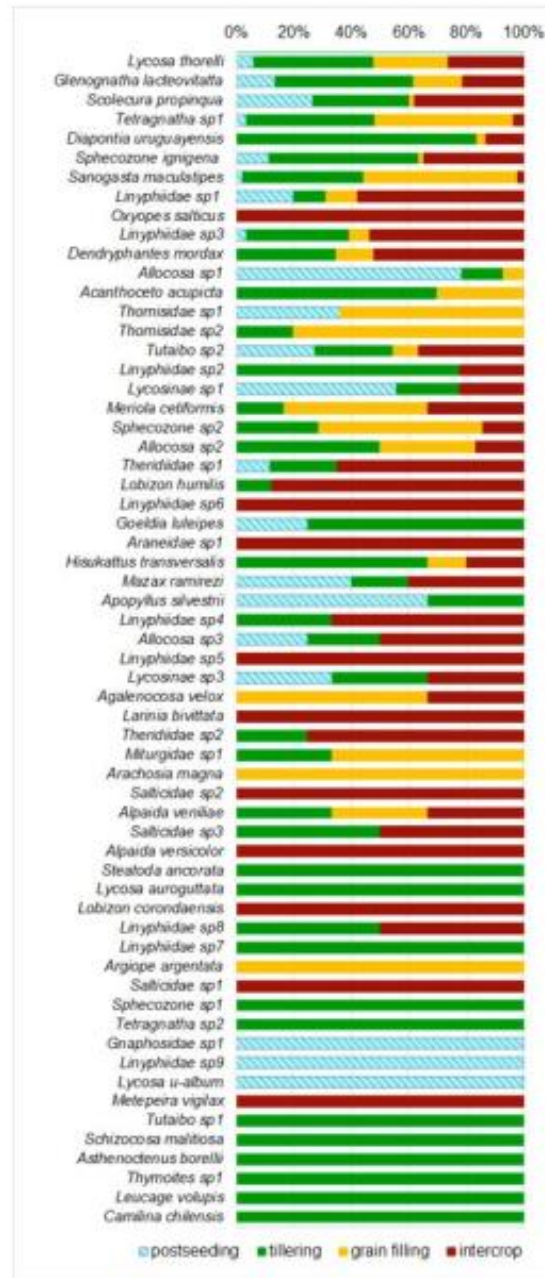


Figure 5. doi

Relative abundances of the more abundant species according to crop stage.

Discussion

Total number of spiders per sample was lower in the early crop stages and increasing to the end of the crop cycle. Recently tilled fields had low vegetation complexity and represent a critical period for predator's establishment (Rypstra et al. 1999). The recovery of spider populations after disturbances in the field is achieved by reproduction, but immigration of surrounding habitats is also very important (Thorbeck and Topping 2005). Therefore, surrounding habitats like pastures, other crops and riparian vegetation patches could serve as a reservoir of species that can recolonise the rice crop after the tillage or other management disturbances (Thorbeck and Bilde 2004). Considering species richness during the crop cycle, the higher values observed at the tillering stages could be explained by the high intensity of spider colonisation from neighbouring environments. Beltramo et al. 2006 observed in soybean crops from Argentina, that after soil disturbance, spiders with aerial dispersion promote recolonisation from surrounding habitats.

In this study, we confirm that rice crops serve as reservoirs for spider species that were recorded at different regional environments.

A. magna was reported in grasses and near streams from Argentina (Rubio and Ramírez 2015). According to this, the species was registered only for the grain filling stage, when rice plants are in flooded ground.

A. velox was registered in flooded grasslands from Argentina (Piacentini 2014). Similarly, in the rice crop, the species was collected in grain filling (flooded area) and intercrop stages (pastures).

L. corondaensis was reported for woodlands neighbouring grasslands from Argentina (Piacentini and Grismado 2009). Although a few specimens were collected in this study, they were registered in pasture and flooded stages of the rice crop.

Mazax ramirezi was collected in pitfall traps for grasslands from Buenos Aires, Argentina. In this study, all the exemplars were also obtained with this type of traps and the species was found throughout the rice cycle.

