



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



FACULTAD DE
CIENCIAS
UDELAR | fcien.edu.uy



Artropodofauna en el sistema arrocerero de Uruguay y su potencialidad en control de plagas

Viviana Franco Sánchez

**Magíster en Ciencias Biológicas opción
Zoología**

Montevideo, Septiembre 2023



FACULTAD DE
CIENCIAS
UDELAR fcien.edu.uy



Artropodofauna en el sistema arrocerero de Uruguay y su potencialidad en control de plagas

Viviana Franco Sánchez

Tesis para obtener el título de Magíster en Ciencias biológicas, en el marco del
Programa Zoología.

Directora: Dra Carmen Viera

Co- directores:

Dr. Luis Fernando García y Dr. Sebastián Martínez

Montevideo, Octubre 2023

AGRADECIMIENTOS

A mi Directora Dra. Carmen Viera por el fuerte apoyo académico y fundamentalmente humano a todo mi tránsito de posgrado.

A los Co-directores Dr. Luis Fernando García y Dr. Sebastián Martínez, por su paciencia, por sus aportes y dedicación durante este proceso.

A los miembros del Tribunal quienes brindaron valiosos aportes que mejoraron la tesis

A la Universidad de la República, en ella a la Facultad de Ciencias por permitirme trabajar en la Sección Entomología y al Programa de Desarrollo de la Ciencias Básicas,

A PEDECIBA, por permitirme realizar el posgrado y brindarme apoyo (alícuota, congresos y pasantías).

Al IIBCE por facilitarme sus instalaciones donde pude realizar las experiencias comportamentales.

Al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria de Uruguay (INIA) y a la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) por las becas de Maestría y sus programas de Movilidad, que me permitieron divulgar mis resultados en reuniones científicas.

A Claudia Marchesi y al personal técnico de INIA por su apoyo logístico en las salidas de campo.

A Álvaro Laborda, Estrellita Lorier y Damián Hagopían por su colaboración en la identificación taxonómica de los ejemplares.

A los investigadores del Laboratorio de la Sección de Entomología de la Facultad de Ciencias, Universidad de la República, por sus aportes y su apoyo durante este proceso.

A Mariángeles Lacava y Federico Fioritto por todo el apoyo brindado en momentos claves de este trabajo.

Por último, quiero agradecer a mi familia en Colombia y a la Familia Fioritto Peraza en Uruguay por brindarme su apoyo incondicional y paciencia.

TABLA DE CONTENIDO

.....	I
AGRADECIMIENTOS	III
TABLA DE CONTENIDO	IV
RESUMEN	VII
SUMMARY	IX
 CAPÍTULO 1: EFECTO DE INSECTICIDAS EN LA RIQUEZA, DIVERSIDAD, DOMINANCIA, Y ABUNDANCIA DE DOS DEPREDADORES EN CULTIVOS DE ARROZ DE URUGUAY	 5
 INTRODUCCIÓN	 6
Objetivo general.....	10
Objetivos específicos	10
MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
Área de estudio	11
Métodos de muestreo	12
Análisis de abundancia.....	13
Análisis de diversidad, riqueza y especies dominantes	13
Análisis de correlación entre abundancia de depredadores y plagas por tratamiento.....	14
RESULTADOS	15
ARAÑAS.....	15
Abundancia en las zonas (Norte, Centro y Este).....	15
Riqueza en cada Zona	15
Riqueza, diversidad y dominancia mediante los Números de Hill.....	17
Diferencias en cada Zona de producción con y sin historial de insecticida	19
Abundancia y Diversidad comparando los 2 muestreos en todas las Zonas	21
ODONATA.....	24
Abundancia entre las zonas (Norte, Centro y Este)	24
Riqueza en cada zona.....	24
Riqueza, diversidad y dominancia mediante números de Hill.....	27

Diferencias en cada Zona de producción con y sin historial de insecticida	28
Abundancia y Diversidad comparando los dos muestreos en todas las Zonas	31
ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LA ABUNDANCIA DE DEPREDAORES Y PLAGAS	33
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	37
ARAÑAS	37
ABUNDANCIA DE ARAÑAS.....	37
Riqueza de arañas en cada Zona.....	38
Diferencias de riqueza, diversidad y dominancia mediante los Números de Hill entre las tres zonas con y sin historial de insecticida	39
Diferencias en cada Zona de producción con y sin historial de insecticida	40
Abundancia de arañas el primer y segundo muestreo (floración y pre-cosecha)	41
ODONATA.....	41
Abundancia de Odonata	41
Riqueza de Odonata en cada zona.....	42
Diferencias de riqueza, diversidad y dominancia mediante los Números de Hill entre las tres zonas con y sin historial de insecticida	42
Diferencias en cada Zona con y sin historial de insecticida	42
Abundancia de odonatos en el primer y segundo muestreo	43
Abundancia de principales plagas.....	43
CORRELACIÓN ENTRE LA ABUNDANCIA DE DEPREDAORES Y PLAGAS	44
 CAPÍTULO 2: COMPORTAMIENTO DEPREDAADOR DE <i>MISUMENOPS PALLIDUS</i> , FRENTE A TRES TIPOS DE PRESAS EN CULTIVOS DE ARROZ DEL URUGUAY	 46
INTRODUCCIÓN	47
Objetivo general.....	51
Objetivos específicos	51
MATERIALES Y MÉTODOS.....	52
Recolección y mantenimiento de ejemplares.....	52
Selección de las arañas y presas	52
Experiencias de comportamiento depredador	53
Análisis de secuencia depredadora.....	53
Número y lugar específico de las mordeduras	53
Tasa de aceptación de presas	54

Análisis de tiempos de inmovilización	54
RESULTADOS	55
Tiempo de captura	55
Tasa de aceptación.....	56
Número y distribución de las mordeduras	57
Determinación de la secuencia de captura.....	57
Secuencia de captura	59
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	64
 CONCLUSIONES GENERALES.....	 68
 PUBLICACIÓN DE RESULTADOS.....	 69
 BIBLIOGRAFÍA	 70
 ANEXOS	 84

RESUMEN

Uruguay cuenta con sistemas arroceros sustentables, gracias a la rotación de cultivos, tecnología de semillas y baja carga de productos fitosanitarios. Los agroquímicos tienen consecuencias directas e indirectas en plagas y organismos no blanco, provocando en algunos casos brotes de plagas secundarias debido a la disminución del control biológico. Algunos de los principales artrópodos depredadores son las arañas, por su alta abundancia y estrategias de caza y los odonatos, que se encuentran asociados a sistemas inundables los cuales son abundantes en sistemas arroceros y considerados generalistas. El objetivo de este estudio fue determinar si el historial de insecticidas reduce la diversidad, dominancia y riqueza de estos dos grupos de depredadores en cultivos de arroz, comparando sitios de muestreo y zonas sin y con historial de insecticida. Adicionalmente se estableció si existe una correlación entre la abundancia de los depredadores y la abundancia de las plagas principales. Se determinó además el comportamiento depredador de *Misumenops pallidus* (Araneae: Thomisidae), araña altamente abundante en arroz frente a tres tipos de presa de los cultivos. En el capítulo I, se comparó la diversidad, riqueza y dominancia de arañas y odonatos en las zonas de producción arroceras de Uruguay (zona Norte, zona Centro y zona Este del país). Se analizaron las diferencias entre abundancia de plagas y depredadores en cultivos con y sin historial de insecticidas. Se seleccionaron ocho cultivos, cuatro cultivos con y cuatro cultivos sin historial de insecticidas respectivamente. Utilizando como método de colecta la red entomológica, se realizaron dos muestreos en forma de "z", cada uno en diferentes etapas fenológicas mediante tres réplicas/chacra en transectos de 100 m. Se recolectaron 1809 arañas (64 morfoespecies y 10 familias) y 1376 odonatos, (10 morfoespecies y 4 familias). Mediante los números de Hill, se determinó que tanto la riqueza, la dominancia y la diversidad, poseen diferencias significativas entre los sitios con historial de insecticida, mientras que los sitios sin historial no presentaron diferencias significativas. Se encontró una correlación en la abundancia entre el primer y segundo muestreo. En el primer muestreo antes de la aplicación de insecticida aumenta la abundancia de depredadores y disminuye la abundancia de plagas, y en el segundo muestreo (después de la aplicación), donde la abundancia de plagas aumenta con la abundancia de depredadores. Esto sugiere que existen posibles efectos de los insecticidas no sólo sobre las plagas sino también sobre las arañas. En los odonatos, se encontró alta susceptibilidad en los sitios con historial de insecticida en el segundo muestreo, donde disminuyen la diversidad y abundancia, por lo que se concluye que pueden ser bioindicadores de este tipo de

manejo. En cuanto a la correlación, se encontraron diferencias significativas según las diferentes zonas, siendo la zona Este la que presenta mayor abundancia. En el capítulo II, según los resultados obtenidos en el capítulo anterior, se seleccionó la especie *M. pallidus* como una de las arañas con presencia en el cultivo. Para analizar el comportamiento depredador se recolectaron 34 hembras de esta especie. Se ofrecieron aleatoriamente presas en estadios inmaduros, dos de ellas (*Laplatocris dispar* y *Spodoptera frugiperda*), consideradas de importancia en cultivos de arroz y una presa novedosa (*Tenebrio molitor*) para determinar si *M. pallidus* posee el mismo patrón de captura frente a otras especies en estadio larval (*Tenebrio molitor*). Se registró la tasa de aceptación ante cada presa, secuencia de captura y tiempos de captura. Las tasas de aceptación fueron analizadas mediante chi cuadrado y los tiempos de inmovilización mediante un análisis de covarianza (ANCOVA). Los resultados mostraron un 77% de aceptación ante *L. dispar*, 61 % para *T. molitor* y 58% para *S. frugiperda*. Los tiempos tanto de latencia y de inmovilización no presentaron diferencias significativas, mientras la fase final fue significativamente diferente, siendo mayores los tiempos ante *T. molitor*. El número de unidades comportamentales fueron significativamente mayores frente a *S. frugiperda*. Se encontró que las arañas varían la secuencia comportamental ante cada tipo de presa. *Misumenops pallidus* puede capturar larvas de diferentes especies, que son las etapas más voraces, afectando económicamente la producción. Esta especie puede ser considerada en un plan de MIP (Manejo integrado de plagas) como controlador biológico. Los resultados indican que el uso de insecticidas en sistemas arroceros del Uruguay afecta de manera adversa a las libélulas y a las arañas, disminuyendo su riqueza, diversidad y abundancia, posiblemente deteriorando su rol como potenciales agentes de control biológico en este cultivo. Además, se demostró la capacidad de predación de *M. pallidus* frente a plagas de importancia económica, resaltando el potencial que tienen los agentes de control biológico para disminuir las poblaciones de plagas.

Palabras claves: arañas, odonatas, control biológico, bioindicadores, cultivos, control químico.

SUMMARY

Diversity of arthropofauna in Uruguay's rice system and its importance in biological pest control

Uruguay has sustainable rice systems, due to their crop rotation, seed technology and low quantity of agrochemicals. Agrochemicals have both direct and indirect consequences on pests and non-target organisms, causing outbreaks on secondary pests due to a decrease in biological control. One of the main predators are spiders, due to their abundance and hunting strategies, and Odonata associated to flooded environments., both considered generalists. The objective of this study was to determine if the insecticide history reduces the diversity, dominance, and richness of these predators in rice crops, compared to areas without insecticide history. Additionally, the predatory behavior of *Misumenops pallidus* (Araneae: Thomisidae), a spider abundant in rice, was determined against three types of crop prey. In chapter I, the diversity, richness, and dominance of spiders and odonates in the rice-growing areas of Uruguay were compared. Differences between abundance of pests and predators in crops with and without history of insecticides were analyzed. Eight crops were selected, four of them with history of insecticide and four without it. Two samplings were carried out within each selected crop with an entomological network, in different phenological stages using 3 replicates/chakra for transects of 100 m. 1,809 spiders (64 morphospecies and 10 families) and 1,376 Odonata (10 morphospecies and 4 families) were collected. Using Hill's numbers, it was determined that richness, dominance, and diversity have significant differences in sites with insecticide history, while they were not significant in crops without history. A correlation was found in the first sampling before the application of insecticide, where the abundance of predators increased and the abundance of pests decreased, and in the second sampling (after the application) the abundance of pests increased with the abundance of predators. The above suggests Insecticides have lethal and non-lethal effects on spiders, reducing their ability to capture and mobility as well. In the Odonata, high susceptibility was found, diversity and abundance decrease in areas with a history of insecticide, concluding that they can be bioindicators. Regarding the correlation, significant differences were found depending on the zones, being the East zone the one with the highest abundance. In chapter II, based on the results obtained in the previous chapter, the species *M. pallidus* was selected as one of the most abundant spiders. For the analysis of predatory behavior, 34 females of this species were collected. Two preys in immature stage (*Laplatacris dispar* and *Spodoptera frugiperda*) considered of importance in rice crops and a novel prey (*Tenebrio molitor*) were randomly offered

to determine if *M. pallidus* has the same capture pattern compared to other species in the larval stage. The acceptance rate for each prey, capture sequence and immobilization times were recorded. Acceptance rates were analyzed using Chi-Square and immobilization times using ANCOVA. Results showed a 77% de acceptance before *L. dispar*, 61 % *T. molitor* and 58% *S. frugiperda*. The times both in the immobilization phase and in the final phase were significantly different, being the times against *T. molitor* longer. The number of behavioral units was significantly higher compared to *S. frugiperda*. It was found that the spiders vary their behavioral sequence before each type of prey. *M. pallidus* can capture larvae of different species, which are the most voracious stages, economically affecting production. This species can be considered in an IPM (Integrated Pest Management) plan as a biological controller. The results indicate that the use of insecticides in rice systems in Uruguay adversely affects dragonflies and spiders, reducing their richness, diversity, and abundance, possibly deteriorating their role as potential biological control agents in this crop. In addition, the predation capacity of *M. pallidus* against economically important pests, highlighting the potential of biological control agents to reduce pest populations.

Keywords: spiders, dragonflies, biological control, bioindicators, crops, chemical control.

INTRODUCCIÓN GENERAL

El cultivo del arroz es uno de los más importantes a nivel mundial (Lallana, 2005). Se encuentra entre los cereales con mayor área cultivada, considerándose un alimento básico (Ghiglione *et al.*, 2021). Globalmente ocupa una superficie de aproximadamente 145 millones de hectáreas, cerca de una décima parte de la tierra arable (Ferrero y Tinarelli, 2008). Asia es el continente con mayor producción de arroz, donde países como China, India, Indonesia y Pakistán producen más de la mitad del arroz mundial (ACA, 2020). Por otro lado, América Latina constituye el segundo continente en cuanto a producción arroceras, siendo Brasil, Argentina, Uruguay y Perú los países con mayor producción de la zona (Pareja, 2012).

Uruguay es el sexto país exportador de arroz a nivel mundial y se caracteriza por tener un sistema de producción de alta sustentabilidad (ACA, 2021). Este sistema se compone de rotación de suelos, tecnología de semillas y riego y una baja carga de agroquímicos (Bao y Martínez, 2018). Como parte de su plan de manejo del MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca), la producción se basa en variedades de semillas según el largo-fino de la planta, tales como: Gurí (resistente a herbicidas imidazolinonas, y representa el 23 % de área sembrada), INIA Olimar (menor susceptibilidad al desgrane y representa el 25 % de área sembrada) (Macedo- Yapor, 2014) e INIA Merín (resistente a enfermedades y representa el 38% de área sembrada) (Pérez de Vida y Molina, 2016). Estas semillas, sumadas a un sistema de rotación (donde generalmente se usan pasturas, cultivos y producción ganadera), logran mejorar las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, disminuyendo la presencia de malezas e insectos plaga y permitiendo reducir la aplicación de agroquímicos (Pittelkow *et al.*, 2016). La complementación agronómica y económica de la fase arroz con la fase pasturas define un sistema de producción económicamente. Pero este tipo de cultivo presenta varios conflictos ambientales, como la desecación de los cultivos para la plantación y el uso de los recursos hídricos. (Segura *et al.*, 2019).

En cuanto al cultivo de arroz, existen variedades derivadas principalmente de la especie *Oryza sativa* L., mayoritariamente la subespecie *indica* (Acevedo, *et al.* 2006) Se trata de una planta herbácea, anual, de origen subtropical, y bien adaptada a un hábitat acuático de temperaturas y humedad relativamente elevadas (de 10° a 50° C) (Macedo, 2014). Su crecimiento se divide en tres fases: la fase vegetativa (incluye los estadios de germinación, plántula y macollamiento), la fase reproductiva (iniciación del primordio floral a emergencia de la panoja y madurez) y la fase

maduración (llenado del grano y maduración) (Olmos, 2007). Este crecimiento depende de varios factores climáticos, principalmente de la temperatura.

El arroz en Uruguay se siembra entre los meses de septiembre y noviembre y se cosecha entre marzo y mayo, principalmente. Para reducir posibles problemas ambientales se siembra en suelo seco y se inunda en forma definitiva entre los 30 y 40 días de la emergencia del plantín (Battello y Queheille, 2013). Este cultivo posee adaptación al ambiente semiacuático, donde se pueden dar diversidad de organismos, con múltiples interacciones entre sí, como, por ejemplo: anfibios, moluscos, insectos y crustáceos, los cuales pueden otorgar servicios ecosistémicos que ayudan a mejorar la productividad del cultivo (Dediego de Sabillon, 1991). 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. Este puede ser un sistema de producción compatible con algunas estrategias de conservación y manejo sostenible de animales que pueden soportar ciclos de inundación y sequía (Maltchik *et al.*, 2011).

En los últimos años, el cultivo de arroz presentó una tendencia al aumento de uso de insecticidas por área cultivada (Achkar, 2006). Esto ocurre por la alta producción y la falta de conocimiento sobre algunos aspectos del manejo de plagas (Bao y Martínez, 2018). Como consecuencia del uso excesivo o inadecuado de estos agroquímicos pueden existir efectos directos o indirectos negativos sobre la biodiversidad y a su vez sobre los servicios ecosistémicos (Devine *et al.*, 2008). Estos efectos pueden alterar las interacciones dentro de las redes ecológicas de múltiples especies, tales como: la polinización, el control de plagas y los ciclos de nutrientes, los cuales son fundamentales para la estabilidad natural de un agroecosistema (Macfadyen *et al.*, 2015). En algunas situaciones han surgido plagas secundarias debido al impacto de los agroquímicos sobre los enemigos naturales, entre los cuales se encuentran algunos grupos, como los acrídidos (Orthoptera: Acridoidea) (Lorier *et al.*, 2010), los cuales pueden ocasionar importantes pérdidas en cultivos de granos cuando se encuentran en altas poblaciones.

Este detrimento en la biodiversidad en los cultivos puede provocar un desequilibrio en el agroecosistema y a largo plazo, pérdidas en la producción de los cultivos. Dadas estas características resulta natural la búsqueda de alternativas con un menor impacto negativo sobre la diversidad biológica. Para ello es necesario evaluar e identificar las especies que interactúan en cada cultivo (Bordini *et al.*, 2021). Estos

estudios a menudo se basan en la elección *a priori* de grupos indicadores específicos, que según su función impactan directamente los agroecosistemas (Médiène *et al.*, 2011). Un ejemplo de estos grupos son los enemigos naturales, los cuales son usados como controladores biológicos de plagas logrando reducir la aplicación de los agroquímicos (Bachino y Coradini, 2002). Los enemigos naturales, en especial los depredadores generalistas son conocidos como uno de los grupos más importantes en el control biológico conservativo (Benamú y Viera, 2011). Estos al ser eurípagos, pueden mantenerse en el ecosistema, aunque las poblaciones de insectos plagas disminuyan o estén ausentes, debido a la amplia gama de presas potenciales (Symondson *et al.*, 2002). La persistencia en los ecosistemas de cultivos asegura una función depredadora siempre y cuando coincida los picos de abundancia de las arañas con el de los insectos plaga. Algunos estudios como los realizados por Cuevas (1994), Saavedra de C *et al.*, 2007, Rodrigues *et al.* (2009), Bastidas *et al.* (2006), mencionan a las arañas como controladores de diferentes insectos en cultivos de arroz. Mientras que May (2019), menciona la importancia del rol de Odonatas como controladores biológicos en cultivos de arroz.

En el caso de los insecticidas los porcentajes de aplicaciones varían según el año y la zona arroceras, siendo la zona Norte la que registra mayores niveles, independientemente del tipo o grupo químico (Bao y Martínez, 2018). Entre los insecticidas más utilizados se encuentran los piretroides, estos son de amplio espectro, con efecto de volteo, acción directa al momento de la aplicación, considerados con alta residualidad y toxicidad variable (Urretabizkaya, 2018). Otro tipo de insecticida empleado son los neonicotinoides, estos actúan sobre el sistema nervioso de los insectos dado que poseen su sitio de acción en los receptores nicotínicos de la acetilcolina (Pareja, 2012). Tanto los piretroides como los neonicotinoides son neurotóxicos (Devine *et al.*, 2008). En algunos casos estos pueden tener efectos secundarios como: alterar la productividad de los suelos, deteriorar la calidad de los recursos hídricos, alterar la reproducción y desarrollo de especies acuáticas y terrestres, así como provocar problemas inmunológicos, neurológicos, hormonales, e intoxicaciones en humanos y otros animales (Kegley *et al.*, 2021). Todos estos efectos han aumentado la preocupación por la continua pérdida de biodiversidad, lo que hace que resulte relevante contar con información sobre los sistemas de producción arroceros y su efecto sobre la biodiversidad (Bao *et al.*, 2019). Dependiendo del manejo que se haga del cultivo la producción agropecuaria podría ser incluso un aporte a la conservación de ciertos grupos (Dainese *et al.*, 2019).

El objetivo de este estudio consistió en determinar si el historial de uso de insecticidas reduce la diversidad, dominancia y riqueza de los principales grupos de depredadores en los cultivos de arroz, o si son similares a las zonas sin historial de insecticida.

También se pretende determinar el comportamiento depredador de una araña, abundante en las zonas de colecta, frente a tres tipos de presa presentes en los cultivos. Estos aspectos resultan de gran relevancia teniendo en cuenta que la importancia de los enemigos naturales nativos en cultivos es aún poco conocida. En el caso de arañas del género *Misumenops* ha sido implementada en planes de manejo integral en cultivos extensivos de algodón, demostrando resistencia y flexibilidad en los períodos de baja densidad de presas y a los insecticidas selectivos utilizados en sistemas algodoneiros (Bordini *et al.*, 2021).

Dentro de las hipótesis de este trabajo se espera: 1) que los parámetros de diversidad y abundancia sean menores para arañas y odonatos en cultivos donde apliquen insecticidas. 2) Se encuentre una relación inversa entre la abundancia de arañas y de las principales especies de plagas del cultivo, que sea vea reflejada por una alta aceptación sobre las mismas.

Los resultados obtenidos con este proyecto no sólo tendrán aplicaciones importantes en la validación del modelo de producción tradicional de arroz, sino que además permitirán determinar la importancia que tienen el rol de la diversidad y el impacto del uso de insecticidas en las comunidades de artrópodos del arrozal.

**CAPÍTULO 1: Efecto de insecticidas en la riqueza, diversidad,
dominancia y abundancia de dos depredadores en cultivos
de arroz de Uruguay**

INTRODUCCIÓN

Uruguay presenta tres zonas arroceras, que no se corresponden con las regiones geográficas del país, siendo éstas la zona Norte, Centro y Este del país (Achkar *et al.*, 2006). La primera zona presenta el 18.4% de la producción total, formada por suelos con pendientes y permeabilidad baja, muy aptos para cultivos (Molfino, 2010). En cuanto a la temperatura, la zona Norte presenta una temperatura promedio (septiembre- abril) de 23° C y la radiación solar de 742 W/m² (horas sol enero-marzo) (Macedo- Yapor, 2014; Battello y Queheille, 2013). La zona Norte registra los mayores porcentajes de uso de agroquímicos para el control de plagas (Bao y Martínez, 2018).

La zona Central posee la menor área de las tres (11,6%), posee suelos con pendientes que presentan mayor capacidad de retener agua (planosoles y acrisoles) (Gomar y Califra, 2006). Presenta una temperatura promedio de 21 °C de septiembre a abril (Tommasino y Hernández, 2003).

La zona Este representa el 70% del área cultivada, abarcando las planicies de la Laguna Merín y del Océano Atlántico (Bao *et al.*, 2018; Tommasino y Hernández, 2003). Esta zona se caracteriza por tener una topografía plana y suelos asociados con planosoles (Lavecchia, 1991). Este tipo de suelo es el más favorable para el cultivo del arroz, debido a que dificulta la percolación del agua a través de éste y por tanto son más eficientes en el uso del agua de inundación. En cuanto a la temperatura promedio (septiembre-abril) presenta 19° C y una radiación solar (horas sol enero-marzo) de 718 W/m² (Battello y Queheille, 2013). En cuanto a la aplicación de insecticida, la zona Centro y Este del país poseen porcentajes variables pero menores de aplicación de insecticida (Bao y Martínez, 2018). En Uruguay, salvo en la zona Norte, en general no existen problemas serios con insectos gracias a una importante presencia de depredadores en el ambiente del arrozal (Deambrosi, 2007).

En cuanto a las zonas productoras de arroz, estas se pueden definir también, según la productividad, las variaciones climáticas registradas anualmente y las condiciones de suelo (Rubio, *et al.*, 2013). En la mayoría de los casos, se hace referencia a las medias ponderadas en base a la producción o superficie de cada empresa. En algunas variables seleccionadas, se presenta la tendencia histórica o el valor anual según corresponda (Molina *et al.*, 2021)

El cultivo de arroz está compuesto por hábitats acuáticos con una fase seca predecible. Por lo tanto, se pueden considerar estos cultivos como ecosistemas

acuáticos estacionales, agronómicamente manejados con un grado variable de intensidad (Bambaradeniya *et al.*, 2004). 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 (Médiène *et al.*, 2011). Algunos estudios realizados en la zona Este determinaron que la abundancia relativa de los diferentes órdenes de insectos varió en relación con el ambiente muestreado, donde se encontraron 13 órdenes, siendo en general más abundante y diverso el grupo de los dípteros y los hemípteros (Bao *et al.*, 2016). El equilibrio existente entre las poblaciones naturales asegura un ambiente “libre” de insectos dañinos en el cultivo (Deambrosi, 2007).

Estudios recientes sobre la intensidad en sistemas arroceros de Uruguay en el periodo de 1993 a 2013 indican que los aumentos en la producción en ese tiempo estuvieron acompañados por un incremento de la eficiencia del uso de agua y de la energía (Pittelkow *et al.*, 2016). Pese a que el sistema arrocero es conocido por tener una baja carga de insecticidas, se registraron aumentos en las pérdidas potenciales de nitrógeno y se encontró un incremento significativo del riesgo de contaminación por agroquímicos (Bao y Martínez, 2018; Pittelkow *et al.*, 2016). Este aumento de agroquímicos se presenta principalmente en la zona Norte del país. Entre los agroquímicos más usados en los cultivos de arroz, además de los insecticidas, se encuentran los herbicidas (con el glifosato como principal principio activo), y los fungicidas (como estrobilurinas, triazoles, tricyclazole, etc.) (Pareja, 2012). Estos últimos son utilizados para tratar hongos como *Pyricularia oryzae*, agente causal del Brusone. Estos agroquímicos no solo se aplican en los cultivos sino también durante el almacenamiento de los granos (Ferrero y Tinarelli, 2008). Para lograr disminuir la carga de agroquímicos y el riesgo de efectos nocivos, en los últimos años se han desarrollado variedades de arroz resistentes a patógenos para disminuir el uso de estos productos fitosanitarios liberados al ambiente, dado que algunos herbicidas y fungicidas o sus aditivos pueden tener efectos negativos en la fauna benéfica (como los depredadores), alterando su función de controladores biológicos (Lacava *et al.*, 2020; Pekár, 2013; Rodrigues *et al.*, 2013).

Con el fin de disminuir la aplicación de insecticidas, una de las alternativas es el manejo integrado de plagas (MIP), el cual en algunas ocasiones integra el uso de enemigos naturales para obtener cultivos productivos con menor impacto ambiental negativo (Rodríguez del Bosque y Arredondo Bernal, 2007). Para este manejo, se

evalúa la biodiversidad y se identifican las especies que interactúan en cada cultivo (Bordini *et al.*, 2021). Estos estudios a menudo se basan en la elección *a priori* de grupos indicadores específicos de especies, que según su función impactan directamente los agroecosistemas. Los grupos indicadores deben elegirse para reflejar objetivos de protección particulares, como la sostenibilidad agrícola o procesos y funciones ecológicas (Médiène *et al.*, 2011).

Entre los múltiples beneficios que otorga la biodiversidad en un agroecosistema, está el control biológico de plagas, el cual se basa en las interacciones entre poblaciones de plagas y enemigos naturales, lo cual implica una supresión del tipo densidad dependiente, que se traduce como el mantenimiento de ambas poblaciones en equilibrio (Vázquez *et al.*, 2008). Bajo este concepto, la población del enemigo natural depende a su vez de la población de la plaga, es decir, la interacción de las poblaciones significa una regulación y no un control, (Rodríguez del Bosque y Arredondo Bernal, 2007). Este control biológico dependiendo de las características biológicas del agente, puede tener diferentes estrategias. En el caso del control biológico conservativo, los depredadores poseen una menor especificidad en relación con los parasitoides, pero estos generalmente poseen una amplitud de dieta que les permite persistir en los sistemas agrícolas, aun cuando sus hospederos principales son escasos (Settele y Drechsler, 2001). Por esto, es importante conocer el comportamiento de las poblaciones de depredadores y la relación que tienen con las distintas especies de plagas. Asimismo, es necesario evaluar los efectos de la aplicación de los productos fitosanitarios sobre los depredadores, teniendo en cuenta que estos pueden tener efectos letales y subletales (Gelan-Begna, 2014).

