

Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Doctorado en Ciencias Aplicadas

*Doctoranda*  
**Lic. Camila Gisel RIPPEL**

## **Control biológico de culícidos: análisis de la capacidad predatoria de estadios inmaduros de insectos del orden Odonata**

**Tesis de Doctorado presentada para obtener el título de  
“Doctor en Ciencias Aplicadas”**

“Este documento es resultado del financiamiento otorgado por el Estado Nacional, por lo tanto, queda sujeto al cumplimiento de la Ley N°26.899”.

*Director*  
**Dr. Nicolás Joaquín SCHWEIGMANN**

*Co-Director*  
**Dr. Dardo Andrea MARTÍ**

**Posadas, 2022**



Esta obra está licenciada bajo Licencia Creative Commons (CC) Atribución-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Universidad Nacional de Misiones  
Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y  
Naturales



# **CONTROL BIOLÓGICO DE CULÍCIDOS: ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD PREDATORIA DE ESTADIOS INMADUROS DE INSECTOS DEL ORDEN ODONATA**

**Por Lic. Camila Gisel RIPPEL**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y  
Naturales

de la Universidad Nacional de Misiones para optar al grado académico  
de

**DOCTOR EN CIENCIAS APLICADAS**

Posadas, República Argentina

2022

**Director:**

Dr. Nicolás Joaquín SCHWEIGMANN

**Co-director:**

Dr. Dardo Andrea MARTÍ

**TRIBUNAL EXAMINADOR**

(Resolución consejo directivo N° 202-22)

Dr. Gustavo Angel BICH    Universidad Nacional de Misiones

Dr. Ernesto Martin GIORGIO Universidad Nacional de Misiones

Dr. Federico LOZANO    Universidad Nacional de Avellaneda

**DEFENSA ORAL Y PÚBLICA** (Disposición N° 997/22)

Posadas, 29 de julio de 2022.

# **CONTROL BIOLÓGICO DE CULÍCIDOS: ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD PREDATORIA DE ESTADIOS INMADUROS DE INSECTOS DEL ORDEN ODONATA**

**Camila Gisel RIPPEL**

**Lugar de desarrollo del trabajo de tesis**

<sup>1</sup>Instituto de Biología Subtropical.

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Entomológicas.

**COMISIÓN DE SUPERVISIÓN** (Resolución Consejo Directivo N° 256-16)

Dr. Darío CARDOZO      Universidad Nacional de Misiones

Dr. Diego BALDO      Universidad Nacional de Misiones

Dra. Sylvia FISCHER      Universidad de Buenos Aires

**CARRERA DE DOCTORADO EN CIENCIAS APLICADAS**

Proyecto de Carrera N° 10933/11

Con reconocimiento de la comisión Nacional de Evaluación y Acreditación  
Universitaria (CONEAU) N° 344/11.

## Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a Nicolás Schweigmann, por su dirección, paciencia, charla y confianza. Nada hubiera sido posible sin su ayuda y apoyo.

A Dardo Martí por ser un anclaje y siempre estar dispuesto a resolver para avanzar.

A la comisión de evaluación: Diego Baldo y Darío Cardozo por su aporte para mejorar el trabajo; y especialmente a Sylvia Fischer por la calidad humana, atención y el tiempo dedicado, su contribución fue invaluable.

A los jurados: Gustavo Bich, Martín Giorio y Federico Lozano, por el tiempo dedicado a enriquecer el manuscrito con sus correcciones.

Al equipo de odontólogos: Javier, Federico, Lía y Alejandro, siempre dispuestos a responder cualquier tipo de consulta y a compartir el amor por las libélulas.

A Noelia Schröder por ser una gran colega y amiga. Junto con Ale y Mica fueron un gran apoyo.

A Mauro y a Viggo, por elegirme, acompañarme y abrir caminos para seguir descubriendo la vida.

## Índice

Agradecimientos .....	5
Resumen.....	8
Abstract .....	10
Capítulo 1: Introducción.....	12
Control biológico de las poblaciones de mosquitos.....	14
El orden Odonata .....	16
Objetivos .....	23
Objetivo general.....	23
Objetivos específicos.....	23
Referencias bibliográficas .....	24
Capítulo 2: Marco teórico .....	28
Antecedentes .....	28
Consideraciones teóricas .....	29
Caracterización de la relación predador-presa .....	31
Estudio de dietas .....	32
Referencias bibliográficas .....	34
Capítulo 3: Materiales y métodos .....	38
3.1 Relevamiento de la odonatofauna.....	38
Área de estudio .....	38
Captura, cría e identificación .....	40
Análisis de datos.....	41
3.2 Caracterización de criaderos artificiales .....	41
3.3 Ensayos de predación.....	42
Análisis de datos.....	43
3.4 Estudio de presas consumidas .....	45
Contenido estomacal y fecal .....	45
Extracción de ADN.....	45
Amplificación por PCR .....	46
Referencias bibliográficas .....	47
Capítulo 4: Resultados.....	49
4.1 Odonatofauna de la provincia de Misiones .....	49
Larvas .....	49

Adultos .....	50
Composición de la comunidad en relación a los sitios de captura .....	54
4.2 Fauna asociada en criaderos artificiales .....	55
Piletas sin registro de especies de mosquitos.....	62
Piletas con presencia de especies de mosquitos .....	64
4.3 Odonatos en piletas de natación (criaderos artificiales).....	66
4.4 Actividad predatoria en estudios de laboratorio .....	68
Libellulidae y Coenagrionidae predando a tres taxones de dípteros.....	68
Pantala flavescens predando Culex quinquefasciatus .....	69
Respuesta funcional .....	71
Impacto predatorio .....	72
4.5 Análisis de dieta .....	74
Análisis de contenido estomacal y heces.....	74
Código de barras genético.....	76
Capítulo 5: Discusión .....	78
Registros de la odonatofauna .....	78
Caracterización de criaderos.....	82
Evaluación de la predación .....	87
Referencias Bibliográficas .....	93
Capítulo 6: Conclusiones .....	102
Recomendaciones para trabajos futuros .....	104
Producción científica.....	105
Publicaciones en revistas científicas .....	105
Presentaciones a Congresos científicos .....	105

## Resumen

Los mosquitos tienen importancia sanitaria a nivel mundial. La necesidad de estrategias ecológicas para tratar el problema de la proliferación de mosquitos vectores plantea a los enemigos naturales como una opción atractiva. El ciclo de vida de estos insectos incluye una etapa acuática, durante la cual se desarrollan los estadios inmaduros, y es el período durante el cual ocurren muchos de los procesos de regulación de las poblaciones. La predación es considerada como una de las interacciones biológicas más importantes en los ambientes acuáticos.

El orden odonata (Insecta) cuenta con estados inmaduros acuáticos y adultos voladores. Si bien en la zona no existen estudios ecológicos sobre la relación predador-presa de odonatos y mosquitos, a nivel mundial se ha evaluado la capacidad de varias especies de odonata. Para evaluar el control de las poblaciones de mosquitos con predadores, es un requisito caracterizar las relaciones tróficas entre especies predador-presa. Las relaciones evolutivas entre especies autóctonas influyen en el control de vectores. Por ello, en primer lugar, se relevó la fauna de Odonata presente en la zona. Se colectaron y criaron larvas y adultos en arroyos y canales de drenaje de la zona sur de la provincia de Misiones. También se relevaron sitios de la ecorregión Selva Paranaense. Se examinaron sitios de cría artificiales (piletas de natación), donde se determinó al mayor nivel taxonómico posible la composición de la entomofauna acompañante, además de odonatos y mosquitos. Luego se determinó la distribución y parcialmente las condiciones de cría de los insectos del orden Odonata, procedimos con la caracterización de la actividad predatoria. La capacidad predatoria de larvas de Odonata sobre culícidos se evaluó en laboratorio y en piletas de natación (criaderos artificiales usados por ambos ordenes). Los ensayos de capacidad y rendimiento de predación se realizaron en un gradiente de condiciones con dificultades variadas. Se evaluó la respuesta funcional para *Pantala flavescens* (Anisoptera: Libellulidae). Tres formas de observar las presas post-ingesta fueron utilizadas: dos de observación directa (extracción del tubo digestivo y análisis de pellets fecales) y un método de biología molecular (extracción y amplificación del ADN presa del tubo digestivo de odonatos con marcadores del gen mitocondrial Citocromo Oxidasa I).

Los resultados obtenidos muestran que los odonatos están presentes en diversos ambientes de la provincia de Misiones, incluidos aquellos donde la urbanización avanza. En criaderos artificiales, como las piletas de natación, los estadios inmaduros de *Pantala*



*flavescens* coexisten con larvas de mosquitos y estos son parte de su dieta. En estos criaderos también se registra la presencia de predadores de los órdenes Hemíptera y Coleoptera. Las larvas de Odonata evaluadas son predadores voraces con una respuesta funcional de tipo II. Los análisis post-ingesta permitieron identificar las larvas consumidas de *Culex quinquefasciatus*.

La coexistencia y regulación de Odonata y mosquitos se da naturalmente cuando las condiciones son favorables. Protegiendo el agua y la vegetación, el control biológico podría ocurrir espontáneamente en zonas biodiversas como la provincia de Misiones.

**Palabras clave:** Control biológico- Culicidae- Mosquitos- Odonata.

## Abstract

Mosquitoes are a major global health problem. The life cycle of these insects includes an aquatic stage, during which immature stages develop, and is the period during which many of the processes of population regulation occur. Predation is considered one of the most important biological interactions in aquatic environments. Given the need for ecological strategies to address the problem of mosquito proliferation vectors poses natural enemies as an attractive option.

The order Odonata (Insecta) has immature aquatic stages and flying adults. Although there are no ecological studies in the area on the predatory-prey relationship of Odonata and mosquitoes, the capacity and efficiency of several Odonata species have been evaluated worldwide.

For a sustainable biological control program, it is a prerequisite to characterize the trophic relationships between native species. Therefore, in the first place, we surveyed the fauna of Odonata present in the area. Larvae and adults were collected and raised in streams and drainage channels in the southern part of the province of Misiones. Sites from the Selva Paranaense ecoregion were also surveyed. Artificial breeding sites (swimming pools) were examined, where the composition of the accompanying entomofauna was determined at the highest possible taxonomic level, in addition to Odonata and mosquitoes. After determining the distribution and partially the breeding conditions of insects of the order Odonata, we proceeded with the characterization of predatory activity. The predatory capacity of Odonata larvae on culicids was evaluated in laboratory and in swimming pools (artificial hatcheries used by both orders). Predation capacity and performance tests were performed on a gradient of conditions with varying difficulties. Functional response was evaluated for *Pantala flavescens* (Anisoptera: Libellulidae). Finally, different ways of observing the preys after intake were evaluated through dissections, fecal matter and extraction and amplification of the DNA prey of the digestive tract of Odonata with markers of the mitochondrial gene Cytochrome Oxidase I.

The results show that Odonata are present in various environments in the province of Misiones, including those where urbanization is advancing. In artificial breeding sites, such as swimming pools, the immature stages of *Pantala flavescens* coexist with mosquito larvae and these are part of their diet. The presence of predators of the orders Hemiptera and

Coleoptera is also recorded in these farms. The predatory capacity of the analyzed Odonata larvae shows that they are voracious predators with a functional response of type II. Post-intake analyses allowed the identification of the larvae consumed by *Culex quinquefasciatus*.

The coexistence and regulation of Odonata and mosquitoes occurs naturally in favorable conditions. Then through protection of water and vegetation, biological control could occur spontaneously in biodiverse areas such as the province of Misiones.

**Keywords:** Biological control- Culícidae- Mosquitoes- Odonata.

## Capítulo 1: Introducción

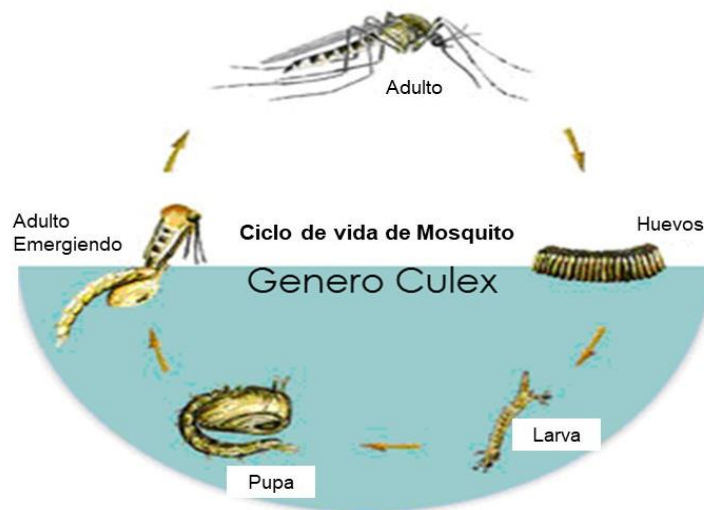
Los mosquitos captan la atención de la humanidad por sus hábitos hematófagos y las molestias que ocasionan. La importancia de estos insectos está justificada, ya que, dentro de la lista de vectores de enfermedades infecciosas citadas por la OMS (Organización Mundial de la Salud), el 40% son causadas por mosquitos de los géneros *Aedes*, *Culex* y *Anopheles* [1].

Son relativamente pocas las especies que están asociadas a la transmisión de patógenos a animales domésticos y humanos y pertenecen mayoritariamente a los géneros *Anopheles*, *Culex*, *Aedes*, *Ochlerotatus*, *Psorophora*, *Haemagogus* y *Sabethes* [2]. Para que una especie de mosquito sea considerada vector, no sólo debe presentar la capacidad de alojar un patógeno, permitir su multiplicación, y luego transmitirlo a otro organismo, sino que además debe ocupar un hábitat determinado (p. ej. urbano, rural, silvestre), y presentar una abundancia, longevidad, rango de vuelo, actividad circadiana y preferencia alimentaria, adecuadas para la transmisión del patógeno [3, 4].

Las afecciones transmitidas por mosquitos de mayor relevancia y registradas predominantemente en la zona centro y norte de la Argentina son: dengue, dengue grave, zika, chikungunya, virus del Nilo del oeste, encefalitis de San Luis, fiebre amarilla, filariasis y malaria [5, 6]. La malaria, también conocida como paludismo, no ha registrado contagios autóctonos desde hace una década, por lo que se considera erradicada del país desde el año 2020 [7].

Los mosquitos son insectos del orden Diptera, pertenecientes a la familia Culicidae, la cual incluye alrededor de 3.500 especies [8]. En Argentina se han citado 246 especies [9], de las cuales 190 están presentes en la provincia de Misiones [10]. El éxito de estos insectos reside en las variadas estrategias de vida que han adoptado y que han permitido la colonización de diversos hábitats en estados adultos y larvales [11]. La tendencia a la domesticidad y la utilización de recipientes artificiales como sitio de cría en entornos urbanos, tiene importancia en la evaluación de la capacidad para transmitir patógenos [5, 12]. El riesgo de infección es particularmente elevado en zonas urbanas, donde los mosquitos tienen contacto con humanos y proliferan gracias a un hábitat favorable, sobre todo en ausencia de enemigos naturales.

Los mosquitos presentan un ciclo de vida holometábolo con huevos, larvas y pupas acuáticas y adultos voladores (figura 1.1). Cuentan con cuatro estadios larvales. La capacidad de explotar diferentes nichos ecológicos a lo largo de su vida les confiere a los insectos holometábolos, ciertas ventajas comparado con otros organismos que utilizan el mismo nicho durante su ciclo de vida [13]. La utilización de distintas fuentes de alimento entre inmaduros y adultos, hace que no exista competencia entre ellos por ese recurso, además, las especies de mosquitos presentan diferentes estrategias de vida relacionadas, por ejemplo, a la alimentación, reproducción, y oviposición, las cuales hacen posible que este taxón esté ampliamente diversificado [13].



**Figura 1.1.** Ciclo de vida holometábolo de mosquito del género *Culex*. Los estadios de huevo, larva y pupa son acuáticos.

Las etapas acuáticas de los mosquitos significan una gran oportunidad de éxito para sus predadores [14], por ser más sensibles a ser consumidos y estar circunscriptos a los límites del criadero [15]. La lista de predadores de mosquitos es extensa y variada [16]; sin embargo, escasas especies fueron efectivas en su control en condiciones naturales [17].