Lobizon humilis (Mello-Leitao, 1944) (Lycosidae) was registered mainly during the intercrop stage. The species was reported from Argentina (Piacentini and Grismado 2009) and prefers open grasslands (Rubio et al. 2008). Other records from data collection in Uruguay are associated with rocky hills and wetlands (Simó et al. 2015). *Sphecozone ignigena* (Linyphiidae) has been collected in rice crops in southern Brazil (Rodrigues et al. 2008). In this study, it was registered in all crop and intercrop stages, being more abundant during rice presence.

Sanogasta maculatipes (Anyphaenidae) was more abundant at tillering and grain filling stages in the rice cultivation, as it was also reported from Brazilian crops (Rodrigues et al. 2008). The species constructs refuges on foliage and grasses (Ramírez 2003) which explains its scarcity in the post-seeding stage of the crop, where vegetation complexity is

scarce. *Diapontia uruguayensis* (Lycosidae) was registered throughout the whole cycle, but it was more abundant during the tillering stage when water has just arrived to the crop. This agrees with the fact that the species usually lives in association with water streams or flooded soils (Piacentini et al. 2017). The presence of *Asthenocetus borellii* Simon, 1897 (Ctenidae) and *Apopyllus silvestri* (Gnaphosidae) during postseed and tillering stages was expected, considering these species have been reported in Uruguay from native but also from disturbed environments (Simó et al. 2000, Costa et al. 2006)

Glenognatha lacteovitatta (Tetragnathidae) was reported for alfalfa and wheat crops from Argentina (Armendano and González 2010, Armendano and González 2011). The species was found in all the stages surveyed in this study which suggests it colonises the initial stages of the crop from the surrounding habitats. *Goeldia luteipes* (Titanoecidae) was similar, being recorded in post-seeding and tillering stages.

The family *Linyphiidae* presented high species diversity and it was the second more abundant in this study. This result agrees with the results of Rodrigues et al. (2013) in rice crops from southern Brazil. *Sphecozone ignigena* was reported from rice crops in southern Brazil (Rodrigues et al. 2013) and, in the present study, it was recorded along the crop and the intercrop stages. This suggests that this species and other linyphiids represent an important part of the spiders colonising rice seedlings after crop installation.

The range percentage obtained for the richness estimators was nearly 70% to 87%, indicating that a comprehensive inventory would be reached (Cardoso 2009) and additional species are pending sampling.

Except for sensing web spiders, all the guilds proposed by Cardoso et al. (2011) were registered in this study. Other hunters (29%), sheet web weavers (25%) and ground hunters (25%) were the most abundant guilds in the crop. Other hunters were mostly represented by Anyphaenidae and Salticidae. Previous studies related to spider guilds structure in rice crop (Uetz et al. 1999, Rodrigues et al. 2008) registered ground hunters and sheet web weavers as the more abundant guilds. In the present study, they ranked as second and third most abundant guilds, mostly composed of Lycosidae and Linyphiidae, respectively. These families are commonly abundant in agroecosystems in many parts of the world and are mentioned as potential pest control agents (Nyffeler and Sunderland 2003). According to Jocqué and Dippenaar-Schoeman (2007), lycosids are supposed to have co-evolved with grasslands, which could explain the abundance of this group in the rotation system with pastures used in Uruguay, representing a fourth part of the total abundance at family level (Table 2). Additionally, the use of pitfall traps in this study can also explain the greater abundance of this family. These traps are considered a good method for collecting dwelling spiders (Green 1999). Linyphiids also represented a fourth part of the total abundance at family level in this study (Table 2). They are abundant in moderate temperatures and high humidity regions, where they spin sheet webs in tall herbs or close to the ground (Nyffeler and Sunderland 2003). The fourth most abundant guild was the group of orb web weavers mostly represented by *Glenognatha lacteovitatta* (Tetragnathidae). This species was reported as a common species in alfalfa and wheat in Argentina (Armendano and González 2010, Armendano and González 2011). Some

species of *Glenognatha* construct webs close to the soil surface (Hormiga and Döbel 1990) and specimens of this genus were reported in rice crops in Arkansas (Heiss and Meisch 1985). Ballooning present in linyphiid and tetragnathid species represent a good ability for dispersion, colonisation and survival to water contact (Hayashi et al. 2015), which is an advantageous characteristic for living in rice paddy fields.