Entre los principales grupos de depredadores generalistas se encuentran las arañas, capaces de consumir altas cantidades de insectos por unidad de tiempo (Ekschmitt *et al.*, 1997; Benamú, 2010). Además, presentan diversas estrategias de caza como, por ejemplo, el empleo de trampas de seda, (Gelan-Began, 2014), acechar mediante la vista a sus presas, y algunas deambulan sobre la vegetación o sobre el suelo (Angulo-Ordoñez *et al.* 2019). Las arañas poseen algunos rasgos tróficos excepcionales que les dan el potencial para ser enemigos naturales eficientes, tienen una respuesta funcional generalmente alta, originada por una alta tasa de consumo, alimentación parcial y matanza excesiva (Wise, 1993). A diferencia de otros depredadores estenófagos, pueden persistir durante los períodos de ausencia de una plaga, utilizando presas alternativas y están bien adaptadas a los períodos de hambruna (Pekár *et al.*, 2012).

Algunos estudios han demostrado la eficiencia de las arañas en cultivos, por ejemplo, actuando como agentes de biocontrol eficaces para una amplia gama de plagas de cuerpo blando y de tamaño pequeño a mediano, como: ácaros, hemípteros (i.e. Sternorrhyncha), dípteros (i.e. Brachycera) y lepidópteros, en cultivos de frutales (Michalko y Pekár, 2015), de alfalfa (Cheli *et al.*, 2006) y de soja (González *et al.*, 2009). Además, estos estudios también encontraron que algunas arañas aceptaban en menor proporción especies de fauna benéfica, posicionándose como buenos agentes de control biológico. En el caso específico de cultivo de arroz, se encontró que la abundancia de arañas tiene un efecto sobre la densidad poblacional de diferentes especies consideradas plagas (Michalko *et al.*, 2019). Asimismo, Riechert y Lockley (1984) señalaron que en campos de arroz la presencia de las arañas como depredadores redujo la utilización de plaguicidas entre el 50% y 60%. Otros trabajos como los de Alderweireldt (1994), Hoefler *et al.* (2006) y Riechert y Lockley (1984), han posicionado a las arañas como organismos con un buen potencial como controlador biológico.

Otro grupo de depredadores muy común en los cultivos de arroz son las libélulas (Odonata) (Bambaradeniya *et al.*, 2004). Estos insectos en estado adulto se alimentan de artrópodos e incluso de otros odonatos y los juveniles se alimentan de larvas de dípteros, otros artrópodos y de nemátodos (Campos, 1994), lo cual hace que se consideren un grupo con potencial para ser empleados en programas de control biológico conservativo (Jinguji *et al.*, 2013). Los odonatos presentan una asociación con sistemas inundables que les permite estar presentes en todas las etapas fenológicas del arroz (De diego de Sabillon, 1991), su abundancia se debe principalmente a su ciclo de vida anfibia, con ninfas acuáticas y adultos terrestres. Este grupo es ampliamente utilizado como modelo bioindicador de sustentabilidad ambiental (Mora, 1997). En algunos países, donde se tiene mayor conocimiento sobre la diversidad y taxonomía de las especies locales, pueden tener cierto impacto como depredadores de plagas agrícolas (May, 2019). Algunos estudios, como el de Vilaseca *et al.*, (2009), resaltan su importancia como controladores biológicos naturales de plagas de importancia económica como el lepidóptero *Spodoptera frugiperda* en cultivos de arroz en Colombia. Mientras que estudios de Campo (1994), muestran como los odonatos son controladores biológicos naturales de especies consideradas vectores como los culícidos. Sin embargo, aspectos como la baja calidad del hábitat y la aplicación constante de insumos químicos pueden llegar a afectar la abundancia y la diversidad de Odonatos (Vilaseca *et al.*, 2009).

El objetivo de este capítulo es evaluar el efecto del historial de insecticida en las tres zonas arroceras sobre la diversidad y riqueza y abundancia de dos depredadores (arañas y odonatos). Por último, se establecen los efectos indirectos mediante la determinación de una correlación de los sitios sin y con historial de insecticida puedan tener sobre los depredadores: odonatos y arañas, sobre las principales plagas arroceras de Uruguay.

Objetivo general

Evaluar si existen diferencias en la abundancia y la riqueza en las comunidades de artrópodos depredadores (arañas y odonatos) y plagas principales en cultivos de arroz con diferentes manejos en tres zonas arroceras de Uruguay.

Objetivos específicos

- Determinar las diferencias de diversidad, riqueza y especies dominantes de odonatos y arañas en cultivos de arroz con y sin historial de insecticida dentro y entre las zonas arroceras del Uruguay.
- Establecer si existen diferencias entre las abundancias de depredadores (Araneae y Odonata) en las zonas con y sin aplicación de insecticida.
- Establecer si existe una correlación entre la abundancia de plagas (*Spodoptera frugiperda*, *Oryzophagus oryzae*, *Oebalus poecilus* y *Tibraca limbativentris*) y la riqueza de enemigos naturales pertenecientes al orden Odonata y Araneae presentes en los cultivos de arroz con y sin historial de insecticida. Con este objetivo se dilucidará el posible rol de controlador biológico de estos enemigos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La recolección de los especímenes se realizó en tres localidades productoras de arroz del Uruguay, según las zonas de cultivos de producción comercial (Fig. 1.1): la zona Norte, en el departamento de Artigas, se realizaron muestreos en dos cultivos de la variedad de arroz INIA Olimar, ($30^{\circ}22'26.19''$ S, $57^{\circ}10'42.86''$ O) ($30^{\circ}28'43.92''$ S, $57^{\circ}8'25.92''$ O), y dos cultivos de la variedad Gurí CL ($32^{\circ}50'49.95''$ S, $55^{\circ}15'2.26''$ O) ($32^{\circ}50'36.81''$ S, $53^{\circ}47'41.09''$ O), ambos cultivos con retorno de pradera de 4 años y laboreo en invierno antes del cultivo.

En la zona Centro según las zonas de producción, se escogieron chacras comerciales. Se realizaron muestreos en dos cultivos de variedad INIA Olimar ($31^{\circ}46'58.89''$ S, $56^{\circ}27'2.40''$ O) ($31^{\circ}47'36.73''$ S, $56^{\circ}36'4.16''$ O) en el sur de Salto cerca de la zona Centro del país (Norte-Centro), y por último en el departamento de Treinta y Tres, ubicado en la zona Este, se realizaron muestreos en cultivos de la variedad INIA Merín ($32^{\circ}52'36.72''$ S, $053^{\circ}45'45.3''$ W) ($32^{\circ}50'45.3''$ S, $053^{\circ}47'47.9''$ W), con un sistema de riego proveniente de la Laguna Merín. Los cultivos fueron seccionados según a distancia entre cultivos con y sin un historial de insecticida. Los sitios de las zonas muestreadas se ubicaron con características climáticas similares, que difirieron en el uso de agroquímicos (tipos e intensidad de la aplicación).



Figura 1.1. Localidades de muestreo con historial de insecticida (Lambdacialotrina, Dinotefuran y Clorantianiliprole) y sin historial de insecticida.

Métodos de muestreo

En cada uno de los ocho cultivos mencionados anteriormente (con y sin historial de insecticida), se realizaron dos muestreos entre los meses de enero - marzo (verano-otoño) del año 2020 en diferentes fases del cultivo: el primero en etapa de floración y el segundo en etapa pre- cosecha (llenado de grano). Los muestreos se realizaron en estas dos etapas dado que la estructura vegetal se encuentra completamente desarrollada. En el caso de los cultivos con un historial de insecticida, se aplicó el insecticida solo en la etapa de pre- cosecha, días antes de realizar el segundo muestreo. Los cultivos sin historial de insecticida son considerados los cultivos sin ningún tipo de aplicación de insecticida en ninguna etapa de crecimiento del cultivo.

Cada muestreo se realizó por un colector entre las 09:00 y las 15:00 horas por sitio, en un área de 100 m x 50 m (tamaño de la parcela). Para el método de muestreo se usó el de Pérez-Gutiérrez *et al.* (2011), utilizando red entomológica (Fig. 1.2 A) en 3 transectos de 50 m (borde) y 70 m (diagonal) en forma de “Z”, a 20 m de distancia entre cada uno, realizando 50 oscilaciones dobles con la red (Fig. 1.2 B).

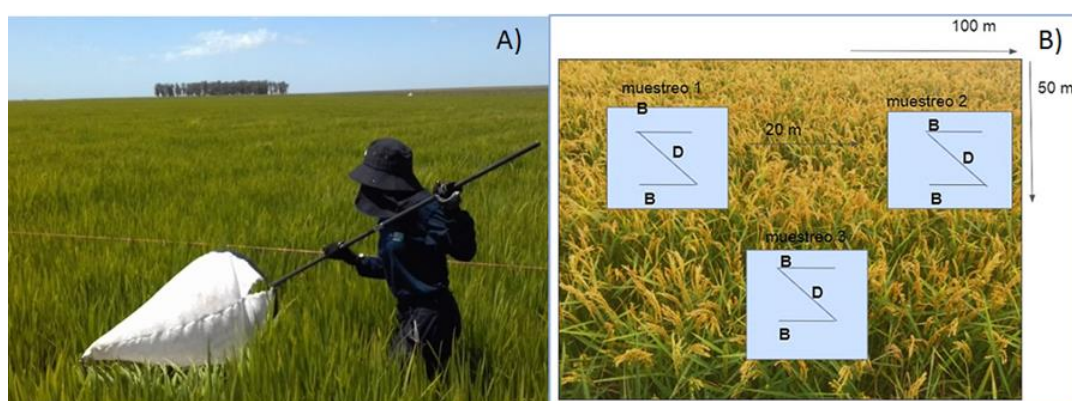


Figura 1.2. A) Muestreo con red entomológica. B) Disposición de los transectos en cada una de las chacras, donde se ve cada uno a 20 m de distancia, realizados en el borde (**B**) y la diagonal (**D**) del transecto.

Una vez relevado el transecto se depositaron los especímenes en una bolsa con la siguiente información: fecha, localización georreferenciada, etapa fenológica del cultivo, número de parcela, número de transecto y ubicación (borde o centro del cultivo). En cuanto a los ejemplares, estos fueron depositados en bolsas y almacenadas en frío, luego fueron llevados al laboratorio de entomología de INIA,

separados en morfoespecies e identificados al nivel taxonómico más bajo posible utilizando las claves para las libélulas de Betancurt *et al.*, (2009), para los insectos plaga se usó el manual de identificación de enfermedades y plagas en cultivos de arroz (Martínez *et al.*, 2018) y para la identificación de arañas se usó la guía de Araneae de Grismado *et al.* (2014) y la base de datos World Spider catalog (2023). Todos los ejemplares se depositarán en la Colección Entomológica del CURE, Rivera.

Análisis de abundancia

Una vez procesadas las muestras, se realizó el conteo de los ejemplares adultos según las zonas de producción y los sitios con y sin historial de insecticida. Se determinó si existían diferencias entre las abundancias de los depredadores (arañas y Odonata) en las diferentes zonas con y sin historial de uso de insecticida, mediante un Modelo lineal sencillo (LM), debido a que la variable respuesta es cuantitativa y la distribución de los errores es normal, por lo cual la variable respuesta se transformó mediante el logaritmo natural.

Análisis de diversidad, riqueza y especies dominantes

Mediante los números de Hill, se evaluó la riqueza (q_0), diversidad (q_1) que equivale a la exponencial del índice de entropía de Shannon y por último se evaluó el número efectivo de las especies más abundantes (q_2), equivalente al inverso del índice de entropía de Simpson. Los números de Hill, como también se les conoce a los índices de diversidad verdadera, hacen referencia al número efectivo de especies y permiten expresar los índices tradicionales en las mismas unidades (número efectivo de especies) (Cultid-Medina y Escobar, 2019). Para evitar el posible sesgo entre muestras de tamaños diferentes, se realizó un análisis de rarefacción-extrapolación para comparar la riqueza de los depredadores (Odonata y arañas).

Este análisis de los Números de Hill se realizó en cultivos con y sin historial de uso de insecticida entre los sitios de cada zona seleccionada (Norte, Centro y Este). En el caso de la zona Norte, se compararon dos sitios con historial y dos sitios sin historial de insecticida. En la zona Centro y en la zona Este se compararon un sitio con historial y un sitio sin historial de insecticida.

Se utilizó el paquete iNEXT en el programa R *studio* (Equipo RStudio, 2020) para procesar los datos (Hsieh *et al.*, 2016) y se estimaron los intervalos de confianza (0,95), considerándose significativamente diferentes cuando no hay solapamiento

entre dichos intervalos (Chao *et al.*, 2014). Las curvas de rarefacción - extrapolación se consideraron para expresar la acumulación de especies observadas y estimadas de acuerdo con los individuos capturados (Mendoza *et al.*, 2017). El interpolado utiliza los valores conocidos para obtener un valor dentro del rango de los datos y el extrapolado se usa como una proyección, generalmente se realiza con el doble de los datos observados. En este caso se utilizaron los resultados del interpolado en las gráficas, dado que el tamaño de una de las muestras no tuvo suficientes datos. El extrapolado de los datos en este caso, amplía los intervalos y aumenta la imprecisión de la estimación, dificultando la correcta visualización de los datos.

Análisis de correlación entre abundancia de depredadores y plagas por tratamiento

Para realizar la correlación se tuvo en cuenta los datos del primer y segundo muestreo por separado, dado que los muestreos se realizaron antes y después de la aplicación de insecticidas. Se analizó la abundancia de las plagas principales plagas *Spodoptera frugiperda*, *Oryzophagus oryzae*, *Oebalus poecilus* y *Tibraca limbativentris*, para establecer si existe o no una correlación entre la abundancia de los depredadores (Odonata y Araneae) y las plagas.

Como método estadístico se realizó un GLM (Modelo lineal generalizado) tipo ANCOVA (una variable cualitativa y una cuantitativa), teniendo en cuenta como variables explicativas la abundancia de los depredadores y el uso o desuso de insecticida. Para este modelo se usó una distribución Poisson, al tener una variable respuesta de conteo. Se utilizó el programa R *studio* (Equipo RStudio, 2020) con el paquete DHARMA para interpretar los residuos convencionales y determinar si existe sobredispersión en los residuos del modelo GLM (Hartig y Lohse, 2022). Se usó el paquete MASS para graficar los resultados (Ripley *et al.*, 2022).

RESULTADOS

ARAÑAS

Abundancia en las zonas (Norte, Centro y Este)

Se recolectaron un total de 1809 individuos, 1106 pertenecen a los sitios sin historial de insecticida y 701 a los sitios con historial de insecticidas. Dentro de las zonas sin insecticida, la zona Norte con baja carga de insecticidas presentó la mayor abundancia (Fig.1.3).

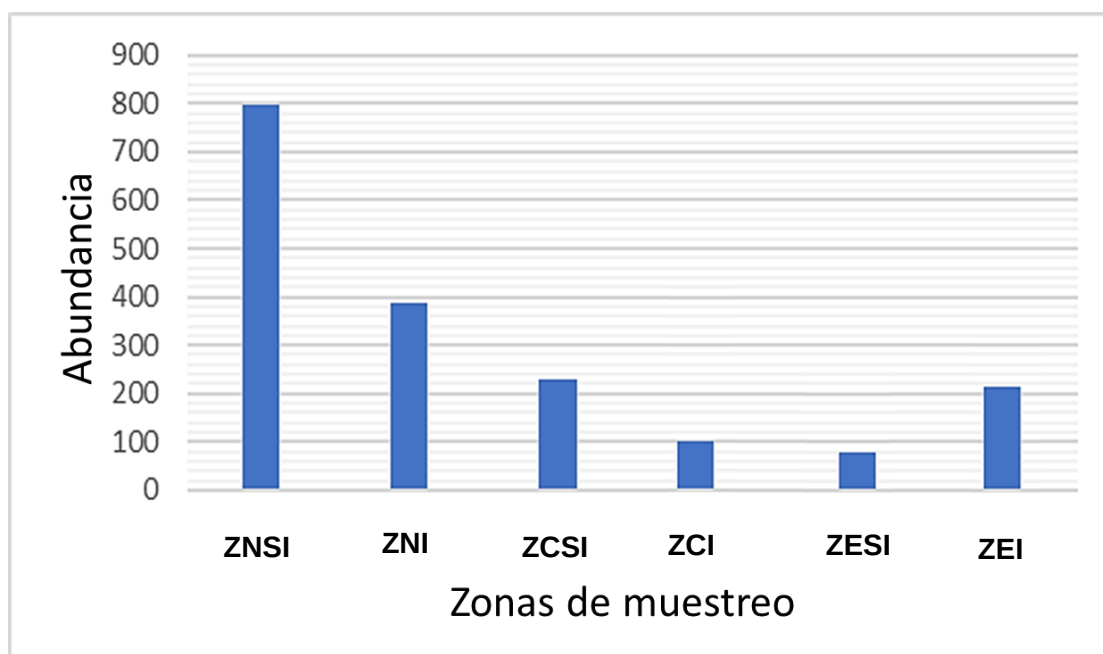


Figura 1.3. Abundancia de ejemplares del Orden Araneae recolectados en ZNSI: Zona Norte sin historial de insecticida, ZNI: Zona Norte con historial, ZCSI: Zona Centro sin historial, ZCI: Zona Centro con historial, ZESI: Zona Este sin historial y ZEI: Zona Este con historial.

Riqueza en cada Zona

Zona Norte: En la zona norte sin historial de insecticida de los 796 individuos obtenidos se agruparon en 56 morfoespecies, pertenecientes a 10 familias. En la zona con historial de insecticida se obtuvieron un total de 386 individuos, representados en 9 familias y agrupados en 33 morfoespecies. En ambos lugares las familias más abundantes fueron Tetragnathidae, Araneidae y Thomisidae, siendo las

especies *Glenognatha lacteovittata* (Fig. 1.4 A), *Alpaida veniliae* (Fig. 1.4 B) y *Misumenops pallidus* (Fig. 1.4 C) las más representativas (ver Anexo).

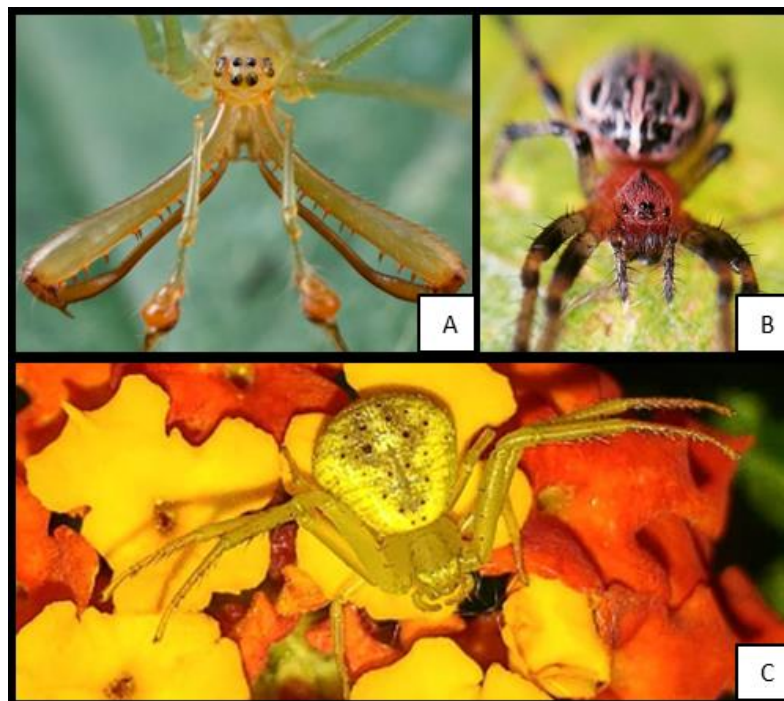


Figura 1.4. Especies de arañas más abundantes A) *Glenognatha lacteovittata*, B) *Alpaida veniliae* y C) *Misumenops pallidus*.

Zona Centro: En la zona Centro sin historial de insecticida, los 230 individuos obtenidos se agruparon en 29 morfoespecies, pertenecientes a 9 familias. Mientras que en la zona con historial de insecticida se obtuvo un total de 101 individuos, representados en 9 familias, agrupados en 18 morfoespecies. En la zona Norte-Centro con insecticida la familia más abundante fue Thomisidae, siendo la especie *Misumenops pallidus* la que presentó mayor número de individuos. Mientras que para la zona Centro sin historial de insecticida, la familia más abundante fue Tetragnathidae, con la especie *Glenognatha lacteovittata* como la más representativa (ver Anexo).

Zona Este: En la zona Este sin historial de insecticida, los 80 individuos obtenidos fueron agrupados en 18 morfoespecies pertenecientes a 9 familias. Mientras que la zona con historial de insecticida se obtuvo un total de 214 individuos, representados en 8 familias, agrupados en 64 morfoespecies. Para la zona Este sin historial de

insecticida la familia más abundante fue Tetragnathidae y la especie más representativa fue *Glenognatha lacteovittata*. Para la zona Este con historial de insecticida fueron las especies *Glenognatha lacteovittata*, *Alpaida veniliae*, Linyphiidae sp. y Lycosidae sp. 1, de las familias Tetragnathidae, Araneidae, Linyphiidae y Lycosidae respectivamente (ver Anexo).

El total de los individuos obtenido estuvieron agrupados en 64 morfoespecies, pertenecientes a 10 familias, las familias que predominaron fueron Tetragnathidae, Araneidae y Thomisidae, de las cuales las especies más representativas fueron *Glenognatha lacteovittata*, *Alpaida veniliae* y *Misumenops pallidus*, respectivamente. Thomisidae es la única familia de arañas no tejedoras entre las tres. (Fig. 1.5).

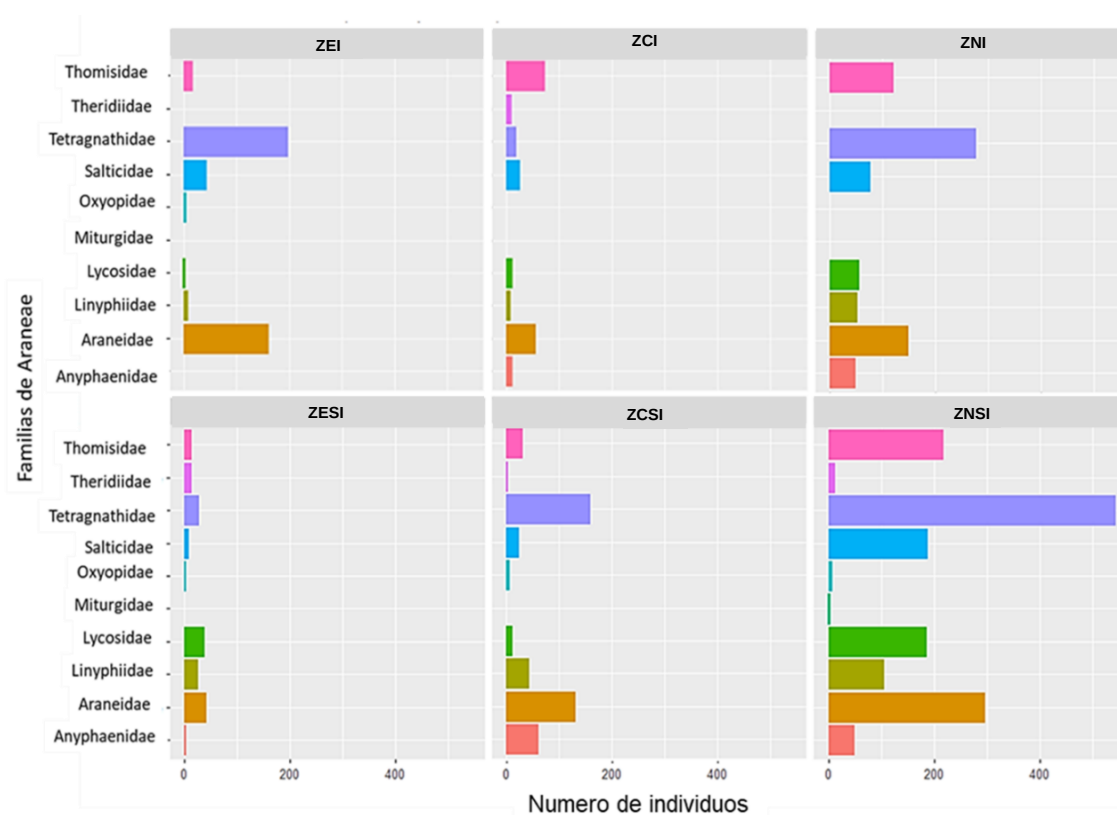


Figura 1.5 Riqueza del Orden Araneae recolectadas en sistemas arroceros con y sin historial de aplicación de insecticidas. ZNSI: Zona Norte sin insecticida, ZESI: Zona Este sin insecticida, ZCSI: Zona Centro sin insecticida, ZNI: Zona Norte con insecticida, ZEI: Zona Este con insecticida y ZCI: Zona Centro con insecticida.

Riqueza, diversidad y dominancia mediante los Números de Hill

Diferencias entre las tres zonas con y sin historial de insecticida

Para analizar las diferencias entre la riqueza, diversidad y dominancia de arañas entre las zonas con historial de insecticida, se obtuvieron las curvas de rarefacción-extrapolación. Teniendo en cuenta que hay diferencias entre los tamaños de las muestras que pueden alterar los resultados del extrapolado, se utilizaron los datos del interpolado como tamaño de la muestra (Fig. 1.6).

Al comparar todas las zonas de muestreo con historial de insecticida, se encontró mediante los números de Hill, que la riqueza (q_0) entre las zonas Norte y Centro y entre Centro y Este, no presentaron diferencias significativas. Mientras que entre la zona Norte y Este, hubo diferencias significativas (Fig. 1.6 A).

No hay diferencias significativas en la diversidad (q_1), entre la zona Norte y Centro (Fig. 1.6 B). La zona Este presentó diferencias significativas con las demás zonas.

Se encontró que el mayor valor de la dominancia de especies (q_2) (Fig. 1.6 C) lo presenta la zona Este, con diferencias significativas con las otras dos Zonas, que no presentaron diferencias significativas entre sí.

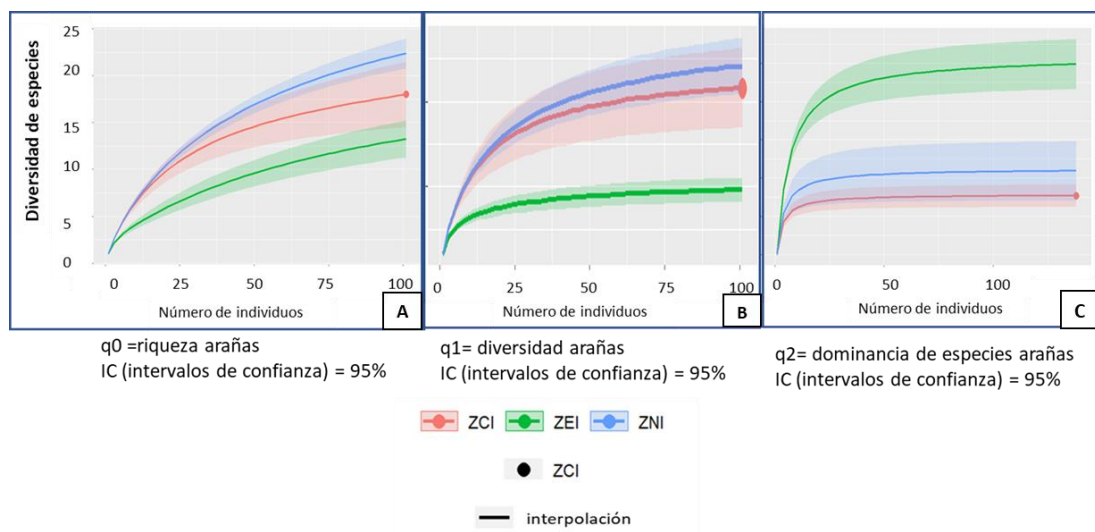


Figura 1.6. A) Curvas de riqueza (q_0), B) Curvas de diversidad (q_1) y C) Curvas de dominancia de especies (q_2) para cultivos de arroz con historial de aplicación de insecticida entre las zonas de muestreo mediante interpolado. ZNI: Zona Norte con insecticida, ZEI: Zona Este con insecticida y ZCI: Zona Centro con insecticida. Siendo las líneas sólidas el número de arañas totales en cada zona de muestreo y las franjas sombreadas representan los intervalos de confianza (0,95).

Al comparar todas las zonas de muestreo sin historial de insecticida, no se encontraron diferencias significativas respecto a la riqueza (q_0), diversidad (q_1) y dominancia de especies de arañas (q_2) (Figura 1.7).