## Control biológico de las poblaciones de mosquitos

Existen múltiples estrategias de control de vectores o plagas. Los insecticidas químicos han sido ampliamente utilizados pero su eficacia se limita a situaciones de corto plazo como en el caso de los brotes epidémicos [18]. El uso de insecticidas químicos está siendo restringido o altamente regulado en muchos países debido a que son poco efectivos en el mediano y largo plazo, poseen baja o nula especificidad, producen desarrollo de resistencia en los insectos, deterioran el ambiente y son tóxicos para humanos y otros organismos. Por estos motivos la tendencia mundial en cuanto al manejo de culícidos se inclina hacia el control biológico [18].

Se entiende por control biológico a la acción de patógenos, parasitoides o predadores para mantener la densidad de la población de un organismo plaga a un nivel más bajo del que ocurriría en su ausencia [18]. El mismo puede ser aplicado, a través de la introducción de enemigos naturales. Otra alternativa es a través del control natural que ocurre espontáneamente, sin la intervención humana, como un fenómeno ecológico en el cual los enemigos naturales se autorregulan [19].

Las estrategias de erradicación “completa” de plagas o vectores son ambiciosas y en la mayoría de los casos traen consecuencias ecológicas, como la pérdida de eslabones tróficos (alimento necesario) para que los predadores especialistas continúen su desarrollo. La pérdida de integrantes en las redes tróficas afecta al equilibrio del ecosistema completo, en mayor medida en los casos donde las redes cuentan con pocos eslabones. Por lo que el control biológico mediante predadores busca reducir a las poblaciones del vector hasta niveles que no causen efectos dañinos. Esto último permite que dichas poblaciones se mantengan en forma reducida para garantizar la supervivencia del agente controlador [20].

La presencia de predadores puede tener como consecuencia efectos no letales sobre las presas, como cambios en el comportamiento, la morfología y/o fisiología, con un costo sobre las presas en su capacidad para alimentarse, en una reducción en la fecundidad y/o un retraso en la reproducción [21]. Algunos de los cambios en el comportamiento en respuesta a la presencia de predadores son el escape a largo plazo, que se expresa

principalmente como una evasión en la elección de los sitios de oviposición, y el escape a corto plazo, que implica diferencias en los tiempos de desarrollo y/o modificaciones en el comportamiento que les permiten a las presas emerger antes o pasar desapercibidas en presencia de un predador [22].

Un requisito previo al uso de organismos para el control de plagas o vectores es el conocimiento preciso de la biología del enemigo en cuestión y su interacción con el ecosistema. El entendimiento de las relaciones que se establecen entre los predadores, patógenos o competidores y un organismo de interés es de importancia fundamental para el uso exitoso y ecológicamente correcto de enemigos naturales [13]. Las diferentes especies de mosquitos han desarrollado diversas estrategias de vida adaptándose a hábitats con características abióticas muy variadas, las cuales influyen sobre las interacciones entre los organismos [23]. Por lo tanto, si se quiere utilizar enemigos naturales es necesario tener en cuenta que estos solo pueden reducir exitosamente la población objetivo si sus propias estrategias de vida están adaptadas a la de dicha población [13].

Los insectos acuáticos para el control larvario de mosquitos han sido utilizados en diferentes países del mundo, especialmente los pertenecientes a órdenes los Coleoptera, Hemiptera, Diptera y Odonata [14]. Estos grupos taxonómicos suelen ser predadores de las etapas larvianas de culícidos en los distintos tipos de ambientes acuáticos, regulando sus poblaciones y justificando su inclusión en los programas de control de vectores [14].

El orden Coleoptera, con aproximadamente 400.000 especies, presenta tantas estrategias de alimentación como de ciclos de vida. Aquellos representantes del orden que habitan en ambientes acuáticos, en general, pasan los estadios larvales y adultos en dichos ambientes [24]. Respecto a los posibles tipos de alimentación existen aquellos donde las larvas y los adultos son predadores (ej. Dytiscidae, Noteridae y Gyrinidae), y aquellos grupos donde las larvas son predatoras mientras que los adultos son detritívoros-herbívoros (Hydrophiloidea) [25].

Los hemípteros acuáticos están representados por aproximadamente 4.000 especies, con un ciclo de vida hemimetábolo. Son insectos comunes en los cuerpos de agua de todo el mundo. Se los encuentra en una amplia variedad de ambientes naturales, lénticos y lóticos, costeros y oceánicos, fitotelmata, e inclusive en ambientes terrestres húmedos [26]. En general, son insectos predadores y carroñeros, que se alimentan de cualquier presa que puedan dominar, desde microcrustáceos o insectos (como larvas de mosquitos), hasta

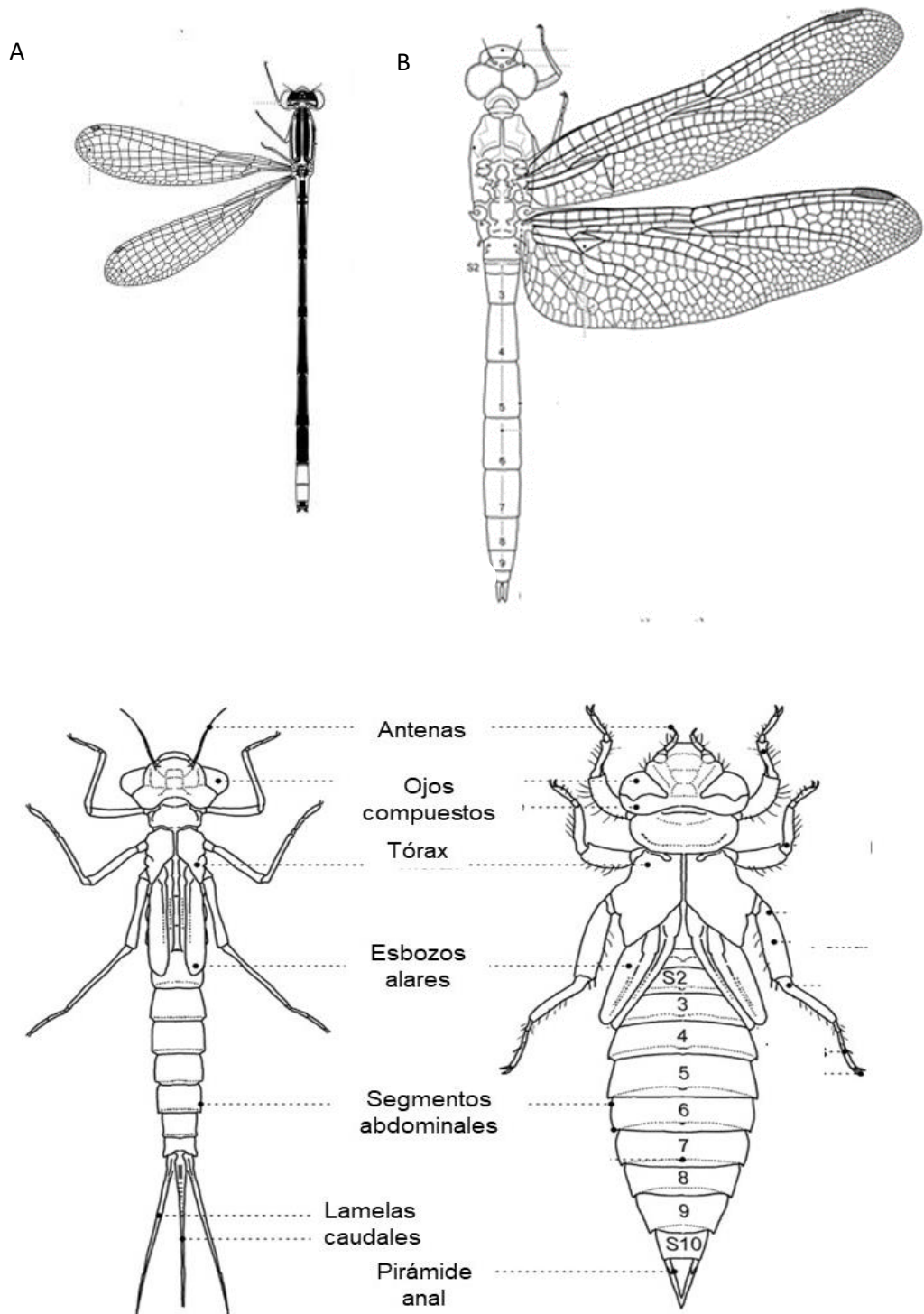
pequeños peces y renacuajos. La excepción, dentro de los hemípteros acuáticos, se da en la familia Corixidae que se alimenta de detritos y algas (detritívoros-herbívoros).

Entre los dípteros existen larvas depredadoras como las especies de los géneros *Toxorhynchites*, *Psorophora* y *Culex*, en las cuales los cepillos bucales toman la forma de garras para atrapar a sus presas [5]. Presentan un ciclo de vida holometábolo, amplia distribución y sitios de cría, como arroyos, fitotelmata y lagunas, etc.

## **El orden Odonata**

El orden Odonata está compuesto por dos subórdenes de insectos cosmopolitas, que pueden ser encontrados en y alrededor de la mayoría de los ambientes acuáticos [27]. A nivel mundial se han descrito aproximadamente 6.230 especies (3.140 Zygoptera y 3.086 Anisoptera), 671 géneros distribuidos en 40 familias [28]. Las especies de zigópteros tienen alas más pequeñas, estrechas en la base (figura 1.2 A), de forma similar y generalmente tienen una capacidad de vuelo más limitada. Los representantes de este suborden normalmente tienen sus alas cerradas verticalmente cuando están en reposo [29]. Los anisópteros adultos tienen alas anteriores y posteriores anchas, diferenciadas, la mayoría con gran capacidad de vuelo, pudiendo alcanzar grandes velocidades y viajar largas distancias. Cuando están en reposo, disponen las alas abiertas junto al cuerpo (figura 1.2 B). Las diferencias anatómicas se observan también en los estadios larvales (figura 1.2 A y B), donde entre otras características, los anisópteros suelen ser más robustos [30]. En las ciudades con disponibilidad de vegetación y cuerpos de agua se pueden encontrar representantes de ambos subórdenes. Algunos anisópteros pueden trasladarse por grandes distancias (cruzando océanos), por lo que también pueden ser observados en sitios alejados del agua. Las familias Coenagrionidae y Libellulidae presentan el mayor número de especies entre los zigópteros y anisópteros respectivamente [27, 31].

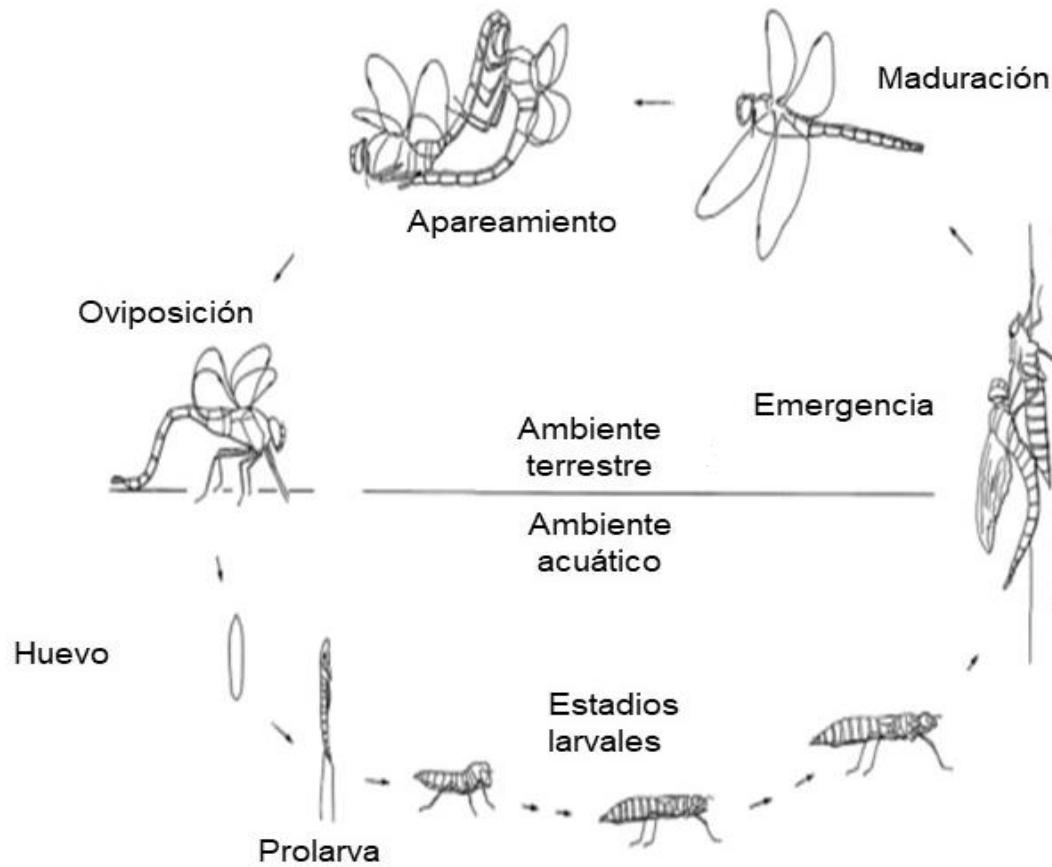




**Figura 1.2.** Diferencias anatómicas de los subórdenes de Odonata: A. Zygoptera y B. Anisoptera, adultos arriba y larvas abajo (modificado de Sulhing *et al.*, 2015).

Entre las 282 especies de odonatos citadas para la Argentina, el 69,1% (195) fueron registradas para la provincia de Misiones [32]. Hasta el 2008 se conocía el último estadio larval de aproximadamente el 53% [33] y doce años después se logró describir hasta el 65% de las especies [32]. Los estadios inmaduros iniciales suelen ser imposibles de identificar si no son criados hasta adultos [27]. La identificación del último estadio de más del 50% de las especies se encuentran en claves taxonómicas regionales del Amazonas [27], de Brasil [34], de Costa Rica [30], de México [35] y de la Patagonia [36]. Además, se ha sumado la clave taxonómica que agrupa a los géneros de la región Neotropical [37].

Los odonatos presentan un ciclo de vida hemimetábolo que incluye estado de huevo, larva y adulto (1.3). Los dos primeros se desarrollan en el agua, mientras que los adultos son voladores. La duración del estado larval es variado en función de la temperatura y la disponibilidad de alimento. Este efecto diferencial sobre la duración del tiempo de desarrollo y el número de mudas ocurre tanto entre especies, como en individuos de una misma población (9 a 17 [29]). La mayoría de las larvas viven en ambientes dulceacuícolas permanentes tanto lénticos como lóticos. Sin embargo, existen especies capaces de criar en ambientes temporarios, en aguas salobres, en fitotelmata e incluso en ambientes terrestres muy húmedos.



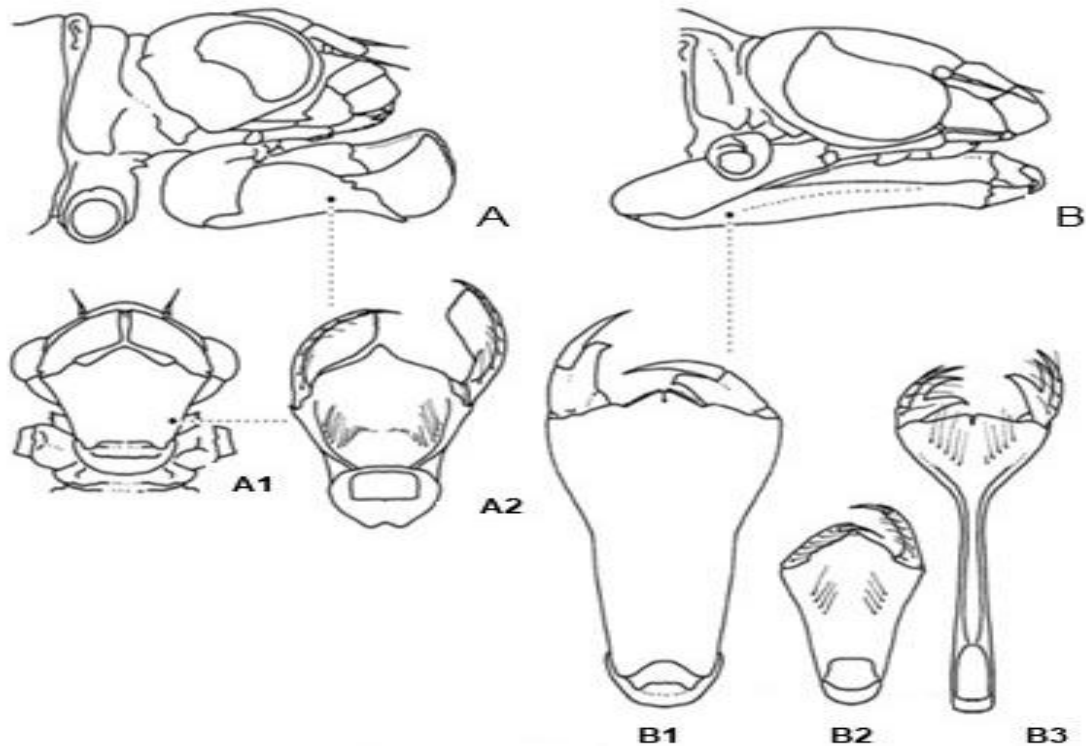
**Figura 1.3.** Ciclo de vida hemimetábolo del orden Odonata (tomado de Sulhing *et al.*, 2015).