This study represents the first contribution to the knowledge of spider diversity associated with rice crop agroecosystems in Uruguay. The results showed a high spider abundance and diversity throughout the crop and intercrop stages. Future research should focus on successional changes in the mosaic of landscapes of the region and evaluate the effects of management strategies on biodiversity, in order to promote its conservation and assure a sustainable rice crop production through natural biological control.

Acknowledgements

To Héctor Da Fonseca, Jorge and Raúl Servetto, who kindly allowed us to conduct the research on their farms; and to Ing. Agr. Marcelo Segovia for his help on Charqueada farm selection and providing farm management information.

Funding program

Fellowship ANII POSNAC_2012_4459 L. Bao.

Hosting institution

Unidad de Entomología. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Garzón 780. CP 12900. Montevideo. Uruguay.

Author contributions

The paper was originally conceived by LB and MS. The study was designed by LB, MC and EC. LB, LC, SM and MPC carried out the field work. MS, LB, JG and AL identified the exemplars and performed the curatorial work. LB, MS and MC analyzed the data. LB and MS wrote the final version of the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

References

- ACA (2013) Guía de buenas prácticas en el cultivo de arroz en Uruguay. <http://www.aca.com.uy/manual-de-buenas-practicas-agricolas>. Accessed on: 2018-2-26.

- ACA (2015) Informe arrocero – febrero 2015. <http://www.uruguayxxi.gub.uy/informacion/wp-content/uploads/sites/9/2015/06/Informe-arrocero-Febrero-2015-Uruguay-XXI.pdf>. Accessed on: 2018-2-01.
- Altamirano A, Da Silva H, Durán A, Echeverría A, Panario D, Puentes R (1976) Clasificación de Suelos. 1. Ministerio de Agricultura y Pesca, Montevideo, 96 pp.
- Armendano A, González A (2010) Comunidad de arañas (Arachnida, Araneae) del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) en Buenos Aires, Argentina. *Revista de Biología Tropical* 58 (2): 757-767.
- Armendano A, González A (2011) Spider fauna associated with wheat crops and adjacent habitats in Buenos Aires, Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 1176-1182.
- Bambaradeniya CN (2000) Ecology and biodiversity in an irrigated rice field ecosystem in Sri Lanka. PhD Thesis. University of Peradeniya, Sri Lanka, 525 pp.
- Bambaradeniya CNB, Edirisinghe JP, De Silva DN, Gunatilleke CVS, Ranawana KB, Wiekoon S (2004) Biodiversity associated with an irrigated rice agro-ecosystem in Sri Lanka. *Biodiversity and Conservation* 13: 1715-1753. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000029331.92656.de>
- Beltramo J, Bertolaccini I, González A (2006) Spiders of soybean crops in Santa Fe Province, Argentina: Influence of surrounding spontaneous vegetation on lot colonization. *Brazilian Journal of Biology* 66 (3): 891-898.
- Cardoso P (2009) Standardization and optimization of arthropod inventories—the case of Iberian spiders. *Biodiversity Conservation* 18: 3949-3962. <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9690-7>
- Cardoso P, Pekár S, Jocqué R, Coddington JA (2011) Global patterns of guild composition and functional diversity of spiders. *PLoS ONE* 6 (6): e21710. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021710>
- Collwell RK (2013) EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. URL: [Persistent URL](http://purl.org/estimates)
- Costa FG, Simó M, Aisenberg A (2006) Composición y ecología de la fauna epigea de Marindia (Canelones, Uruguay) con especial énfasis en las arañas: un estudio de dos años con trampas de intercepción. In: Menafra R, Rodríguez-Gallego L, Scarabino F, Conde D (Eds) Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya. Vida Silvestre Uruguay, Montevideo.
- FAOSTAT (2016) FAOSTAT Database. <http://www.fao.org/faostat/>. Accessed on: 2017-12-28.
- Fernando CH (1977) Investigation on the aquatic fauna of tropical rice fields with special reference to South East Asia. *Geo-Eco-Trop* 3: 169-188.
- Fernando CH (1995) Rice fields are aquatic, semi-aquatic, terrestrial and agricultural: a complex and questionable limnology. In: Timotius KH, Golltenboth F (Eds) *Tropical Limnology*. Vol. 1. Satya Wacana University Press, Salatiga, 121-148 pp.
- Green J (1999) Sampling method and time determines composition of spider collections. *Journal of Arachnology* 27: 176-182.
- Grismado CJ, Ramírez MJ, Izquierdo MA (2014) Araneae: Diversidad y clave de identificación de familias de la Argentina. In: Claps LE, Roig-Juñent SA (Eds) *Biodiversidad de artrópodos argentinos*. 3. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales, San Miguel de Tucumán, 55-93 pp.