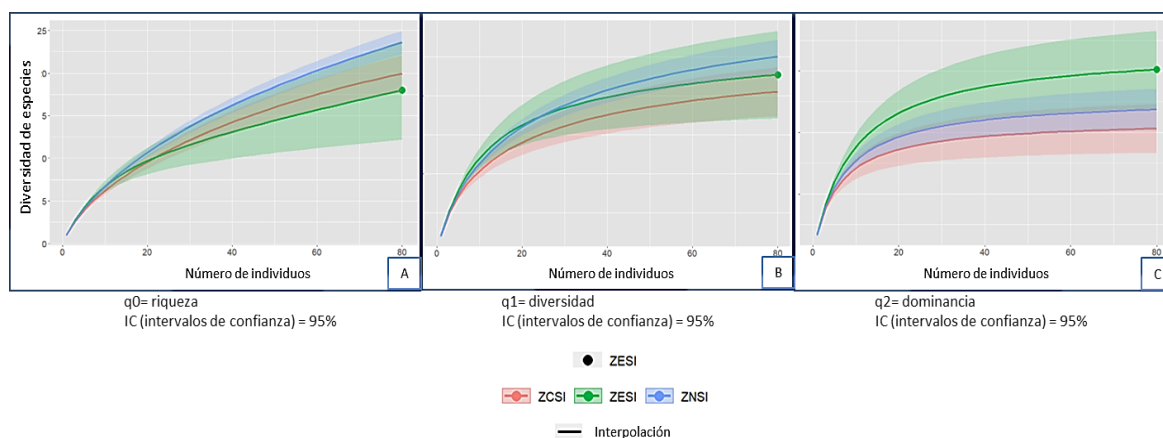


Figura 1.7. A) Curvas de riqueza (q_0), B) Curvas de diversidad (q_1) y C) Curvas de dominancia de especies (q_2) para cultivos de arroz con historial de aplicación de insecticida entre las zonas de muestreo mediante interpolado. ZNSI: Zona Norte sin insecticida, ZESI: Zona Este sin insecticida y ZCSI: Zona Centro sin insecticida. Siendo las líneas sólidas el número de arañas totales en cada zona de muestreo y las franjas sombreadas representan los intervalos de confianza (0,95).

Diferencias en cada Zona de producción con y sin historial de insecticida

Zona Norte: Para analizar las diferencias entre la riqueza, diversidad y dominancia de arañas en dos sitios con historial y sin historial de insecticida, se obtuvieron las curvas de rarefacción-extrapolación. Teniendo en cuenta que hay diferencias entre los tamaños de las muestras que pueden alterar los resultados del extrapolado, se utilizaron los datos del interpolado como tamaño de la muestra (Fig. 1.8).

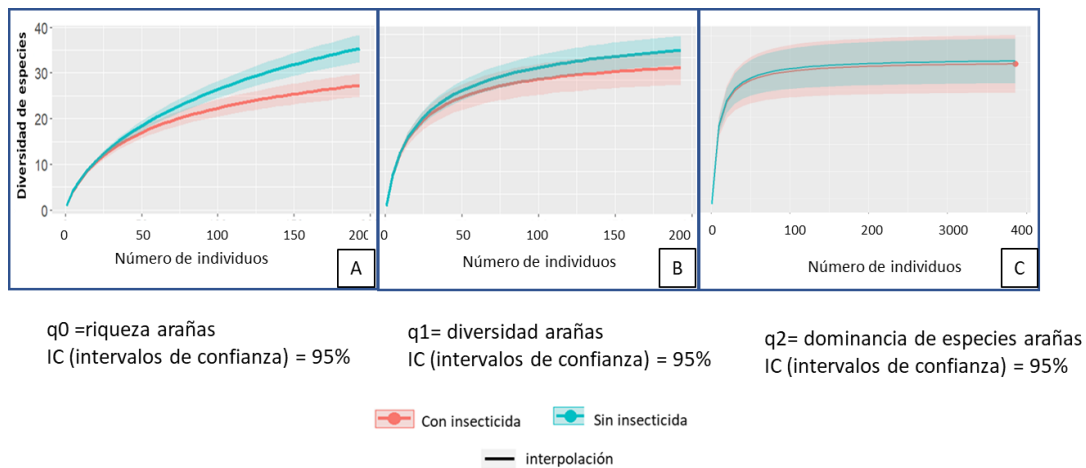


Figura 1.8. A) Curvas de riqueza (q_0), B) Curvas de diversidad (q_1) y C) Curvas de dominancia de especies (q_2), para cultivos de arroz con y sin historial de aplicación de insecticida en la zona Norte, mediante interpolado. Siendo las líneas sólidas el número de individuos totales en cada zona de muestreo y las franjas sombreadas representan los intervalos de confianza (0,95).

De acuerdo con las curvas de rarefacción-extrapolación de los números de Hill, la riqueza de arañas (q_0) fue mayor en los sitios sin historial de insecticida (Fig. 1.9 A). Respecto a la curva generada según el exponente de la diversidad de Shannon (q_1) y la dominancia de especies (q_2), no hay diferencias significativas dado que se solapan entre los intervalos de confianza (0,95) (Fig. 1.7 B y C).

Zona Centro: No se encontraron diferencias significativas en riqueza (q_0), diversidad (q_1) y dominancia de las especies (q_2) entre los sitios con historial y sin historial de insecticida, con intervalos de confianza de 0,95 (Fig. 1.9 A, B y C).

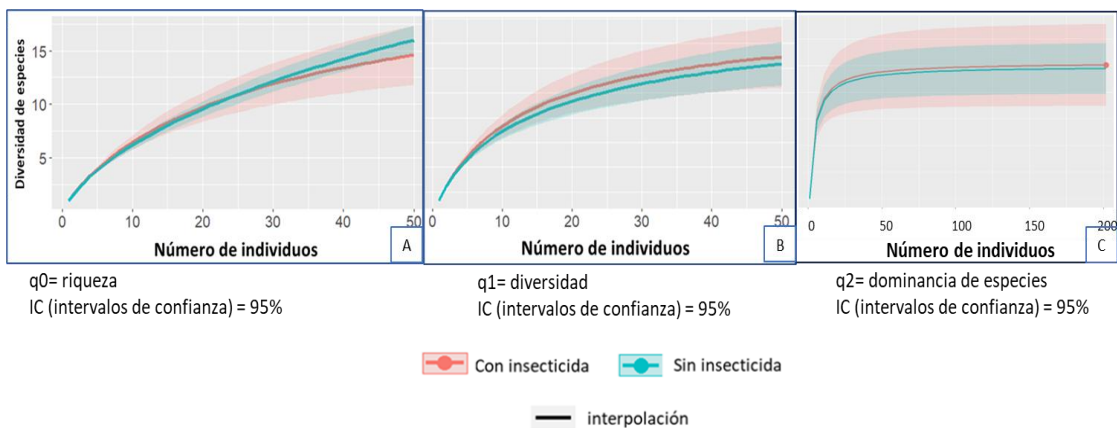


Figura 1.9. A) Curvas de riqueza (q_0), B) Curvas de diversidad de Shannon (q_1) y C) Curvas de dominancia de especies (q_2) para cultivos de arroz con y sin historial de aplicación de insecticida en la zona Centro mediante interpolado. Siendo las líneas sólidas el número de individuos totales de arañas en cada zona de muestreo y las franjas sombreadas representan los intervalos de confianza (0,95)

Zona Este: Según el análisis del resultado de los números de Hill, la curva que representa la riqueza (q_0), hay diferencias significativas entre los sitios de muestreo con y sin insecticida (Fig. 1.10 A). Hubo una mayor diversidad (q_1) en el sitio sin historial de insecticidas (Fig. 1.10 B). La dominancia de especies (q_2) fue mayor en el sitio sin historial de insecticida, mostrando diferencias significativas entre ambos sitios (Fig 1.10 C.).

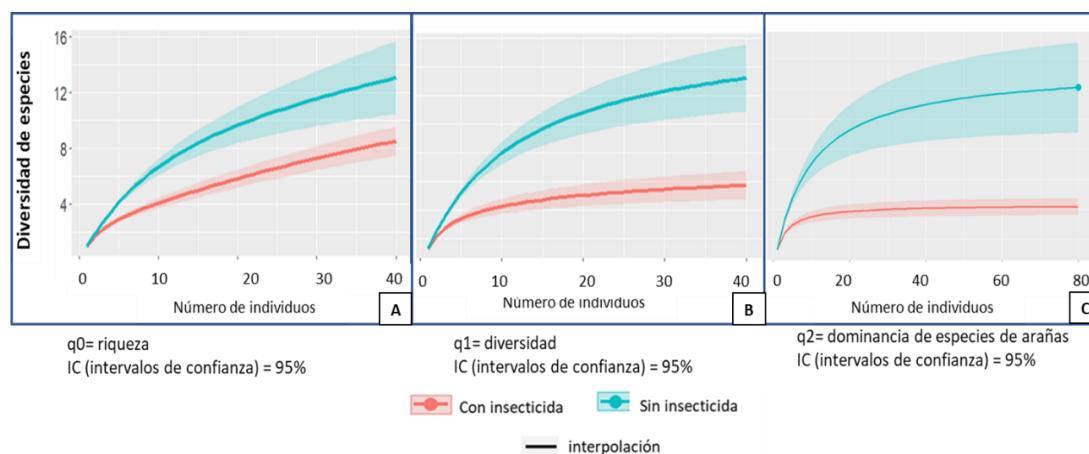


Figura 1.10. A) Curvas de riqueza (q_0), B) Curvas de diversidad de Shannon (q_1) y C) Curvas de dominancia de especies (q_2) para cultivos de arroz con y sin historial de aplicación de insecticida en la zona Este mediante interpolado. Siendo las líneas sólidas el número de individuos totales de arañas en cada zona de muestreo y las franjas sombreadas representan los intervalos de confianza (0,95)

Abundancia y Diversidad comparando los 2 muestreos en todas las Zonas

La abundancia de arañas en el primer muestreo (fase de floración) fue de 1186 individuos. En el segundo muestreo (llenado de grano) se encontraron 621. (Fig. 1.11).

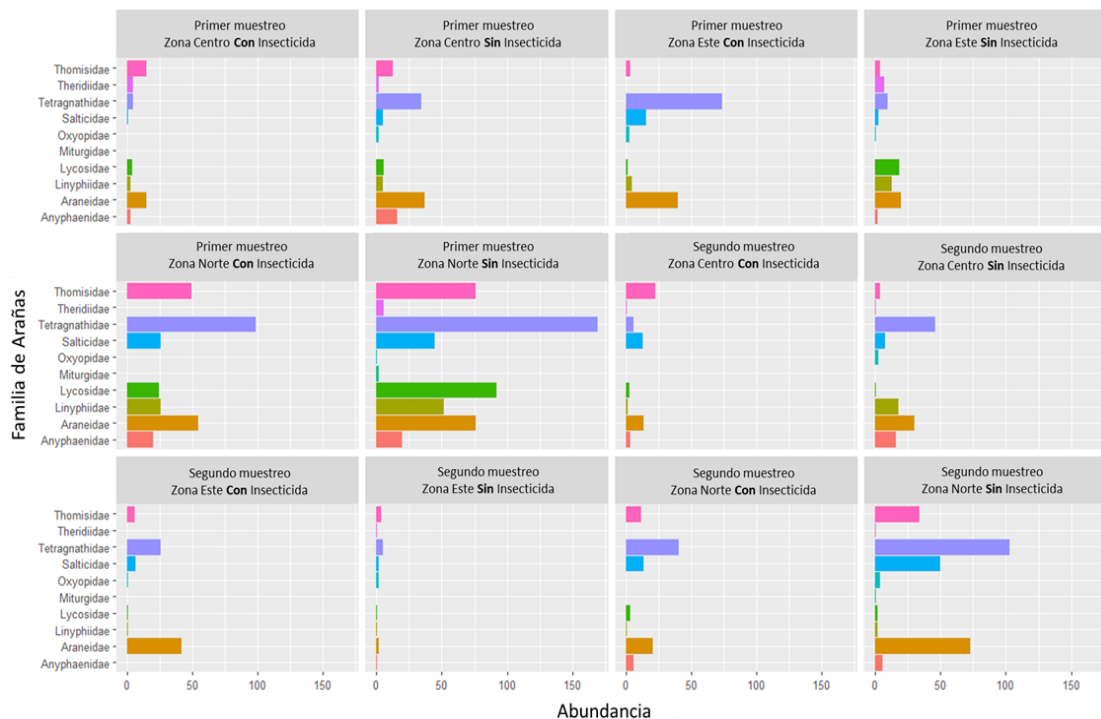


Figura 1.11. Abundancia del número de individuos por Familias en el primer y segundo muestreo en las diferentes zonas.

Para comparar la abundancia de las arañas en las diferentes zonas con o sin historial de insecticida en primer y segundo muestreo se realizó un Modelo Lineal sencillo (LM). No se encontraron diferencias significativas entre las zonas de muestreo, aunque se encontraron diferencias entre los historiales de uso de insecticida ($F_{(0,8,5)} = 0.9$; $p=0.004$) (Fig. 1.12)

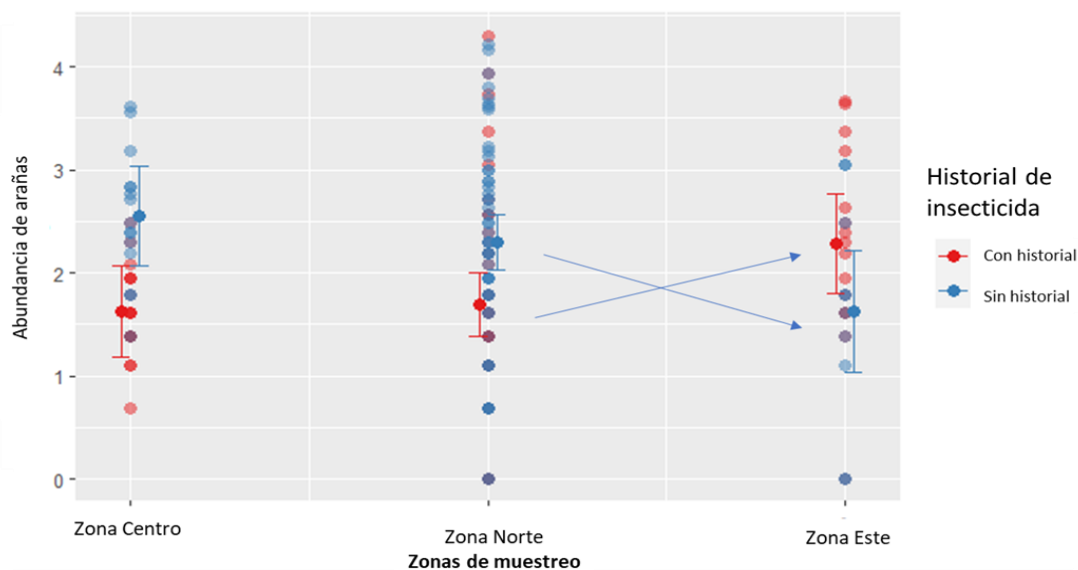


Figura 1.12. Abundancia de arañas colectadas en sistemas arroceros con y sin

historial de aplicación de insecticidas, en el primer y segundo muestreo en las tres zonas.

ODONATA

Abundancia entre las zonas (Norte, Centro y Este)

Se recolectaron 1376 individuos, 851 pertenecen a los sitios sin historial de insecticida y 525 a los sitios con historial de insecticidas. Dentro de las zonas sin insecticida, la zona Este con baja carga de insecticidas presentó la mayor abundancia (Fig. 1.13).

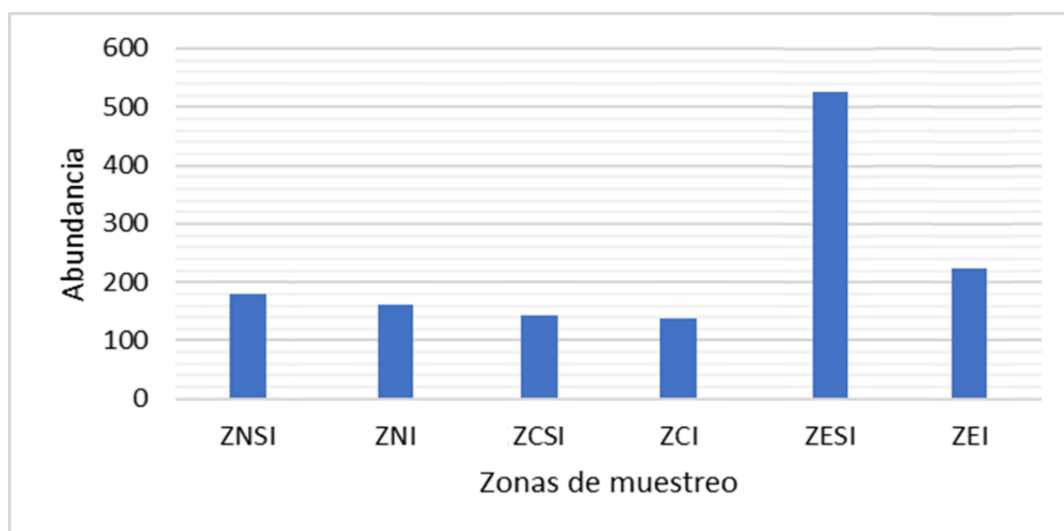


Figura 1.13. Abundancia del orden Odonata colectadas en sistemas arroceros con y sin historial de aplicación de insecticidas. ZCI: Zona Centro con historial de insecticida, ZCSI: Zona Centro sin historial, ZEI: Zona este con historial, ZESI: Zona este sin historial, ZNI: Zona norte con historial y ZNSI: Zona Norte sin historial.

Riqueza en cada zona

Se encontraron globalmente 10 morfoespecies, pertenecientes a 4 familias (Fig. 1.14). Las familias que predominaron fueron Coenagrionidae y Lestidae, de las cuales las especies más representativas fueron *Argia albistigma* (Fig. 1.15 A) y *Lestes* sp. 1 (Fig. 1.5 B). Respecto a la abundancia, 851 individuos pertenecen a los sitios sin historial de insecticida, y 525 individuos restantes pertenecen a los sitios con historial de insecticidas.

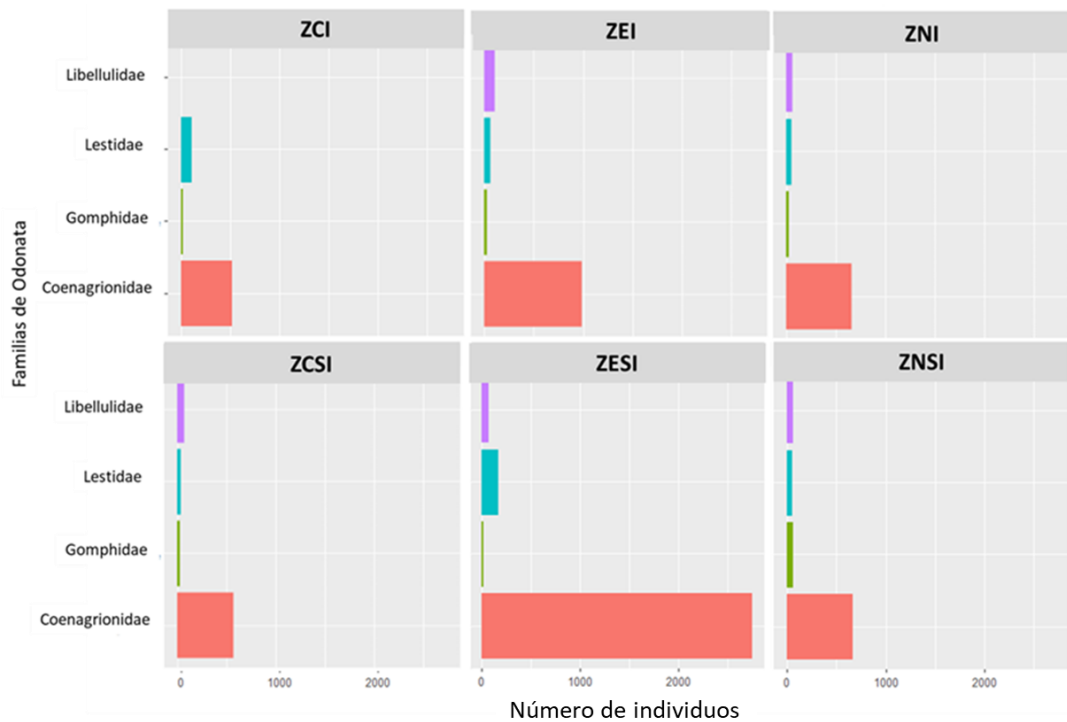


Figura 1.14. Familias del orden Odonata colectadas en sistemas arroceros con y sin historial de aplicación de insecticida. ZCI: Zona Centro con historial de insecticida, ZCSI: Zona Centro sin historial, ZEI: Zona este con historial, ZESI: Zona este sin historial, ZNI: Zona norte con historial y ZNSI: Zona Norte sin historial.

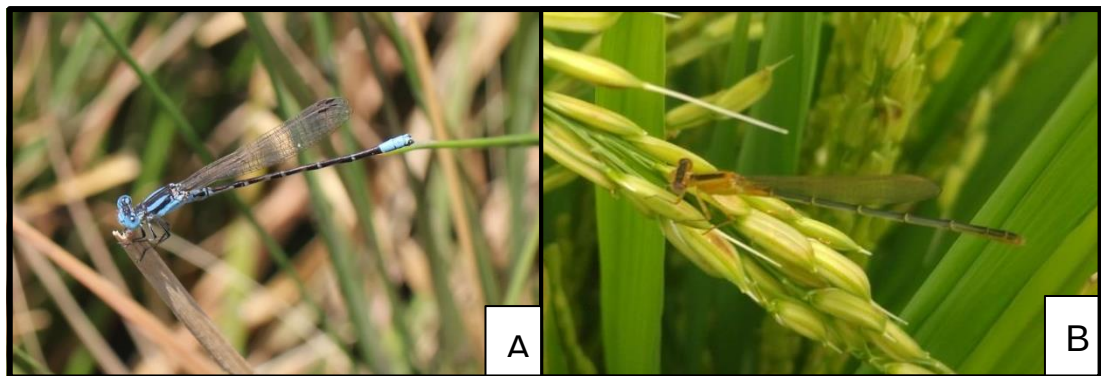


Figura 1.15. Especies del orden Odonata. A) Familia Coenagrionidae (*Argia albistigma*) y B) *Lestes* sp. 1

Zona Norte: En la zona Norte sin historial de insecticida se obtuvieron 180 individuos, agrupados en 10 morfoespecies, pertenecientes a 4 familias. En la zona con historial de insecticida se obtuvieron 162 individuos, representados en 4 familias, agrupados

en 9 morfoespecies. Para ambos sitios, la familia más abundante fue Coenagrionidae y la especie *Argia albistigma* fue la más representativa (Figura 1.16).

Zona Norte- Centro: En la zona Norte- Centro sin historial de insecticida se obtuvieron 143 individuos, agrupados en 7 morfoespecies, pertenecientes a 4 familias. En la zona con historial de insecticida se obtuvieron 138 individuos, representados en 3 familias, agrupados en 6 morfoespecies. La especie más abundante en la zona con historial fue *Argia albistigma* (Coenagrionidae) y en la zona Centro sin historial fue la especie Libellulidae sp. 1 (Figura 1.16).

Zona Este: En la zona Este, en el sitio sin historial de insecticida se obtuvieron 528 individuos, agrupados en 10 morfoespecies, pertenecientes a 4 familias. En el sitio con historial de insecticida se obtuvieron 225 individuos, representados en 4 familias, agrupados en 8 morfoespecies. En ambas zonas la especie más abundante fue *Argia albistigma* (Coenagrionidae) (Figura 1.16).

Familia	Número de individuos por zona con y sin historial de insecticida						
	morfoespecies	ZCI	ZCSI	ZEI	ZESI	ZNI	ZNSI
Coenagrionidae	<i>Argia serva</i>	4	26	19	88	9	28
	<i>Lestes sp 1</i>	3	29	47	113	8	33
	<i>Coenagrionidae sp 1</i>	8	15	34	88	7	6
	<i>Coenagrionidae sp 2</i>			1	5		1
	<i>Argia albistigma</i>	70	23	62	162	84	41
Gomphidae	<i>Phyllocycla sp 1</i>	3	7		1	4	21
	<i>Phyllocycla sp 2</i>			7	2	4	5
Lestidae	<i>Lestes undulatus</i>	50	13	23	80	21	21
Libellulidae	<i>Libellulidae sp 1</i>		30	33	28	22	19
	<i>Libellulidae sp 2</i>			13	5	3	5

Figura 1.16. Familias y morfoespecies de Odonata recolectadas en sistemas arroceros con y sin historial de aplicación de insecticida en la Zona Norte del Uruguay. ZCI: Zona Centro con historial de insecticida, ZCSI: Zona Centro sin historial, ZEI: Zona Este con historial, ZESI: Zona Este sin historial, ZNI: Zona Norte con historial y ZNSI: Zona Norte sin historial

Riqueza, diversidad y dominancia mediante números de Hill

Diferencias entre las tres zonas con y sin historial de insecticida

Para encontrar las diferencias entre riqueza, diversidad y dominancia de especies de Odonata se compararon las tres zonas según el historial de insecticida.

Entre las zonas con historial de insecticida, se obtuvieron las curvas de rarefacción-extrapolación con intervalos de confianza al 0,95. No se encontraron diferencias significativas entre la riqueza (q_0) de las zonas Este y Norte, mientras que ambas zonas presentan diferencias significativas con la zona Centro, la cual presenta los valores más bajos (Fig. 1.17 A). En cuanto a la diversidad (q_1) entre las zonas se presentaron diferencias significativas, siendo la zona Este la que presenta mayor valor (Fig. 1.17 B). Por último, la zona Este presentó diferencias significativas con las demás zonas en cuanto a dominancia de especies (q_2), siendo la zona con el mayor valor, mientras que la zona Norte y la zona Centro no presentaron diferencias significativas entre sí (Fig. 1.17 C).

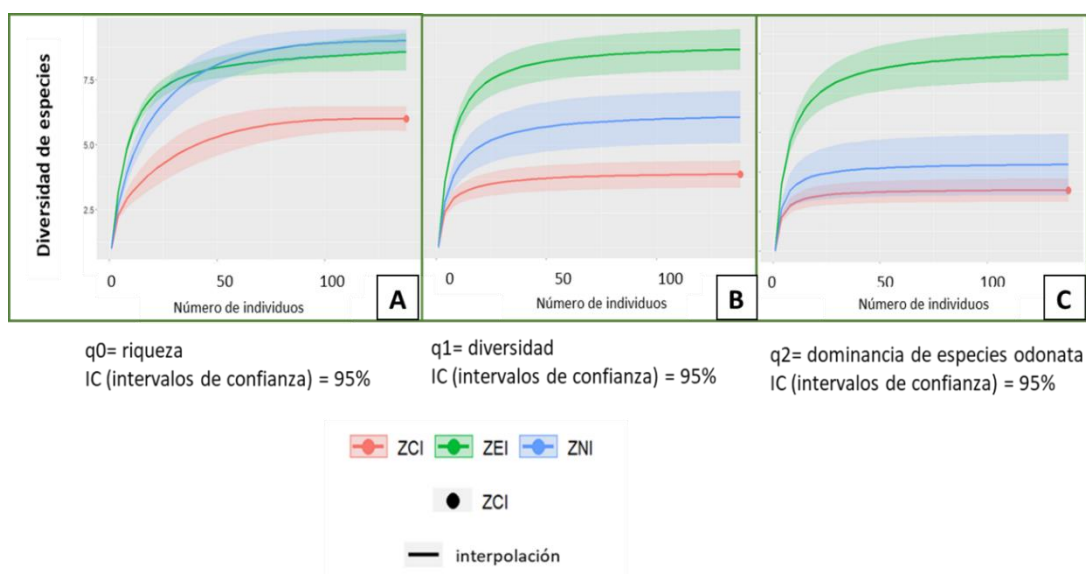


Figura 1.17. A) Curvas de riqueza (q_0), B) Curvas de diversidad (q_1) y C) Curvas de dominancia de especies (q_2) para cultivos de arroz con historial de aplicación de insecticida entre las diferentes zonas de muestreo mediante interpolado. ZCI: Zona centro con historial de insecticida, ZEI: Zona este con historial y ZNI: Zona norte con historial. Siendo las líneas sólidas el número de individuos totales en cada zona de muestreo y las franjas sombreadas representan los intervalos de confianza (0,95).

En la comparación de las tres zonas sin historial de insecticida, se obtuvieron las curvas de rarefacción - interpolación con intervalos de confianza al 0,95. Las zonas Norte y Centro sin historial de insecticidas, no presentaron diferencias significativas en la riqueza (q_0), mientras que en la zona Centro se encontró el menor valor, con diferencias significativas respecto a las demás zonas (Fig. 1.18 A). La diversidad (q_1) no mostró diferencias significativas entre la zona Norte y la zona Centro. Entre la zona Norte y la zona Este se observaron diferencias significativas, siendo la zona Este la que presentó el menor valor (Fig. 1.18 B). La dominancia de especies no demostró diferencias significativas entre las zonas Norte y Centro, mientras que entre la zona Norte y Este si se observan diferencias significativas, siendo la zona Este la que presentó el menor valor entre las tres (Fig. 1.18 C).

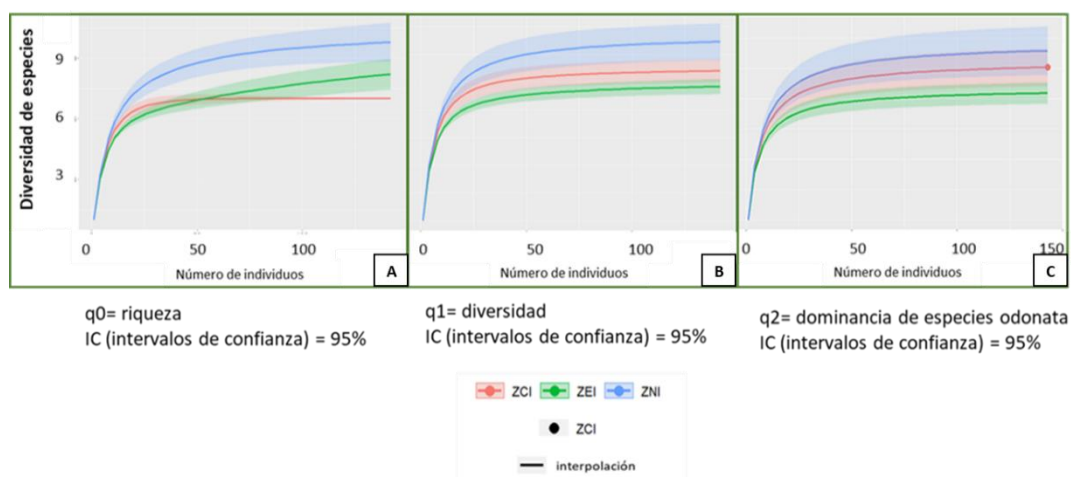


Figura 1.18. A) Curvas de riqueza de Odonata (q_0), B) curvas de diversidad de Shannon (q_1) y C) curvas de dominancia de especies (q_2) para cultivos de arroz con y sin historial de aplicación de insecticida mediante interpolado. ZNSI: Zona Norte sin historial insecticida, ZESI: Zona Este sin historial insecticida y ZCSI: Zona Centro sin historial insecticida. Siendo las líneas sólidas el número de individuos totales en cada zona de muestreo y las franjas sombreadas representan los intervalos de confianza (0,95).