La distribución de las larvas depende de las características abióticas y bióticas de los cuerpos de agua, para lo cual los distintos grupos de Odonata presentan requerimientos específicos [29]. Los diferentes estadios larvales se distribuyen en distintos lugares dentro del cuerpo de agua, debido posiblemente a la disponibilidad de presas, presencia o ausencia de predadores, como así también por la preferencia de sustrato [38, 39].

La anatomía de las larvas de Odonata es única entre los insectos y se caracterizan por tener un aparato bucal altamente modificado. El labio es un apéndice móvil que se usa en la captura de presas, capaz de una rápida extensión [40, 41]. Este aparato especializado permite a las larvas atrapar presas de hasta su propio tamaño corporal [29].

Al ser predadores carnívoros obligados, las larvas de odonatos se alimentan de todo tipo de animales que pueden capturar, especialmente en función del tamaño, y la dieta va a depender de las especies presa con las que comparten el hábitat [42]. Aunque la evidencia empírica sugiere que las larvas son generalistas, la diversidad que existe en la estructura

bucal (figura 1.4), especialmente con respecto a las mandíbulas y varias partes del labio, indican posibles diferencias en la selección de presas entre algunos taxones [43].



**Figura 1.4.** Aparatos bucales de larvas de Odonata. Estos pueden ser de variadas formas: A. labio en forma de cuchara en vista frontal, A1. y A2. vista dorsal y ventral (Libellulidae) o B. plano, B1. con mentón largo (como en Aeshnidae), B2. con mentón corto (Coenagrionidae) o B3. Con mentón largo (tipo Lestidae) (Modificado de Suhling *et al.*, 2015).

Muchos Zygoptera y Libellulidae en los primeros estadios larvales se alimentan de plancton. Los individuos de la familia Aeshnidae se alimentan de presas más grandes como peces pequeños o renacuajos. Las especies excavadoras, como los de la familia Gomphidae, se alimentan principalmente de otros habitantes del fondo, como las larvas de Chironomidae y Oligochaeta.

Existen distintas estrategias de captura de presas: las especies pueden ser activas a sedentarias y visuales a táctiles [29, 40]. Las larvas “activas” puede capturar y/o consumir presas en movimiento. En cambio, las larvas “sedentarias” permanecen inmóviles (*sit and wait*) esperando hasta que se acerque una presa adecuada. Por otra parte, las larvas pueden ser “visuales” para identificar y capturar a sus presas o “táctiles”, detectando a las

presas a través de estímulos mecanorreceptores en las patas, las antenas y/o las piezas bucales. Algunas larvas parecen combinar estos modos, siendo visual/activa, visual/sedentaria, táctil/activa o táctil/sedentaria [44].

En la red trófica de los hábitats de agua dulce, las larvas de odonatos ocupan posiciones distintas, principalmente dependiendo de la presencia o ausencia de otros predadores. En los lagos y ríos, donde los peces son comunes, los odonatos tienen posiciones intermedias en la red, mientras que, en los lagos y arroyos libres de peces, pueden cumplir el rol de predadores tope [31].

El estudio de la comunidad de adultos de Odonatos de Misiones cuenta con publicaciones con material colectado en la provincia desde fines del siglo XIX [45]. A nivel país pocas regiones han sido adecuadamente cubiertas con relevamientos taxonómicos, como por ejemplo la Patagonia Norte, los humedales del Iberá y el bosque de yungas [36, 46, 47] y podrían sumarse tanto Misiones como Corrientes, ya que han sido relevadas intensamente en la última década [32]. Los esfuerzos de muestreo en la provincia se han centrado en zonas selváticas o rurales. Las zonas urbanas del departamento Capital de la Provincia de Misiones cuentan con un relevamiento previo publicado [48].

El establecimiento y el desarrollo de las ciudades conllevan una transformación de los hábitats naturales, con reducción de la heterogeneidad en la cubierta vegetal, predominancia de las superficies impermeables (edificaciones, caminos, pavimentos, etc.), alteraciones de los sistemas hidrológicos, modificación de los ciclos de nutrientes y energía, entre otros cambios [49, 50, 51, 52]. El grado del impacto sobre los organismos depende del tipo de factor y tiempo de exposición que experimentan estos hábitats a los efectos de la urbanización [53].

Más de la mitad de la riqueza específica de odonatos y mosquitos del país se registra en Misiones. Frente a este hecho, es necesario responder: ¿Dónde crían los odonatos en la zona de estudio? ¿Difiere la comunidad entre las ecorregiones de Campos y Malezales y Selva Paranaense? ¿Es frecuente la coexistencia de mosquitos y odonatos en centros urbanos de Campos y Malezales? ¿Son aprovechados por los odonatos los espacios disponibles para la cría, en contexto de urbanización? ¿qué especies están aprovechando los sitios de cría artificiales, como las piletas de natación? ¿Cómo es la interacción entre mosquitos y odonatos en piletas de natación? ¿Qué otros insectos componen la comunidad

de las piletas de natación? ¿Cuál es la capacidad predatoria de los odonatos sobre larvas de mosquitos?

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

- Contribuir con aportes biológicos al conocimiento de los insectos del orden Odonata que actúan en las relaciones tróficas como controladores biológicos de culícidos.

### **Objetivos específicos**

- Registrar la odonatofauna presente en la provincia de Misiones, Argentina.
- Evaluar la predación de larvas de odonatos sobre larvas de culícidos en condiciones controladas de laboratorio.
- Caracterizar los criaderos naturales donde proliferan las larvas de odonatos con culícidos.
- Obtener evidencias de la predación en condiciones naturales.

## Referencias bibliográficas

- [1] Organización mundial de la salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases> (accedido 5 de octubre de 2021).
- [2] M. W. Service, *Medical Entomology for Students*. Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
- [3] K. W. Ludlam, L. A. Jachowski, G. F. Otto, Potential vectors of *Dirofilaria immitis*. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 157 (10) (1970) 1354-1359.
- [4] N. Ledesma, L. Harrington. Mosquito vectors of dog heartworm in the United States: Vector status and factors influencing transmission efficiency. *Top Companion Anim Med* 26 (2011) 178-185.
- [5] G. C. Rossi, W. R. Almirón, Clave ilustrada para la identificación de larvas de mosquitos de interés sanitario encontradas en criaderos artificiales en la Argentina. *Publicaciones Mundo Sano, Serie Enfermedades Transmisibles* 5 (2004) 53.
- [6] G. Anez, C. Chancey, A. Grinev, M. Rios, Dengue virus and other arboviruses: a global view of risks, *ISBT Science Series* 7.1 (2012) 274-282.
- [7] Ministerio de salud de la Nación. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/la-organizacion-mundial-de-la-salud-certifico-que-argentina-es-libre-de-paludismo> (Accedido: 5 de octubre de 2021)
- [8] K. L. Knight, A. Stone, A catalog of the mosquitoes of the world (Diptera: Culicidae). 2nd edition. Thomas Say Found, *Ann. Entomol. Soc. Am.* (1977) 611.
- [9] M. Stein, C. N. Alvarez, A. C. Alonso, D. N. Bangher, J. A. Willener, R. E. Campos, New records of mosquitoes (Diptera: Culicidae) found in phytotelmata in Northern Argentina, *Zootaxa* (2018) 87–100.
- [10] G. C. Rossi, Annotated checklist, distribution, and taxonomic bibliography of the mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) of Argentina, *Biodivers. Data J.* (2015).
- [11] A. N. T. Pascual, Morfología y Citogenética del Complejo *Culex* (*Culex*) pipiens L. 1758 (Diptera: Culicidae), presentes en Argentina. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. (2004) 101.
- [12] D. Vezzani, A. E. Carbajo, *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, and dengue in Argentina: current knowledge and future directions, *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 103.1 (2008) 66-74.



- [13] C. Di Battista, Aspectos biológicos y etológicos de larvas de *Ochlerotatus albifasciatus* (Diptera: Culicidae) parasitadas por *Strelkovimermis spiculatus* (Nematoda: Mermithidae). Diss. Universidad Nacional de La Plata, 2019.
- [14] E. A-S. Shaalan, D. V. Canyon, Aquatic insect predators and mosquito control, *Trop. Biomed.* 26 (2009) 223-261.
- [15] R. E. Campos, Importancia de las larvas de culicideos en la dieta de *Ischnura fluviatilis* Selys (Odonata: Zygoptera) en habitats naturales de los alrededores de la Plata, Provincia de Buenos Aires, *R. Soc. Limnolog. Arg.* (1994): 51-56.
- [16] D. W. Jenkins, Pathogens, parasites and predators of medically important arthropods. Annotated list and bibliography, WHO. 30 (1964).
- [17] S. Fischer, B. Byttebier, R. Campos. Predadores de mosquitos, in: C. Berón, R. Campos, R. Gleiser, L. Díaz-Nieto, O. Salomón, N. Schweigmann, (eds.), *Investig. Sobre Mosquitos Argentina*. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina (2016): 284-311.
- [18] P. DeBach, Some ecological aspects of insect eradication, *Bulletin of the ESA* 10.4 (1964): 221-224.
- [19] R. Van Den Bosch, P. S. Messenger, A. P. Gutierrez. An introduction to biological control. No. SB 975. V36 1982. New York: Plenum Press, 1982.
- [20] C. I. Nicholls, Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Vol. 2. Universidad de Antioquia, 2008.
- [21] S. A. Juliano, Population dynamics, *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 23.2 Suppl (2007) 265
- [22] A. Samanidou-Voyadjoglou, V. Roussis, P. V. Petrakis, Biological control of mosquito populations: an applied aspect of pest control by means of natural enemies, *Predation in organisms*. Springer, Berlin, Heidelberg, (2007) 123-149.
- [23] S. A. Juliano, Species interactions among larval mosquitoes: context dependence across habitat gradients. *Annu. Rev. Entomol.* 54, (2009) 37-56.
- [24] P. Hanson, M. Springer, A. Ramirez, Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos, *Rev. Biol. Trop.* 58 (2010): 3-37.
- [25] M. Archangelsky, V. Manzo, M. Michat, P. L. Torres, Coleoptera, Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. *Sistemática y biología* 2 (2009) 411-468.

- [26] S. A. Mazzucconi, M. L. López-Ruf, A. O. Bachmann, Hemiptera-Heteroptera: Gerromorpha y Nepomorpha. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sist. biolog. Fundación Miguel Lillo (2009).
- [27] U. G. Neiss, N. Hamada, Ordem Odonata, Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia, (2014) 218-285.
- [28] M. Schorr, D. Paulson, List of Odonata of the world. <https://www.pugetsound.edu/academics/academicresources/slater-museum/biodiversity-resources/dragonflies/worldodonata-list2/>, 2017 (Accedido: 20 de septiembre de 2021).
- [29] P. S. Corbet, Dragonflies: behaviour and ecology of Odonata. Harley books, 1999.
- [30] A. Ramírez, Capítulo 5: Odonata. Revista de Biología Tropical, 58, (2010) 97-136.
- [31] F. Suhling, G. Sahlén, S. Gorb, V. J. Kalkman, K. D. B. Dijkstra, J. van Tol, Order Odonata, Thorp and Covich's freshwater invertebrates. Academic Press, (2015) 893-932.
- [32] F. Lozano, A. del Palacio, L. Ramos, J. Muzón, The Odonata of Argentina: state of knowledge and updated checklist. Int. J. of Odonatol. 23.2 (2020) 113-153.
- [33] N. von Ellenrieder, J. Muzón, An updated checklist of the Odonata from Argentina, Odonatologica 37.1 (2008) 55-68.
- [34] J. M. Costa, L. O. I. de Souza, and Barbara Botelho Oldrini. Chave para identificação das famílias e gêneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: comentários e registros bibliográficos (Insecta, Odonata). No. 99. Museu Nacional, (2004).
- [35] R. Novelo-Gutiérrez, Clave para la determinación de familias y géneros de las Nayades de Odonata de México. Parte II. Anisoptera, Dugesiana 4.2 (1997).
- [36] J. Muzón, P. Pessacq, F. Lozano, The Odonata (Insecta) of Patagonia: A synopsis of their current status with illustrated keys for their identification, Zootaxa (2014) 346-388.
- [37] P. Pessacq, J. Muzon, U. G. Neiss, Order Odonata, Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates. Academic. Press. 2018.
- [38] F. Suhling, Spatial distribution of the larvae of *Gomphus pulchellus* Sélys (Anisoptera: Gomphidae, Advances in odonatology 6.1 (1994) 101-111.
- [39] K. G. Leipelt, F. Suhling, Habitat selection of larval *Gomphus graslinii* and *Oxygastra curtisii* (Odonata: Gomphidae, Corduliidae), Int. J. of Odonatol. 4.1 (2001) 23-34.
- [40] G. Pritchard, Prey capture by dragonfly larvae (Odonata; Anisoptera), Can. J. Zool. 43.2 (1965) 271-289.

- [41] S. Büsse, A. Koehnsen, H. Rajabi, S. N. Gorb, Hunting with catapults: the predatory strike of the dragonfly larva, *bioRxiv* (2020).
- [42] F. Suhling, A. Martens, I. Suhling, Long-distance dispersal in Odonata: Examples from arid Namibia, *Austral Ecology* 42.5 (2017) 544-552.
- [43] K. Tennessen, *Future Research on Dragonfly Nymphs, Dragonfly Nymphs of North America*. Springer, Cham, (2019) 591-600.
- [44] F. Suhling, G. Sahlén, J. Kasperski, D. Gaedecke, Behavioural and life history traits in temporary and perennial waters: comparisons among three pairs of sibling dragonfly species. *Oikos*, 108(3), (2005) 609-617.
- [45] J. Muzón, N. Von Ellenrieder, Odonata, *Biodiversidad de Artrópodos argentinos. Una perspectiva biotaxonomica*. Ediciones Sur, La Plata, Argentina (1998): 14-21.
- [46] J. Muzón, N. Von Ellenrieder, P. Pessacq, F. Lozano, A. Garré, J. Lambruschini, L. Ramos, M. S. W. Muñoz, Odonata from Iberá Wetlands (Corrientes, Argentina): preliminary inventory and biodiversity. *Rev. Soc. Entomol. Arg.* 67(1-2) (2008) 59-67.
- [47] N. von Ellenrieder, W. Rosser W. Garrison. *Dragonflies of the Yungas (Odonata): a field guide to the species from Argentina*. Pensoft publishers, 2007.
- [48] N. M. Schröder, C. G. Rippel, L. H. Walantus, P. D. Zapata, P. Pessacq, Odonata assemblages as indicators of stream condition-a test from northern Argentina, Northwest. *J. Zool.*, 16, 2 (2020) 117-124.
- [49] P. Dennis, M. R. Young, I. J. Gordon, Distribution and abundance of small insects and arachnids in relation to structural heterogeneity of grazed, indigenous grasslands. *Ecol. Entomol.* 23.3 (1998) 253-264.
- [50] M. Alberti, J. M. Marzluff, Ecological resilience in urban ecosystems: linking urban patterns to human and ecological functions, *Urban ecosyst.* 7.3 (2004) 241-265.
- [51] R. Horvath, Z. Elek, G. L. Lövei, Compositional changes in spider (Araneae) assemblages along an urbanisation gradient near a Danish town, *Bull. Insectogy* 67.2 (2014): 255-264.
- [52] K. Birkhofer, T. Diekötter, C. Meub, K. Stötzel, V. Wolters, Optimizing arthropod predator conservation in permanent grasslands by considering diversity components beyond species richness, *Agric Ecosyst Environ*, 211, (2015) 65-72.
- [53] S. Prieto-Benítez, M. Méndez, Effects of land management on the abundance and richness of spiders (Araneae): A meta-analysis, *Biol. Conserv.* 144.2 (2011): 683-691.