- Hammer R, Harper DA, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* 4 (1): 9.
- Hayashi M, Bakkeil M, Hyde A, Goodacre S (2015) Sail or sink: novel behavioural adaptations on water in aerially dispersing species. *BMC Evolutionary Biology* 15: 118. <https://doi.org/10.1186/s12862-015-0402-5>
- Heinrichs EA, Barrion AT (2004) *Rice-feeding Insects and Selected Natural Enemies in West Africa: Biology, Ecology, Identification*. International Rice Research Institute (IRRI), Manila. [ISBN 97122019002]
- Heiss JS, Melach MV (1985) Spiders (Araneae) associated with rice in Arkansas with notes on species compositions of populations. *The Southwestern Naturalist* 30 (1): 119-127. <https://doi.org/10.2307/3870865>
- Heong KL, Aquino GB, Barrion AT (1991) Arthropod community structures of rice ecosystems in the Philippines. *Bulletin of Entomological Research* 81: 407-416. <https://doi.org/10.1017/S0007485300031977>
- Hibbert AC, Buddle CM (2008) Assessing the dispersal of spiders within agricultural fields and an adjacent mature forest. *The Journal of Arachnology* 36 (1): 195-198. <https://doi.org/10.1636/T07-145C.1>
- Homiga G, Döbel H (1990) A new *Glenognatha* (Araneae, Tetragnathidae) from New Jersey, with redescription of *G. centralis* and *G. minuta*. *Journal Arachnology* 18: 195-204.
- Jacqué R, Dippenaar-Schoeman A (2007) *Spider Families of the World*. Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, 336 pp.
- Jorge C, Laborda A, Simó M (2013) Las arañas en plantaciones de *Pinus taeda*: su potencial uso como controladores biológicos. *INIA, Serie Técnica* 209: 15-22.
- Khush GS (1984) Terminology for rice growing environments. In: *Terminology for rice growing environments*. International Research Institute, Manila.
- Muñoz J, Rosa P, P. C (2011) *Flora indígena del Uruguay: árboles y arbustos ornamentales*. Editorial Hemisferio Sur. Hemisferio Sur, Montevideo, 320 pp. [In Spanish].
- Naeem S, Chair FS, Chapin I, Costanza R, Ehrlich PR, Golley FB, Hooper DU, Lawton JH, O'Neill RV, Mooney HA, Sala OE, Symstad AJ, Tilman D (1999) *Biodiversity Ecosystem Functioning: Maintaining Natural Life Support Processes*. *Issues in Ecology* 4: Ecological Society of America, Washington DC.
- Norma-Rashid Y, Azizi WM, Zainudin W, Dzulhelmi MN, Masduki N (2014) Spiders as Potential Ecofriendly Predators Against Pests. In: Sahayana K (Ed.) *Basic and Applied Aspects of Biopesticides*. Springer, India, 245-254 pp.
- Norton GW, Heong KL, Johnson D, Savary S (2010) Rice pest management: issues and opportunities. In: Pandey S, Byrlee D, Dawe D, Dobermann A, Mohanty S, Rozelle S, Hardy B (Eds) *Rice in the global economy: strategic research and policy issues for food security*. IRRI, Los Banos, 477 pp.
- Nyffeler M, Sunderland KD (2003) Composition, abundance and pest control potential of spider communities in agroecosystems: A comparison of European and US studies. *Agriculture Ecosystems and Environment* 95: 579-612. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00181-0](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00181-0)
- Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA (2007) Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences* 11: 1633-1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>