Diferencias en cada Zona de producción con y sin historial de insecticida

Zona Norte: Según los intervalos de confianza (0,95) en las curvas de rarefacción, se observa que no hay diferencias significativas entre la riqueza (q_0), entre ambos sitios y la curva tiende a estabilizarse (Fig. 1.19 A). La diversidad (q_1) muestra

diferencias significativas donde se observa una mayor diversidad en los sitios sin historial de insecticida (Fig. 1.19 B) y con respecto a la dominancia de especies (q_2), se presentaron en mayor cantidad en la zona sin historial de insecticida, mostrando diferencias significativas entre ambos sitios de muestreo (Fig. 1.19 C).

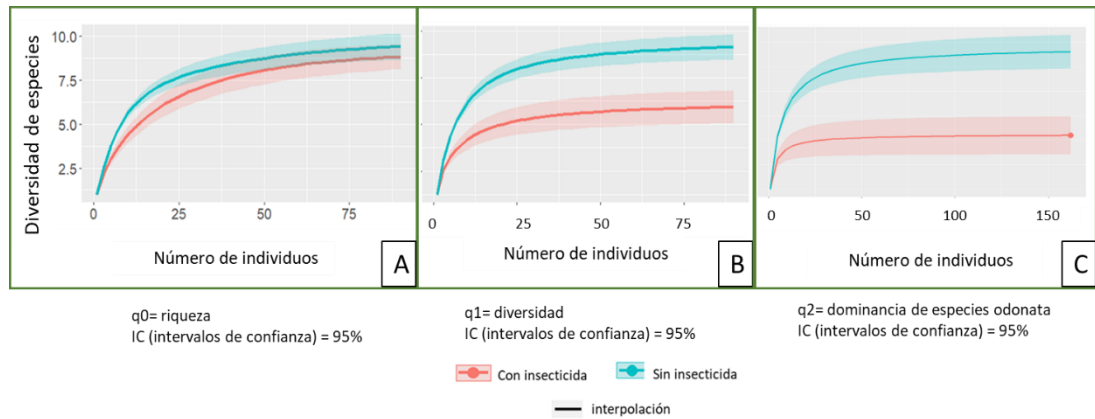


Figura 1.19. A) Curvas de diversidad de Shannon (q_1), B) curvas de diversidad de Shannon (q_1) y C) Curvas de dominancia de especies (q_2) para cultivos de arroz con y sin historial de aplicación de insecticida en la zona Norte. Siendo las líneas sólidas el número de individuos del Orden Odonata totales en cada zona de muestreo y las franjas sombreadas representan los intervalos de confianza (0,95).

Zona Centro: En la zona Centro hay diferencias significativas entre ambos sitios, en la riqueza (q_0) (Fig. 1.20 A), la diversidad (q_1) (Fig. 1.20 B) y la dominancia de especies (q_2) que son mayores en el sitio sin historial de insecticida, mostrando diferencias significativas entre sí (Fig. 1.20 C).

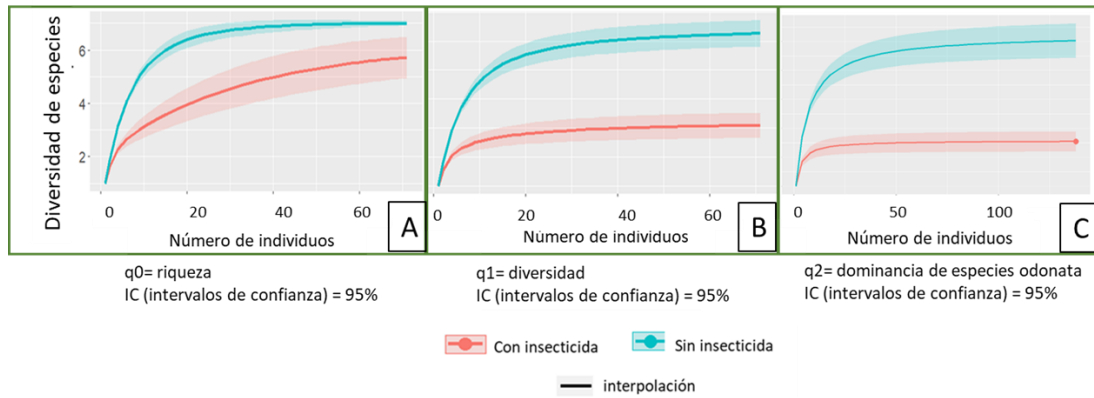


Figura 1.20. A) Curvas de riqueza de Odonata (q0), B) Curvas de diversidad de Shannon (q1) y C) Curvas de dominancia de especies (q2) para cultivos de arroz con y sin historial de aplicación de insecticida en la zona Centro. Siendo las líneas sólidas el número de individuos del Orden Odonata totales en cada zona de muestreo y las franjas sombreadas representan los intervalos de confianza (0,95).

Zona Este: En la zona Este, según la curva de rarefacción en la Fig. 1.21 A, existen diferencias significativas entre ambos sitios, obteniendo una mayor riqueza (q0) el sitio sin historial de insecticida. Mientras que la diversidad (q1) y la dominancia de especies (q2), no presenta diferencias significativas entre ambos sitios (Fig. 1.21 B y Fig. 1.21 C)

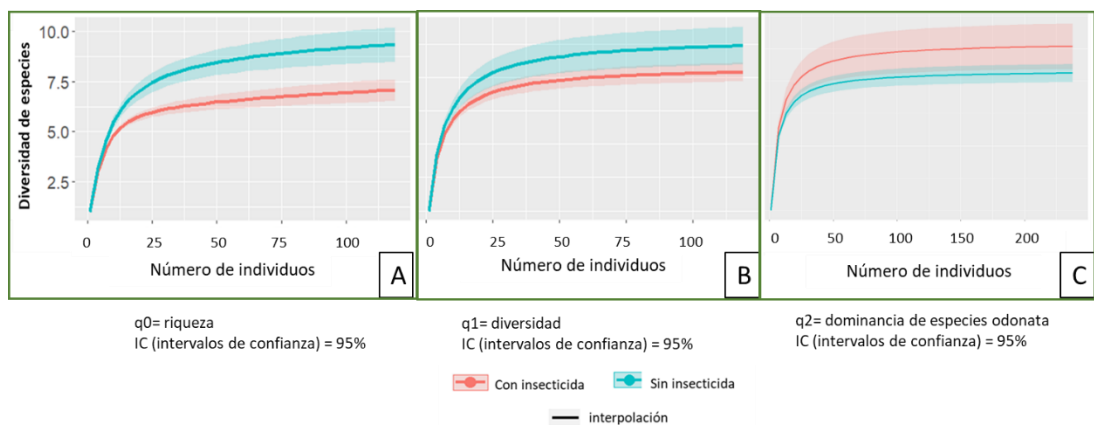
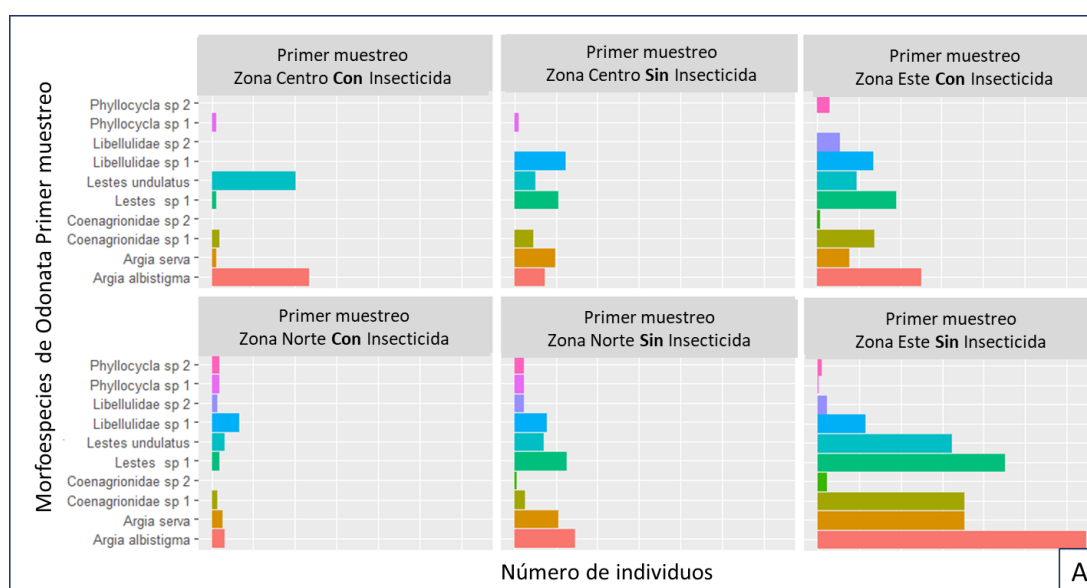


Figura 1.21. A) Curvas de riqueza de Odonata (q0), B) Curvas de diversidad de Shannon (q1) y C) Curvas de dominancia de especies (q2), para cultivos de arroz con y sin historial de aplicación de insecticida en la zona Este mediante interpolación. Siendo las líneas sólidas el número de individuos del Orden Odonata totales en cada zona de muestreo y las franjas sombreadas representan los intervalos de confianza (0,95).

Abundancia y Diversidad comparando los dos muestreos en todas las Zonas

En el primer muestreo en la fase de floración del cultivo, la abundancia de Odonata fue de 1254 individuos, 508 individuos fueron recolectados en zonas con historial de insecticida y 746 individuos en las zonas sin historial de uso.

En el segundo muestreo, la fase de llenado de grano, la abundancia fue de 180 individuos, de los cuales 52 pertenecen a las zonas sin historial de insecticida y 128 a las zonas con aplicación. En la zona Este sin historial de insecticida, en el primer muestreo se registró el mayor número de individuos con 569. La menor abundancia se obtuvo en la zona Este con historial de insecticida, sin individuos colectados en el segundo muestreo. Entre el primer y segundo muestreo se observa una diferencia entre las abundancias, siendo la especie *Argia albistigma* la más abundante en la zona Norte con historial de insecticidas (Fig. 1.22 A y B).



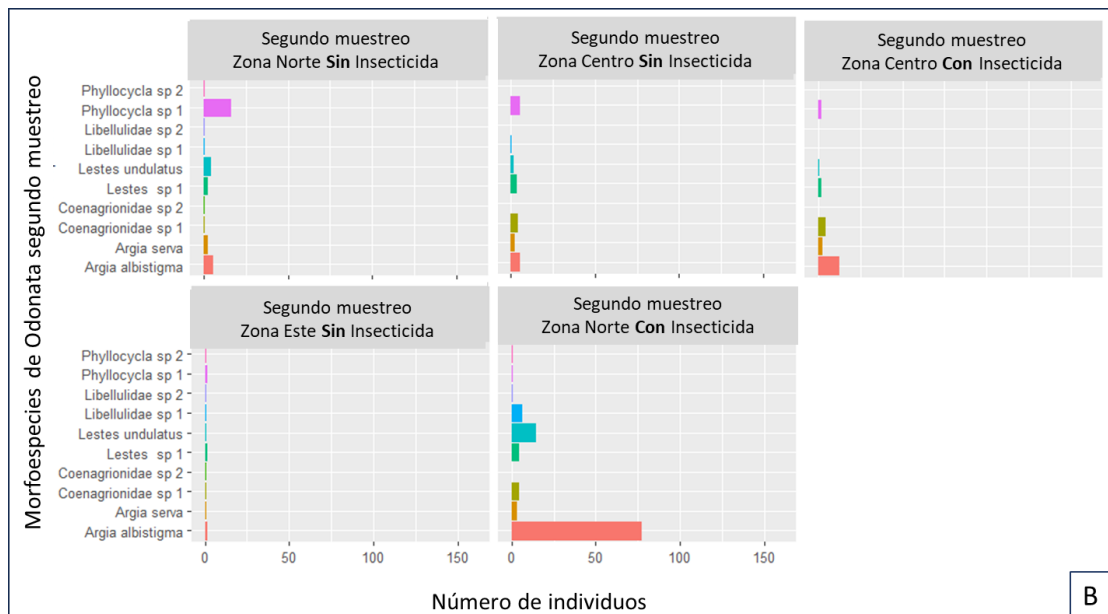


Figura 1.22. A) Riqueza de Odonata, en el primer y B) segundo muestreo en las diferentes zonas.

En el caso de la abundancia de Odonata, se encontró que existe diferencia frente a las diferentes zonas de muestreo ($F_{(23,0)}=23,9$, $p=2,1 \cdot 10^{-9}$), pero no presenta diferencias en el historial de uso de insecticida (Fig. 1.23).

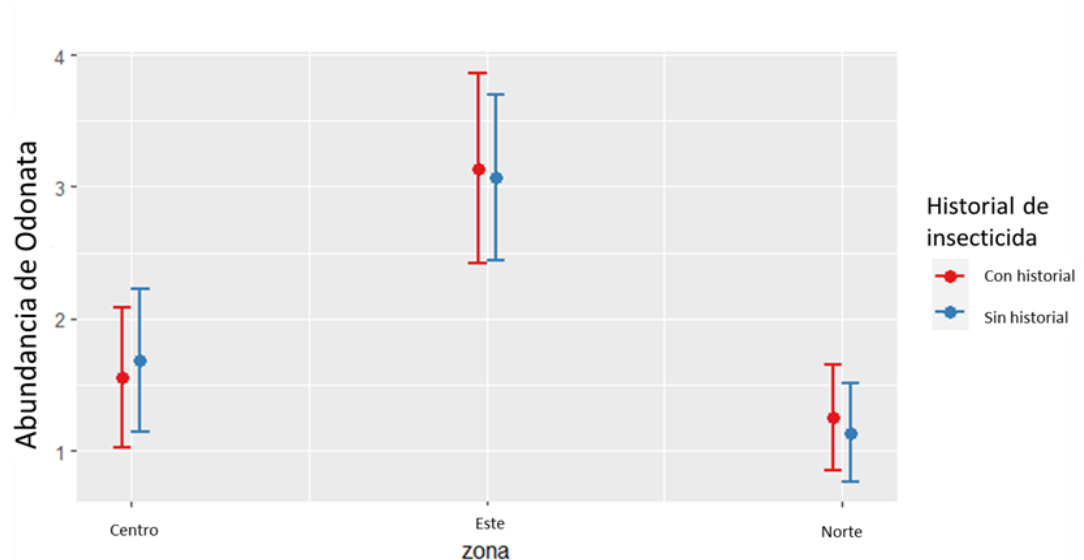


Figura 1.23. Abundancia de Odonata recolectadas en sistemas arroceros con y sin historial de aplicación de insecticidas, en el primer y segundo muestreo en las tres zonas.

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LA ABUNDANCIA DE DEPREDADORES Y PLAGAS

Para realizar el análisis de correlación entre plagas y depredadores, se determinó la abundancia de las principales plagas por zonas. En las tres zonas se colectaron 176 individuos de *Oebalus poecilus* (Fig. 1.24 A), 34 de *Oryzophagus oryzae* (Fig. 1.24 B), 74 de *Spodoptera frugiperda* (Fig. 1.24 C) y 146 individuos de *Tribaca limbativentris*. (Fig. 1.24 D). La zona Norte fue la que presentó mayor número de individuos entre las zonas de muestreo (Fig. 1.25). Las especies plaga *O. oryzae*, *O. poecilus* y *S. frugiperda* mostraron una mayor abundancia en los sitios con historial de insecticidas, mientras que *T. limbativentris* presentó mayor abundancia en cultivos sin historial de insecticida.

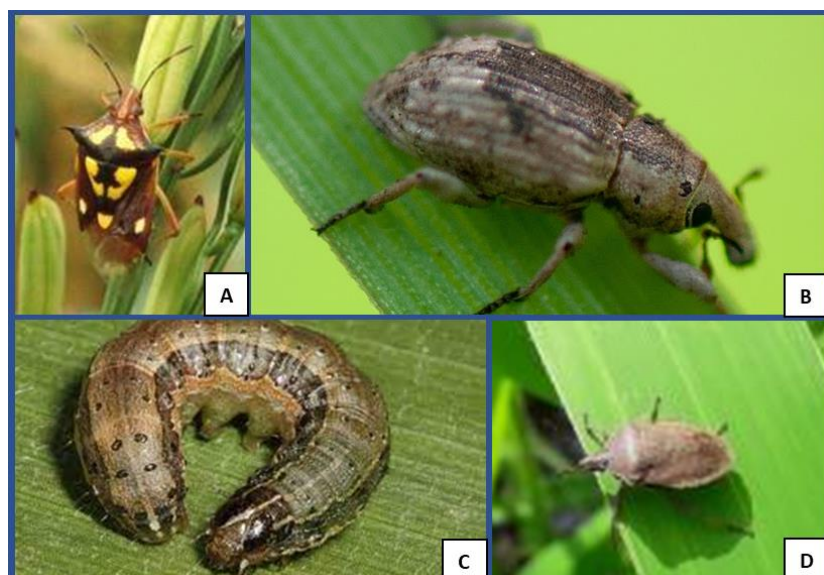


Figura 1.24. Plagas de arroz A) *O. poecilus*, B) *O. oryzae*, C) *S. frugiperda* y D) *T. limbativentris*. Fotografías de Marcelo Casacuberta

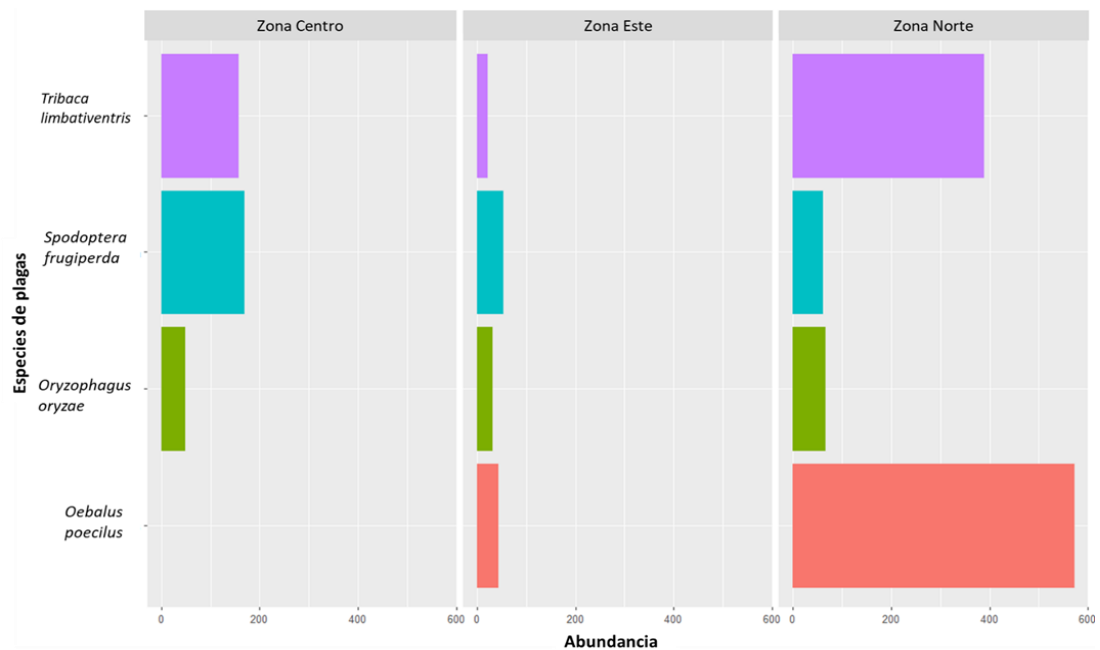


Figura 1.25. Abundancia de insectos plagas recolectadas en sistemas arroceros con y sin historial de aplicación de insecticidas en las diferentes zonas de muestreo (zona Norte, zona Centro y zona Este).

En el primer muestreo realizado en la fase de floración del arroz, se recolectaron 68 individuos de las plagas en los sitios con historial de insecticidas, y en los sitios sin historial de insecticida, se registraron 96 individuos. En el segundo muestreo, durante la fase de llenado de grano, se encontraron 141 individuos entre los sitios con historial de insecticida y 118 individuos en los sitios sin historial de uso de insecticida. En la zona Este sin historial de insecticidas no se encontraron plagas en el segundo muestreo, mientras que en la zona Norte sin historial, en el segundo muestreo se encontró un total de 106 individuos (Fig. 1.26).

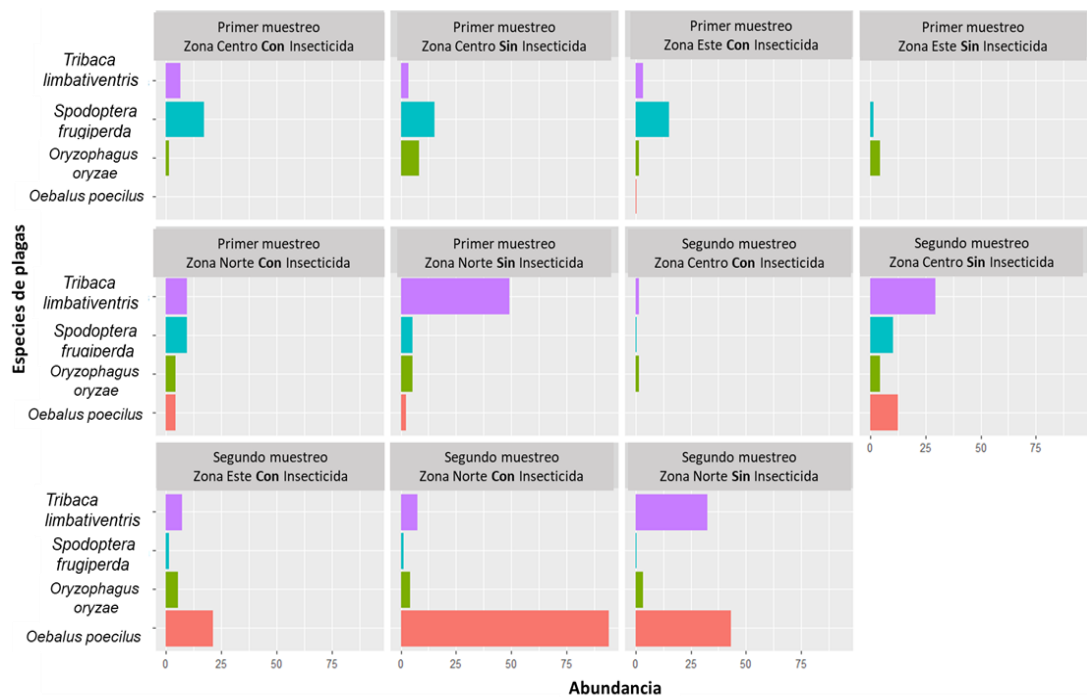


Figura 1.26. Abundancia de insectos plagas colectadas en zonas con y sin historial de aplicación de insecticidas, en el primer y segundo muestreo (Zona Norte, zona Centro y zona Este)

Al analizar la abundancia mediante una prueba GLM tipo Poisson entre las plagas (*Spodoptera frugiperda*, *Oryzophagus oryzae*, *Oebalus poecilus* y *Tibraca limbativentris*) y los depredadores (odonatos y arañas) en el primer muestreo donde los cultivos se encontraban en etapa de floración, se encontró una correlación significativa ($F(6,2)=4,1$; $p<0.01$) entre la abundancia de los depredadores y la abundancia de los insectos considerados plagas (Fig. 1.27 A). En el segundo muestreo en etapa de llenado de grano, se encontró una correlación significativa ($F(2,1)=6,3$; $p<0.01$) entre la abundancia de depredadores y la abundancia de plagas (Fig. 1.27 B). En la gráfica se muestra como en los sitios con historial de aplicación de insecticida poseen una relación débilmente positiva, mientras que los sitios sin historial de insecticidas presentan una asociación inversa.

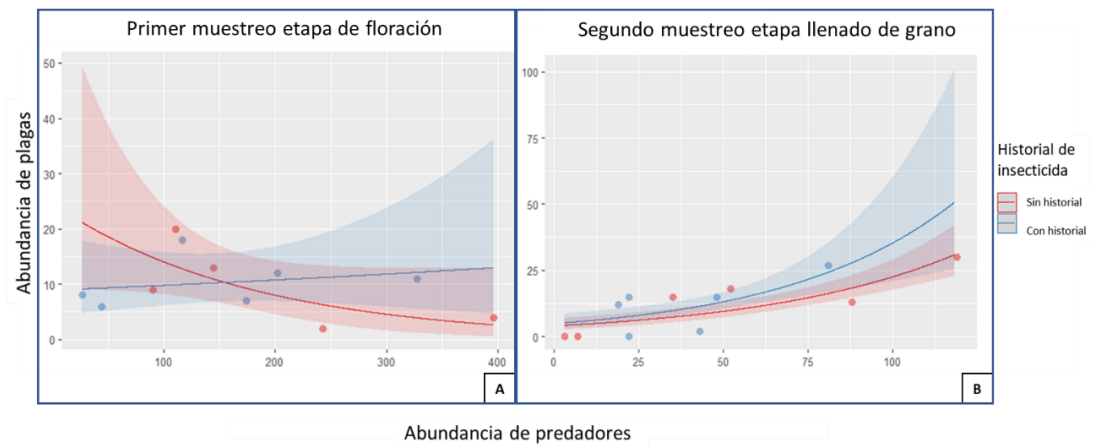


Figura 1.27. Correlación entre la abundancia de depredadores y la abundancia de las plagas en sitios con y sin historial de insecticidas. A) Primer muestreo etapa de floración y B) Segundo muestreo en etapa de llenado de granos. La línea sólida se refiere a la predicción y las bandas sombreadas son intervalos de confianza (0,95).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este estudio contribuye al conocimiento sobre la diversidad de arañas y odonatos y los efectos de los insecticidas, asociados a todas las zonas de producción comercial de arroz en Uruguay. La disminución encontrada en la abundancia, riqueza, diversidad y dominancia de especies en zonas con insecticida respecto a las zonas sin historial de insecticida, apoya la hipótesis de la influencia negativa de los químicos en estas tres dimensiones.

Los métodos de recolección permitieron muestrear a los depredadores y las plagas principales, en simultáneo, facilitando estudios de correlación entre depredadores y plagas. Los números de Hill permitieron comparar la abundancia, riqueza, diversidad y dominancia de especies, a pesar de que el tamaño de la muestra del segundo muestreo fue menor al primero. Los objetivos y las hipótesis planteadas se cumplieron parcialmente, ya que mostraron en general diferencias entre riqueza, diversidad y dominancia de especies y una correlación negativa en la abundancia de artrópodos depredadores y las plagas principales. La zona Centro, fue la excepción, pues no mostró diferencias significativas entre el sitio con y sin historial de insecticida, frente a odonatos y arañas.

ARAÑAS

Abundancia de arañas

La mayor abundancia de arañas en la zona Norte, en los sitios con y sin historial de insecticida, se puede deber posiblemente a la cercanía con la frontera, que podría facilitar las migraciones de la fauna abundante y diversa de Brasil. Rio Grande do Sul es uno de los estados de Brasil con mayor producción de arroz de regadío y por lo tanto se cree que cuenta con una gran diversidad de artrópodos (Fritz *et al.*, 2011). El menor número de individuos observado en la zona Este, quizás se deba a un manejo diferente del segundo muestreo, realizado en pandemia, por personas no familiarizadas con las técnicas utilizadas. Además, las diferencias se podrían dar por el mayor esfuerzo de muestreo en la zona Norte que en las otras dos zonas estudiadas.

Riqueza de arañas en cada Zona

La mayor cantidad de morfoespecies pertenecientes a la familia Tetragnathidae se encontró en la zona Norte, esto puede deberse posiblemente al mayor esfuerzo de muestreo en esta zona y a la posible migración de las especies. Tanto el sur de Brasil como el norte del Uruguay presentan bosques fluviales, suelos basálticos y cuencas, lo cual puede facilitar la dispersión de especies (Brazeiro, 2015). Los resultados obtenidos acerca de las familias con mayor representación de especies (Tetragnathidae y Araneidae) coincide con lo observado por Fritz et al. (2011) y Rodrigues et al. (2013) en cultivos de arroz de Rio grande do Sul. Además de la frontera seca entre Uruguay y Brasil, se encuentra el río Cuareim, que es usado como fuente de agua para los cultivos de arroz, qué también puede ser un medio para transportar artropodofauna (Ottonelli y Grings, 2017). La similitud de familias encontradas en ambos países determinaría la especificidad de algunas especies con el cultivo de arroz, no solo por el tipo de vegetación sino también por la complejidad del hábitat. Por otra parte, se deben considerar además las diferencias en la capacidad de colonizar estos ambientes, en cada fase del cultivo (Sebastian et al., 2005).