## Capítulo 2: Marco teórico

### Antecedentes

Los mosquitos, como vectores de enfermedades de importancia médico-veterinaria, causan millones de muertes anuales en todo el mundo [1] para humanos, aves y animales domésticos [2]. Son una plaga frecuente, sobre todo en zonas con climas propicios para su proliferación, como las tropicales y subtropicales. Las especies con mayor impacto en la salud son aquellas con sinantropía alta, adaptadas a las condiciones ambientales resultado de la actividad humana. La mayoría de las enfermedades transmitidas por vectores se pueden prevenir con el control de las poblaciones plaga, por eliminación de criaderos o restauración del equilibrio. Los ecosistemas que cuentan con el equilibrio natural entre enemigos naturales y recursos, evitan el crecimiento sin control de las poblaciones.

Los odonatos como controladores de las poblaciones de mosquitos han sido estudiados con menor frecuencia respecto a otros insectos predadores acuáticos (coleópteros, dípteros y hemípteros). Características como el extenso período larval, la capacidad de consumo y la posibilidad de compartir los mismos hábitats, los coloca como agentes de control biológico eficaces [3]. Diversas especies del orden Odonata han sido evaluadas como predadoras de dípteros, como: *Culex quinquefasciatus* (*Aeshna* sp., *Ischura forcipata*, *Rhinocypha ignipennis* y *Sympetrum striolatum*), *Anopheles subpictus* (*Brachytron pratense*), *Aedes aegypti* (*Crocothemis servilia*, *Libellula* sp.); *Culex tarsalis* (*Enallagma civile*); *Culiseta incidens* (*Tramea lacerata*) y *An. pharoensis* (*Trithemis annulata scorteccii*) [3], entre otros. Sin embargo, el antecedente más concluyente en el que se ha demostrado experimentalmente que Odonata puede controlar o incluso eliminar poblaciones de plagas es el de Sebastian *et al.* [4] para poblaciones de *Ae. aegypti*. En esa experiencia introdujeron larvas de *Crocothemis servilia* en recipientes con agua en Yangon, Myanmar, en un intento de suprimir una población local del vector. Tiempo después de la introducción de las larvas de libélula, la densidad de larvas de *Ae. aegypti* había disminuido a menos del 5% de su densidad inicial y finalmente fueron suprimidas completamente.

En Argentina existen pocos antecedentes de estudios sobre insectos predadores autóctonos de mosquitos [5, 6, 7, 8, 9, 10]. En la provincia de Misiones, no existen trabajos sobre odonatos y mosquitos en su relación trófica.

## Consideraciones teóricas

El concepto de plaga es artificial, ya que asume esta categoría cualquier animal, planta o microorganismo que aumenta su densidad hasta niveles anormales y como consecuencia de ello, afecta directa o indirectamente a la especie humana [11]. Es decir que, aunque ciertos organismos tengan potencial de ser dañinos, el problema está en la proliferación desmedida que conlleva a un desequilibrio general para todo el ecosistema.

La idea de equilibrio está asociada al concepto de comunidad, como un balance entre oferta y demanda de recursos en los sistemas naturales [12]. Cada comunidad tiene propiedades de acuerdo a la suma de las propiedades de los individuos, sus interacciones [13] y la relación con el ambiente.

En una matriz terrestre, los ambientes acuáticos presentes en una región representan sitios habitables o “islas” (según el modelo de MacArthur y Wilson [14]) para la proliferación de los insectos acuáticos como los odonatos y otros organismos. La variedad de especies que se encuentra depende del tamaño de la “isla”, la distancia a la población fuente y la edad o duración de cada ambiente acuático. Determinadas especies de odonatos que llegan a ambientes acuáticos pueden proliferar si están adaptados a las características del ambiente y sus cambios, o bien reducir sus poblaciones por encontrarse en ambientes adversos.

El avance de la urbanización, plantea escenarios donde se puede observar la capacidad de colonización de los insectos en general. El número de especies de odonatos que coloniza un ambiente urbano artificial, como por ejemplo una pileta de natación, está determinado por un equilibrio entre la colonización y la extinción (o emigración) dentro de un equilibrio (o desequilibrio) dinámico, donde los individuos de ciertas especies son sustituidos por otros individuos de la misma especie o por individuos de otras especies [13].

La ocurrencia de disturbios (periodos de sequía, contaminación química, cambios físicos en los cuerpos de agua, etc.) produce una liberación de recursos tales como espacio y nutrientes, lo cual favorecería la coexistencia de las especies que de otra manera serían excluidas por competencia interespecífica. En estas condiciones, los mosquitos con gran capacidad oportunista tienen ventajas evidentes para proliferar en ambientes urbanos [13].

La hipótesis de disturbio intermedio propone una diversidad máxima cuando los agentes que causan mortalidad actúan en un término medio, evitando así que las especies más competitivas excluyan a las demás, permitiendo mantener a la comunidad en equilibrio. Si la intensidad de disturbio fuera baja las especies más competitivas no dejarían progresar a las otras y no se mantendría un equilibrio en la comunidad. Por lo contrario, si este estado de perturbación fuera alto ninguna de las especies podría soportar la gran mortalidad que se presentaría [15, 16].

Las poblaciones de organismos están reguladas por la acción natural de sus predadores, parásitos, parasitoides, patógenos y competidores. En el control de poblaciones de mosquitos las perturbaciones son la base de acción, ya sea a través de la modificación física o química del ambiente o la utilización de enemigos naturales. Cada enfoque presenta sus pros y contras, relacionados con la durabilidad y sustentabilidad de la “solución” planteada. En este sentido es de esperarse que los organismos autóctonos, con una relación evolutiva con la población de mosquitos blanco a controlar, sean autosustentables en el tiempo y tengan el menor daño colateral en relación con el resto de la comunidad.

En la determinación de la estructura de las comunidades los parásitos, patógenos y predadores tienen un papel menos importante que las condiciones físicas/ambientales que son más rigurosas, variables o impredecibles [17]. Cabe esperar que incluso los predadores generalistas tengan el efecto de incrementar la diversidad de la comunidad a través de la coexistencia, puesto que las presas son atacadas en proporción con su abundancia. Las especies que asimilan los recursos y producen biomasa y descendientes con mayor rapidez que las especies competitivamente dominantes) serán las más abundantes y por tanto las más afectadas por la depredación. Una intensidad intermedia de predación estará asociada muy probablemente con una elevada diversidad de presas, puesto que a una intensidad demasiado baja no impedirá la exclusión competitiva de las especies presa inferiores, mientras que una intensidad demasiado elevada puede empujar a la presa preferida hacia la extinción [13].

## **Caracterización de la relación predador-presa**

El control biológico es un fenómeno que ocurre a nivel poblacional. Es decir, ocurre cuando no unos pocos sino un grupo de individuos de la población plaga es eliminado, manteniéndose esta población, por lo tanto, a una densidad baja. Ambas poblaciones, la del enemigo natural y la de la plaga, se caracterizan por variar en el tiempo y en el espacio, adoptando dinámicas propias.

Los modelos matemáticos y conceptos de la ecología teórica sirven de herramientas para identificar los factores claves que intervienen en las interacciones poblacionales. Los trabajos de Lotka [18] y Volterra [19] aportaron un modelo matemático al análisis de los sistemas comunitarios. El modelo predador-presa tiene dos componentes: el número de consumidores o predadores y el número de individuos de presas (o biomasa). En ausencia de consumidores, la población de las presas aumentará exponencialmente. En presencia de predadores el número de presas consumidas dependerá de la eficiencia de búsqueda y de ataque del predador. El número de predadores aumenta cuando tenemos una densidad alta de presas, esto lleva a un aumento en la presión sobre las presas y su consiguiente descenso en población. Esto provoca una escasez de alimentos para los predadores y un descenso en su abundancia, lo que alivia la presión sobre las presas y aumentan su población, lo que lleva al incremento de la densidad de predadores, y así se repite el bucle de manera indefinida [20]. Los predadores responden a los cambios en la densidad de sus presas de dos maneras principalmente: aumentando el número de presas capturadas a medida que aumenta la población presa (respuesta funcional) o modificando la tasa de reproducción en función de la disponibilidad alimentaria (respuesta numérica).

Para evaluar la acción de un predador sobre una presa blanco se suelen realizar ensayos para conocer la densidad de saturación del consumo de presas [13]. Estos ensayos permiten entender, además, relaciones coevolutivas predador-presa e inferir acerca de los mecanismos etológicos básicos implícitos en dichas interacciones [21]. Los ensayos de respuesta funcional sirven para evaluar la potencialidad del agente de control biológico [22] porque el número de presas consumidas determina el desarrollo, supervivencia y reproducción de los predadores [23]. Según Hooling [24] las respuestas funcionales de los predadores pueden ser de tres tipos: tipo I donde existe un aumento lineal de la tasa de ataque del depredador respecto a la densidad de la presa; tipo II en la que la tasa de

consumo aumenta con la densidad de la presa, pero disminuyendo su velocidad hasta alcanzar una asíntota donde se hace constante; y tipo III que presenta una primera fase en que la tasa de consumo aumenta aceleradamente con la densidad de la presa, y luego se desacelera hasta llegar a una asíntota. En la estimación de la respuesta funcional, el mayor interés radica en conocer la forma general de la curva para el depredador en estudio, precisamente por sus potenciales efectos sobre la estabilidad del sistema [25, 26].

Algunas de las características deseables de un depredador desde el punto de vista del control de mosquitos son: a) su capacidad para consumir la presa objetivo desde los primeros estadios en adelante [27] y su preferencia por los estadios avanzados para evitar el efecto compensatorio de la reducción de las interacciones competitivas entre las presas sobrevivientes [28]; b) su preferencia por las presas objetivo en lugar de otros tipos de presas que con frecuencia son más abundantes en los hábitats naturales [29], pero también su capacidad para alimentarse de presas alternativas cuando la presa objetivo no está disponible o ha sido extinguida [30]; c) una respuesta funcional no estabilizadora (es decir, tipo 2) con una alta densidad de saturación [28] y una alta tasa de ataques [29].

## **Estudio de dietas**

Para estimar el consumo de presas existe el análisis postingesta de contenido estomacal y/o de heces, con técnicas morfológicas, serológicas, químicas [31] y moleculares. La técnica más simple consiste en extraer el tubo digestivo del predador y buscar partes identificables taxonómicamente de presas.

El avance de la tecnología ha permitido pasar de los métodos de disección y observación directa de las partes de las presas en el contenido estomacal del predador a técnicas de biología molecular que permiten construcciones más complejas en el estudio de redes tróficas. Los análisis moleculares del contenido intestinal o fecal tienen una larga historia metodológica [32], aunque los estudios sobre el contenido intestinal de las larvas son pocos [33]. Una técnica prometedora para identificar insectos en el contenido intestinal de odonatos es por PCR o reacción en cadena de la polimerasa [34]; el ADN de las presas en los intestinos de las larvas predadoras es detectable hasta una hora después de la alimentación.



Si el ADN genómico se encuentra conservado, las técnicas moleculares tienen como ventaja que no es necesario contar con un ejemplar con sus caracteres morfológicos, ni tampoco con la totalidad del individuo, ya que una porción del ejemplar basta como muestra para poder llevar a cabo su identificación [35]. El uso del gen mitocondrial Citocromo Oxidasa I ha sido propuesto para la identificación de especies animales [36]. La variación de las secuencias a nivel interespecífico es mayor que a nivel intraespecífico, por lo cual podrían utilizarse para distinguir especies. Por la probada utilidad, este fragmento de 648 pares de bases se denomina código de barra genético (CBG), para identificar a las especies animales de diferentes grupos taxonómicos, como peces y aves [37, 38, 39]. El análisis de código de barras de ADN de las heces larvales de zigópteros fue eficaz en la detección de presas menos esclerotizadas como vertebrados (peces y ranas) y zooplancton [40]. Las bibliotecas de referencia de secuencias de ADN de distintas especies de mosquito crecen día a día, por lo que técnicas avanzadas como la metagenómica, probablemente podrán aplicarse en estudios exhaustivos de dieta en un futuro próximo.

## Referencias bibliográficas

- [1] G. C. Rossi, J. C. Mariluis, J. A. Schnack, G. Spinelli, Dípteros vectores (Culicidae y Calliphoridae) de la provincia de Buenos Aires, ProBiota; Cobiobo (2002) 53.
- [2] V. Loetti, N. Burroni, D. Vezzani, Seasonal and daily activity patterns of human-biting mosquitoes in a wetland system in Argentina, J. Vect. Ecol. 32.2 (2007) 358-365.
- [3] E. A-S. Shaalan, D. V. Canyon, Aquatic insect predators and mosquito control, Trop. Biomed. 26 (2009) 223-261.
- [4] A. Sebastian, M. M. Sein, M. M. Thu, P. S. Corbet, Suppression of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) using augmentative release of dragonfly larvae (Odonata: Libellulidae) with community participation in Yangon, Myanmar. Bull. Entomol. Res., 80(2) (1990) 223-232.
- [5] R. E. Campos, Importancia de las larvas de culicideos em la dieta de *Ischnura fluviatilis* Selys (Odonata: Zygoptera) em habitats naturales de los alrededores de la Plata, Provincia de Buenos Aires, R. Soc. Limnolog. Arg. (1994): 51-56.
- [6] R. E. Campos, V. E. Sy, Study of the insects associated with the floodwater mosquito *Ochlerotatus albifasciatus* (Diptera: Culicidae) and their possible predators in Buenos Aires Province, Argentina. Hydrobiologia, 524(1), (2004) 91-102.
- [7] S. Fischer, D. Pereyra, L. Fernández, Predation ability and non-consumptive effects of *Notonecta sellata* (Heteroptera: Notonectidae) on immature stages of *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). J. Vect. Ecol. 37(1), (2012) 245-251.
- [8] S. Fischer, G. Zanotti, A. Castro, L. Quiroga, D. V. Vargas, Effect of habitat complexity on the predation of *Buenoa fuscipennis* (Heteroptera: Notonectidae) on mosquito immature stages and alternative prey. J. Vect. Ecol. 38(2), (2013) 215-223.
- [9] S. Fischer, B. Byttebier, R. Campos. Predadores de mosquitos, in: C. Berón, R. Campos, R. Gleiser, L. Díaz-Nieto, O. Salomón, N. Schweigmann, (eds.), Investig. Sobre Mosquitos Argentina. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina (2016) 284-311.
- [10] C. Y. Latini, Control biológico de estadíos larvarios de *Aedes aegypti* por ninfas de *Pantala flavescens* en Santa Rosa, La Pampa, Argentina (2016).

- [11] A. Brechelt, El manejo ecológico de plagas y enfermedades. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL). Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). Satiago de Chile, Chile. 2004
- [12] V. E. Schelford, Principies and problems in ecology as illustrated by animals. *J. Ecol.* 3 (1915) 1-23.
- [13] M. Begon, J. L. Harper, C. R. Townsend, *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Barcelona: Ediciones Omega. 1999.
- [14] R. H MacArthur, E. O. Wilson, *The theory of island biogeography*, Princeton University Press. Princeton. (1967) 203 pp.
- [15] J. H. Connell, Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199 (1978) 1302-1310.
- [16] J. Lubchenco, Plant species diversity in a marine intertidal community: importance of herbivore food preference and algal competitive abilities. *The American Naturalist*, 112(983) (1978) 23-39.
- [17] J. H. Connell, Some mechanisms producing structure in natural communities: a model and evidence from field experiments. En: Cody ML & J Diamond (eds) *Ecology and evolution of communities*, Harvard University Press, Cambridge (1975) 460-490.
- [18] A.J. Lotka, *Elements of physical biology*. Williams and Wilkins, Baltimore, 1925.
- [19] V. Volterra, *Lecons sur la Theorie Mathematique de la Lutte pour la Vie*. Paris. Gauthier-Villars. 1931.
- [20] P. Ganter. *Principles of Ecology*. United States: Tennessee State University. 2007
- [21] M. A. Houck, R. E. Strauss, The comparative study of functional responses: experimental design and statistical interpretation, *Can. Entomol.* 117.5 (1985) 617-629.
- [22] V. Fernández-Arhex, J. C. Corley, The functional response of parasitoids and its implications for biological control, *Biocontrol Sci. Technol.* 13.4 (2003) 403-413.
- [23] W. W. Murdoch, A. Oaten, Predation and population stability, *Advances in ecological research*. Vol. 9. Academic Press, (1975) 1-131.
- [24] C. S. Holling, Some characteristics of simple types of predation and parasitism, *Can. entomol.* 91.7 (1959) 385-398.