- Piacentini LN, Grismado CJ (2009) *Lobizon* and *Navira*, two new genera of wolf spiders from Argentina (Araneae: Lycosidae). *Zootaxa* 2195: 1-33.
- Piacentini LN (2014) A taxonomic review of the wolf spider genus *Agalenocosa* Mello-Leitão (Araneae, Lycosidae). *Zootaxa* 3790 (1): 1-35. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3790.1.1>
- Piacentini LN, Scioscia CL, Carbajal MN, Ott R, Brescovit AD, Ramírez MJ (2017) A revision of the wolf spider genus *Diapontia* Keyserling, and the relationships of the subfamily Sosippinae (Araneae: Lycosidae). *Arthropod Systematics and Phylogeny* 75 (3): 387-415.
- Pompozzi GA, Ferretti NE, Copperi MS, Simó M, Ferrero AA (2014) Arthropod fauna of winter wheat of southwest Buenos Aires Province, Argentina. *Munis Entomology and Zoology* 9 (1): 182-190.
- PROBIDES (1999) Plan Director. Reserva de Biosfera Bañados del. PROBIDES, Este, Uruguay. Rocha, UY.
- Ramírez M (2003) The spider subfamily Amaurobioidinae (Araneae, Anyphaenidae): a phylogenetic revision at the generic level. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 277: 262.
- Riechert SE, Lockley T (1984) Spiders as biological control agents. *Annual Review of Entomology* 29: 299-320. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.29.010184.001503>
- Rodrigues EN, Mendonça M, Ott R (2008) Fauna de aranhas (Arachnida, Araneae) em diferentes estágios do cultivo de arroz irrigado em Cachoeirinha, RS, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia* 98 (3): 362-371. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212008000300011>
- Rodrigues EN, Mendonça Jr MS, Fritz LL, Heinrichs EA, Fiuza L (2013) Effect of the insecticide Lambda-cyhalothrin on rice spider populations in southern Brazil. *Zoologia* 30 (6): 615-622. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702013005000010>
- Roger PA (1996) Biology and management of the floodwater ecosystem in rice fields. IRRI, P. O. Box 933, Manila 1099, 250 pp.
- Rubio GD, Minoli I, Piacentini LN (2008) Patrones de abundancia de cinco especies de arañas lobo (Araneae: Lycosidae) en dos ambientes del Parque Nacional Mburucuyá, Corrientes, Argentina. *Brenesia* 67: 59-67.
- Rubio GD, Ramírez MJ (2015) Taxonomic revision of the American spider genus *Arachosia* (Araneae: Anyphaenidae). *Zootaxa* 3932: 1-105. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3932.1.1>
- Rypstra AL, Carter PE, Balfour RA, Marshall SD (1999) Architectural features of agricultural habitats and their impact on the spider inhabitants. *Journal of Arachnology* 27 (1): 371-377.
- S.A.S. Institute (2009) SAS/STAT 9.2 User's Guide. SAS Publishing, Cary, North Carolina, 524 pp.
- Schoenly K, Cohen JE, Heong KL, Aquino GB, Barrion AT, Arida G (1996) Food web dynamics of irrigated rice fields at five elevations in Luzon, Philippines. *Bulletin of Entomological Research* 86: 451-466. <https://doi.org/10.1017/S0007485300035033>
- Simó M, Vázquez V, Useta G (2000) Estudio comparativo de la fenología y el hábitat de *Ctenus taeniatus* Keyserling 1891 y *Asthenotenus borellii* Simon 1897 en el Uruguay (Araneae, Ctenidae). *Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay* 2: 12-32.
- Simó M, Laborda A, Jorge C, Castro M (2011) Las arañas en agroecosistemas: bioindicadores terrestres de calidad ambiental. *Revista del Laboratorio tecnológico del Uruguay. INNOTECH* 6: 51-55.