Las familias más representadas fueron Tetragnathidae y Araneidae en todos los sitios sin historial de insecticida, coincidiendo con lo encontrado en otros cultivos de arroz (Corseuil et al., 1994; Sebastian et al., 2005). Las plantas de arroz serían útiles para la construcción de telas por su complejidad estructural, que además permite una gran diversidad y cantidad de presas (Rodrigues et al., 2009). Por su tipo de red se ha encontrado que estas arañas pueden capturar homópteros, dípteros y lepidópteros, órdenes de especies consideradas plagas, en cultivos de cítricos por ejemplo (Benamú, 2001). En este estudio la especie *Glenognatha lacteovittata* (Tetragnathidae), fue abundante en todos los sitios de muestreo y también ha sido reportada en todas las etapas fenológicas del arroz en la zona Este, lo que sugiere que coloniza en etapas iniciales del cultivo desde los hábitats circundantes (Bao et al., 2018).

Alpaida veniliae (Araneidae) fue otra de las especies más representativas del gremio de arañas tejedoras orbiculares, coincidiendo con lo encontrado en cultivos de soja por Uetz et al. (1999) y Saavedra De C. et al. (2007) y en estudios de arroz en la zona del Este de Uruguay por Bao et al. 2018. Esta especie es numéricamente importante en el cultivo de arroz y resulta ser un eficaz enemigo natural de los insectos plaga, debido a sus hábitos depredadores y por encontrarse presente durante todo el ciclo del cultivo. Esta especie mostró en cultivos de arroz un alto consumo de

Conocephalus sp., considerada plaga en cultivos de arroz de Colombia y Costa Rica (Saavedra De C. *et al.*, 2007; Corrales-Castillo *et al.*, 2016).

La especie más representativa en la zona Centro con historial de insecticida fue *Misumenops pallidus* (Thomisidae), perteneciente al gremio de las arañas de emboscada diurna aéreas (Días *et al.*, 2010). Estas arañas pueden cambiar su coloración (Chittka 2001; Bhaskara *et al.*, 2009; Marrero *et al.*, 2015). Estas características dificultaron la tarea de identificación taxonómica a nivel de especie, por encontrarse compartiendo sitios con otras especies del mismo género. Esta familia está asociada a diferentes agroecosistemas, como cultivos de alfalfa (Cheli *et al.*, 2006) y soja (González *et al.*, 2009; Benamú, 2010 y Benamú *et al.*, 2017). En estos estudios se ha evaluado su potencial como controlador biológico y demostró ser un depredador de especies plaga, como dípteros y lepidópteros en estados adultos e inmaduros. En cultivos de algodón en Estados Unidos las especies de este género en conjunto con *Collops* spp., *Orius tristicolor*, *Geocoris* spp., *Drapetis nr. divergens* y *Chrysoperla carnea* forman parte del MIP, con el fin de reducir la aplicación de agroquímicos (Bordini *et al.*, 2021).

Diferencias de riqueza, diversidad y dominancia mediante los Números de Hill entre las tres zonas con y sin historial de insecticida

Las arañas presentaron una mayor dominancia de especies en la zona Este y mayor número de individuos en la zona Norte con historial de insecticida. Estos resultados nos pueden dar indicios de resistencia por parte de algunas especies de estos depredadores. Algunos estudios demuestran la resistencia de algunas arañas a insecticidas, como el caso de *P. sumatrana*. según Tahir *et al.* 2026 estas arañas presentan resistencia a piretroides como bifentrina y nicotinoides como imidacloprid.

Según Bao y Martínez (2018), la zona Norte del Uruguay registra los mayores porcentajes de uso de insecticidas desde la zafra 2009-2010 (33%). Pittelkow *et al.* (2016) mostraron una tendencia de aumento en el porcentaje de área aplicada a partir de la zafra 2010-2011, alcanzando el 59%. Estos datos unidos a la dominancia de algunas especies podrían indicar la resistencia de algunas arañas a los insecticidas, ya que sobreviven a los mismos, pero se deberían analizar los efectos subletales. Estos efectos han sido analizados por Benamú *et al.* (2017) en arañas de tela y en arañas vagabundas o errantes por Lacava (2021). A futuro se deberá analizar la potencialidad de los efectos subletales que afecten el comportamiento de

construcción de redes, captura de presas y el ciclo de vida de los depredadores nativos que pueden alterar el equilibrio biológico del cultivo de arroz.

No se encontraron, de acuerdo con lo esperado, diferencias significativas entre la riqueza, diversidad y dominancia de especies de arañas en las tres zonas sin historial de insecticida, coincidiendo con lo encontrado en India por Sudhikumar *et al.* (2005). Estos autores encontraron que las arañas en el arroz presentan gran cantidad de morfoespecies e individuos, comparada con otros cultivos, como trigo y soja. Ello se debería a las características de los sitios semi inundables que permite la vida de depredadores con exigencias hídricas y de alta temperatura que determinan una aceleración de los ciclos de vida y aumento del tamaño corporal (Ekschmitt *et al.*, 1997). En cuanto a las similitudes encontradas entre las zonas, cuando las condiciones climáticas varían, las arañas pueden trasladarse entre entornos cercanos, invadiendo áreas modificadas por la gestión humana o abandonarlas cuando la perturbación es demasiado alta (Rodrigues *et al.*, 2009). La recuperación de las poblaciones de arañas después de perturbaciones se logra mediante la reproducción, pero también mediante la inmigración de los hábitats circundantes (Thorbek y Topping, 2005), como pastos, otros cultivos y parches de vegetación ribereña. (Thorbek y Bilde 2004).

Diferencias en cada Zona de producción con y sin historial de insecticida

En las zonas Norte y Este, los cultivos sin historial de insecticida presentan una mayor riqueza y diversidad de arañas comparado con cultivos con historial de insecticida. Esto puede indicar que existe un efecto negativo en cuanto a los cultivos con historial de insecticida. Según Pekár (2013), la aplicación de insecticidas es responsable de la alta mortalidad de arañas en todo tipo de agroecosistemas, y en el caso de los cultivos de arroz, se ha demostrado que la riqueza de especies de arañas disminuyó considerablemente donde se usó el insecticida lambda-cialotrina (Rodrigues *et al.*, 2013), el cual es utilizado en los cultivos de arroz de Uruguay. Estos resultados sugieren que las arañas poseen una gran capacidad de dispersión y algunas especies, posiblemente, poseen resistencia a algún grupo de insecticidas.

La ausencia de diferencias significativas entre sitios con y sin insecticidas en la Zona Centro, evidencia que algunas especies pueden sobrevivir y tener cierta resistencia a los insecticidas o algunas pueden migrar y recolonizar. Lacava *et al.* (2020) y Benamú *et al.* (2010), mencionan que algunas arañas podrían ser tolerantes o resistentes a algunos plaguicidas de tipo neonicotinoide. Otros efectos subletales

como la reducción del tiempo de vida, tasas de desarrollo, fertilidad, fecundidad, proporción de sexos y comportamiento, pueden ser el resultado de la toxicidad directa o los efectos subletales que se manifiestan, (Benamú *et al.*, 2010).

Abundancia de arañas el primer y segundo muestreo (floración y pre-cosecha)

Ambalagan y Narayanasamy (1999) señalan que la abundancia y la riqueza de arañas están vinculadas a las diferentes etapas de crecimiento del arroz. Tal patrón de dependencia de los artrópodos del sustrato de la planta es probablemente universal (Lee y Kim 2001). Un estudio realizado en cultivos de arroz en Argentina sugiere que, pese a que el arroz carece de recursos nectaríferos, presenta una diversidad de polinizadores y herbívoros como oferta alimenticia para los depredadores (Ghiglione *et al.*, 2021). Nuestros resultados sobre la mayor abundancia registrada en el primer muestreo (floración) coincide con Ghiglione *et al.* (2021) y se debe posiblemente a que las inflorescencias ofrecen una mayor oferta de recursos para los insectos. Por otra parte, Corseuil *et al.* (1994) registraron menores abundancias al inicio y al final de las fases del cultivo. Bambaradeniya *et al.* (2004) demostraron que la abundancia durante el desarrollo del cultivo de arroz puede ser muy variable. En el caso de Bao *et al.* (2018), un estudio realizado en la zona Este de Uruguay, destaca que la mayor cantidad de arañas fueron colectadas en macollaje 1, donde predominan arañas cazadoras de suelo. Esto posiblemente porque el método de colecta fue diferente al utilizado por este estudio.

ODONATA

Abundancia de Odonata

La zona Este, con la mayor abundancia de Odonata, es la zona con menor utilización de agroquímicos comparado con otras zonas de en Uruguay (Pittelkow *et al.* 2016) y presenta una zona de humedales, los cuales representan una disponibilidad de ambientes semiacuáticos propicios para el desarrollo de los odonatos. Nuestros resultados muestran el potencial como bioindicadores de calidad ambiental de estos insectos ante la gran susceptibilidad a algunos de los agroquímicos utilizados en el cultivo de arroz. La menor abundancia de la zona Centro se debió posiblemente a que el área dedicada al cultivo de arroz es la menor de las 3 zonas, además el esfuerzo de muestreo pudo influir. Los odonatos son más abundantes en cultivos de baja carga de insecticidas, demostrando ser susceptibles al uso intensivo de agroquímicos como endosulfán, clorpirifos y cipermetrina, registrado en cultivos de soja. (Jergentz *et al.*, 2004). La zona Norte presenta un historial de insecticidas

mayor, como se ha mencionado anteriormente, lo cual puede afectar la presencia de odonatos en esta zona. Se observa en general, una mayor abundancia en cultivos sin historial de aplicación, sugiriendo que esa práctica puede ser negativa para su acción como depredadores.

Riqueza de Odonata en cada zona

En odonatos, se han realizado estudios en agroecosistemas y sistemas ribereños donde las familias con mayor presencia fueron Coenagrionidae y Libellulidae (Pires *et al.*, 2019). Los resultados obtenidos en el presente estudio resultan similares, lo cual podría deberse a la movilidad que poseen estos organismos y a la capacidad de desplazamiento entre las diferentes zonas, además de las condiciones dadas en los ambientes arroceros. La familia más representativa, Coenagrionidae, con el género *Argia* presentó el mayor número de individuos. Según estudios realizados por Córdoba-Aguilar (2009) este género presenta resistencia a perturbaciones. Se han realizado estudios en ninfas del género donde se reportó resistencia a pesticidas organofosforados (Pérez *et al.*, 2007).

Diferencias de riqueza, diversidad y dominancia mediante los Números de Hill entre las tres zonas con y sin historial de insecticida

La mayor diversidad y dominancia de especies en la zona Este están posiblemente afectadas por el escaso uso de insecticida y a la capacidad de moverse de los individuos entre esos cultivos, los cuales les proporcionan un mayor hábitat para el desarrollo. La zona Este presenta el mayor porcentaje de área de cultivos de arroz y cuenta con la laguna Merín, ríos Cebollatí, Olimar y Tacuarí, los cuales aportan una cantidad importante de agua para los cultivos (Tommasino y Hernández, 2003). Además, esta zona es históricamente con mayor tiempo continuo de producción de arroz en el Uruguay (Battello y Queheille, 2013). La zona Centro presentó los menores valores entre las tres zonas, siendo la zona con el menor porcentaje de área cultivada limitando la movilidad de estas especies.

Diferencias en cada Zona con y sin historial de insecticida

En las zonas Norte y Este, los cultivos sin historial de insecticida presentan una mayor riqueza y diversidad de odonatos comparado con cultivos con historial de insecticida, indicando un efecto negativo de la aplicación de insecticidas sobre la fauna benéfica. Sin embargo, no se tienen hasta el momento estudios sobre los efectos de los insecticidas más usados en los cultivos de arroz en Uruguay, como neonicotinoides

y piretroides. En países como Perú, estudios realizados muestran que los efectos de los organofosforados pueden variar según la especie de Odonata. Según Alcántara *et al.* 2000, especies de larvas de *Gomphaeshna sp.* (Aeshnidae) son más vulnerables a los organofosforados, mientras que larvas *Tramea cophysa* y *T. calverti* (Aeshnidae) requieren niveles más altos de dosis letal. Estos resultados pueden dar indicio de la baja diversidad de odonatos en zonas con aplicación de insecticida.

Abundancia de odonatos en el primer y segundo muestreo

Según estudios previos, los odonatos, principalmente individuos de la familia Coenagrionidae, son abundantes en los cultivos de arroz (Dediego de Sabillon, 1991), lo cual coincide con los resultados obtenidos por este estudio. La especie *Argia albistigma* fue la especie más abundante en todos los sitios de muestreo, con y sin historial de insecticida, lo cual sugiere que puede presentar algún tipo de resistencia, sumado a una fácil dispersión. Los estudios sobre los efectos toxicológicos en esta familia son principalmente con insecticidas de origen organofosforados y carbamatos, donde los resultados sugieren que su sistema nervioso no es afectado (Pérez *et al.*, 2007). Por ello, sería necesario analizar el efecto de otros insecticidas.

Abundancia de principales plagas

El mayor número de individuos *Oryzophagus oryzae*, *Oebalus poecilus* y *Spodoptera frugiperda* encontrado en Zona Norte ocurrió en sitios con historial de insecticidas, sugiriendo cierta resistencia a diferentes insecticidas, ya encontrada por Stadler *et al.*, 1990. Recientemente, se ha relevado en Pakistán la resistencia a pirimifós-metilo y permetrina 4 y deltametrina 16, por parte de *Trogoderma granarium* (Everts). Este coleóptero es considerado plaga en grano de arroz almacenado en dicho país. Los autores encontraron resistencia de *Sitophilus oryzae* (Curculionidae) en almacenamiento de granos, además es considerado como una plaga regional (Khan *et al.*, 2022).

La mayor abundancia de *Tibraca limbativentris* se presentó en cultivos sin historial de insecticida, principalmente en la zona Norte. Esto se debe posiblemente a la migración desde cultivos cercanos a Rio Grande do Sul, donde esta especie también es considerada una plaga importante (Botta *et al.*, 2014). Este insecto (chinche) es controlado fundamentalmente mediante aplicaciones químicas, por ello es importante considerar a esta plaga en el MIP. En Rio Grande do Sul se han realizado aplicaciones aéreas, donde el insecticida alcanza a los adultos epífitos, pero no

combaten a la mayoría de las ninfas, que permanecen entre los tallos y pueden migrar a sitios cercanos libres de insecticidas y volver a colonizar el sitio (Fuentes-Rodríguez *et al.*, 2020). En Uruguay esta chinche también se puede alojar en otros cultivos o en diferentes malezas, donde pueden pasar el invierno o migrar en periodos de aplicación de insecticida (Fuentes-Rodríguez *et al.*, 2020).

Correlación entre la abundancia de depredadores y plagas

La correlación negativa encontrada en el primer muestreo, entre la abundancia de ambos grupos de depredadores y la abundancia de plagas resultó significativa en los cultivos sin historial de insecticida. Aunque estos resultados no pueden ser utilizados como evidencia directa del consumo de los odonatos y arañas sobre las plagas, la existencia de una relación inversa puede sugerir el consumo. En el caso de las arañas, se ha reportado que estas pueden alimentarse de chinches y larvas de lepidópteros (Michalko y Pekár, 2015). En estudios en sistemas arroceros donde los odonatos son abundantes, se encontró una disminución de la población de larvas de *Spodoptera frugiperda*. Sin embargo, aspectos como la baja calidad del hábitat y la aplicación constante de insumos químicos afectaron el nivel de depredación (Vilaseca *et al.*, 2009). Esta plaga es importante en nuestros cultivos y se deberían realizar ensayos de depredación por los odonatos, pero en condiciones libres o con poca aplicación de insecticidas.

Por otra parte, se encontró que la correlación del segundo muestreo indica que cuando aumenta la abundancia de plagas, aumenta la abundancia de depredadores. Probablemente estos resultados, se debieron a que ese muestreo se realizó después de la aplicación química en los sitios con historial de insecticida, por lo cual, tanto plagas como depredadores podrían estar repoblando el cultivo. Un estudio ha determinado que algunas especies de plagas son específicas para las fases del cultivo (Martínez *et al.*, 2018). Por ejemplo, *Oebalus poecilus* es más común en la etapa de llenado de grano. En el caso de las arañas, también pueden cambiar según la etapa del cultivo y así pudo ocurrir un recambio de especies luego de la aplicación del insecticida. En el caso de los odonatos, al finalizar el cultivo hay menos cantidad de agua que en los cultivos donde se usan taipas, afectando la población.

Dado el alto potencial de las arañas como agentes de control de plagas, se deberían identificar las condiciones bajo las cuales los depredadores generalistas son más efectivos, como la composición adecuada de las estrategias de caza y las presas alternativas. Además, importa analizar las opciones de manejo para mejorar la

abundancia y diversidad de las arañas en el agroecosistema. Por ejemplo, la reducción de insecticidas, el uso de vegetación alledaña nativa y franjas de flores silvestres deben analizarse para observar los efectos específicos en las comunidades de arañas. La investigación del efecto de biocontrol de los depredadores generalistas sigue siendo un área de investigación emocionante no solo en ecología aplicada sino también básica. Sin embargo, los posibles escenarios deberían investigarse con las especies que ocurren naturalmente en los agroecosistemas, para extraer aquellas que puedan ser modelo para ensayos de laboratorio y estudios de campo.

Los odonatos mostraron ser fuertes candidatos para el control biológico conservativo, sin utilizar insecticidas, por ser bioindicadores de ambientes saludables. Futuros estudios deberán enfocarse en evaluar en detalle las interacciones tróficas de las libélulas en los cultivos para clarificar el rol ecológico y su importancia en estos ambientes. Además, es necesario evaluar cómo la aplicación de insecticidas afecta a otros enemigos naturales que pueden estar interactuando en ambos tipos de sistemas arroceros. El manejo del cultivo sin insecticidas podría promover la diversidad local de artrópodos benéficos, colaborando así con sus servicios ecosistémicos. En el cultivo de arroz es posible favorecer la alta diversidad y abundancia de controladores naturales de insectos plaga, como las libélulas, que contribuyen a prescindir del uso de insecticidas en la mayoría de las situaciones productivas (Neal y Whitcomb, 1972). Esta estrategia coincide con los modelos productivos promovidos en Uruguay y permitiría mantener la sustentabilidad de estos agroecosistemas.

CAPÍTULO 2: Comportamiento depredador de *Misumenops pallidus*, frente a tres tipos de presas en cultivos de arroz del Uruguay

INTRODUCCIÓN

El cultivo de arroz es susceptible al ataque de más de 100 especies de insectos plaga y 20 de ellos pueden ocasionar daños significativos (Paethak y Khan, 1994). Algunas de estas especies pueden afectar toda la planta, y en distintas etapas del crecimiento (Pareja, 2012). En el caso del Uruguay, a excepción de la zona litoral Norte, no existen problemas serios con insectos plaga, o estos son ocasionales. Según Bao *et al.* (2018) el menor ataque al arroz se debe posiblemente a la presencia de depredadores en el arrozal y en zonas aledañas.

Este posible equilibrio existente entre las poblaciones naturales asegura un ambiente con densidades bajas de insectos plaga en el cultivo (Pittelkow *et al.*, 2016). Sin embargo, pese a la implementación de prácticas que disminuyen las plagas, la planta de arroz es vulnerable desde la siembra hasta que el grano se cosecha; semilla, raíces, hojas, tallos y granos pueden utilizarse como hospederos temporales o permanentes de algunas especies de insectos (Battello y Queheille, 2013). Entre las plagas con mayor impacto se encuentra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), la cual se alimenta en su etapa larvaria de las hojas de la planta, principalmente en las zonas o etapas del cultivo no inundadas (Martínez *et al.*, 2018). Este lepidóptero es polífago y por ello, difícil de controlar. Es común hallarla en cultivos usados en rotación del arroz, como sorgo y maíz, y en pasturas, dada su preferencia por las gramíneas y ciperáceas (Dediego de Sabillon, 1991). Cuando las poblaciones son muy altas pueden defoliar todo el cultivo en pocos días (Abril *et al.*, 1992). Por otra parte, en algunos casos, *S. frugiperda* puede ser resistente a algunos insecticidas (Morillo y Notz, 2001). Estos autores comprobaron mediante bioensayos de laboratorio que esta especie en estadios larvales pueden presentar resistencia al insecticida lambdacihalotrina. Por esta y otras posibles resistencias adquiridas se deben investigar alternativas dentro del manejo integrado de plagas tendientes a evitar la exposición prolongada a insecticidas.

Entre las plagas esporádicas se encuentran varias especies de acrídidos (Orthoptera: Caelifera: Acridoidea) conocidos vulgarmente como tucuras o langostas criollas (Lorier *et al.*, 2010). Son insectos nativos que habitan los pastizales de Uruguay (Zerbino *et al.*, 2016). Pese a que generalmente los daños son insignificantes, en condiciones ambientales favorables se produce un aumento notorio de su abundancia, lo que causa importantes pérdidas en la producción de forraje y en los cultivos de granos (Greco-Spingola *et al.*, 2020). Entre las especies de esta familia se encuentra *Laplatacris dispar*, una especie de saltamontes muy común en zonas de pastizales. Está registrado en Florida, Durazno, Rivera, Artigas, Tacuarembó y

Montevideo (Lorier, 1998; Greco-Spingola, 2016). A pesar de que actualmente no se considera una plaga, el conocimiento de los mecanismos que controlan la densidad poblacional es fundamental para un manejo adecuado. Según Abril *et al.* (1992) y Bao *et al.* (2019) se ha registrado que algunas especies pueden surgir como plagas secundarias, a causa de la disminución de la fauna benéfica, siendo *L. dispar* una especie con una densidad poblacional regulada principalmente por depredadores y parasitoides (Sánchez y Liljestrom, 1986). En Uruguay, los registros de problemas con acrídidos datan de la década de 1950. En las explosiones poblacionales de esa época, las especies que causaron mayores daños fueron pertenecientes a la subfamilia Gomphocerinae (Crosa y Zerbino, 2008). Durante la primavera-verano 2008-2009 se registró un aumento significativo de la densidad poblacional de esta misma subfamilia en Durazno, Florida, Flores, Lavalleja, Río Negro, San José, Soriano, y Tacuarembó, con algunas referencias puntuales en algunos campos forestados de Rivera (Lorier *et al.*, 2010).

Uno de los enfoques Manejo Integrado de Plagas (MIP), se basa en mantener niveles poblacionales aceptables de las plagas ejerciendo un control que no llega a la erradicación (Battello y Queheille, 2013). Se utilizan enemigos naturales para el control de los insectos plaga, lo que implica un amplio conocimiento del comportamiento depredador de las especies a utilizar (Rodríguez del Bosque y Arredondo Bernal, 2007). La preferencia alimentaria y la eficiencia de captura son particularmente relevantes para determinar la selección de las especies capaces de consumir las plagas de interés (Cheli *et al.*, 2006; Michalko y Pekár, 2015; Rodríguez del Bosque y Arredondo Bernal, 2007).

Entre los depredadores más destacados se hallan las arañas, artrópodos depredadores generalistas que abundan en diferentes hábitats, pudiendo llegar a capturar gran variedad de insectos, por lo que pueden ejercer una influencia importante en los ecosistemas que integran (Benamú, 2010; Wise, 1993). Además de generalistas, son carnívoros obligatorios que pueden consumir gran cantidad de insectos en poco tiempo. Parte de sus dietas comprenden entre 7 y 14 órdenes de artrópodos, incluyendo insectos adultos y larvas (Benamú *et al.* 2017, Viera y Gonzaga, 2017). Las arañas han desarrollado diversas estrategias de depredación que han servido como base para definir gremios que pueden convivir en un mismo hábitat sin competir entre ellos (Uetz *et al.*, 1999; Cardoso *et al.*, 2011). En algunos casos se han utilizado las arañas de diferentes gremios en cultivos de arroz, trigo y uva, donde las arañas provocaron generalmente una fuerte supresión de los insectos plaga. Este éxito se asoció al aumento de la densidad de las arañas y ligeramente al

aumento de la diversidad taxonómica de estas (Michalko y Pekár, 2015). En Uruguay se han realizado estudios sobre la potencialidad de arañas como controladores de insectos plaga en cultivos de soja y cítricos (Benamú, 2005; Lacava *et al.*, 2020). En el caso del arroz, se han encontrado arañas de diferentes gremios como *Alpaida veniliae* (Araneae, Araneidae), especie del gremio tejedora orbicular, con un notable potencial de control sobre distintas presas. Esta especie puede ser usada como modelo ya que es frecuente en cultivos y demostró que sus hábitos depredadores tendrían fuertes implicaciones en la regulación de las poblaciones de *Hortensia similis* (Hemiptera: Cicadellidae) y *Conocephalus* sp. (Orthoptera: Tettigoniidae) (Saavedra De C *et al.*, 2007). Otro ejemplo es *Pardosa ramulosa*, una araña cazadora terrestre, la cual puede ejercer un control significativo sobre esternorrincos y dípteros plaga en cultivos de California (Oraze y Grigarick, 1989). Para determinar un agente potencial controlador es importante conocer el comportamiento depredador frente a distintas especies de plagas y otros depredadores y considerar sus hábitos alimentarios especialistas y generalistas. Estos últimos pueden impactar sobre diferentes tipos de insectos y actuar durante más tiempo, en especial cuando aumentan abruptamente las densidades de insectos que se transforman en plaga (Gajski y Pékar, 2021).

Thomisidae es otra familia presente en los cultivos de arroz (Rodrigues *et al.*, 2009). En Uruguay, según Bao *et al.* 2018 en estudios realizados en zona del Este, esta familia representó el 2% del total de arañas recolectadas. Estas arañas pertenecen al grupo de las arañas no tejedoras, son cazadoras al acecho, permanecen inmóviles en espera de artrópodos para capturar. Este comportamiento puede ser un factor importante en programas de control de plagas como especies de lepidópteros, debido a que sus huevos y larvas no pueden ser capturados en las redes de seda (Mansour, 1987; Pearce *et al.*, 2004; Pfannenstiel, 2008). Según (Rodrigues *et al.*, 2009) entre los tomísidos una de las especies más frecuentes en cultivos de arroz es *Misumenops pallidus*, la cual se encuentra en todas las zonas arroceras del país con y sin historial de insecticida, según los resultados descritos en el capítulo I de esta tesis. Algunos estudios previos realizados en la zona Este del Uruguay, muestran que se pueden encontrar en las diferentes etapas fenológicas de los cultivos de arroz (Bao *et al.*, 2018), en los cultivos de rotación (Benamú, 2010; González *et al.*, 2009), pastizales y vegetación aledaña (Marrero *et al.*, 2015). La utilización de especies del género *Misumenops* ha sido implementada en planes de manejo integral en cultivos extensivos de algodón, demostrando resistencia y flexibilidad en los períodos de baja densidad de presas y a los insecticidas selectivos utilizados en sistemas algodonereros (Bordini *et al.*, 2021). Con respecto a insectos plaga, el comportamiento depredador

de *M. pallidus*, la mayoría de los estudios se han enfocado en un análisis de dieta, donde se ha demostrado que se alimenta de varios tipos de presas presentes en cultivos de soja y alfalfa, como: dípteros, larvas defoliadoras, chinches, escarabajos, membrácidos y cicadélidos (Cheli *et al.*, 2006). Estos estudios se basan en la oferta de presas que comparten el hábitat de la araña, pero no se han realizado estudios con presas no comunes, como los tenebrios (Tenebrionidae), lo cual determinaría la amplitud de la dieta y una mayor capacidad de captura ante presas potenciales desconocidas.

En la familia Tenebrionidae, la especie *Tenebrio molitor* es utilizada generalmente en la cría de especies polífagas debido a su alto contenido proteico y valor nutricional en estadio larval (Hong *et al.*, 2020). Pese a ello, en este estudio se utilizó a esta larva exclusivamente como presa novedosa y para su comparación con otras larvas de interés económico como *S. frugiperda*. Además, experiencias con este tipo de presa, permiten obtener indicios sobre la amplitud de dieta del depredador y la respuesta no aprendida ante una presa “novedosa” o desconocida, como *T. molitor*, ausente en el área de forrajeo.

El objetivo del presente estudio es analizar el comportamiento depredador de *M. pallidus* (Fig 2.1 A) frente a una plaga frecuente: *S. frugiperda* (Fig. 2.1 C), una plaga esporádica: *L. dispar* (Fig. 2.1 D) y una presa novedosa (*T. molitor*) (Fig 2.1 B), en los cultivos de arroz. Estas presas en estadios inmaduros podrían servir de modelo frente a plagas primarias o secundarias similares morfológicamente. Además, se describirá el comportamiento de captura frente a las presas para determinar si esta puede cambiar su repertorio comportamental frente a presas más grandes, considerando que esta araña presenta una amplia capacidad de captura y una alta abundancia en diferentes cultivos de arroz. Asimismo, puede contribuir a determinar si *M. pallidus* puede ser considerada candidata adecuada para ser empleada en programas de MIP en cultivos de arroz.