- [25] J. C. van Lenteren, K. Bakker, Functional responses in invertebrates. *Netherlands J. Zool.*, 13 (1976) 567–572.
- [26] M. P. Hassell, J. H. Lawton, J. R. Beddington, Sigmoid functional Responses by invertebrate predators and parasitoids. *J. Anim. Ecol.* 13 (1977) 249–262.
- [27] R. A. Ellis, J. H. Borden, Predation by *Notonecta undulata* (Heteroptera: Notonectidae) on larvae of the yellow-fever mosquito, *Ann. Entomol. Soc. Am.* 63.4 (1970) 963-973.
- [28] S. A. Juliano, Population dynamics, *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 23.2 Suppl (2007) 265.
- [29] H. Quiroz-Martínez, A. Rodríguez-Castro, Aquatic insects as predators of mosquito larvae, *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 23.sp2 (2007) 110-117.
- [30] W. W. Murdoch, J. Chesson, P. L. Chesson, Biological control in theory and practice, *J. Am. Nat.* 125.3 (1985) 344-366.
- [31] I. Muñoz, A. M. Romání, A. M., A. Rodrigues Capitulo, J. E. González, E. García Berthou, *Relaciones tróficas en el ecosistema fluvial* (2009).
- [32] W. O. C. Symondson, Molecular identification of prey in predator diets." *Mol. ecol.* 11.4 (2002) 627-641.
- [33] K. Tennessen, *Future Research on Dragonfly Nymphs, Dragonfly Nymphs of North America.* Springer, Cham, (2019) 591-600.
- [34] M. E. Morales, D. M. Wesson, I. W. Sutherland, D. E. Impoinvil, C. M. Mbogo, J. I. Githure, J. C. Beier, Determination of *Anopheles gambiae* larval DNA in the gut of insectivorous dragonfly (Libellulidae) nymphs by polymerase chain reaction. *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, 19(2) (2003) 163-165.
- [35] L. M. Díaz Nieto, C.I. Berrón, A. Maciá, C. Berón, *Taxonomía molecular de mosquitos.* in: C. Berón, R. Campos, R. Gleiser, L. Díaz-Nieto, O. Salomón, N. Schweigmann, (eds.), *Investig. Sobre Mosquitos Argentina.* Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina (2016) 33-45.
- [36] P. D. N. Hebert, S. Ratnasingham, J. R. De Waard, Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species, *Proc. R. Soc. B: Biol. Sci.* 1 (2003) 96-S99.
- [37] R. D. Ward, T. S. Zemplak, B. H. Innes, P. R. Last, P.D. Hebert, DNA barcoding Australia's fish species. *Philos. Trans. R. Soc. Lond., B, Biol. Sci.* 360(1462) (2005) 1847-1857.

- [38] K. C. Kerr, M. Y. Stoeckle, C. J. Dove, L. A. Weigt, C. M. Francis, P. D. Hebert, Comprehensive DNA barcode coverage of North American birds. *Mol. Ecol. Notes*. 7(4) (2007) 535-543.
- [39] K. C. Kerr, D. A. Lijtmaer, A. S. Barreira, P. D. Hebert, P. L. Tubaro, Probing evolutionary patterns in Neotropical birds through DNA barcodes. *PLoS One*, 4(2), (2009).
- [40] Y-C. Cheng, C-P. Lin. Dietary niche partitioning of *Euphaea formosa* and *Matrona cyanoptera* (Odonata: Zygoptera) on the basis of DNA barcoding of larval feces. *J. Insect Sci.* 16.1 (2016): 73.

## Capítulo 3: Materiales y métodos

### 3.1 Relevamiento de la odonatofauna

#### Área de estudio

La provincia de Misiones tiene una superficie de 29.609 km<sup>2</sup> y está ubicada en el extremo noreste de la República Argentina. Limita al oeste con la República del Paraguay y al norte y al este con la República Federativa del Brasil.

El clima es subtropical, sin estación seca y con un régimen de lluvias con siete meses de mayor probabilidad de precipitaciones (desde septiembre a marzo) y entre 1.500 y 1.700 mm anuales y una temperatura promedio de entre 20 y 22 °C [1, 2]. Debido al régimen climático, es frecuente los cuerpos de agua están expuestos a desecaciones y anegamientos de forma asimétrica según el mes y la estación. En la tabla 3.1 se detallan los datos históricos del clima en Posadas, Misiones.

**Tabla 3.1** Posadas - Temperaturas y precipitaciones medias (1991-2020)

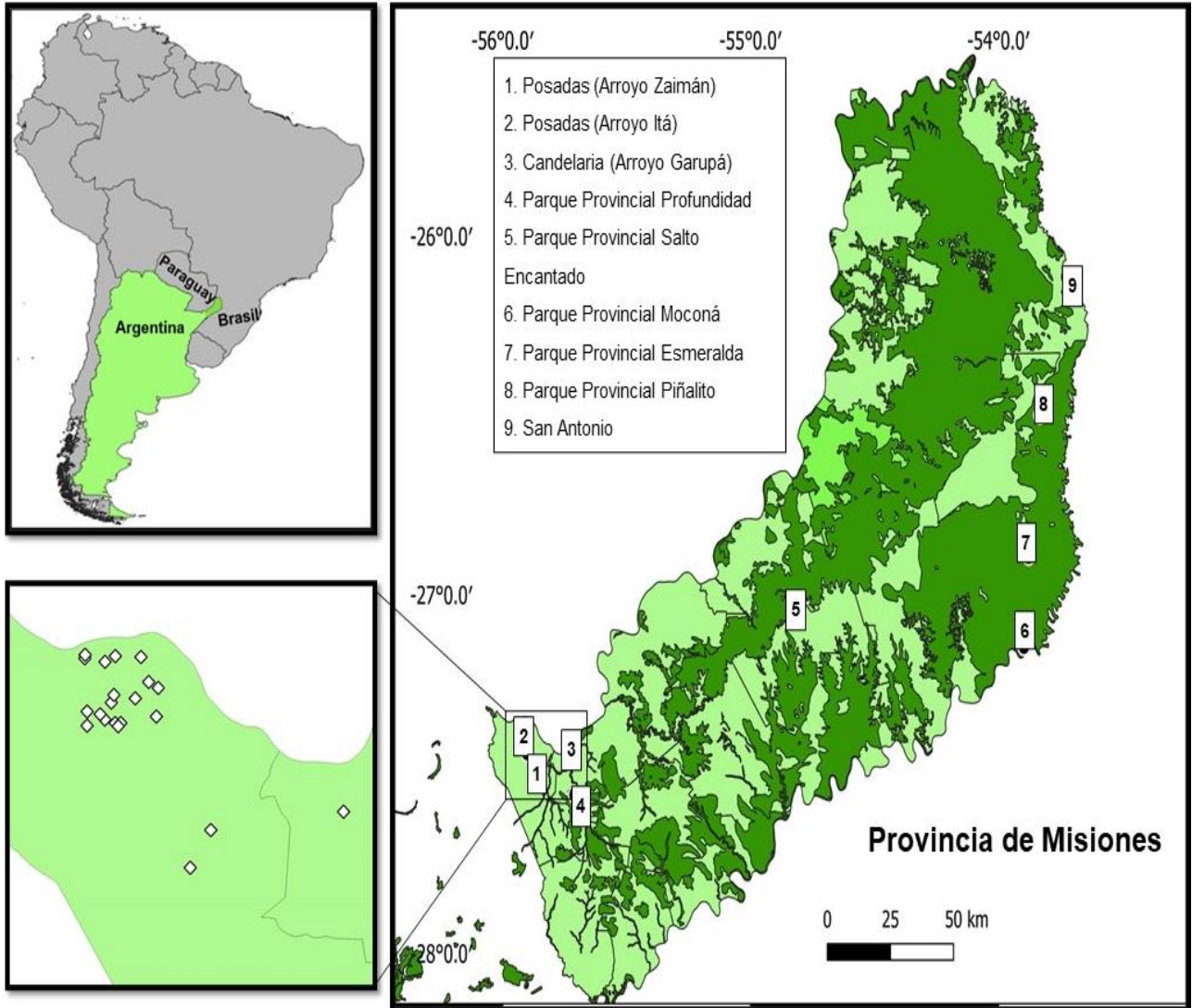
Mes	Min (°C)	Max (°C)	Media (°C)	Cantidad (mm)	Días lluviosos
Enero	22	34	27,9	165	10
Febrero	22	33	27,4	155	10
Marzo	20	32	26	145	9
Abril	18	29	23,3	195	10
Mayo	14	25	19,4	140	8
Junio	13	23	17,9	140	9
Julio	11	23	17,2	105	9
Agosto	13	26	19,3	95	8
Septiembre	15	27	20,9	145	11
Octubre	18	30	23,6	225	11
Noviembre	19	31	25,1	180	10
Diciembre	21	33	27,1	180	9
Anual	17	28,8	22,8	1865	11

(Tomado de <https://www.climasyviajes.com/clima/argentina/posadas>)

Para la búsqueda de larvas y adultos del orden Odonata se eligieron nueve sitios (tabla 3.2): tres sitios urbanos y un parque provincial de la ecorregión de Campos y Malezales y cuatro parques y un área natural de Selva Paranaense (figura 3.1) ubicados en la zona centro y sureste donde los espacios de selva protegidos oscilan entre las 0,19 y 300 km<sup>2</sup>.

**Tabla 3.2.** Sitios de la provincia de Misiones relevados.

<i>Ecorregión</i>	<i>Sitios</i>	<i>Coordenadas</i>
<b>Campos Y malezales</b>	1. Posadas ARA-Zaimán (Arroyo Zaimán)	55°54'1,16"O 27°26'3,28"S
	2. Posadas (Arroyo Itá)	55°54'37,1"O 27°21'36,7"S
<b>Selva paranaense</b>	3. Candelaria (Arroyo Garupá)	55°44'18,4"O 27°28'58,7"S
	4. Parque Provincial Profundidad	55°42'38,31"O 27°33'31,31"S
	5. Parque Provincial Salto Encantado	54°49'32,3"O 27°3'35,6"S
	6. Parque Provincial Moconá	53°53'50,1"O 27°8'40,4"S
	7. Parque Provincial Esmeralda	53°52'42,50"O 26°53'6,5"S
	8. Parque Provincial Piñalito	53° 49'58,8"O 26°29'60,0"S
	9. San Antonio (Belgrano)	53°53'58,8"O 26°8'12,4"S



**Figura 3.1.** Área de estudio: sitios muestreados en la provincia de Misiones, Argentina.  
 ◇ Piletas de natación donde se realizó la búsqueda de larvas de Odonata y fauna acompañante. Los sitios 1, 2, 3 y 4 se encuentran en la ecorregión de Campos y Malezales; los sitios 5, 6, 7, 8 y 9 pertenecen a la ecorregión de Selva Paranaense.

### Captura, cría e identificación

La recolección de adultos de Odonata se realizó con redes aéreas entre las 8:00 y las 13:00 horas en días soleados, momentos de mayor actividad en odonatos, por las limitaciones termoregulatorias de los adultos [3]. Entre enero de 2014 y diciembre de 2018, los sitios de



la zona de Campos y Malezales fueron revisados en 10 ocasiones cada uno y los de Selva Paranaense al menos una vez. Para determinar la riqueza de especies, los Odonata fueron capturados en cada sitio realizando un muestreo semicuantitativo de 90 minutos recorriendo las orillas del cuerpo de agua. En los sitios de reserva el recorrido se realizó en los senderos disponibles y cercanos al agua. Los insectos fueron identificados usando claves taxonómicas [4, 5, 6] y se morfotipificaron aquellos ejemplares identificados solamente hasta nivel de género.

La búsqueda de larvas se realizó en arroyos y cuerpos de agua de los sitios donde se relevaron adultos, en canales de drenaje de la zona cercana al arroyo Zaimán.

Para la captura de larvas se utilizó red tipo “d”, cucharón de 400 cc y bandejas blancas como contraste de observación. El muestreo fue semicuantitativo a tiempo fijo (60 minutos) pasando la red desde los extremos de menor hacia mayor profundidad.

## **Análisis de datos**

La variación en la composición de especies en los sitios relevados se exploró con un análisis de coordenadas principales (PCoA) basado en el índice de Jaccard de la matriz de presencia-ausencia de especies. La prueba de Kruskal Wallis se utilizó para evaluar las diferencias de riqueza entre sitios. Todos los análisis fueron realizados usando el software Past [7].

### **3.2 Caracterización de criaderos artificiales**

Se registraron 33 piletas de natación ubicadas en Posadas, Candelaria y Santa Inés (figura 3.1 cuadro izquierdo inferior) en búsqueda de odonatos y mosquitos inmaduros una vez por estación en desuso (otoño, invierno y primavera) entre abril y noviembre de 2018. El procedimiento de muestreo fue el que se detalló anteriormente.

Cada pileta se clasificó de acuerdo al grado de intervención humana en tres posibles categorías: 1- mantenimiento alto cuando se aplican métodos químicos (cloro y alguicidas)

y físicos (filtro de agua) con la misma regularidad que en la temporada de uso; 2- mantenimiento medio cuando se utiliza algún método para evitar que se formen criaderos, como el vaciamiento de la pileta o la aplicación de químicos o barreras físicas, sin regularidad y 3- mantenimiento nulo cuando la pileta permanece con agua durante todo el año y no se aplica ningún cuidado físico o químico. De las 33 piletas cinco fueron de mantenimiento alto, 14 de mantenimiento medio y 14 de mantenimiento nulo.

Las piletas se clasificaron en función de la cantidad de agua en vacías (sin agua), parcialmente llenas (con agua por debajo del nivel medio) y llenas (con agua por encima de la capacidad media). También se categorizaron como pequeñas (de 1 a 5,9 m<sup>2</sup>), medianas (de 6 a 15 m<sup>2</sup>) y grandes (de 15,1 a 75 m<sup>2</sup>).

Se colectó además la fauna asociada. En las piletas donde la turbidez no era elevada, antes de pasar la red se registró la posición relativa de cada taxa en la columna de agua. La fauna asociada fue fijada *in situ* en alcohol 80% y clasificada con la colaboración de especialistas de cada grupo taxonómico. La cría de odonatos fue llevada a cabo en laboratorio, en recipientes de poliestireno expandido con plantas acuáticas extraídas del sitio de colecta. Para evaluar la diversidad en piletas en relación con el grado de intervención humana, se determinó la riqueza de especies de la comunidad de insectos colectados con base en el estimador de Jackknife de primer orden en el Software EstimateS [8].

### **3.3 Ensayos de predación**

Las larvas de Coenagrionidae y Libellulidae fueron colectadas en el arroyo Zaimán y canales de drenajes cercanos. Los individuos de *P. flavescens* fueron colectados en una pileta de natación (55°44'20"O 27°29'1,2"S) de la zona sur de la provincia de Misiones. Se trasladaron al laboratorio en frascos plásticos individuales con agua limpia. Los dípteros presa fueron colectados de ovitrampas colocadas para este fin y criadas hasta el IV estadio larval.

Para los ensayos el predador utilizado fue sometidos a 36 horas de ayuno bajo condiciones artificiales [9]. En todos los tratamientos se incluyó un grupo control (presas sin predador).

Para determinar la eficiencia predatoria entre larvas de las familias Coenagrionidae (Odonata: Zygoptera) y Libellulidae (Odonata: Anisoptera) se realizaron 6 tratamientos de

24 horas en recipientes de 0,5 litros y con 50 presas (larvas de Chironomidae, *Aedes aegypti* o *Culex quinquefasciatus*). Cada tratamiento contó con 11 réplicas.