- Simó M, Nuñez M, Ojeda L, Laborda A, Queirolo D (2015) Knowing the biological linkage: spider composition and guilds in a hill range of northern Uruguay. *Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay* 24 (2): 117-129.
- Thorbek P, Bilde T (2004) Declines of generalist arthropod predators due to mortality, emigration, or habitat disruption after tillage and grass cutting. *Journal of Applied Ecology* 41: 526-538.
- Thorbek P, Topping CJ (2005) The influence of landscape diversity and heterogeneity on spatial dynamics of agrobiont linyphiid spiders: an individual-based model. *BioControl* 50: 1-33. <https://doi.org/10.1007/s10526-004-1114-8>
- Uetz GW, Halaj J, Cady AB (1999) Guild structure of spiders in major crops. *Journal of Arachnology* 27: 270-280.

Supplementary material

Suppl. material 1: Dissimilarity Matrix SIMPER Test [doi](#)

Authors: L.Bao, M.Simó

Data type: Excel file

Brief description: Dissimilarity Matrix of SIMPER Test obtained with PAST 3.14 software (Hammer et al. 2001).

Filename: Dissimilarity Matrix SIMPER Test.xlsx - [Download file](#) (14.70 kb)

7.3 TRABAJO PRESENTADO EN EL CONGRESO URUGUAYO DE ZOOLOGÍA (4-9 de diciembre 2016, CURE Maldonado, Uruguay).

<http://cuz.szu.org.uy/old/2017/lib/Libro%20de%20Resumenes%20-%20IV%20CUZ%202016.pdf> (CAPÍTULO 3).



ARANEOFAUNA DE POST-SIEMBRA EN CULTIVOS DE ARROZ DEL ESTE DE URUGUAY

Bao, L. (1); Castiglioni, E. (2); Caraballo, M. (1); Martínez, S. (3); Ginella, J. (4); Laborda, A. (4); Simó, M. (4)

(1) Entomología, Facultad de Agronomía, UdelAR, Montevideo letibao@yahoo.com (2) CURE, UdelAR, Rocha, (3) INIA, Patología Vegetal, Treinta y Tres (4) Entomología, Facultad de Ciencias, UdelAR, Montevideo











Introducción

La agroecología promueve la aplicación de conceptos y principios ecológicos al diseño y manejo de ecosistemas agrícolas sustentables. En este marco es necesario el estudio de grupos indicadores, como los artrópodos, que permiten evaluar de qué forma los manejos del cultivo inciden en la conservación de la biodiversidad (Zhang et al., 2013). El cultivo de arroz representa uno de los principales rubros de exportación de Uruguay, siendo la zona este del país la más antigua en cuanto a historia de producción. Pese a ello, existe escasa información de base que permita establecer estrategias para un manejo sustentable. En el marco de un proyecto de estimación de la diversidad de artrópodos en distintas etapas de sucesión en un sistema de rotación del cultivo de arroz con pasturas, se estudió la araneofauna en la etapa de post-siembra del cultivo.

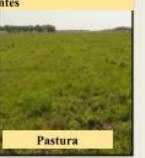
Métodos



Zona de estudio



Cultivo de Arroz



Pastura



Trampa de caída



G-VAC

Se relevaron tres sitios por cada ambiente (Pastura y Arroz). Los gremios fueron clasificados según Cardoso et al., 2011. Material representativo de los taxones se depositaron en la colección aracnológica de la Facultad de Ciencias, UdelAR. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa PAST 3.11 (Hammer et al., 2001).