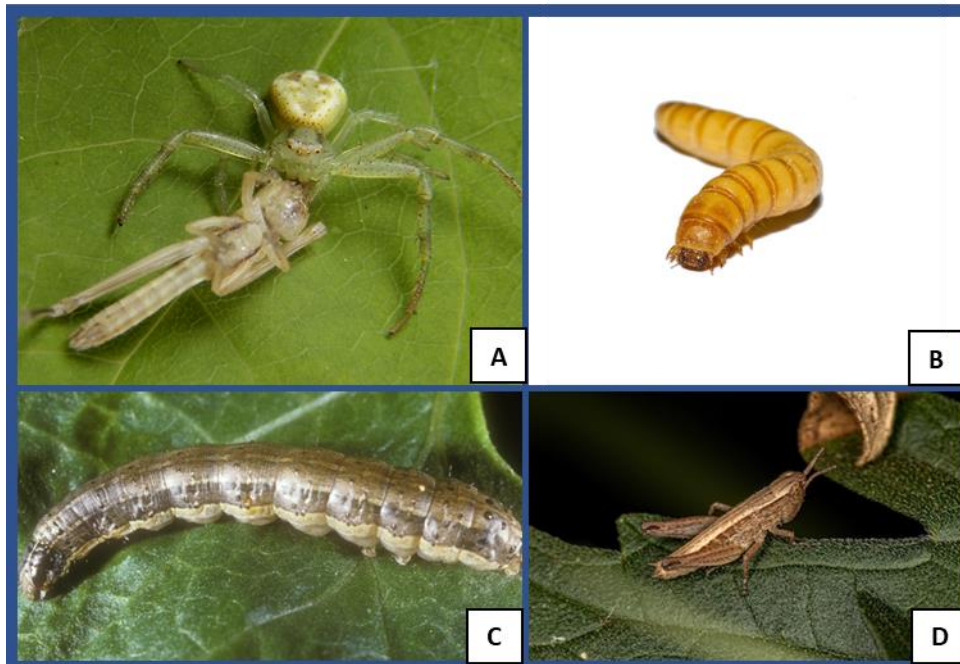


Figura 2.1. Fotografías: A) *Misumenops pallidus*, (Thomisidae) B) *Tenebrio molitor* (Tenebrionidae) C) *Spodoptera frugiperda* (Noctuidae) y D) *Laplatacris dispar* (Acrididae). Fotografías: Marcelo Casacuberta

Objetivo general

Analizar el comportamiento depredador de *Misumenops pallidus*, frente a tres tipos de presas: *Tenebrio molitor*, *Laplatacris dispar* y *Spodoptera frugiperda*.

Objetivos específicos

1. Comparar los tiempos de latencia e inmovilización de *M. pallidus* frente a los tres tipos de presa.
2. Determinar la tasa de aceptación de *M. pallidus* frente a tres diferentes tipos de presas.
3. Caracterización y descripción del comportamiento depredador de *M. pallidus* frente a las presas *T. molitor* (presa no común), *L. dispar* y *S. frugiperda*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección y mantenimiento de ejemplares

Se realizó la recolección de arañas con red entomológica y paraguas invertido en arbustos escogidos al azar en los predios de la Facultad de Ciencias (Montevideo) (34° 52' 54.3" S, 56° 7' 4.2" W) y en Santa Lucía (Canelones) (34° 26' 43.4" S, 56° 20' 54.9" W). Se recolectaron 36 arañas adultas de *M. pallidus* en octubre y noviembre del 2021. Los individuos fueron trasladados al Laboratorio de Ecología del Comportamiento (IIBCE) donde se les mantuvo individualmente en cajas de Petri con algodón húmedo. Se acondicionaron a temperatura constante de 24°C y HR 70% y un fotoperíodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad. Durante este período se les suministró *ad libitum* *Drosophila melanogaster* curly criadas en laboratorio. Los ejemplares fueron depositados en la Colección Entomológica del CURE, Rivera.

Selección de las arañas y presas

Se seleccionaron 36 hembras adultas, ya que los machos de araña son considerados depredadores deficientes (Haynes y Sisojevic, 1966). La mayoría de los machos cesan su alimentación al sufrir la muda de maduración y se dedican a la búsqueda de parejas (Angulo-Ordoñez *et al.*, 2019). Para la elección de presas se consideraron especies plagas recurrentes en las zonas arroceras del país (Martínez *et al.*, 2018) y los resultados obtenidos en el capítulo I de esta tesis. Las presas utilizadas fueron ninfas de *Laplatacris dispar* (Rehn 1939) (Orthoptera: Acrididae) y larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), siendo la primera una especie esporádica y la segunda es considerada de importancia económica en los cultivos de arroz, además son especies que se pueden encontrar en zonas aledañas a los cultivos. Se sumaron a efectos comparativos larvas de *Tenebrio molitor* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Tenebrionidae), una presa poco común. Esta última presa ha sido utilizada en otros estudios de depredación (Viera, 1985, 1988; Albín y Viera, 2015) ya que brindaría una posibilidad de observar respuestas no aprendidas en enfrentamientos previos.

Para la estandarización del ayuno, las arañas fueron alimentadas con *D. curly* a saciedad y se iniciaron los experimentos, tras 8 días de ayuno.

Experiencias de comportamiento depredador

Se formaron dos grupos de 18 hembras y se les suministró cada una de las presas seleccionadas, una única vez, siguiendo un diseño aleatorio de entrega. Cada experimento fue registrado mediante una cámara filmadora Cannon Vixia HF R10 y la cámara de un celular Galaxy J7. Las observaciones se hicieron desde la entrega de la presa hasta el abandono de esta o inmovilidad total de la presa por un período de 20 min, según la metodología descrita por Viera (1995). Las presas fueron entregadas siempre en el mismo lugar aproximado de la tela, de manera aleatoria, excepto la presa *S. frugiperda*.

Debido a que las especies tienen diferentes tamaños corporales, las presas y las arañas seleccionadas fueron medidas utilizando el programa ImageJ. 1.46. Esto con el fin de estandarizar el tamaño de las presas (Ferreira y Rasband, 2012). En el caso de las arañas, se midió el largo de cefalotórax + abdomen, presentando un tamaño promedio de $0,09 \pm 0,59$ mm; *L. dispar* presentó un tamaño de $0,10 \pm 0,6$ mm, *T. molitor* de $0,11 \pm 0,6$ mm. La presa de mayor tamaño fue *S. frugiperda* con $0,18 \pm 1,08$ mm.

Análisis de secuencia depredadora

Para determinar las unidades comportamentales del repertorio de captura se realizaron observaciones preliminares de *M. pallidus* frente a las presas *T. molitor*, *L. dispar* y *S. frugiperda*. Para las unidades comportamentales se utilizaron las descritas en el comportamiento depredador en arañas tejedoras, como *Metepeira seditiosa* y no tejedoras *Phonotimpus* sp. (Viera, 1983; Angulo-Ordoñez *et al.*, 2019; Viera, 1995; Viera y Costa, 1988). Para analizar la secuencia depredadora se consideraron únicamente las experiencias con un 100% de éxito de captura. Para ello se registró un mínimo de 10 capturas para cada tipo de presa. El registro y las matrices de transición se realizaron mediante el programa JWatcher (Blumstein *et al.*, 2000). Para determinar el grado de discriminación de presa o tácticas generales, se compararon las secuencias de comportamiento mediante un test de Chi cuadrado (X^2). Se realizó un diagrama de flujo para las respuestas depredadoras ante cada tipo de presa, utilizando las frecuencias registradas.

Número y lugar específico de las mordeduras

En cada uno de los experimentos, se contó el número de mordidas y el sitio donde era mordida la presa, ya que son indicadores de la versatilidad depredadora en arañas (Nelson *et al.*, 2005). El número total de mordidas, así como el número de

mordidas por cada región corporal y patas, se compararon mediante un análisis de Chi cuadrado (X^2) utilizando el software estadístico PAST (Hammer *et al.*, 2001)

Tasa de aceptación de presas

La tasa de aceptación se considera al número de presas aceptadas sobre el total de las presas ofrecidas. Las presas fueron entregadas en el mismo lugar de la caja de Petri, cuando la araña detectaba la presa, pero si durante 10 min no realizaba unidades de comportamiento se descartó la presa como rechazada (Parks *et al.*, 2006). La tasa de aceptación fue calculada mediante la ecuación:

$$T = (n/N) * 100 \text{ (Nentwing, 1982).}$$

Donde T es la tasa de aceptación, n es el número de presas aceptadas por la araña y N es el número de presas ofrecidas. Se realizó un test de Chi cuadrado (X^2) mediante el software estadístico PAST (Hammer *et al.*, 2001) para comparar la aceptación y rechazo frente a cada tipo de presa.

Análisis de tiempos de inmovilización

El tiempo de inmovilización es el tiempo insumido en inmovilizar la presa una vez iniciado el ataque. Este parámetro es importante para determinar costos energéticos frente a distintas presas y una mayor exposición a depredadores y tiempo perdido para otras actividades (Viera 1995, Řezáč *et al.*, 2008).

Los tiempos de inmovilización fueron tomados en segundos y comparados entre las distintas presas mediante una ANCOVA, teniendo en cuenta que las presas presentaron tamaños diferentes. Para este método estadístico se usó el programa RStudio (Equipo RStudio, 2020). Se compararon los comportamientos de captura ante la misma presa entre los dos grupos experimentales A y B, utilizando las siguientes variables: duración total de la captura, éxito de captura y el tiempo de latencia (periodo que va desde la entrega de la presa hasta la primera respuesta de la araña) (Angulo-Ordoñez *et al.*, 2019; Viera y Costa, 1988).

RESULTADOS

Tiempo de captura

Se realizó una prueba de t de Student, donde no se encontraron diferencias significativas en las conductas (Tabla 2.1), permitiendo agrupar a todas las arañas para compararlas frente a cada tipo de presa. No se encontró que el aprendizaje durante los experimentos afectará las capturas. La presa *S. frugiperda* no fue considerada en este último aspecto porque fueron ofrecidas como última presa de ambos grupos.

Tabla 2.1. Variables utilizadas en la comparación entre grupos: latencia (segundos), duración total (segundos) y número de unidades de comportamiento.

	presa	Tiempo de latencia		Duración total		Numero de unidades	
		T	p	T	p	T	p
grupo A	<i>L. dispar</i>	11,07 ± 14,7	1,11	216,61 ± 150,150,4 ± 51,14	1,6	8 ± 2,27	0,33
grupo B		6,8 ± 1,37				8,2 ± 1,47	
grupo A	<i>T. molitor</i>	68 ± 20,36	0,29	265 ± 90,13	0,08	7,8 ± 1,81	1,15
grupo B		65,25 ± 23,12		259,41 ± 84,1		8,08 ± 1,31	

La comparación mediante ANCOVA entre los tiempos de duración de la fase de latencia ($F(0,0,63, p= 0.53)$), fase de inmovilización ($F(0,3,2)=0,32, p= 0.72$) y el tiempo total ($F(0,3)= 0.6, p= 0.53$) no presentaron diferencias estadísticamente significativas , a pesar de las diferencias de tamaño. La fase final ($F(13,0,1)=13.25, p= 1.4e-05$) (Fig.2.2) y las unidades comportamentales ($F(22,0)=22,45, p= 3,44e-08$) (Fig. 2.3) fueron diferentes.

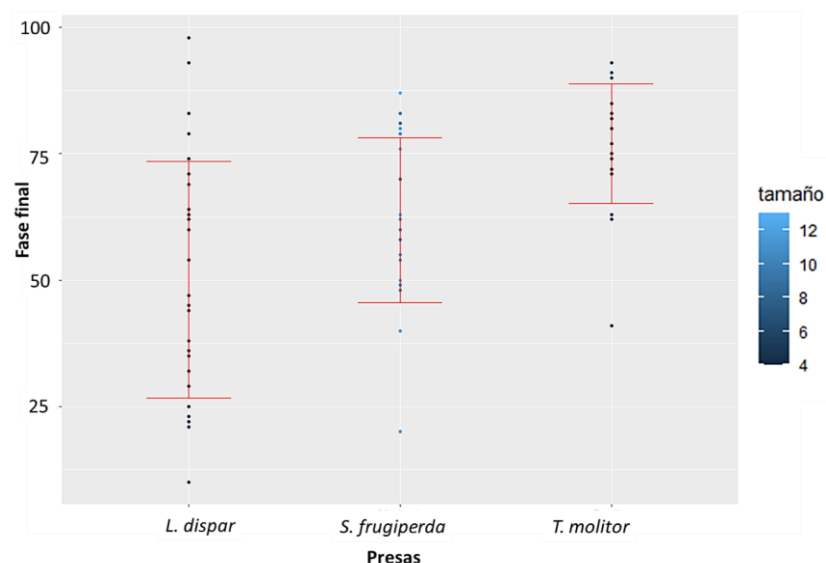


Figura 2.2. Tiempos de fase final de las distintas presas frente a *M. pallidus*

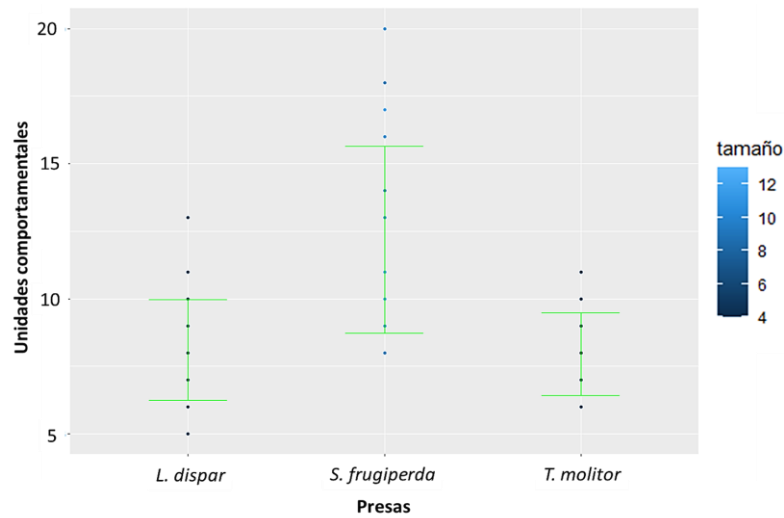


Figura 2.3. Número de unidades comportamentales de las distintas presas frente a *M. pallidus*

Tasa de aceptación

Los resultados obtenidos para la tasa de aceptación indicaron que la especie *L. dispar* obtuvo una mayor tasa de aceptación (77%), que las larvas de *T. molitor* (61%) y larvas de *S. frugiperda* (58%), pese a que estadísticamente, no presentaron diferencias significativas entre las presas ($\chi^2 = 3,53$; $p = 0,17$; $gl = 2$) (Fig. 2.4).

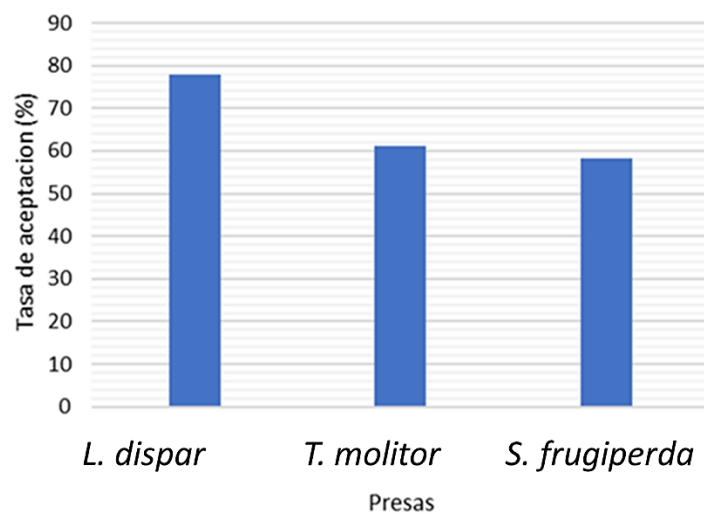


Figura 2.4. Porcentaje de la tasa de aceptación de *M. pallidus* frente a 3 tipos de presas diferentes.

Número y distribución de las mordeduras

Tras realizar una comparación entre los sitios de mordida (cabeza, tórax, abdomen y patas), se encontraron diferencias significativas ($X^2=35,7$; $p=3,14 \times 10^{-6}$, $gl=6$), más específicamente entre los sitios cabeza vs. Tórax ($X^2=17,29$; $p=5,31 \times 10^{-5}$, $gl=2$) y entre los sitios tórax vs. Abdomen ($X^2=28,51$; $p=6,41 \times 10^{-7}$, $gl=2$).

Las larvas de *T. molitor* presentaron una mayor frecuencia de mordida en el tórax mientras que la presa *L. dispar* y *S. frugiperda* presentaron mayor frecuencia en la cabeza (Fig. 2.5).

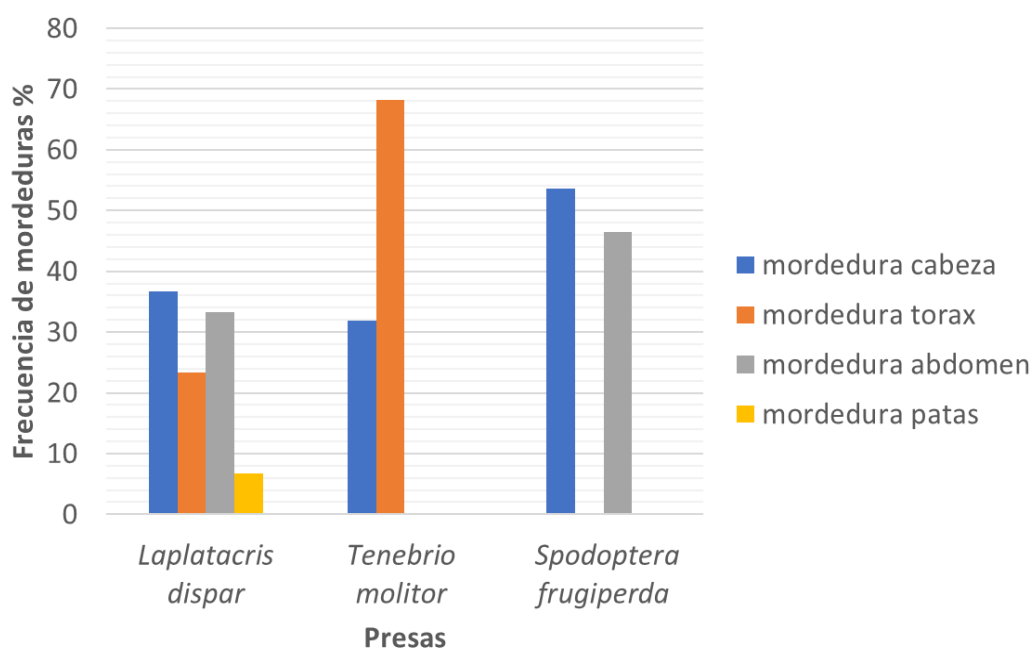


Figura 2.5. Sitio y frecuencia de mordida de *M. pallidus* frente a las diferentes presas

Determinación de la secuencia de captura.

Se observó que el comportamiento de captura, utilizado por *M. pallidus* para la manipulación de las presas tiene un repertorio compuesto por 12 unidades comportamentales (Tabla 2.2).

Tabla 2.2. Repertorio comportamental de las unidades de captura de presas registradas para la araña *M. pallidus* al atacar larvas de *T. molitor*, ninfas de *L. dispar* y larvas de *S. frugiperda*.

Unidad Comportamental	Descripción
Quietud inicial	La araña permanece completamente inmóvil.
Desplazamiento	Movimientos de la araña hacia la presa.
Toqueteo con patas	La araña toca a la presa con el primer par de patas, realizando uno o más golpes suaves sobre esta.
Toqueteo con pedipalpos	Con los pedipalpos realiza golpes suaves sobre la presa
Quietud con presa	La araña inmóvil con sus apéndices sobre la presa sin morderla.
Mordedura prolongada	La araña inserta los quelíceros en la presa durante 20 segundos como mínimo.
Mordeduras cortas	En este caso la araña hace inserciones de poca duración (menores a 20 segundos) de manera sucesiva, sujetando a la presa con el primer y segundo par de patas
Giro	La araña gira sujetando la presa con el primer y segundo par de patas y los quelíceros. Este giro lo hace siguiendo los movimientos defensivos de la larva, donde la larva intentó enrollarse.
Retroceso sin desplazamiento	La araña sujetando la presa, mueve su cuerpo hacia atrás y fija el abdomen al suelo.
Retroceso con desplazamiento	Mientras la araña sujeta la presa, esta mueve su cuerpo hacia atrás y se desplaza .
Movimiento de patas	La araña realiza movimientos repetitivos con el primer y segundo par de patas y en algunas oportunidades usa el tercer par de patas para aferrarse al sustrato
Consumo	La araña permanece inmóvil sujetando la presa con los quelíceros

Estas unidades de captura se agruparon en la fase de latencia (Quietud sin presa), fase de inmovilización (Desplazamiento, Toqueteo con patas, Toqueteo con pedipalpos, Quietud con presa, Mordedura prolongada y/o Mordeduras cortas y Giro) y fase final (retroceder sin/con desplazamiento, movimiento de patas y consumo).

Secuencia de captura

En el comportamiento de captura utilizado por *M. pallidus* para la manipulación de la presa *L. dispar* se evidenció un repertorio compuesto principalmente por 8 unidades comportamentales con frecuencia total de 204 veces (N=28).

En la captura frente a *L. dispar*, 27 de 28 arañas iniciaron con la unidad Quietud inicial (Fig. 2.6). Posteriormente la araña pasa a Desplazamiento (21 de 28), la araña pasa a la fase de inmovilización de la presa a través del Desplazamiento (21 de 28), seguido por el Toqueteo con patas (19 en 28) y luego realiza el Toqueteo con pedipalpos (24 en 28). Luego realiza mordedura prolongada, sujetando fuertemente la presa con los quelíceros y patas. Por último, en la fase final, la araña inserta los quelíceros y sujeta la presa, realiza la unidad de Retroceso sin desplazamiento y por último ocurre el Consumo. Esta secuencia de captura fue previsible ($\chi^2=273$; $p<5,05$). (Fig. 2.6). Esto nos sugiere que las arañas presentan una secuencia estereotipada para este tipo de presa.

En el caso de la manipulación de la presa, fue la única unidad presente en la fase final. Esta unidad se llamó: Retroceder sin desplazamiento, que ocurrió en 20 ocasiones.

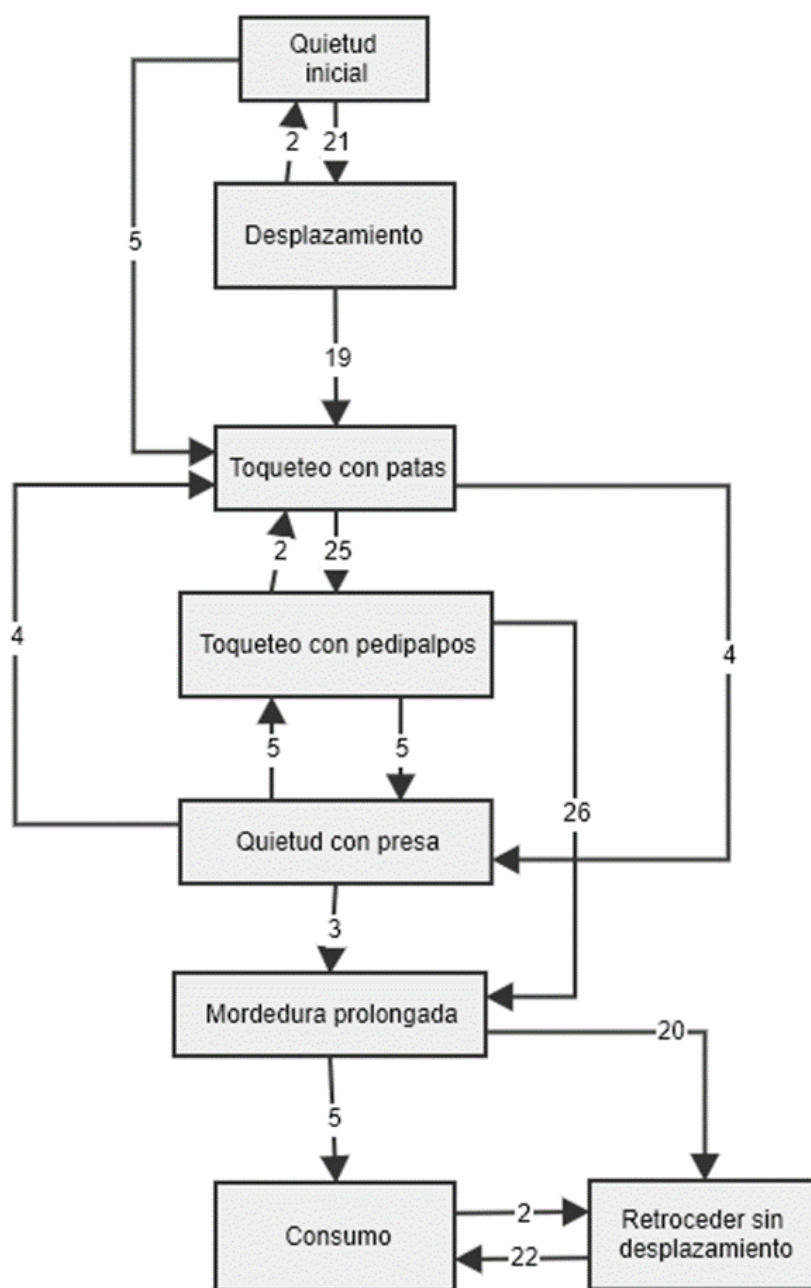


Figura 2.6. Diagrama de frecuencias de la captura de *L. dispar* (n = 28), número total de unidades = 204. Se excluyeron de la figura las frecuencias que ocurrieron una única vez

Ante *T. molitor* se presentaron un número total de frecuencia de unidades comportamentales =150 y el repertorio de captura se inició con Quietud inicial (18 de 22). Seguidamente la araña puede pasar a la fase de inmovilización por medio del Desplazamiento (15 de 22), o extender al máximo el par de patas I para realizar Toqueteo de la presa. Toqueteo con patas se presentó 19 veces de los 22 encuentros. Luego fue seguido por Toqueteo con pedipalpos, la cual es una unidad

frecuente (22 veces). Después la araña realiza una mordida prolongada aferrando fuertemente la presa e insertando los quelíceros (22 veces). En el caso de la manipulación de esta presa, fue la única que presentó en su fase final: Retroceder sin desplazamiento en 20 ocasiones y por último se presentó la unidad consumo (Fig. 2.7). Esta secuencia de captura se encontró previsible ($\chi^2=219$; $p<0,05$), lo cual nos indica que las arañas mostraron una secuencia de captura estereotipada para este tipo de presa.

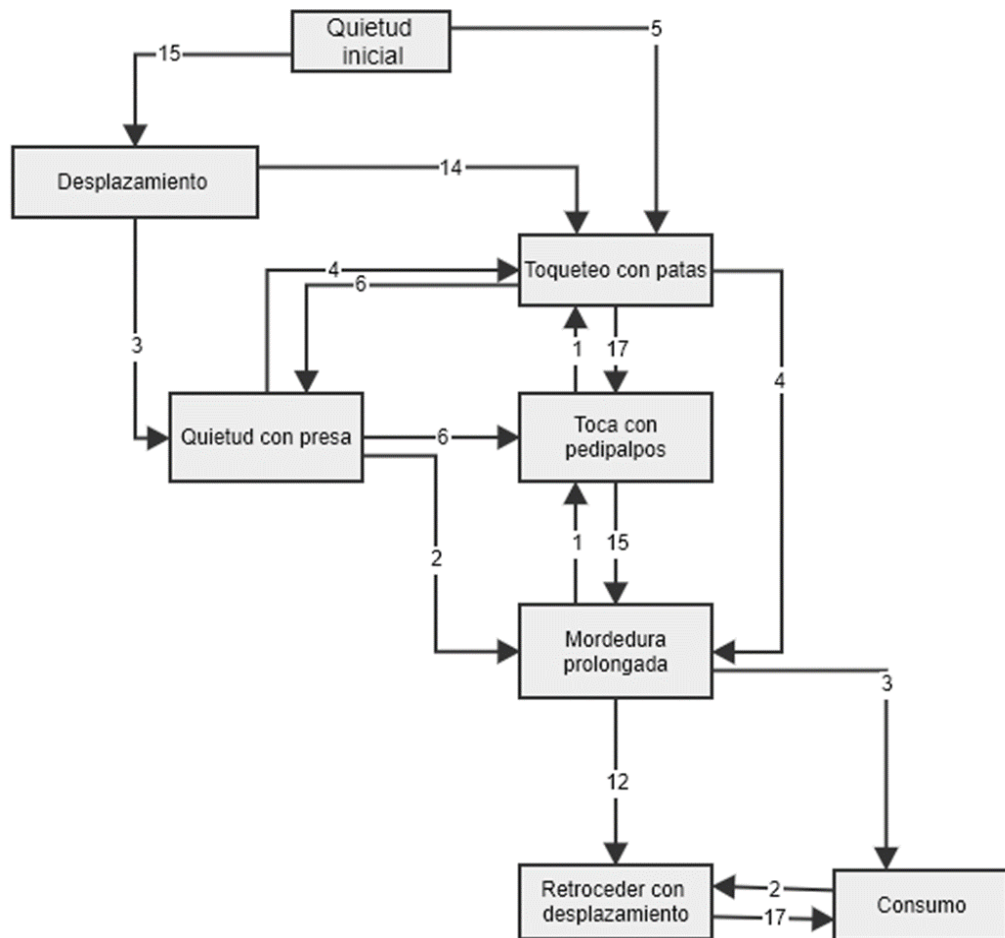


Figura 2.7. Diagrama de frecuencias de captura de *T. molitor* (n= 22), número total de unidades= 150. Se excluyeron de la figura las frecuencias que solo se realizaron una vez.