Para caracterizar la actividad predatoria de *P. flavescens* se realizaron 27 ensayos con ocho réplicas cada uno variando el tiempo, el tamaño de recipiente y la cantidad de presas ofrecidas. Se utilizaron contenedores experimentales de tres tipos: muy pequeño (caja de Petri de 10 cm de diámetro por 2 cm de altura); pequeño (bandeja de plástico transparente rectangular de 15 cm de largo por 11 cm de ancho y 4 cm de altura); y mediano (bandejas blancas de plástico de 37cm de largo por 26,5 cm de ancho y 7 cm de altura). Cada recipiente contenía 0,1, 0,5 y 4 litros respectivamente de agua desclorada. Cada larva de odonato se utilizó solo una vez en el experimento. Se proporcionaron presas en tres densidades y tres tiempos, dando un total de nueve tratamientos (tabla 3.3). Los experimentos se iniciaron a las 8:00 horas. Al finalizar el tiempo determinado se registró el número de presas consumidas.

**Tabla 3.3.** Experimentos realizados para caracterizar la actividad predatoria de *P. flavescens*

<b>Recipiente</b>	<b>Volumen de agua (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Tamaño del predador (cm)</b>	<b>Presa ofrecida (larvas de <i>Cx. quinquefasciatus</i> IV estadio)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>
Bandeja	4000	≥ 2	10, 50 o 200	0,5, 3 o 24
Bandeja	500	≥ 2	10, 50 o 200	0,5, 3 o 24
Caja de Petri	100	≥ 2	10, 50 o 200	0,5, 3 o 24

Para determinar la respuesta funcional se utilizaron los datos de los ensayos en recipientes de 500 cm<sup>3</sup>.

### **Análisis de datos**

Con el programa de uso libre PAST, se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y debido a que los datos del consumo de presas (*Ae. aegypti*, *Cx. quinquefasciatus* y Chironomidae) no siguen una distribución normal, se optó por la extensión Scheirer-Ray-Hare para la prueba de Kruskal-Wallis. Esta prueba representa la variante no paramétrica de un diseño de ANOVA bidireccional para datos clasificados

Con los datos obtenidos de los ensayos con *P. flavescens*, se llevó a cabo un análisis de regresión logística con la proporción de presas consumidas ( $N_c/N_o$ ) en función de la densidad inicial ofrecida ( $N_o$ ).

Para evaluar el tipo de respuesta funcional, las proporciones de presa consumida con y sin refugio se ajustaron a una regresión logística (1) [10] de la forma:

(1)

$$\frac{N_c}{N_o} = \text{EXP}(P_0 + P_1 * X + P_2 * X^2) \div (1 + \text{EXP}(P_0 + P_1 * X + P_2 * X^2))$$

Donde  $N_c$  es el número de presas consumidas,  $N_o$  es el número de individuos de presas iniciales, y  $P_0$ ,  $P_1$  y  $P_2$  son los parámetros que debe estimar el modelo. Los datos de cada tratamiento de refugio se ajustaron individualmente a la ecuación, y los tipos de respuestas funcionales se determinaron examinando los signos de  $P_1$  y  $P_2$ . Un parámetro lineal negativo ( $P_1$ ) indicaría una respuesta funcional de tipo 2, mientras que un parámetro lineal positivo ( $P_1$ ) junto con un parámetro cuadrático negativo ( $P_2$ ) indicaría una respuesta funcional de tipo 3 [10].

Para determinar el impacto predatorio se siguió la ecuación (2) propuesta por Aditya *et al.* [11]:

(2)

$$PI = \frac{\sum Pc}{T}$$

Donde  $PI$ = Impacto predatorio ( $N^\circ$  de larvas presa/hora),  $P_c$ =% de presas consumidas o asesinadas y  $T$ =Tiempo (días)

### 3.4 Estudio de presas consumidas

#### Contenido estomacal y fecal

El análisis de contenido estomacal se realizó a través de la disección dorsal desde el tórax para aislar el aparato digestivo del odonato, utilizando una lupa estereoscópica Arcano 40X y material de disección. Para identificar las presas consumidas por los odonatos colectados en las piletas de natación, se colectó la materia fecal en busca de presas identificables [12, 13, 14, 15]. Esto es posible debido a que la materia fecal se pasa en gránulos encerrados por una membrana peritrófica y el material no digerido se elimina rápidamente para no interferir con la respiración del colon [16]. Los pellets fecales se diseccionaron para identificar fragmentos de presa esclerotizados [17]. Las larvas predadoras se monitorearon por 48 horas, sin suministrarle ningún tipo de alimento, para colectar la materia fecal. La materia fecal se conservó en etanol 96 % y posteriormente fue analizada en lupa estereoscópica.

#### Extracción de ADN

Para optimizar la técnica de extracción de ADN semidigerido de *Cx. quinquefasciatus* y Chironomidae del tracto digestivo de larvas de *P. flavescens* se utilizó el protocolo de Gaillard & Strauss [18] de la siguiente forma:

1. Macerar el tejido dentro de un microtubo eppendorf 1,5 ml en 500  $\mu$ l de buffer de extracción (SDS 2%, Tris 0,1 M, EDTA 0,5 M, Sacarosa 0,3 M) y 5  $\mu$ l de proteinasa K.
2. Incubar baño seco a 65 °C por 20 minutos.
3. Añadir 120  $\mu$ l de acetato de potasio 4 M.
4. Colocar en hielo por 10 minutos y centrifugar a 12.000 rpm por 10 minutos.
5. Recuperar el sobrenadante y añadir 35  $\mu$ l de acetato de sodio 4 M y 1.000  $\mu$ l de etanol absoluto.
6. Incubar por 10 minutos a temperatura ambiente.

7. Centrifugar por 20 minutos a 12.000 rpm.
8. Secar pellet en baño termostático a 37°C por 20 minutos.
9. Resuspender en 50 µl de ddH<sub>2</sub>O.
10. Verificar la calidad del ADN extraído fue realizada en gel de agarosa al 1%.

La evaluación de cantidad y calidad de los ácidos nucleicos extraídos se realizó en electroforesis en gel de agarosa. La integridad de los ácidos nucleicos extraídos, fue estimada en un gel de agarosa al 1 %, el buffer de electroforesis utilizado fue TBE (Tris-Ácido Bórico- EDTA) 0.5 X. Para detectar los fragmentos mediante coloración se utilizó gel red. Se observó el gel con un Transiluminador UV Modelo MUV21-312-220, Serial N° 0807180003; utilizándose en cada pocillo 3 µl del ADN extraído y 1 µl de buffer de carga. Se fotografió con un Kit Cannon Power Shot G10 G4.

### **Amplificación por PCR**

A partir del ADN de díptero extraído, se amplificó la región Citocromo Oxidasa subunidad I, utilizando el cebador específico para el género *Culex* [19]: LCO1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3') y HCO2198 (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3'). Las condiciones de ciclado fueron las siguientes (modificadas de Artiss *et al.* [20]): desnaturalización inicial a 94 °C durante cinco minutos, luego 35 ciclos de 30 segundos a 94 °C, 30 segundos a 55 °C y 30 segundos a 72 °C, extensión final de 10 minutos a 72 °C. Se trabajó con un termociclador compacto Labnet, modelo MultiGene™ II Personal Thermal Cycler. Como control positivo se usó ADN de *Cx. quinquefasciatus* extraído de larvas integras (no digeridas). En todos los ensayos se incluyeron además negativos.

La verificación del producto de amplificación por PCR se llevó a cabo a través de la corrida electroforética en gel de agarosa al 2 %.

## Referencias bibliográficas

- [1] A. L. Cabrera, Regiones fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería, Tomo II Fascículo 1 (1994) 1-85.
- [2] S.D Matteucci, Ecorregión Campos y Malezales. Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos. Buenos Aires, Orientación Gráfica Editora SRL, (2012) 247-263.
- [3] D. C. Resende, Activity patterns and thermoregulation in a tropical dragonfly assemblage. *Odonatologica*, 31(2), (2002) 129-138.
- [4] R. W. Garrison, N. von Ellenrieder, J. A. Louton, Dragonfly genera of the New World: an illustrated and annotated key to the Anisoptera, JHU Press, Baltimore, USA, 2006.
- [5] R. W. Garrison, N. von Ellenrieder, J. A. Louton Damselfly Genera of the New World. An illustrated and annotated key to the Zygoptera. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA, 2010.
- [6] N. von Ellenrieder, R. W. Garrison, R. W. Dragonflies and Damselflies (Insecta, Odonata) of the Argentine Yungas: Species Composition and Identification. *Società zoologica "La Torbiera"*, 2007.
- [7] Ø. Hammer, D. A. Harper, P. D Ryan, PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.* 4(1) (2001).
- [8] R. K. Collwel, Estimates: statistical estimation of species richness and shared species from samples version 7.5. Software and User's Guide. 2000. Available online: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/> (Accedido: 15 de febrero de 2021).
- [9] T. J. Pandian, S. Mathavan, C. P. Jeyagopal, Influence of temperature and body weight on mosquito predation by the dragonfly nymph *Mesogomphus lineatus*. *Hydrobiologia* 62.2 (1979) 99-104.
- [10] S. A Juliano, Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves. In: S. M. Scheiner, J. Gurevitch (eds.), *Design and analysis of ecological experiments*. Oxford University Press (2001) 178-196.

- [11] G. Aditya, M. K Pramanik, G.K Saha, Larval habitats and species composition of mosquitoes in Darjeeling Himalayas, India, *J Vector Borne Dis.* 43(1) (2006) 7.
- [12] J. H. Lawton, Feeding and food energy assimilation in larvae of the damselfly *Pyrrhosoma nymphula* (Sulz.) (Odonata: Zygoptera), *J. Anim. Ecol.* (1970) 669-689.
- [13] D. J. Thompson, Prey size selection by larvae of the damselfly, *Ischnura elegans* (Odonata). *J. Anim. Ecol.* (1978) 769-785.
- [14] D. J. Thompson, The natural prey of larvae of the damselfly, *Ischnura elegans* (Odonata: Zygoptera), *Freshw. Biol.* 8 (1978) 377-384.
- [15] R. E. Campos, Importancia de las larvas de culícidos en la dieta de *Ischnura fluviatilis* Selys (Odonata: Zygoptera) en hábitats naturales de los alrededores de la Plata, Provincia de Buenos Aires, *R. Soc. Limnolog. Arg.* (1994) 51-56.
- [16] G. Pritchard, The prey of dragonfly larvae (Odonata; Anisoptera) in ponds in northern Alberta, *Can. J. Zool.* 42(5) (1964) 785-800.
- [17] E. C. Bay, Predator-prey relationships among aquatic insects. *Annu. Rev. Entomol.* 19 (1974) 441-453.
- [18] C. Gaillard, F. O Strauss, Ethanol precipitation of DNA with linear polyacrylamide as carrier, *Nucleic acids research* 18(2) (1990) 378.
- [19] R. H. A Folmer, M. Nilges, P. J. M. Folkers, R. N. H. Konings, C. W. Hilbers, A model of the complex between single-stranded DNA and the single-stranded DNA binding protein encoded by gene V of filamentous bacteriophage M13. *J. molecular biol.* 240(4) (1994) 341-357.
- [20] T. Artiss, T. R. Schultz, D. A. Polhemus, C. Simon, Molecular phylogenetic analysis of the dragonfly genera *Libellula*, *Ladona*, and *Plathemis* (Odonata: Libellulidae) based on mitochondrial cytochrome oxidase I and 16S rRNA sequence data, *Mol. Phylogenet. Evol.* 18(3) (2001) 348-361.

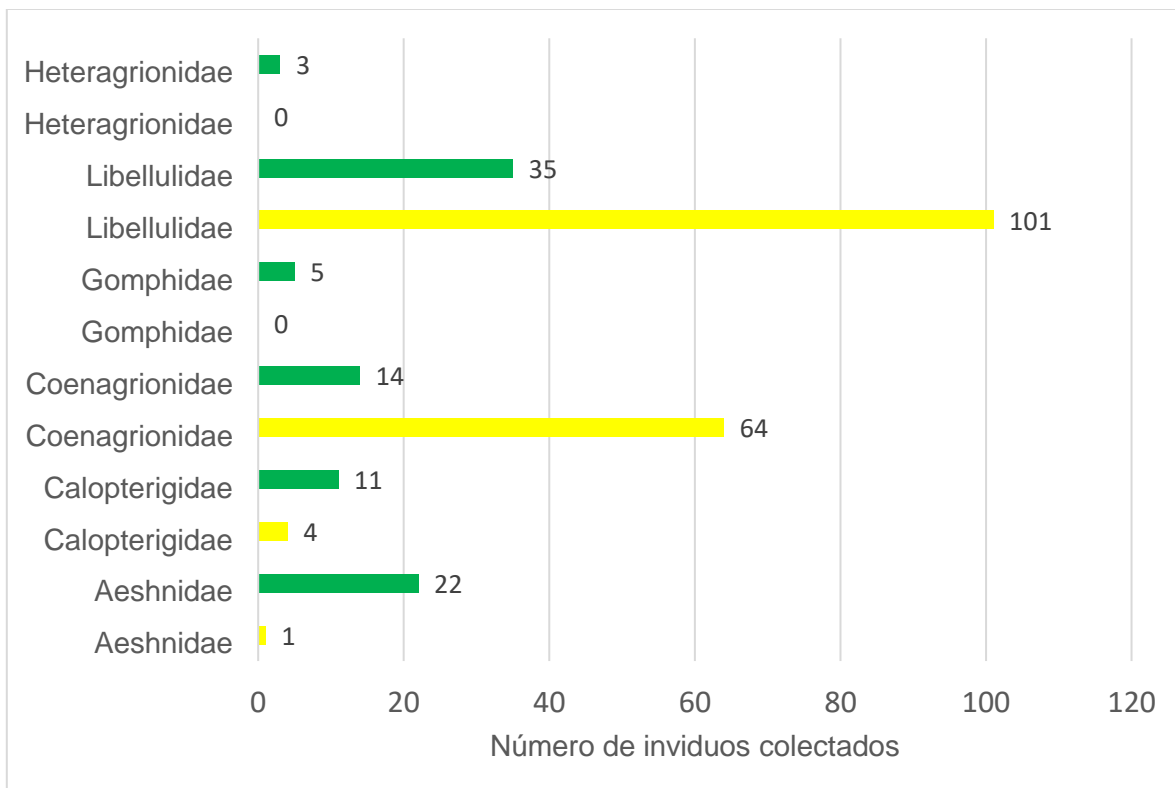


## Capítulo 4: Resultados

### 4.1 Odonatofauna de la provincia de Misiones

#### Larvas

Los estadios inmaduros del orden Odonata colectados en la provincia se clasificaron a nivel familia. La riqueza fue mayor en Selva Paranaense, con seis familias registradas, mientras que la abundancia resultó mayor en Campos y Malezales. Predominaron los ejemplares de Libellulidae y Coenagrionidae en ambas ecorregiones, mientras que Gomphidae y Heteragrionidae resultaron exclusivos de la Selva (figura 4.1).



**Figura 4.1.** Abundancia de inmaduros de las familias del orden Odonata presentes en las ecorregiones Campos y Malezales (amarillo) y Selva paranaense (verde).

De la cría de las larvas capturadas en arroyos de Campos y Malezales emergieron adultos de *Acanthagrion aepiolum* (Zygoptera: Coenagrionidae), *Acanthagrion sp.* (Zygoptera: Coenagrionidae), *Erythrodiplax atroterminata* (Anisoptera: Libellulidae) y *Macrothemis imitans* (Anisoptera: Libellulidae). De las larvas capturadas en canales de drenaje de Campos y Malezales emergieron adultos de *Argentagrion ambiguum* (Zygoptera: Coenagrionidae), *Erythrodiplax sp.* (Anisoptera: Libellulidae), *Micrathyria sp.* (Anisoptera: Libellulidae) y *Zenithoptera lanei* (Anisoptera: Libellulidae). De las especies registradas en arroyos y canales de drenaje, la única especie sin registro previo en la zona y sin descripción fue *Z. lanei*.

Las larvas colectadas en arroyos y lagunas de Selva Paranaense fueron identificadas hasta familia, máximo nivel taxonómico posible según las claves dicotómicas y estadio disponibles.

## Adultos

Se colectaron 590 ejemplares de adultos correspondientes a seis familias del orden Odonata 40 especies y 19 morfotipos en las dos ecorregiones (Tabla 4.1).