Resultados

Tabla 1. Lista de familias, especies o morfoespecies de arañas registradas para el muestreo de post-siembra en cultivos de arroz y pasturas (en amarillo, citas nuevas para Uruguay).

Familia	Especie o morfoespecie	Arroz	Pastura
Atephinae	Atephinae sp1	x	x
Ceratomyxidae	Savignya maculipes	x	x
Ceratomyxidae	Ceratomyxidae sp1	x	x
Ceratomyxidae	delicatissima ferrelli	x	x
Dicynidae	Dicynidae sp1	x	x
Gnaphosidae	Gnaphosidae sp1	x	x
Gnaphosidae	apocritus iberti	x	x
Linyphiidae	Linyphiidae sp1	x	x
Linyphiidae	Linyphiidae sp2	x	x
Linyphiidae	Linyphiidae sp3	x	x
Linyphiidae	Linyphiidae sp4	x	x
Linyphiidae	Linyphiidae sp5	x	x
Linyphiidae	Linyphiidae sp6	x	x
Linyphiidae	Linyphiidae sp7	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp1	x	x
Schizocosa	Schizocosa ferrelli	x	x
Schizocosa	Schizocosa ferrelli	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp2	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp3	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp4	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp5	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp6	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp7	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp8	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp9	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp10	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp11	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp12	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp13	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp14	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp15	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp16	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp17	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp18	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp19	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp20	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp21	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp22	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp23	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp24	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp25	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp26	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp27	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp28	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp29	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp30	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp31	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp32	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp33	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp34	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp35	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp36	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp37	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp38	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp39	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp40	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp41	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp42	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp43	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp44	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp45	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp46	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp47	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp48	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp49	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp50	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp51	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp52	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp53	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp54	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp55	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp56	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp57	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp58	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp59	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp60	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp61	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp62	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp63	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp64	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp65	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp66	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp67	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp68	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp69	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp70	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp71	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp72	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp73	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp74	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp75	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp76	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp77	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp78	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp79	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp80	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp81	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp82	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp83	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp84	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp85	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp86	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp87	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp88	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp89	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp90	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp91	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp92	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp93	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp94	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp95	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp96	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp97	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp98	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp99	x	x
Schizocosa	Schizocosa sp100	x	x

Discusión y conclusiones

Rodrigues et al. (2008) utilizando red entomológica en el sur de Brasil, obtuvieron ocho familias de arañas para etapas del cultivo de arroz equivalentes con la de este estudio. Si bien el número de familias fue similar (Tabla 1), la composición tuvo algunos taxones diferentes ($I_p=0.5$). Esto podría ser debido al método de muestreo utilizado. La mayor diversidad de arañas en las pasturas puede deberse a que en la etapa de post siembra existe un mayor desarrollo y complejidad de la cobertura vegetal de la pastura que genera más disponibilidad de microhábitats para las arañas con respecto al cultivo en este momento (Figuras 1 y 2). Es esperable que en etapas sucesionales posteriores del cultivo de arroz, la araneofauna del mismo aumente en su composición taxonómica y estructura. La alta disimilitud observada (SIMPER: 89 y 88%, Figuras 3 y 4) a nivel de especies capturadas con trampas de caída y g-vac, así como el análisis de agrupamiento (UPGMA, Figura 5) por similitud (índice de Jaccard) demuestran el alto grado de complementariedad de los métodos empleados (ANOSIM: $R=0.847$ $p<0.05$, factor método; $R=0.598$ $p<0.05$, factor ambiente; 9999 perm.). Se registran tres especies no citadas para Uruguay (Tabla 1). El avance del estudio permitirá comparar el cambio de la diversidad de arañas en otras etapas del cultivo.

Agradecimientos

Beca NVII PERNAS-2012-2013 L.Bao.
A. Simó: Colaboró con la elaboración de resultados.
A. Laborda: Colaboró con la elaboración de resultados.