Todos los individuos (21) de *M. pallidus* iniciaron desde la fase de latencia con la unidad Quietud inicial. Posteriormente, la fase de inmovilización comenzó en 15 ocasiones con Desplazamiento de la araña hacia la presa. Una vez en contacto con la presa, 20 individuos realizaron la unidad Toqueteo con patas, sucediendo la unidad

El diagrama de flujo de comportamiento de un ratón muestra la siguiente estructura de acciones y transiciones:

- Acciones:** Quietud inicial, Desplazamiento, Toqueteo con patas, Toca con pedipalpos, Mordedura corta, Mordedura prolongada, Giro, Retroceder con desplazamiento, Consumo, Movimiento de patas, Quietud I.
- Transiciones y valores:**
 - Quietud inicial → Desplazamiento (7)
 - Desplazamiento → Quietud inicial (18)
 - Desplazamiento → Toqueteo con patas (10)
 - Toqueteo con patas → Quietud I (6)
 - Toqueteo con patas → Toca con pedipalpos (17)
 - Toca con pedipalpos → Toqueteo con patas (2)
 - Toca con pedipalpos → Mordedura corta (8)
 - Quietud I → Toca con pedipalpos (2)
 - Quietud I → Mordedura corta (2)
 - Mordedura corta → Mordedura prolongada (3)
 - Mordedura corta → Giro (2)
 - Mordedura corta → Movimiento de patas (2)
 - Mordedura prolongada → Giro (2)
 - Mordedura prolongada → Retroceder con desplazamiento (10)
 - Mordedura prolongada → Consumo (6)
 - Giro → Movimiento de patas (4)
 - Retroceder con desplazamiento → Movimiento de patas (6)
 - Retroceder con desplazamiento → Consumo (19)
 - Movimiento de patas → Consumo (12)
 - Movimiento de patas → Retroceder con desplazamiento (8)
 - Consumo → Quietud inicial (13)
 - Consumo → Toqueteo con patas (4)



Figura 2.8. Diagrama de frecuencias de la captura de *S. frugiperda* ($n = 21$), número total de unidades = 211. Se excluye de la figura las frecuencias que solo se realizaron una vez.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados demostraron que *M. pallidus* tiene la capacidad de consumir insectos esporádicos e insectos plaga en los cultivos de arroz con diferentes mecanismos de defensas antidepredadoras, así como con presas novedosas o infrecuentes como *T. molitor*. Esto nos demuestra que estas arañas pueden llegar a alimentarse de una diversidad de presas, la cual es una de las características más representativas de los depredadores eurípagos generalistas (García *et al.*, 2018). Estas arañas, al presentar un amplio rango de presas, pueden considerarse como un buen controlador biológico dado que pueden atacar diferentes estadios de las plagas, reduciendo la necesidad del depredador de estar sincronizado cercanamente con un estado de vida particular de la plaga.

En cuanto a la tasa de aceptación, las langostas fueron aceptadas en un 77% de la oferta. Esta fue la mayor tasa de aceptación entre las distintas presas, resultado esperable, ya que este insecto se halla entre las presas más comunes de estos cultivos. Este resultado coincide con trabajos similares realizados en diferentes familias de arañas (Sánchez y Liljestrom, 1986; Sigsgaard *et al.*, 2001). Según los resultados, el hecho de que las arañas tengan una mayor aceptación de grillos toma mayor relevancia al contrastarlo con el estudio realizado por Kajak *et al.* (1968), donde se observa que una población de arañas establecida tiene la capacidad de llegar a regular la densidad poblacional de grillos. Estos insectos se alimentan de semillas, plántulas y de hojas, lo cual en altas densidades causan defoliación masiva en cultivos y pastizales. Por lo tanto, los resultados sugieren la capacidad de esta araña en disminuir las densidades de este grillo, que en algunos casos es frecuente en arroz, evitando que se transforme en plaga.

En el caso de *S. frugiperda*, los individuos usados en las experiencias presentaron el doble del tamaño total de la araña. Además, la entrega de esta presa no se realizó aleatoriamente, lo que impidió determinar si existió algún nivel de aprendizaje en las arañas. Bajo estas condiciones, las arañas aceptaron las larvas ofrecidas en un 58%. Algunos estudios sobre este tema fueron realizados por Nentwig y Wissel (1986) con 13 especies de arañas de diferentes familias no constructoras de redes (Theraphosidae, Pisauridae, Thomisidae, Salticidae, Philodromidae, Selenopidae, Ctenidae y Lycosidae) y constructoras de redes (Dipluridae, Agelenidae, Scytodidae, Pholcidae y Araneidae). El estudio concluye que las presas con mayor tasa de aceptación corresponden a tamaños entre 50% y 80% del tamaño de la araña. Por ejemplo, se han reportado arañas de la especie *Misumena vatia* (Thomisidae), que

habitan en América del Norte, atrapando presas de mayor tamaño que ellas, como lepidópteros e himenópteros (Lockley *et al.*, 1988). Esto sugiere que la araña *M. pallidus* tiene la capacidad de capturar presas de gran tamaño. En cuanto al repertorio comportamental desarrollado frente a la presa *S. frugiperda*, comparado con las demás presas de este estudio, presentó significativamente una mayor cantidad de unidades de captura, lo cual nos indica que a pesar de ser una presa con una cutícula delgada y sin glándulas repelentes, su alta movilidad y principalmente su tamaño dificulta la manipulación por parte de la araña. Con respecto a la tasa de aceptación de larvas de lepidópteros existen registros que sostienen que esta araña muestra preferencia por este tipo de presas (González *et al.*, 2009). Según estudios realizados sobre preferencia de dieta con *M. pallidus* en cultivos de alfalfa y soja, muestran una depredación intermedia de larvas de lepidópteros (*Rachiplusia nu*), una presa de igual o mayor tamaño que la araña (Cheli *et al.*, 2006).

En cuanto a la estrategia de captura empleada por *M. pallidus*, se aprecian similitudes a las observadas en *M. vatia*, donde una vez sujeta la presa, muerden en la cabeza e inyectan su veneno para inmovilizarla (Platnick *et al.*, 2020). Según los resultados, *M. pallidus* mostró una alta frecuencia de mordida en la cabeza, principalmente a la presa *S. frugiperda*, posiblemente por tratarse de una presa de mayor tamaño. Esto puede estar relacionado con que las arañas buscan inyectar veneno en los principales centros nerviosos, en este caso la región cefálica de los insectos que contiene el cerebro dorsal y el ganglio subesofágico (Oliveira y Vasconcellos-Neto, 2002). De este modo, paralizan a su presa en menor tiempo (Fernández-Villalobos, 2019). Esta estrategia disminuye el costo de la captura y permite un mejor balance energético para las arañas.

Con respecto a la presa *T. molitor*, la araña utilizó el menor número de unidades totales comportamentales comparado con las demás presas. Esto puede deberse a que la presa *T. molitor* no presenta defensas químicas (Hong *et al.*, 2020), lo cual la hace manipulable por parte de la araña sin mostrar unidades de comportamientos tendientes a defenderse de estrategias antidepredadoras. Sin embargo, los resultados demostraron que fue la presa que requirió mayor tiempo de captura comparado con las demás presas y, además, mostró el mayor tiempo de consumo. Posiblemente debido a que los tenebrios no son especies que comparten el mismo hábitat, pues es usual encontrarlos en estadio larval en lugares oscuros entre piedras o rocas en estado natural, mientras que *M. pallidus* son cazadoras al acecho y forrajea principalmente en la zona aérea de la planta, entre las hojas y la parte floral

(Marrero *et al.*, 2015). Además, la zona más frecuente donde la araña insertó los quelíceros fue el tórax, allí también se encuentran ganglios neuronales, en donde se realiza gran parte de las funciones de coordinación motora, que incluye los movimientos de retorcimientos de estas larvas, llamadas por ello larvas de alambre (Fernández-Villalobos, 2019). Este comportamiento más costoso en tiempos de captura ya fue reportado por Viera (1986), utilizando la misma presa con una araña de tela. *Spodoptera frugiperda* es una especie frecuente en las hojas de la planta. Esto comprueba que las arañas generalistas atacan a sus presas con relación a la frecuencia de encuentros, cuanto mayor sea la densidad de una especie presa, como ocurre en los monocultivos, mayor será la proporción de ataques hacia dicha presa y por ende más restringida será su dieta.

Con respecto a los tiempos de manipulación evaluados, *M. pallidus* presentó diferencias significativas frente a la fase final relacionada con el consumo de la presa *T. molitor*, lo cual puede estar relacionado a su exoesqueleto quitinoso (Hong *et al.*, 2020; Stearns, 2015). El mayor tamaño de *S. frugiperda* no fue una variable representativa, dado que no se encontró diferencias significativas en el tiempo total, aunque la araña demostró que en presas más grandes presentaba un mayor número de unidades comportamentales. En general, se observó que los tiempos fueron menores cuando se compara con otras araneomorfos, como *Metepeira* sp. (Araneae: Araneidae) (Viera y Costa, 1988). Este tipo de comportamiento en donde la araña paraliza a la presa en unos pocos minutos, no sólo le permite a ésta evitar el escape de la presa sino además evitar sus mecanismos de defensa, que en algunos casos pueden resultar perjudiciales para la araña (Viera y Gonzaga, 2017).

Los resultados obtenidos confirman que *M. pallidus* puede ser considerada como un potencial controlador biológico para ser utilizado en programas de manejo integrado de plagas. Esta especie demostró que puede capturar estadíos larvales de diferentes especies, lo cual es importante dado que las larvas fitófagas son consideradas de gran importancia económica en diferentes cultivos. En el caso de los cultivos de algodón, algunas especies del género *Misumenops* han sido usadas en MIP, dada la capacidad de captura sobre larvas consideradas plagas, como *Helicoverpa armigera* y *Spodoptera littoralis*, ambas pertenecientes al orden Lepidoptera (Bordini *et al.*, 2021; Gelan-Begna, 2014).

Además de ser abundante en varios cultivos, en el caso del arroz, se ha encontrado que *M. pallidus* coloniza el cultivo desde los comienzos de su desarrollo y se dispersa ampliamente (Bao *et al.*, 2018). Esa colonización permite la depredación sobre

insectos fitófagos aún en bajas densidades en el cultivo, retardando el incremento poblacional y previniendo su transformación en plagas. Esta especie podría tener un impacto sobre los insectos plaga, dado que los depredadores pueden afectar de forma directa a las plagas debido al consumo de estos. También pueden actuar de forma indirecta, debido a que la sola presencia de las arañas representa un riesgo de depredación de herbívoros que puede inhibir el comportamiento de forrajeo de estas presas (Beckerman *et al.*, 1997).

En próximos estudios se deberían analizar capturas de otras plagas de importancia económica presentes en cultivos de arroz, especialmente de las especies plaga *Oebalus poecilus* y *Tibraca limbativentris*, dado que, según observaciones preliminares realizadas a campo, *M. pallidus* captura ninfas de estas especies. Además, se podría evaluar las interacciones con depredadores de otros órdenes de artrópodos para implementarlos como parte de MIP en cultivos de arroz.

CONCLUSIONES GENERALES

Los resultados indican que el uso de insecticidas en sistemas arroceros del Uruguay afecta de manera adversa a las libélulas y a las arañas, disminuyendo su riqueza, diversidad y abundancia, posiblemente deteriorando su rol como posibles agentes de control biológico en este cultivo. Los efectos negativos se dieron en las diferentes zonas, siendo importante destacar el menor impacto en los cultivos con menor aplicación de insecticida.

En cuanto a la abundancia de plagas, esta fue similar en cultivos con y sin historial de aplicación de insecticidas, sugiriendo que el uso masivo de estos productos podría no tener un impacto significativo sobre sus poblaciones según los plazos evaluados en este trabajo. Además, no siempre se presentaron las mismas especies en las diferentes etapas fenológicas.

La susceptibilidad de algunos grupos de artrópodos depredadores a la aplicación de insecticidas sugiere que podrían ser empleados como indicadores del estado sanitario del cultivo.

En cuanto al comportamiento depredador, *Misumenops pallidus* demostró ser un depredador voraz, que se alimenta de gran diversidad de especies de insectos, posibles plagas en el arroz. El consumo es mayor con presas de menor tamaño, pero también puede atacar especies que son el doble de su tamaño. Por lo tanto, esta especie puede ser considerada como controlador biológico conservativo, pues es una especie abundante en las diferentes zonas de cultivos y polífaga, alimentándose de algunas especies recurrentes o esporádicas en el cultivo de arroz.

PUBLICACIÓN DE RESULTADOS

Franco, V., Viera, C., Martinez, S & Garcia- Hernandez, L. F. (2020) Estudio Preliminar Sobre Abundancia y Diversidad De Odonatos En La Zona Arroceras Del Uruguay (Treinta y Tres y Artigas). VIII Congreso Latinoamericano de Agroecología. Montevideo, Uruguay.

Franco, V., Viera, C., Martinez, S & Garcia- Hernandez, L. F. (2020) Efectos de la historia de uso de insecticidas en la abundancia y diversidad de arañas (Araneae) en cultivos de arroz de Uruguay. VI Congreso Latinoamericano de Aracnología. Virtual Buenos Aires, Argentina.

Franco, V., Garcia-Hernandez, L. F., Martinez, S. & Viera, C. (2021). Diversidad de libélulas en sistemas arroceros de Uruguay con y sin uso de insecticidas. Revista INIA 65, 45-49.

Franco, V., Garcia-Hernandez, L. F., Martinez, S. & Viera, C. (2022). Riqueza y diversidad de artropofauna en cultivos de arroz con y sin manejo de insecticidas. INIA Serie Técnica N°262 Arroz, 57- 60.

BIBLIOGRAFÍA

- Abril, W., Maldonado, E., Ronquillo, F., Yagual, K., López, W., Tenesaca, C. & Salinas, I. (1992). Insectos-plaga de importancia y su manejo integrado en el cultivo del arroz en el Ecuador. Unidades de Aprendizaje Para La Capacitación En Tecnología de Producción de Arroz, 2, 1-199.
- ACA. (2020). Asociación Cultivadores de Arroz. Revista Arroz N° 102, 70.
- ACÁ (2021) Asociación de Cultivadores de Arroz, Estudio de Mercado. Revista Arroz, Asociación de Cultivadores de Arroz: Montevideo, 66, 48-50.
- Acevedo, Marco A., Castillo, W. & Belmonte, C. (2006). Origen, evolución y diversidad del arroz. Agronomía Tropical, 56, 2, 151-170.
- Achkar, M., Domínguez, A. & Pesce, F. (2006). Principales transformaciones territoriales en el Uruguay rural contemporáneo. Pampa: Revista Interuniversitaria de Estudios Territoriales, 2, 219-242.
- Alcántara-Bocanegra, F., García, J., Palmira, P. & Delgado, C. (2000). Dosis letal de Dipterex 80 % P.S para el control de náyadas de *Gomphaeshna sp.*, *Tramea cophysa* y *Tramea calverti* (Odonata, Aeshnidae). Revista Folia amazónica, 10, 1-2.
- Albín, A. & Viera, C. (2015). Comportamiento depredador de *Araneus lathyrius* (Araneae: Araneidae). Bol. Soc. Zool. Uruguay, 73-80.
- Alderweireldt, M. (1994). Day-night activity rhythms of spiders occurring in crop-rotated fields. Eur J Soil Biology, 30, 55–61.
- Angulo-Ordoñez, G. G., Dor, A., Campuzano-Granados, E. F. & Ibarra-Núñez, G. (2019). Comportamiento depredador de dos especies de arañas del género *Phonotimpus* (Araneae: Phrurolithidae). Acta Zoológica Mexicana, 35, 1-12.
- Bachino, G. & Coradini, V. (2002). Métodos de siembra del arroz (*Oryza sativa* L) y dosis de molinate para el control del arroz rojo (*Oryza sp.*). Tesis de grado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Agronomía, 1-99.
- Bambaradeniya, C. N. B., Edirisinghe, J. P., De Silva, D. N., Gunatilleke, C. V., Wijekoon, K. B. & Ranawana, S. (2004). Biodiversity Associated with an irrigated rice agroecosystem in Sri Lanka. Biodiversity and Conservation, 13, 1715-1753.
- Bao, L.; Ginella, J., Cadenazzi, M., Castiglioni, E. A., Martínez, S., Casales, L., Caraballo, M.P., Laborda, A. & Simó, M. (2018) Spider assemblages associated with

different crop stages of irrigated rice agroecosystems from eastern Uruguay. *Biodiversity Data Journal*, 6, 1-17.

Bao, L. & Martínez, S. (2018). Control químico de los insectos en el cultivo de arroz en Uruguay. *Revista Arroz (ACA)* 96,40-45.

Bao, L., Martínez, S., Casales, L. A., Caraballo, M. P. & Castiglioni, E. (2016). Insectos del cultivo y su entorno: ¿Porque es importante conservar su diversidad? In: *Jornada anual arroz. INIA Treinta y Tres, Uruguay. Arroz: Resultados experimentales 2015-2016. Treinta y tres, Uruguay: INIA, Capítulo 2, 9-11.*

Bao, L., Martínez, S., Casales, L. & Castiglioni, E. (2019). ¿Se puede producir arroz y conservar la biodiversidad?, In: Terra, J. A., Martínez, S., Saravia, H. (Eds.) *Arroz 2019. Montevideo, Uruguay: INIA Serie Técnica; 250. 21-24.*

Bastidas H., Pantoja A. & Fernández, M. (1994). Consumo de presas por *Argiope argentata* (F.) (Araneae: Araneidae) Y *Plesiometa argyra* (Walkenaer) (Araneae: Tetragnathidae) en arroz irrigado en Colombia. *Man Integ Plag*, 32, 30–32.

Battello, C. & Queheille, N. (2013). Guía de buenas prácticas en el cultivo de arroz en Uruguay. *Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA). Revista Arroz*, 4-29.

Beckerman, A. P., Uriarte, M. & Schmitz, O. J. (1997). Experimental evidence for a behavior-mediated trophic cascade in a terrestrial food chain. *Proceedings of The National Academy of Sciences of the United States of America*, 94, 20, 10735-10738.

Benamú, M. A. (2001). Observaciones sobre "crianza", liberación y distribución de arañas en un huerto de manzano del Valle de Mala, Lima, Perú. *Revista peruana de Entomología*, 42, 211-217.

Benamú, M. A. (2010). Composición y estructura de la comunidad de arañas en el sistema de cultivo de soja transgénica. *Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo de Argentina*, 1-176.

Benamú, M. A. & Viera, C. (2011). Las arañas en los agroecosistemas. pp 203-215. En: *Arácnidos de Uruguay. Diversidad, comportamiento y ecología. C. Viera (Ed.). Ediciones de la Banda Oriental, Montevideo, Uruguay. 240.*

Benamú, M. A., Lacava, M., García, L. F., Santana, M., Fang, J., Wang, X. & Blamires, S.J. (2017). Nanostructural and mechanical property changes to spider silk as a consequence of insecticide exposure. *Chemosphere*, 181, 241-249.

- Bhaskara, M.R., CM Brijesh, C.M., Ahmed S. & Borges R.M. (2009). Perception of ultraviolet light by crab spiders and its role in selection of hunting sites. *J Comp Physiol*, 195,409-417.
- Bordini, I., Ellsworth, P. C., Naranjo, S. E. & Fournier, A. (2021). Novel insecticides and generalist predators support conservation biological control in cotton. *Biological Control*, 154, 1-11.
- Botta, R., Silva, F., Pazini, J. & Rubenich, R. (2014). Estrategia de manejo de *Tibraca limbativentris* stål. (Hemiptera: Pentatomidae) na entressafra da cultura do arroz irrigado. *Revista de Agricultura*, 89, 224-231.
- Brazeiro, A. (2015). Eco-Regiones de Uruguay: Biodiversidad, Presiones y Conservación. Aportes a la Estrategia Nacional de Biodiversidad. Facultad de Ciencias, CIEDUR, VS-Uruguay, SZU. Montevideo. 1-122.
- Bybee, S., Córdoba-Aguilar, A., Duryea, M. C., Futahashi, R., Hansson, B., Lorenzo-Carballa, M. O., Schilder, R., Stoks, R., Suvorov, A., Svensson, E. I., Swaegers, J., Takahashi, Y., Watts, P. C. & Wellenreuther, M. (2016). Odonata (dragonflies and damselflies) as a bridge between ecology and evolutionary genomics. *Frontiers in Zoology*, 13 (1), 1-20.
- Campos, R. E. (1994). Importancia de las larvas de culícidos en la dieta de *Ischnura fluvialilis* Selys (Odonata: Zygoptera) en hábitats naturales de los alrededores de La Plata, Provincia de Buenos Aires. *Revista de La Sociedad Entomológica Argentina*, 53 (4), 51-56.
- Cardoso, P., Pekár, S., Jocqué, R., Coddington, J. A. (2011) Global patterns of guild composition and functional diversity of spiders. *PLoS ONE*. 6 (6), 1–10.
- Carracelas, G., Campos, F. & Roel, A. (2020). Efecto de manejo de riego, variedades y fertilización fosfatada en la acumulación de arsénico en arroz. *Día de Campo: Zafra 2019-2020*, 5-49.
- Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K. & Ellison, A. M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84,1, 45-67.

Cheli, G., Armendano, A. & González, A. (2006). Preferencia alimentaria de arañas *Misumenops pallidus* (Araneae: Thomisidae) sobre potenciales insectos presa de cultivos de alfalfa. Rev. Biol. Trop. Int. J. Trop. Biol. ISSN, 54, 2, 505-513.

Chiappe, M. (2020). Conflictos por uso de agroquímicos: el papel de las mujeres rurales en Uruguay. Agrociencia (Uruguay), 352, 1-15.

Chittka, L. 2001. Camouflage of predatory crab spiders on flowers and the colour perception of bees (Aranida: Thomisidae/Hymenoptera: Apidae). Entomol Gen, 25, 3, 181-187.

Clark, T. E. & Samways, M. J. (1996). Dragonflies (Odonata) as Indicators of Biotope Quality in the Kruger National Park, South Africa. The Journal of Applied Ecology, 33, 1001-1012.

Corrales-Castillo, J., Villalobos-Moya, K., Vargas-Martínez, A., Rodríguez-Arrieta, J. A. & González-Herrera, A. (2016). Principales plagas de artrópodos en el cultivo de arroz en Costa Rica: Guía ilustrada de artrópodos adultos, en campo y grano almacenado (2. edición.). Escuela De Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Costa Rica, 11-71.

Corseuil, E., Brescovit, A. D. & Heineck, M. A. (1994). Aranhas associadas à cultura da soja em Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul. Biociências, 2 ,1, 95-105.

Crosa, G. M. & Zerbino, S. (2008). Saltamontes y langostas en las praderas uruguayas. Sitio Argentino de Producción Animal, 1-12.

Cultid-medina, C. A., & Escobar, F. (2019). Pautas para la estimación y comparación estadística de la diversidad biológica (qD). En: La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 175-202.

Dainese, M., Martin, E. A., Aizen, M. A., Albrecht, M., Bartomeus, I., Bommarco, R., Carvalheiro, L. G., Chaplin-Kramer, R., Gagic, V., Garibaldi, L. A., Ghazoul, J., Grab, H., Jonsson, M., Karp, D. S., Kennedy, C. M., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D. A., Letourneau, D. K., Marini, L., Poveda, K., Rader, R., Smith, H., Tscharrntke, T., Andersson, K. S. G., Badenhäusser, I., Baensch, S., Bezerra, A. D. M., Bianchi, F. J. J. A., Boreux, V., Bretagnolle, V., Caballero-Lopez, B., Cavigliasso, P., Četković, A., Chacoff, N. P., Classen, A., Cusser, S., Silva, F. D., Arjen de Groot, G., Dudenhöffer, J. H., Ekroos, J., Fijen, T., Franck, P., Freitas, B. M., Garratt, M. P. D., Gratton, C., Hipólito, J., Holzschuh, A., Iverson, L., Jha, S., Keasar, T., Kim, T. N., Kishinevsky,

M., Klein, A., Krewenka, K. M., Krishnan, S., Larsen, A. E., Lavigne, C., Liere, H., Maas, B., Mallinger, R. E., Martínez, E., Martínez-Salinas, A., Meehan, T. D., Matthew, Mitchell, G. E., Molina, G. A. R., Nesper, M., Nilsson, L., O'Rourke, M. E., Peters, M. K., Plečáš, M., Potts, S. G., Ramos, D., Rosenheim, J. A., Rundlöf, M., Rusch, A., Sáez, A., Scheper, J., Schleuning, M., Schmack, J. M., Sciligo, A. R., Seymour, C., Stanley, D. A., Stewart, R., Stout, J. C., Sutter, L., Takada, M. B., Taki, H., Tamburini, G., Tschumi, M., Viana, B. F., Westphal, C., Willcox, B. K., Wratten, S. D., Yoshioka, A., Zaragoza-Trello, C., Zhang, W., Zou, Y., Steffan-Dewenter, I. (2019). A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. *Science Advances*, 5, 10, 1-13.

Deambrosi, E. (2007). La sustentabilidad de nuestro sistema de producción de arroz en relación al uso de agroquímicos. *Asociación de Cultivadores de Arroz Del Uruguay*, 14-34.

Dediego De Sabillon, S. (1991). Fauna entomológica benéfica y otras especies en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). *Universidad de Panamá*, 7-58.

Devine, G., Eza, D., Ogusuku, E. & Furlong, M. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 25, 1, 74-100.

Dias, S. C., Carvalho, L. S., Bonaldo, A. B. & Brescovit, A. D. (2010). Refining the establishment of guilds in Neotropical spiders (Arachnida: Araneae). *Journal of Natural History*, 44, 3-4, 219-239.

Ekschmitt, K., Weber, M. & Wolters, V. (1997). Spiders, Carabids, and Staphylinids: The Ecological Potential of Predatory Macroarthropods. *Fauna in Soil Ecosystems*, 321-376.

Equipo RStudio (2020). RStudio: desarrollo integrado para R. (p. 6). <http://www.rstudio.com/>

Fernández-Villalobos, G. (2019). Neurobiología del control motor en insectos. *Archivos de Neurociencias*, 24, 1, 17-27.

Ferrero, A. & Tinarelli, A. (2008). Rice Cultivation in the E.U. Ecological Conditions and Agronomical Practices. In E. C. and D. G. Karpouzas (Ed.), *Pesticide Risk Assessment in Rice Paddies: Theory and Practice*. Elsevier, 1-23.

Fritz, L. L., Heinrichs, E. A., Machado, V., Andreis, T. F., Pandolfo, M., de Salles, S. M., Vargas de Olivera, J. & Fiuza, L. M. (2011). Diversity and abundance of

arthropods in subtropical rice growing areas in the Brazilian south. *Biodiversity and Conservation*, 20, 10, 2211-2224.

Fuentes-Rodriguez, D., Franceschini, P., Gervazoni, P., López, G., Sosa, A., & Kruger, R. (2020). Importance of native vegetation for detection and management of rice stink bug (*Tibraca limbativentris*). *Bulletin of Entomological Research*, 110, 3, 352-362.

García, L. F., Viera, C. & Pekár, S. (2018). Comparison of the capture efficiency, prey processing, and nutrient extraction in a generalist and a specialist spider predator. *Science of Nature*, 105, 3, 1-10.

Gelan- Begna, A. (2014). Las arañas no formadoras de tela como agentes de control natural de plagas de lepidópteros en ecosistemas de algodón y de encinar en el sur de España. Tesis Doctorado, Instituto de estudios de posgrado. Universidad de Córdoba, 1-137.

Ghiglione, C., Zumoffen, L., Dalmazzo, M. de los M., Strasser, R. & Attademo, A. M. (2021). Diversidad y grupos funcionales de insectos en cultivos de arroz y sus bordes bajo manejo convencional y agroecológico en Santa Fe, Argentina. *Ecología Austral*, 31, 2, 261-276.

Gomar, E. & Califra, A. (2006). Breve descripción de las principales características que definen los suelos de la región de areniscas. 30 años de investigación en suelos de areniscas. INIA Tacuarembó. Tacuarembó, Uruguay. 9-13.

González, A., Liljesthróm, G., Minervino, E., Castro, D., González, S. & Armendano, A. (2009). Predation by *Misumenops pallidus* (Araneae: Thomisidae) on insect pests of soybean cultures in Buenos Aires Province, Argentina. *Journal of Arachnology*, 37, 3, 282-286.

Greco-Spingola, S. (2016). Acridoideos como bioindicadores de microambientes en el área protegida humedales de Santa Lucía y parque Lecocq. *Boletín de La Sociedad Zoológica Del Uruguay*, 25, 2, 1-41.

Greco-Spingola, S., Jorge, C. & Lorier, E. (2020). Acridomorpha (Orthoptera) species associated with the protected wetlands of Santa Lucía, Montevideo, Uruguay. *Check List*, 16, 3, 597-610.

- Grismado, C., Ramírez, M. J. & Izquierdo, M. (2014). ARANEAE : Taxonomía, diversidad y clave de identificación de familias de la argentina. Biodiversidad de Artrópodos Argentinos, 3, 55-93.
- Hartig, F. & Lohse, L. (2022). DHARMA: residual diagnostics for hierarchical (multi-level/mixed) regression models. R package version 0.1. 0. CRAN / GitHub.
- Hsieh, T. C., Ma, K. H. & Chao, A. (2016). iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). Methods in Ecology and Evolution, 1451-1456.
- Hammer, Ø., Harper, D. & Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software package for education and data analysis. Current Science, 4, 1, 4-9.
- Haynes, D. L. & Sisojevic, P. (1966). Predatory behavior f *Philodromus rufus* Wlckenaer (Araneae:Thomisidae). The Canadian Entomologist, 98, 2, 113-133.
- Hoefer, C., Chen, A. & Jakob, E. (2006). The Potential of a Jumping Spider, *Phidippus clarus*, as a Biocontrol Agent J. Econ. Entomol., 99, 2, 432-436.
- Hong, J., Han, T. & Kim, Y. Y. (2020). Mealworm (*Tenebrio molitor* larvae) as an alternative protein source for monogastric animal: A review. Animals, 10, 11, 1-20.
- Jergentz, S., Mugni, H., Bonetto, C. & Schulz, R. (2004). Runoff-Related Endosulfan Contamination and Aquatic Macroinvertebrate Response in Rural Basins Near Buenos Aires, Argentina. Arco. Reinar. Contar. Toxicol, 46, 345–352
- Jinguji, H., Thuyet, D. Q., Uéda, T. & Watanabe, H. (2013). Effect of imidacloprid and fipronil pesticide application on *Sympetrum infuscatum* (Libellulidae: Odonata) larvae and adults. Paddy and Water Environment, 11, 4, 277-284.
- Kajak, A., Andrzejewska, L. & Wójcik, Z. (1968). The role of spiders in the decrease of damages caused by acridoidea on meadows- experimental investigations. Institute of Ecology, Department of Terrestrial Ecology, 16, 1-10.
- Khan, T., Haider, M. & Khan, H. (2022). Resistance to grain protectants and synergism in Pakistani strains of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). Sci Rep, 12, 2045-2322.
- Kegley, S.E., Hill, B.R., Orme, S. Choi, A.H. PAN Pesticide Database, Pesticide Action Network, North America. <http://www.pesticideinfo.org/>, (consulta: 8 de noviembre de 2021).