**Tabla 4.1.** Riqueza de especies de adultos por ecorregión. (Las especies que comparten ambas regiones figuran entre paréntesis).

<b>Familia</b>	<b>Campos y Malezales</b>		<b>Selva Paranaense</b>
Libellulidae	27	(9)	16
Coenagrionidae	11	(3)	5
Calopterygidae	1	(1)	2
Aeshnidae	1		4
Gomphidae	-		2
Heteragrionidae	-		1
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>13</b>	<b>30</b>

La riqueza específica de la zona donde la matriz del paisaje corresponde a Campos y Malezales (33 especies y ocho morfotipos pertenecientes a cuatro familias) no mostró diferencias significativas con la riqueza específica de la Selva Paranaense (16 especies y 14 morfotipos distribuidas en seis familias) donde la matriz paisajística está representada por la densa vegetación autóctona ( $H= 0,93$ ;  $p_{value} > 0,05$ ). Las especies capturadas y discriminadas por ecorregión se indican en la Tabla 4.2.

**Tabla 4.2.** Especies de adultos registrados en los sitios relevados de dos ecorregiones de la provincia de Misiones. (1- Posadas (ARA-Zaimán), 2- Posadas (Arroyo Itá), 3- Candelaria (Arroyo Garupá), 4- Parque provincial Profundidad, 5- Parque provincial Salto Encantado, 6- Parque provincial Moconá, 7- Parque provincial Esmeralda, 8- Parque provincial Piñalito, 9- San Antonio).

<i>Familia</i>	<i>Campos y Malezales</i>	<i>Selva Paranaense</i>
<i>Especie</i>		
<b>Aeshnidae</b>		
<i>Castoraeschna januaria</i> (Hagen, 1867)		5, 6, 9
<i>Coryphaeschna adnexa</i> (Hagen, 1861)		5, 7, 9
<i>Coryphaeschna perrensi</i> (McLachlan, 1887)		7
<i>Gynacantha</i> sp.		5, 7, 9
<i>Limnetron antarcticum</i> Forster, 1907	1	
<b>Gomphidae</b>		
<i>Gomphoides praevia</i> St. Quentin, 1967		5, 8, 9
<i>Progomphus</i> sp.		8
<b>Libellulidae</b>		
<i>Brechmorhoga nubecula</i> (Rambur, 1842)		7
<i>Dasythemis</i> sp.		6
<i>Dasythemis venosa</i> (Burmeister, 1839)	2, 3	
<i>Diastatops</i> sp.	1, 2, 3	
<i>Dythemis nigra</i> Martin, 1897	1	
<i>Elasmothemis</i> sp.		7
<i>Erythemis</i> sp.	1	
<i>Erythrodiplax atroterminata</i> Ris, 1911	1, 2, 3	
<i>Erythrodiplax basalis</i> Kirby, 1897	1, 3	
<i>Erythrodiplax fusca</i> (Rambur, 1842)	1, 2	6, 8, 9
<i>Erythrodiplax latimaculata</i> Ris, 1911	1, 3	
<i>Erythrodiplax media</i> Borrer, 1942	1, 2, 3, 4	
<i>Erythrodiplax nigricans</i> (Rambur, 1842)	1, 3	
<i>Erythrodiplax ochracea</i> (Burmeister, 1839)	1, 2, 3	

<i>Erythrodiplax paraguayensis</i> (Förster, 1905)	1	6
<i>Erythrodiplax</i> spp.	1, 2, 3	6
<i>Erythrodiplax umbrata</i> (Linnaeus, 1758)	1, 2, 3	
<i>Macrothemis imitans</i> Karsch, 1890	3, 4	6, 7
<i>Macrothemis</i> sp.		7
<i>Miathyria marcella</i> (Selys in Sagra, 1857)	1	
<i>Micrathyria hypodydima</i> (Calvert, 1906)		7
<i>Micrathyria pseudeximia</i> Westfall, 1992	1, 3	7
<i>Micrathyria</i> sp.		6, 7
<i>Nephepeltia berlai</i> Santos, 1950	1, 3	
<i>Oligoclada</i> sp.	1	
<i>Orthemis ambinigra</i> Calvert, 1909	2	6
<i>Orthemis discolor</i> (Burmeister, 1839)	2	6
<i>Orthemis</i> sp.		6
<i>Pantala flavescens</i> (Fabricius, 1798)	1, 3	6
<i>Perithemis icteroptera</i> (Selys in Sagra, 1857)	1	
<i>Perithemis lais</i> (Perty, 1834)	1, 2	
<i>Perithemis</i> sp.	3	
<i>Tholymis citrina</i> Hagen, 1867	1, 3	
<i>Zenithoptera lanei</i> Santos, 1941	1	
<b>Calopterygidae</b>		
<i>Hetaerina rosea</i> Selys, 1853	1, 3	
<i>Hetaerina</i> spp.		5, 7, 8, 9
<i>Mnesarete</i> sp.		5, 9
<b>Heteragrionidae</b>		
<i>Heteragrion aurantiacum</i> Selys, 1862		5, 9
<b>Coenagrionidae</b>		
<i>Acanthagrion aepiolum</i> Tennessen, 2004	1	
<i>Acanthagrion cuyabae</i> Calvert, 1909	1, 2	
<i>Acanthagrion gracile</i> (Rambur, 1842)	1, 2	
<i>Acanthagrion lancea</i> Selys, 1876	1	
<i>Acanthagrion</i> sp.		7
<i>Argentagrion ambiguum</i> (Ris, 1904)	1, 2, 3	
<i>Argia serva</i> Hagen in Selys, 1865	2	
<i>Argia</i> spp.	3	6, 7
<i>Ischnura fluviatilis</i> Selys, 1876	1, 2, 3	
<i>Mecistogaster</i> sp.	4	8
<i>Oxyagrion</i> sp.	1, 2, 3	6, 7
<i>Peristicta aeneoviridis</i> Calvert, 1909	4	

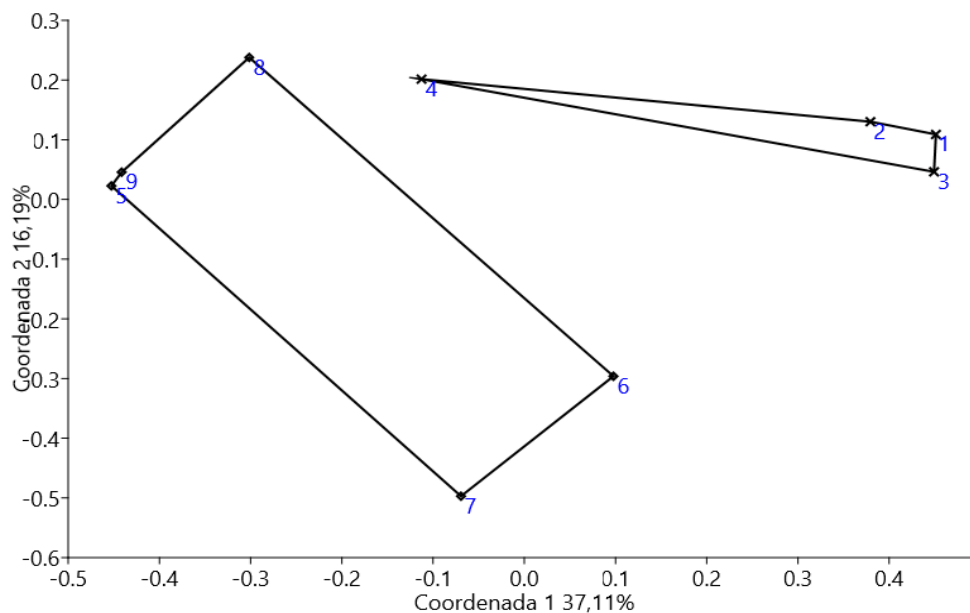
Los géneros *Erythrodiplax* y *Oxyagrion* son los más distribuidos, presentes en la mitad de los sitios de ambas ecorregiones. Estos géneros, junto con *Diastatops*, *Argentagrion* e *Ischnura*, están representados en todos los ambientes urbanos relevados. En cambio, *Z. lanei* (figura 4.2) se halló solamente en un sitio periurbano de pastizales, en reiteradas ocasiones en el periodo de muestreo, entre los años 2014 y 2018.

**A****B**

**Figura 4.2.** Adulto de *Z. lanei* con las alas plegadas sobre el torác (A) y con las alas azul metálico extendidas (B).

## Composición de la comunidad en relación a los sitios de captura

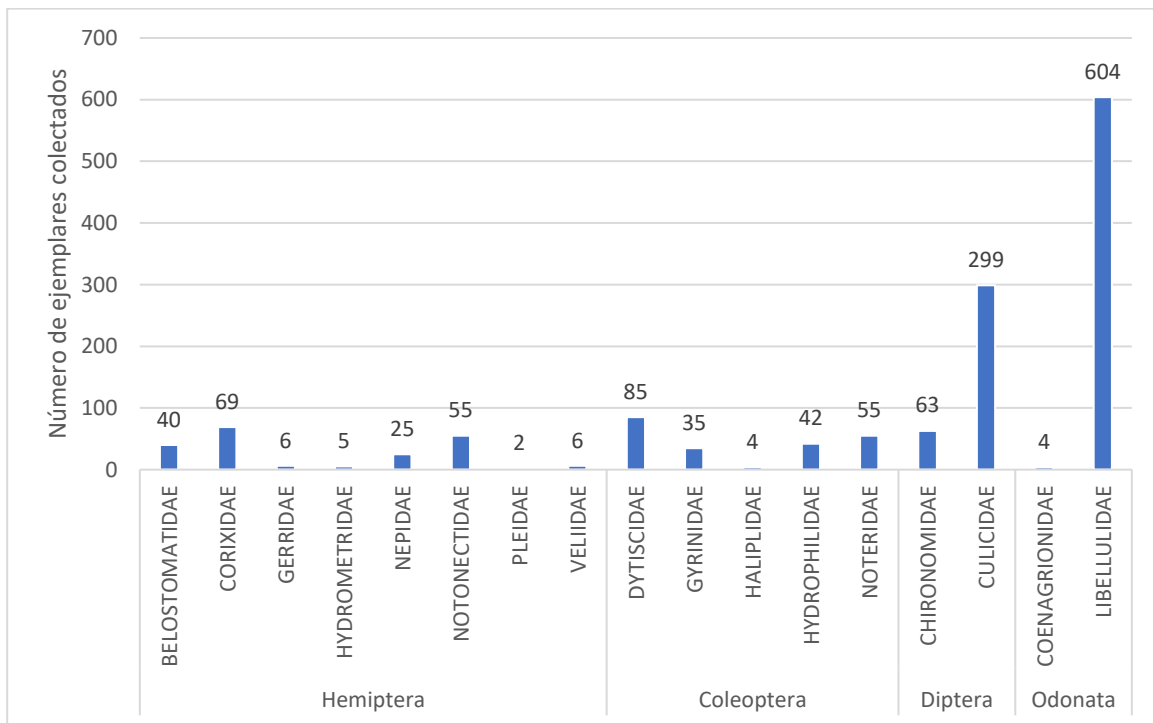
El análisis de coordenadas principales expresó el 53,30% de la varianza total en dos coordenadas (figura 4.3). La mayor separación entre ambientes se puede observar a partir del eje de referencia 1, donde los ambientes silvestres (4-9) se agrupan diferencialmente de los urbanos (1,2,3).



**Figura 4.3.** Análisis de coordenadas principales de especies de Odonata colectados en la provincia de Misiones. Eigenvalor del primer y segunda coordenada respectivamente: 1,07 y 0,47. (Campos y Malezales: 1-Posadas (ARA-Zaimán), 2- Posadas (Arroyo Itá), 3- Candelaria (Arroyo Garupá), 4- PP. Profundidad; Selva Paranaense: 5- PP. Salto Encantado, 6- PP. Moconá, 7- PP. Esmeralda, 8- PP. Piñalito, 9- San Antonio).

## 4.2 Fauna asociada en criaderos artificiales

Se evaluó la fauna en 33 piletas de natación urbanas en otoño, invierno y primavera. En esta experiencia, se capturaron 1399 especímenes pertenecientes a 44 especies de insectos (incluidos los morfotipos), distribuidas en 17 familias de cuatro ordenes (figura 4.4). El de mayor riqueza fue el orden Coleóptera con 23 especies, mientras que el orden Hemíptera presentó mayor diversidad a nivel familia (8).



**Figura 4.4.** Número de individuos colectados por familia de Hemiptera, Coleoptera, Diptera y Odonata en piletas de natación de la zona sur de Misiones.

Odonata resultó ser el orden con mayor número (608) de individuos (representado mayoritariamente por *P. flavescens*), seguido por 362 ejemplares de Diptera (representado por lo menos por cuatro especies de mosquitos y una de quironómidos).

Los 1399 ejemplares colectados fueron identificados al mayor nivel taxonómico posible según las claves dicotómicas existentes. En la tabla 4.3 se muestra para las tres estaciones

estudiadas la frecuencia, abundancia y grupo funcional alimentario (GFA) de cada especie o género.

**Tabla 4.3** Insectos colectados en piletas de natación. Posadas Misiones, abril-noviembre 2018 (A: adultos; L: larvas; \*Predadores, \*\* Detritívoros y \*\*\*Detritívoros-herbívoros).

Familia	Especie	Otoño		Invierno		Primavera	
		Abundancia	Frecuencia	Abundancia	Frecuencia	Abundancia	Frecuencia
<b>Hemiptera</b>							
HYDROMETRIDAE	<i>Hydrometra argentina</i> (A)*	-	-	-	-	5	1
GERRIDAE	<i>Limnogonus ignotus</i> (A)*	3	1	3	3	-	-
NEPIDAE	<i>Ranatra signoreti</i> (A)*	6	1	8	2	-	-
	<i>Ranatra sjostedti</i> (A)*	-	-	9	3	-	-
	<i>Curictra borelli</i> (A)*	2	1	-	-	-	-
CORIXIDAE	<i>Sigara platensis</i> (A)***	19	3	50	9	-	-
NOTONECTIDAE	<i>Buenoa antigone</i> (A)*	8	2	9	3	-	-
	<i>Buenoa fuscipennis</i> (A)*	9	1	1	1	-	-
	<i>Notonecta pulchra</i> (A)*	2	1	-	-	-	-
	<i>Notonecta sellata</i> (A, L) *	-	-	5	2	6	1
	<i>Notonecta sp.</i> (A)*	5	1	7	4	3	1
PLEIDAE	<i>Neoplea maculosa</i> (A)*	1	1	1	1	-	-
VELIIDAE	<i>Microvelia sp.</i> (A, L) *	3	1	3	1	-	-
BELOSTOMATIDAE	<i>Belostoma sp.</i> (A, L) *	12	4	28	7	-	-
<b>Coleoptera</b>							
DYTISCIDAE	<i>Anodocheilus maculatus</i> (A)*	-	-	1	1	-	-
	<i>Copelatus sp.</i> (A)*	-	-	-	-	3	1
	<i>Derovatellus lentus</i> (A)*	-	-	12	1	-	-
	<i>Hydaticus sp.</i> (A)*	-	-	9	1	-	-
	<i>Laccophilus sp.</i> (A)*	-	-	6	2	1	1
	<i>Megadytes carcharias</i> (A)*	-	-	-	-	1	1
	<i>Rhantus signatus</i> (A, L) *	9	3	7	2	-	-
	<i>Rhantus sp.</i> (A)*	11	2	2	1	1	1
	<i>Notaticus sp.</i> (A)*	-	-	1	1	4	1