Referencias bibliográficas

Cardoso, D., Pádua, R., & Pádua, R. (2011). Lista de Aranhas do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 102 pp.
Hammer, D., Harper, J.L., & Mason, P. (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica, 4(1), 1-9.
Rodrigues, R., Mendes, R., & R. (2008). Efeito do manejo do cultivo de arroz irrigado na diversidade de aranhas (Arachnida: Araneae). In: Anais do Simpósio de Aracnologia, 10, 1-14.
Zhang, J., Zhang, X., Ren, H., Qiu, X., Yuan, R., Zhang, H. (2013). Arthropod biodiversity and community structure of organic rice agroecosystem in Guangdong Province, China. The Journal of Agriculture, 10(1), 1-14.

https://docs.wixstatic.com/ugd/090f75_1b1accf0c2314926b7aa755b74d3f811.pdf
(CAPÍTULO 3).



(1) Unidad de Entomología, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Garzón 780 CP12900, Montevideo, Uruguay (2) Sección Entomología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Igá 4225 CP11400, Montevideo, Uruguay. (3) CURE-Rocha, Centro Universitario Regional Este, Universidad de la República. (4) INIA Treinta y Tres, Laboratorio de Patología Vegetal. Ruta 8 Km 281, CP33000, Treinta y Tres. bautistaec@gmail.com

RESULTADOS

Tabla 1. Especies y morfoespecies

Tabla 2. Abundancia relativa de especies según la etapa de muestreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron muestreos en tres localidades del departamento de Treinta y Tres, este de Uruguay, desde noviembre 2013 hasta noviembre 2015, utilizando aspirador G-VAC y trampas de caída, en los momentos de macollaje, llenado de grano y entezafra.

RESULTADOS

- ❖ **Taxones:** 16 familias, 68 morfoespecies y 6 gremios (Tablas 1 y 2, Fig. 1).
- ❖ **Gremios:** los más abundantes fueron otras cazadoras, tejedoras de tela en sábana y cazadoras de suelo (Fig. 2).
- ❖ **Estadístico:** El test SIMPER mostró un 59.3% de disimilitud entre momentos de muestreo.

Tabla 2. Abundancia relativa de especies según la etapa de muestreo.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La diversidad de familias y gremios registrada fue similar a la de otros estudios de la región, mientras que la riqueza de especies/morfoespecies fue mayor (Rodríguez et al., 2008; 2009). La agroecología promueve el desarrollo de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos (Nyffeler & Sunderland, 2003). Futuros estudios estarán enfocados a conocer la diversidad de arañas de los ambientes alejados, de manera de poder evaluar cómo el manejo del cultivo de arroz incide en la diversidad de arañas a nivel de paisaje y en el mantenimiento de los servicios ecosistémicos.

BIBLIOGRAFÍA Y AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos:
Néstor M. Suarduel y K. 2013. *Composición, abundancia and post control potential of spider communities in agroecosystems: a comparison of European and US markets*. *Agrochimica, Fungorum et Elementorum* 55: 579-612.
R. 2013. *Compositional, Abundance and Post Control Potential of Spider Communities in Agroecosystems: A Comparison of European and US Markets*. *Agrochimica, Fungorum et Elementorum* 55: 579-612.
Rodríguez F., Mendoza M. & C. Otero R. 2009. *Spider diversity in a agroecosystem and adjacent forest in Southern Brazil*. *Biotropica* 41: 131-140.
Sima M., Labrousse A., Jargy C. & Côté R. 2011. *Les araignées en agroécosystème: bioindicateurs sentinelles du capital naturel*. *INSITU* 6: 51-75.

Agradecimientos:
Beca UNSU PENS-SC 2012-44901-4A.
A Lab Crookes (DNA Tracta y Trax).

ANII
AGENCIA NACIONAL
DE INVESTIGACIÓN



Figura 1. Especies más representativas

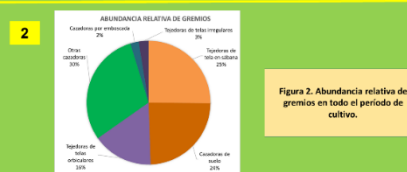


Figura 2. Abundancia relativa de gremios en todo el periodo de cultivo.