Lacava, M. (2021). Evaluación de los efectos de insecticidas sobre dos arañas lobo presentes en cultivos de soja de Uruguay. Tesis de grado. Universidad de la República (Uruguay) Facultad de Ciencias, 2-74.

Lacava, M., García, L. F., Castiglioni, E., Benamú, M. A., Schneider, M. I. & Viera, C. (2020). Effect of selective and non-selective insecticides on survival and feeding behavior of the spiders *Hogna cf. bivittata* and *Lycosa poliostrata* (Araneae: Lycosidae). Journal of Arachnology, 48, 3, 288-294.

Lallana, V.H. (2005). Lista de malezas del cultivo de arroz en entre ríos, Argentina. Ecosistemas, 14, 2, 162-167.

Lavecchia, A. (1991). Arroz: fertilización nitrogenada en la zona norte del país. INIA Tacuarembó. Montevideo, Uruguay, 20-23.

Lockley, T. C., Young, O. P., Hayes, J. L., Arachnology, J., & Summer, N. (1988). Nocturnal Predation by *Misumena vatia* (Araneae, Thomisidae). Journal of Arachnology, 17, 2, 249-251.

Lorier, E. (1998). Relevamiento de artrópodos: Orden Orthoptera. In: Cuenca Superior del Arroyo Lunarejo, DINAMA & UICN, 121-142.

Lorier, E., Miguel, L. & Zerbino, S. (2010). Manejo de tucuras. In técnico- Científico. Enfermedades y plagas en pasturas. INIA, 51-71.

Macedo-Yapor, I. (2014). Incidencia de factores climáticos en el rendimiento de cultivares élite de arroz. Tesis de grado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Agronomía, 1-66.

Macfadyen, S., Davies, A. P. & Zalucki, M. P. (2015). Assessing the impact of arthropod natural enemies on crop pests at the field scale. Insect Science, 22, 1, 20-34.

Segura, A., Pérez, F. & Frank Gabin, N. E. (2019). Tensiones y conflictos ambientales en la región Este de Uruguay: Pasado, Presente y Futuro. En: Machado, C., Santos, C. & Barcellos, S. Conflitos ambientais e urbanos - Pesquisas e resistências no Brasil e Uruguai, 429-467.

Marrero, H. J., Pompozzi, G. & Torretta, J. P. (2015). Presas y sitios de capturas utilizados por arañas cangrejo (Araneae: Thomisidae y Philodromidae) en un pastizal del centro de Argentina. *Ecología Austral*, 25, 19-25.

Martínez, S., Bao, L. & Escalante, F. (2018). Manual de identificación de enfermedades y plagas en el cultivo de arroz. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Boletín de Divulgación N° 116, 7-64.

Martins, J.F.S; Botton, M., Carbonari, J.J. & Quintela, E.D. (2004). Eficiência de *Metarhizium anisopliae* no controle do percevejo-docolmo *Tibraca limbativentris* (Heteroptera: Pentatomidae) em lavoura de arroz irrigado. *Ciência Rural*, Santa Maria, 34, 6,1681-1688.

May, M. (2019). Odonata: who they are and what they have done for us lately: classification and ecosystem services of dragonflies. *Insects*, 10, 62, 1-18.

Médiène, S., Valantin-Morison, M., Sarthou, J. P., De Tourdonnet, S., Gosme, M., Bertrand, M., Roger-Estrade, J., Aubertot, J. N., Rusch, A., Motisi, N., Pelosi, C. & Doré, T. (2011). Agroecosystem management and biotic interactions: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 31, 3, 491-514.

Mendoza, V. H., Horvath, A., Ruiz, L., Escalona, G. & Navarrete, D. A. (2017). Patrones de diversidad de murciélagos en la reserva de biosfera selva el Ocote, Chiapas, México. *Mastozoología Neotropical*, 24, 2, 365-387.

Maltchik, L. Rolon, A.S., Stenert, C. Machado, I.F. Rocha, O. (2011). Can rice field contribute to biodiversity in Souther Brazilian wetlands ?. *Journal of Tropical Biology*, 59, 4, 1895-1914.

Molfino, J. (2010). Criterios para la selección de suelos en el departamento de Soriano. Proyecto "Calidad del suelo y agricultura". Jornada Técnica El efecto de la Agricultura en la Calidad de los Suelos y Fertilización de Cultivos. Mercedes, Uruguay, 5-9.

Michalko, R. & Pekár, S. (2015). The biocontrol potential of *Philodromus* (Araneae, Philodromidae) spiders for the suppression of pome fruit orchard pests. *Biological Control*, 82, 13-20.

Michalko, R., Pekár, S., Dul'a, M. & Entling, M. H. (2019). Global patterns in the biocontrol efficacy of spiders: A meta-analysis. *Global Ecology and Biogeography*, 28, 9, 1366-1378.

Molina, F., Terra, J., Roel, A., Oxley, M., Marella, M., Castera, F., Platero, A., Garcia, F., Rovira, G. & Escosteguy, C. (2021). indicadores tecnológicos- productivos zafrarrocera 2020-2021. *Revista Arroz Inia* 2021. 1,1-5.

Mora, A. M. P. (1997). Los artrópodos como bioindicadores de la calidad de las aguas. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 1, 1, 277-284.

Morillo, F. & Notz, A. (2001). Resistencia de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a lambdacihalotrina y metomil. *Entomotrópica: Revista Internacional Para El Estudio de La Entomología Tropical*, 16, 2, 79-87.

Neal, T & Whitcomb, W. (1972). Odonata in the Florida soybean agrosystem. *The Florida Entomologist*, 55, 2, 106-114.

Nelson, X. J., Jackson, R. R. & Sune, G. (2005). Use of Anopheles-specific prey-capture behavior by the small juveniles of *Evarcha culicivora*, a mosquito-eating jumping spider. *Journal of Arachnology*, 33, 2, 541-548.

Nentwing, W. (1982). Why do only certain insects escape from a spider's web?. *Oecologia* 53, 412-417.

Nentwig, W. & Wissel, C. (1986). A comparison of prey lengths among spiders. *Oecologia*, 68, 595-600.

Oliveira, M. & Vasconcellos-Neto, J. (2002). Collective Prey Capture and Feeding Behaviours of *Anelosimus jabaquara* Levi 1956 (Araneae:Theridiidae). *Behaviour*, 1956, 573-584.

Olmos, S. (2007). Apunte de morfología, fenología, ecofisiología, y mejoramiento genético del arroz Cátedra de Cultivos II Facultad de Ciencias Agrarias. UNNE. Corrientes - 2006 - Argentina, 1-13.

Oraze, M. J. & Grigarick, A. A. (1989). Biological Control of Aster Leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) and Midges (Diptera: Chironomidae) by *Pardosa ramulosa* (Araneae: Lycosidae) in California Rice Fields. *Journal of Economic Entomology*, 82, 3, 745-749.

Ottonelli, J. & Grings, T. C. (2017). Produção de Arroz nas Microrregiões do Rio Grande do Sul: evolução, especialização e concentração. *Desenvolvimento Em Questão*, 15, 40, 230.

Paethak, M. D. & Khan, Z. R. (1994). Insect pests of rice. International rice research institute. International center of insect physiology and ecology, 1-89.

Pareja, L. (2012). Estudio de residuos de pesticidas en cultivos de arroz de Uruguay por métodos analíticos modernos y evaluación de procesos fotoquímicos para la remediación de aguas de campo. Tesis de doctorado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Química, 1-347.

Parks, J., Stoecker, W. & Kristensen, C. (2006). Observations on *Loxosceles reclusa* (Araneae, Sicariidae) Feeding on Short-Horned Grasshoppers. *Journal of Arachnology*, 34(1), 221–226.

Pekár, S. (2013). Side Effect of Synthetic Pesticides on Spiders. *Spider Ecophysiology*, January 2013, 1-529.

Pekár, S., García, L.F. & Viera, C. (2017). Trophic Niches and Trophic Adaptations of Prey-Specialized Spiders from the Neotropics: A Guide. In: Behaviour and ecology of spiders. Contributions from the Neotropical Region. Viera, C & Gonzaga, M. Springer, 194-224.

Pekár, S., Wolff, J. O., Černecká, L., Birkhofer, K., Mammola, S., Lowe, E. C., Fukushima, C. S., Herberstein, M. E., Kučera, A., Buzatto, B. A., Djoudi, E. A., Domenech, M., Enciso, A. V., Piñanez Espejo, Y. M. G., Febles, S., García, L. F., Gonçalves-Souza, T., Isaia, M., Lafage, D., Líznavá, E., Macías- Hernandez, Magalhães, N., Malumbres-Olarte, J., Michalek, O., Michalik, P., Michalko, R., Milano, F., Munévar, A., Nentwig, W., Nicolosi, G., Painting, C. J., Pétilon, J., Piano, E., Privet, K., Ramírez, M.J., Ramos, C., Rezac, M., Ridel, A., Ruzicka, V., Santos, I., Sentenska, L., Walker, L., Wierucka, K., G. Zurita, G. & Cardoso, P. (2021). The World Spider Trait database: a centralized global open repository for curated data on spider traits. *Database*, 1-10.

Peres, F., Moreira, J., Rodrigues, K., Lerner, R. & Claudio, Luz. (2007). El Uso de Pesticidas en la Agricultura y la Salud del Trabajador Rural en Brasil. *Ciencia y tecnología*, 26,158-163.

Pérez, T., Céspedes-LLave, A., Rivero, M., Medrano, N. & Campero, M. (2007). Acetilcolinesterasa de *Enallagma* sp. (Coenagrionidae: Odonata) en presencia de

pesticidas organofosforados. Sub-Tema 4: Innovaciones En Pesquerías Continentales y Ecología Acuática Acetilcolinesterasa, May, 3-8.

Pérez de Vida, F. & Molina, F. (2016). INIA Merín, nuevo cultivar de arroz: alta productividad y resistencia a *Pyricularia*. Revista INIA, 144, 15-19.

Pires, M. M., Kotzian, C. B., Sganzerla, C., Prass, G., Dalzochio, M. S. & Périco, E. (2019). Diversity of Odonata (Insecta) in Seasonal Deciduous Forest fragments in southern Brazil (state of Rio Grande do Sul), with a new record for the state and comments on the seasonal distribution of the species. Biota Neotropica, 19, 4, 1-12.

Pittelkow, C. M., Zorrilla, G., Terra, J., Riccetto, S., Macedo, I., Bonilla, C. & Roel, A. (2016). Sustainability of rice intensification in Uruguay from 1993 to 2013. Global Food Security, 9, 10-18.

Platnick, N. I., Hormiga, G., Jäger, P., Jocqué, R., Ramírez, M. J. & Raven, R. J. (2020). Spider of the world (N. I. Platnick, Ed.). Princeton University Press, 1-259.

Řezáč, M., Pekár, S., Lubin Y (2008) How oniscophagous spiders overcome woodlouse armour. Journal Zoology, 275, 64–71.

Riechert, S.E. & Lockley, T. (1984). Spiders as biological control agent. Annu. Rev. Entomology, 29, 299-320.

Riechert, S. E. & Lawrence, K. (1997). Test for predation effects of single versus multiple species of generalist predators: Spiders and their insect prey. Entomological Experimentalis et Applicata, 84, 2, 147-155.

Ripley, B., Venables, B., Bates, D. M., Hornik, K., Gebhardt, A. & Firth, D. (2022). Functions and datasets to support Venables and Ripley, “Modern Applied Statistics with S” (Patent No. fourth edition Springer), 1-170.

Rodríguez-del-Bosque, L. A. & Arredondo Bernal, H. C. (2007). Teoría y Aplicación del Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México, 1-273.

Rodrigues, E. N. L., Mendonça, M. & Ott, R. (2009). Spider diversity in a rice agroecosystem and adjacent areas in southern Brazil. Revista Colombiana de Entomología, 35, 1, 89-97.

Rodrigues, E. N. L., Jr, M. D. S. M., Fritz, L. L., Heinrichs, E. A. & Fiuza, L. (2013). Effect of the insecticide Lambda-cyhalothrin on rice spider populations in southern Brazil. Zoología, 30 (December), 615-622.

Rubio, V., Mazilli, S., Bonilla, C., Siri-Prieto, G., Arbeleche, P., Bacigaluz, P., Taks, J., García, M., Cobas, P., Mondelli, M., Brasesco, G., Astigarraga, L., & Picasso, V. (2013). Clima de cambios. Nuevos desafíos de adaptación en Uruguay. Vol. V. Sensibilidad y capacidad adaptativa de la agricultura de secano y el arroz frente al cambio climático.63.

Saavedra De C, E., Flórez, E. & Fernández, C. (2007). Capacidad de depredación y comportamiento de *Alpaida veniliae* (Araneae: Araneidae) en el cultivo de arroz. Revista Colombiana de Entomología, 33, 1, 74-76.

Sánchez, N. E. & Liljestrom, G. G. (1986). Population Dynamics of *Laplatacris dispar* (Orthoptera: Acrididae). Environmental Entomology, 15, 4, 775-778.

Sebastian, P. A., Mathew, M. J., Pathummal-Beevi, S., Joseph, J. & Biju, C. R. (2005). The spider fauna of the irrigated rice ecosystem in central Kerala, India across different elevational ranges. Journal of Arachnology, 33, 2, 247-255.

Settele, J. & Drechsler, M. (2001). Predator-prey interactions in rice ecosystems: effects of guild composition, trophic relationships, and land use changes a model study exemplified for Philippine rice terraces. Ecological Modelling, 137, 2-3, 135-159.

Sigsgaard, L., Toft, S. & Villareal, S. (2001). Diet-dependent survival, development, and fecundity of the spider *Atypena formosana* (Oi) (Araneae: Linyphiidae) Implications for biological control in rice. Biocontrol Science and Technology, 11, 2, 233-244.

Stadler, T., Picollo, M. & Zerba, E. N. (1990). Factores ecofisiológicos relacionados con la susceptibilidad a insecticidas y la resistencia a malatión en *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Bol San. Veg. Plagas, 16, 743-754.

Stearns, R. (2015). The Biology of the Grain Beetle *Tenebrio Molitor* with Particular Reference to Its Behavior. Ecological Society of America, 36, 2, 262-269.

Sudhikumar, A. V, Mundackatharappel, J. M., Enathayil, S. & Sebastian, P. A. (2005). Seasonal variation in spider abundance in Kuttanad rice agroecosystem, Kerala, India (Araneae). Acta Zoológica, 1, 181-190.

Symondson, W. O. C., Sunderland, K. D. & Greenstone, M. H. (2002). Can generalist predators be effective biocontrol agents? Annual Review of Entomology, 47, 1, 561-594.

Tommasino, H. & Hernández, A. (2003). El cultivo de arroz en Uruguay. Contribución a su conocimiento. Dirección de Estadísticas Agropecuarias. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, 1-34.

Urretabizkaya, N. (2018). Manejo Integrado de plagas asociadas al cultivo de maíz: Estrategias de control. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Argentina, 1-53.

Vázquez, L. L., Alfonso, J., Matienzo, Y. & Veitía, M. (2008). Conservación y manejo de enemigos naturales de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba Editorial CIDISAV, 198-198.

Viera, C. (1986). Comportamiento de captura de *Metepeira* sp A (Araneae, Araneidae) sobre *Acromyrmex* sp. (Hymenoptera, Formicidae) en condiciones experimentales. Aracnología, 6, 1-8.

Viera, C. (1995). Discriminación por *Metepeira seditiosa* (Keyserling)(Araneae, Araneida) en condiciones experimentales sobre dos presas frecuentes en el medio. Journal of Arachnology, 23, 17-24.

Viera, C. & Costa, F. G. (1988). Análisis del comportamiento de captura de presas por machos adultos de *Metepeira* sp. (Araneae , Araneidae), utilizando telas de juveniles y hembras adultas coespecíficas. American Arachnological Society, 16, 2 , 141-152.

Viera, C., & Gonzaga, M. O. (2017). Behaviour and Ecology of Spiders. Contributions from the Neotropical Region. Switzerland: Springer.

Vilaseca, C. Baptiste, L. & López-Ávila A. (2009). Incidencia de los márgenes sobre el control biológico natural de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en cultivos de arroz. Revista Corpoica- Ciencia & Tecnología Agropecuaria, 9, 2, 45-54.

Uetz, G.W., Halaj J. & Cady A.B. (1999). Guild structure of spiders in major crops. The Journal of Arachnology, 27, 270-280.

Wise, D. H. (1993). Spiders in ecological webs. The Journal of Arachnology. Cambridge University, 23, 48-50.

World Spider Catalog. (2023). World Spider Catalog. Version 20.0 Natural History Museum Bern, online en <http://wsc.nmbe.ch>, accedido el 3 de marzo de 2019.

Zerbino, M., Lorier, E. & Miguel, L. (2016). Variabilidad interanual en comunidades de acridios (Orthoptera: Caelifera: Acridoidea) en la región centro-sur del Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 20, 2, 74-85.

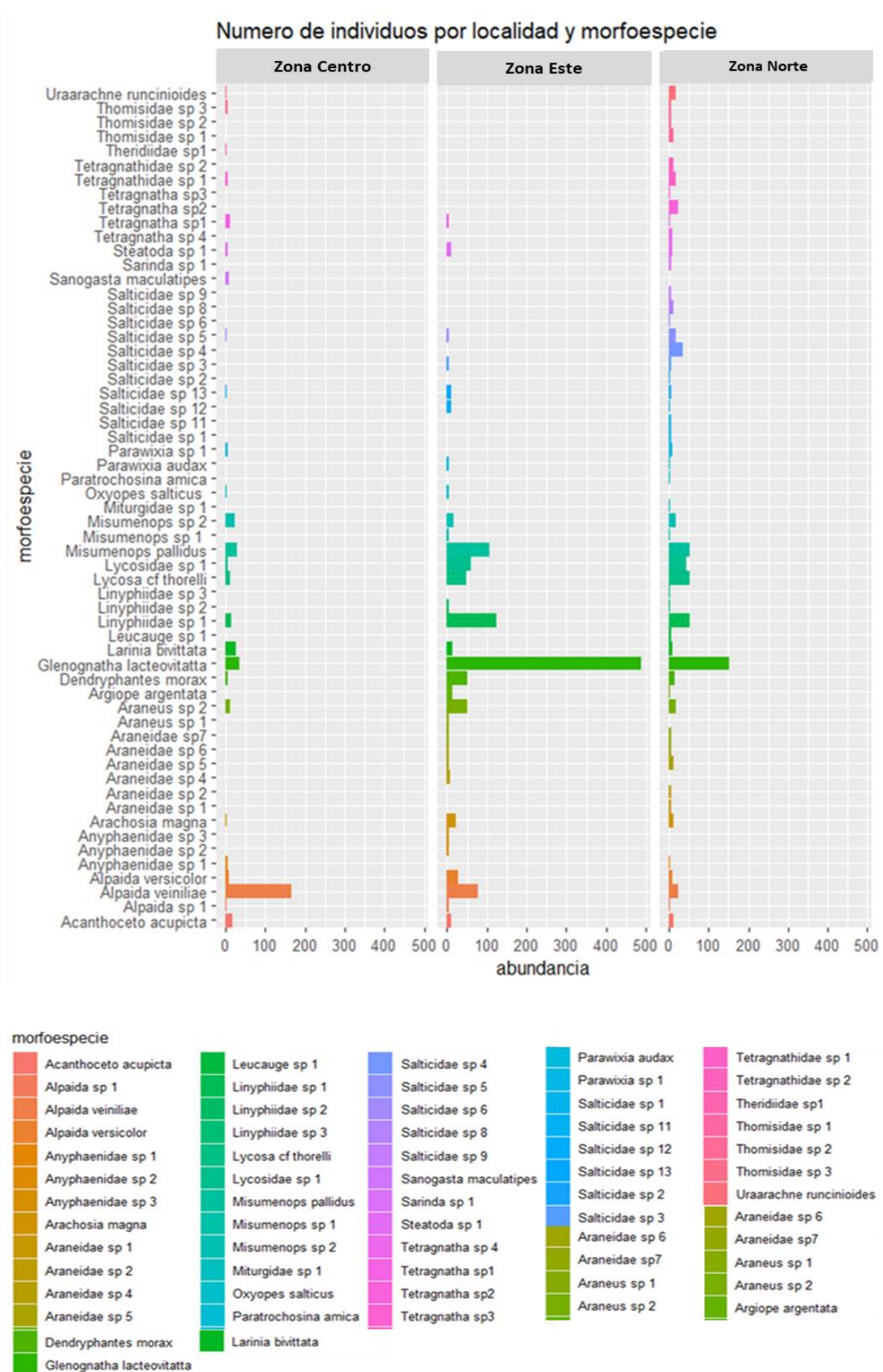
ANEXOS

Morfoespecies del orden Aranea colectadas en sistemas arroceros con y sin historial de aplicación de insecticida en Zona Centro con historial de insecticida ZCI, ZCSI: Zona Centro sin historial, ZEI: Zona este con historial, ZESI: Zona este sin historial, ZNI: Zona norte con historial y ZNSI: Zona Norte sin historial.

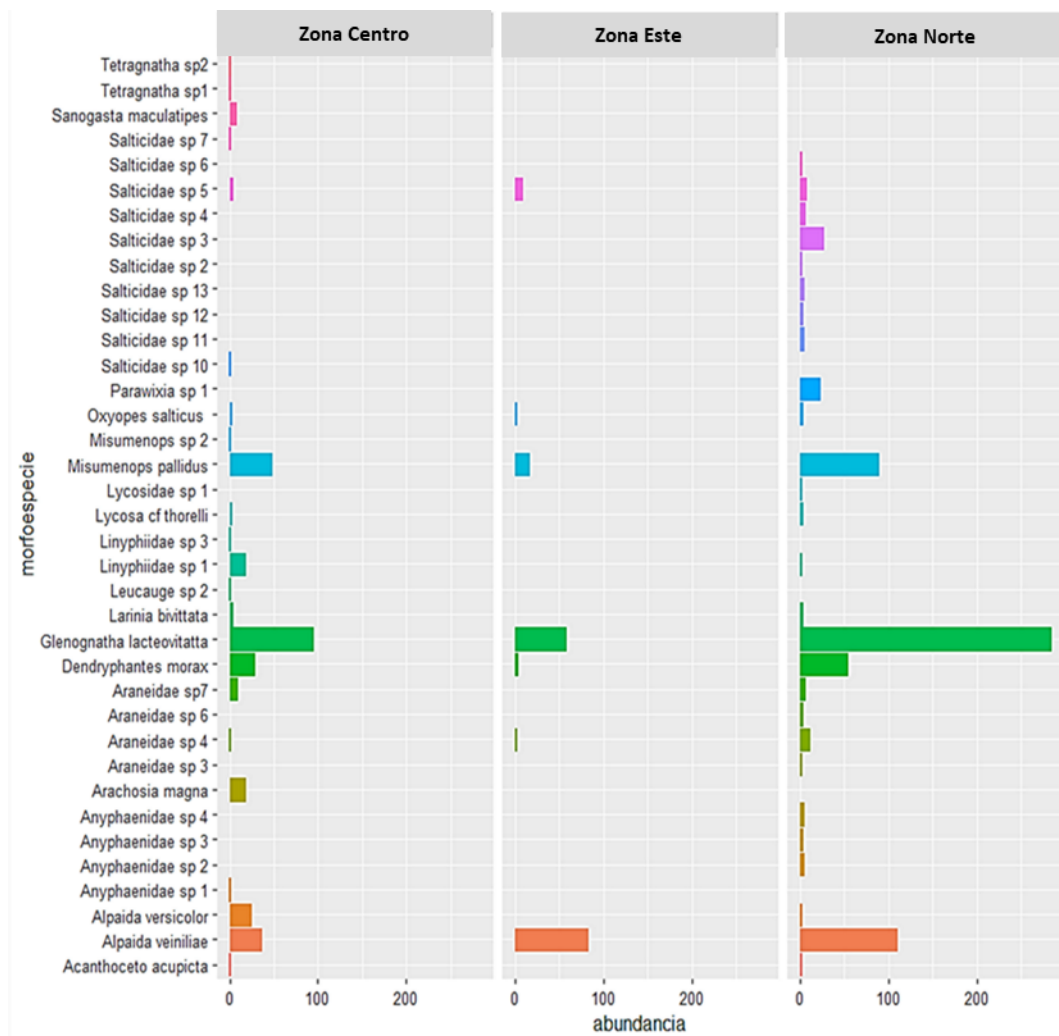
Familia	Morfoespecies	Número de individuos por zona con y sin historial de insecticida					
		ZCI	ZCSI	ZEI	ZESI	ZNI	ZNSI
Anyphaenidae	<i>Acanthocetoacupicta</i>	3	5			8	9
	<i>Anyphaenidae sp 1</i>		3				1
	<i>Anyphaenidae sp 2</i>					5	
	<i>Anyphaenidae sp 3</i>					2	3
	<i>Anyphaenidae sp 4</i>					1	1
	<i>Arachosia magna</i>	2	8		1	8	10
	<i>Sanogasta maculatipes</i>		14				
Araneidae	<i>Alpida sp 1</i>		1			2	1
	<i>Alpida veiniliae</i>	4	41	67	12	40	63
	<i>Alpida versicolor</i>	11	6	2	3	3	7
	<i>Araneidae sp 1</i>						4
	<i>Araneidae sp 2</i>						2
	<i>Araneidae sp 3</i>						2
	<i>Araneidae sp 4</i>	1		2		1	11
	<i>Araneidae sp 5</i>				1		8
	<i>Araneidae sp 6</i>			1			5
	<i>Araneidae sp 7</i>		8	2			9
	<i>Araneus sp 1</i>			1			
	<i>Araneus sp 2</i>	1	3	1	2	13	14
	<i>Argiope argentata</i>			4	1		1
	<i>Larinia bivittata</i>	9	5			9	9
	<i>Parawixia audax</i>				1		1
	<i>Parawixia sp 1</i>	1	1			6	10
Linyphiidae	<i>Linyphiidae sp 1</i>	2	21	4	12	24	50
	<i>Linyphiidae sp 2</i>					1	1
	<i>Linyphiidae sp 3</i>	1					1
Lycosidae	<i>Lycosa cf thorelli</i>	5	2	1	6	11	50
	<i>Lycosidae sp 1</i>		3		12	16	41
	<i>Paratrochosina amica</i>						1

		Número de individuos por zona con y sin historial de insecticida					
Familia	Morfoespecies	ZCI	ZCSI	ZEI	ZESI	ZNI	ZNSI
Miturgidae	<i>Miturgidae sp 1</i>						1
Oxyopidae	<i>Oxyopes salticus</i>		3	2	1		3
Salticidae	<i>Dendryphantes morax</i>	11	5	8	1	16	32
	<i>Salticidae sp 1</i>						3
	<i>Salticidae sp 10</i>		1				
	<i>Salticidae sp 11</i>					1	3
	<i>Salticidae sp 12</i>			2	1		4
	<i>Salticidae sp 13</i>		1	7			7
	<i>Salticidae sp 2</i>					1	1
	<i>Salticidae sp 3</i>					7	12
	<i>Salticidae sp 4</i>					9	12
	<i>Salticidae sp 5</i>		4	4	1	2	11
	<i>Salticidae sp 6</i>					1	1
	<i>Salticidae sp 7</i>	1					
	<i>Salticidae sp 8</i>					1	3
	<i>Salticidae sp 9</i>						2
	<i>Sarinda sp 1</i>						2
Tetragnathidae	<i>Glenognatha lacteovitatta</i>	4	74	98	12	121	250
	<i>Leucauge sp 1</i>						4
	<i>Leucauge sp 2</i>		1				
	<i>Tetragnatha sp 4</i>						5
	<i>Tetragnatha sp1</i>	5	1		1		1
	<i>Tetragnatha sp2</i>		1			10	1
	<i>Tetragnatha sp3</i>						1
	<i>Tetragnathidae sp 1</i>		2			7	1
	<i>Tetragnathidae sp 2</i>						8
Theridiidae	<i>Steatoda sp 1</i>	4			6		5
	<i>Theridiidae sp1</i>		1				
Thomisidae	<i>Misumenops pallidus</i>	31	6	8	6	40	82
	<i>Misumenops sp 1</i>					1	1
	<i>Misumenops sp 2</i>	5	6			13	15
	<i>Thomisidae sp 1</i>					2	3
	<i>Thomisidae sp 2</i>						2
	<i>Thomisidae sp 3</i>		2			2	
	<i>Uraarachne runcioides</i>		1			2	5

Número de individuos de arañas por zonas en el primer muestreo (Floración)



Número de individuos de arañas por zonas en el segundo muestreo (pre-cosecha)



morpho-specie



Número de individuos de Odonata por zonas en el primer y segundo muestreo