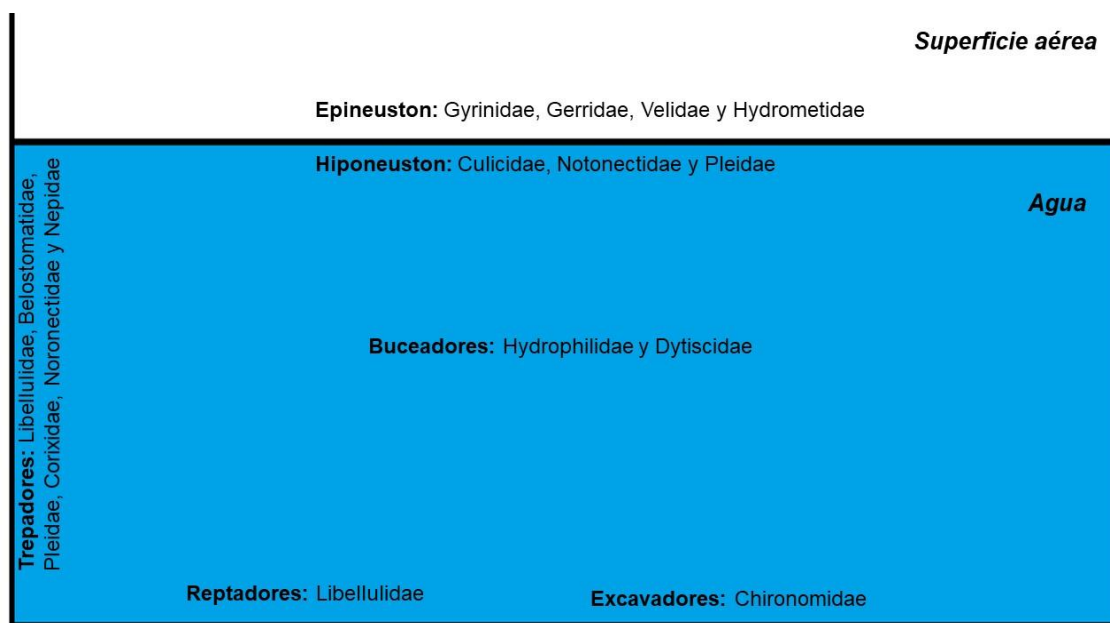


	<i>Pachydrus globosus (A)*</i>	-	-	4	2	-	-
	<i>Meridiorhantus calidus (A, L)</i>	-	-	-	-	2	1
	*						
	<i>Thermonectus succinctus (A)*</i>	-	-	10	3	-	-
	<i>Vatellus sp. (A)*</i>	-	-	1	1	-	-
HALIPLIDAE	<i>Halipus sp. (A)***</i>	-	-	4	1	-	-
GYRINIDAE	<i>Gyrinus sp. (A)*</i>	-	-	15	3	20	4
NOTERIDAE	<i>Hydrocanthus debilis (A)*</i>	-	-	13	3	-	-
	<i>Suphisellus remate (A)*</i>	-	-	30	4	12	2
HYDROPHILIDAE	<i>Berosus reticulatus (A)***</i>	-	-	13	4	1	1
	<i>Berosus erraticus (A)***</i>	-	-	1	1	-	-
	<i>Tropisternus collaris (A)*</i>	3	1	-	-	-	-
	<i>Tropisternus goese (A)*</i>	-	-	-	-	4	1
	<i>Tropisternus lateralis (A)*</i>	-	-	9	3	2	1
	<i>Tropisternus sp. (A)*</i>	7	1	2	1	-	-
<b>Diptera</b>							
CULICIDAE	<i>Culex sp. (L)**</i>	20	6	33	4	15	1
	<i>Culex coronator (L)**</i>	17	5	22	3	-	-
	<i>Culex quinquefasciatus (L)**</i>	54	6	36	4	14	1
	<i>Aedes fluviatilis (L)**</i>	47	4	29	2	12	1
CHIRONOMIDAE	(L)**	30	1	13	1	20	1
<b>Odonata</b>							
LIBELLULIDAE	<i>Pantala flavescens (L)*</i>	329	14	166	6	109	5
COENAGRIONIDAE	<i>Ischnura sp. (L)*</i>	4	1	-	-	-	-

El invierno representó la estación con mayor riqueza (34 especies), mientras que la abundancia fue mayor en otoño con 559 ejemplares colectados. Los hemípteros estuvieron más representados en otoño y en invierno, mientras que los coleópteros fueron mayormente colectados en invierno y primavera. La abundancia de odonatos disminuyó de otoño a primavera. La frecuencia de aparición y abundancia de culícidos disminuyó de otoño a primavera. La especie más abundante fue *Cx. quinquefasciatus*.

Las familias registradas se clasificaron de acuerdo a su ubicación en la columna de agua y

a su forma de desplazarse (figura 4.5). En la fase aérea de la película de agua se registraron hemípteros de las familias Gerridae y Velidae. Los adultos de la familia Gyrinidae (Coleoptera) fueron hallados principalmente en la superficie, conocidos también por su capacidad de bucear. En una de las piletas se colectó a *Hydrometra argentina*, especie de superficie con capacidad de sumergirse caminando por las paredes. Debajo de la película superficial del agua se colectaron hemípteros de las familias Notonectidae y Pleidae, así como también dípteros de la familia Culicidae, que deben desplazarse hasta la interfase aire-agua para respirar. Las familias Hydrophilidae y Dytiscidae se alimentan en la fase acuática, mientras nadan o están al acecho en las paredes o el piso. Libellulidae, Belostomatidae, Pleidae, Nepidae, Corixidae y Notonectidae fueron hallados caminando o adheridos a algún sustrato y/o trepando para alimentarse. En el fondo, enterrados en el sedimento blando, se registró a los Chironomidae.

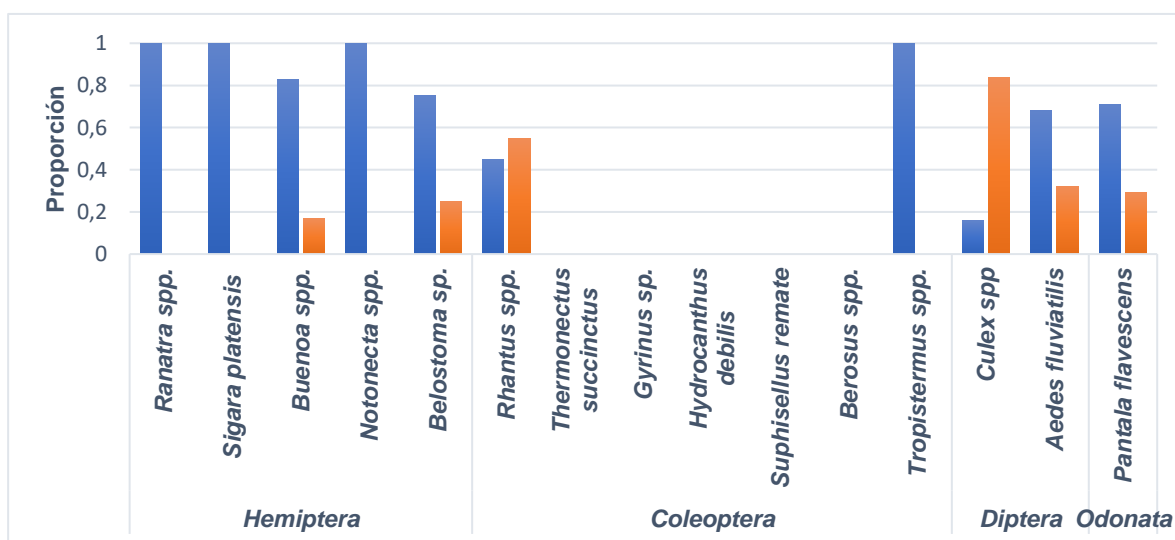


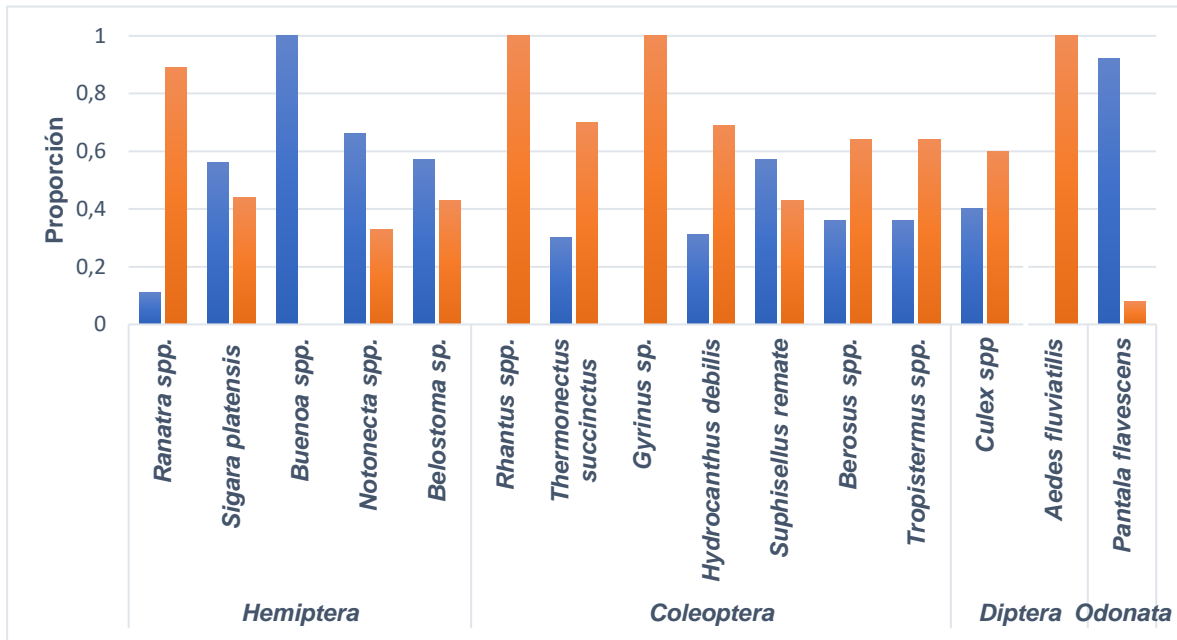
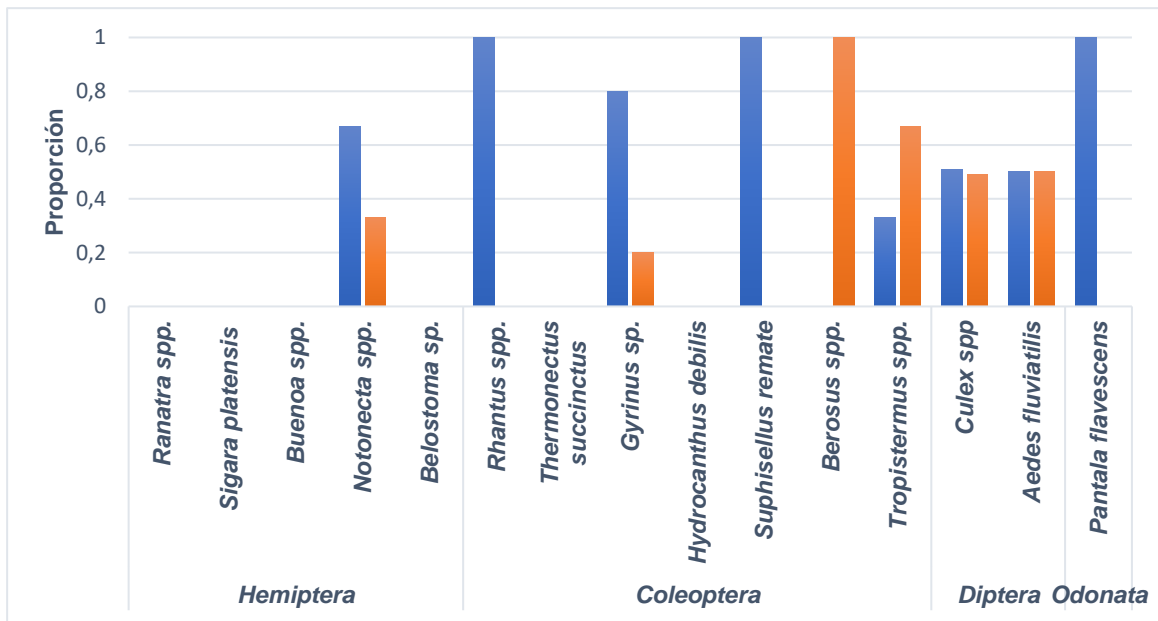
**Figura 4.6.** Esquema de pileta de natación con las familias de insectos encontradas, clasificadas por la localización esperada dentro de la columna de agua.

En las piletas urbanas se registró un total de 35 especies, mientras que en las piletas de la periferia urbana se colectaron 33 especies. La abundancia en piletas periféricas fue mayor,

(917 de 1399 especímenes). En la figura siguiente se muestra la proporción de los taxos más frecuentes respecto a la ubicación de las piletas. En general, en otoño (Figura 4.7 A) y primavera (figura 4.7 C) los géneros más abundantes mostraron preferencia por los sitios periféricos. Los hemípteros fueron abundantes, sobre todo en sitios periféricos en otoño e invierno, en cambio, en primavera el único género presente fue *Notonecta*. Los coleópteros estuvieron representados por solo dos géneros en otoño: *Tropisternus* y *Rhantus*, mientras que en invierno todos los grupos fueron representados. *Gyrinus sp.* estuvo exclusivamente en piletas urbanas en invierno y en primavera se registró mayoritariamente en sitios periféricos. Los culicidos fueron más frecuentes en sitios urbanos en las tres estaciones, la única excepción fue *Ae. fluviatilis* en otoño. Los *P. flavescens* fueron más abundantes en las piletas periféricas en otoño e invierno y, en primavera se encontraron exclusivamente en piletas periféricas.

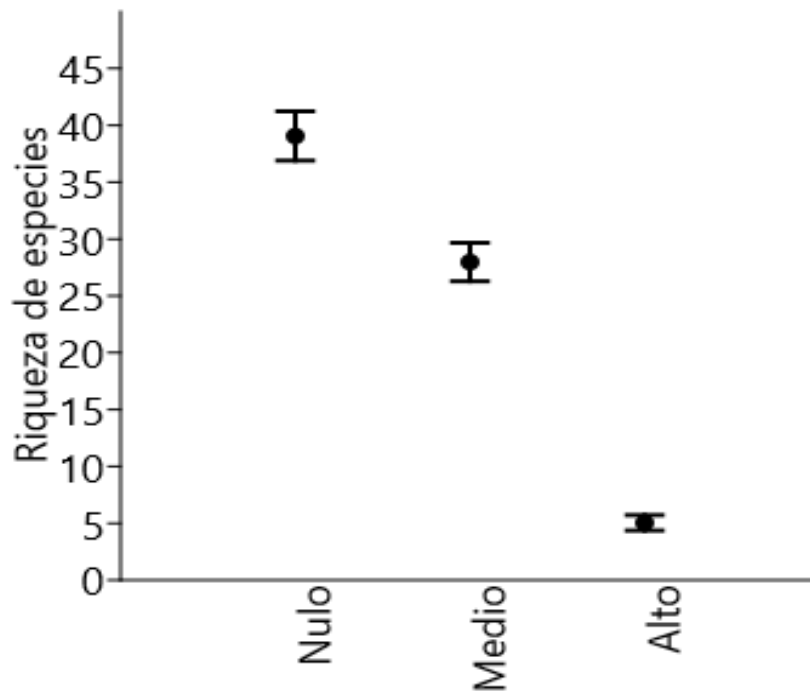
A



**B****C**

**Figura 4.7.** Distribución de la abundancia (en proporciones) de los Ordenes Hemiptera, Coleoptera, Diptera y Odonata en sitios urbanos (naranja) y periféricos (azul) en: A. otoño; B. invierno y C. primavera.

El mantenimiento de las piletas de natación influyó significativamente en la riqueza de especies ( $H=16,32$ ,  $p_{value}<0,05$ ). El grado de intervención antrópica se asoció inversamente con la riqueza específica (figura 4.8).



**Figura 4.8.** Riqueza de especies evaluada por el estimador de Jackknife de primer orden, que representa el grado de intervención humana en piletas de natación en relación a la comunidad de insectos.

El nivel de agua también influyó en la riqueza y distribución de los distintos grupos. Las piletas con mayor cantidad de agua, presentaron mayor riqueza ( $H=5,89$ ,  $p_{value}<0,05$ ).

En las piletas de mantenimiento alto no se realizaron comparaciones de grupos funcionales de la comunidad debido a que la presencia de insectos fue escasa. Para mantenimiento nulo y medio se discriminaron las piletas por nivel de agua y presencia de mosquitos (tabla 4.4).

**Tabla 4.4.** Porcentajes de representantes de cada grupo funcional alimenticio registrado respecto al nivel de agua y mantenimiento. A la izquierda de las columnas de valores se registran aquellas comunidades sin mosquitos y a la derecha, entre paréntesis, las que si presentaron mosquitos.

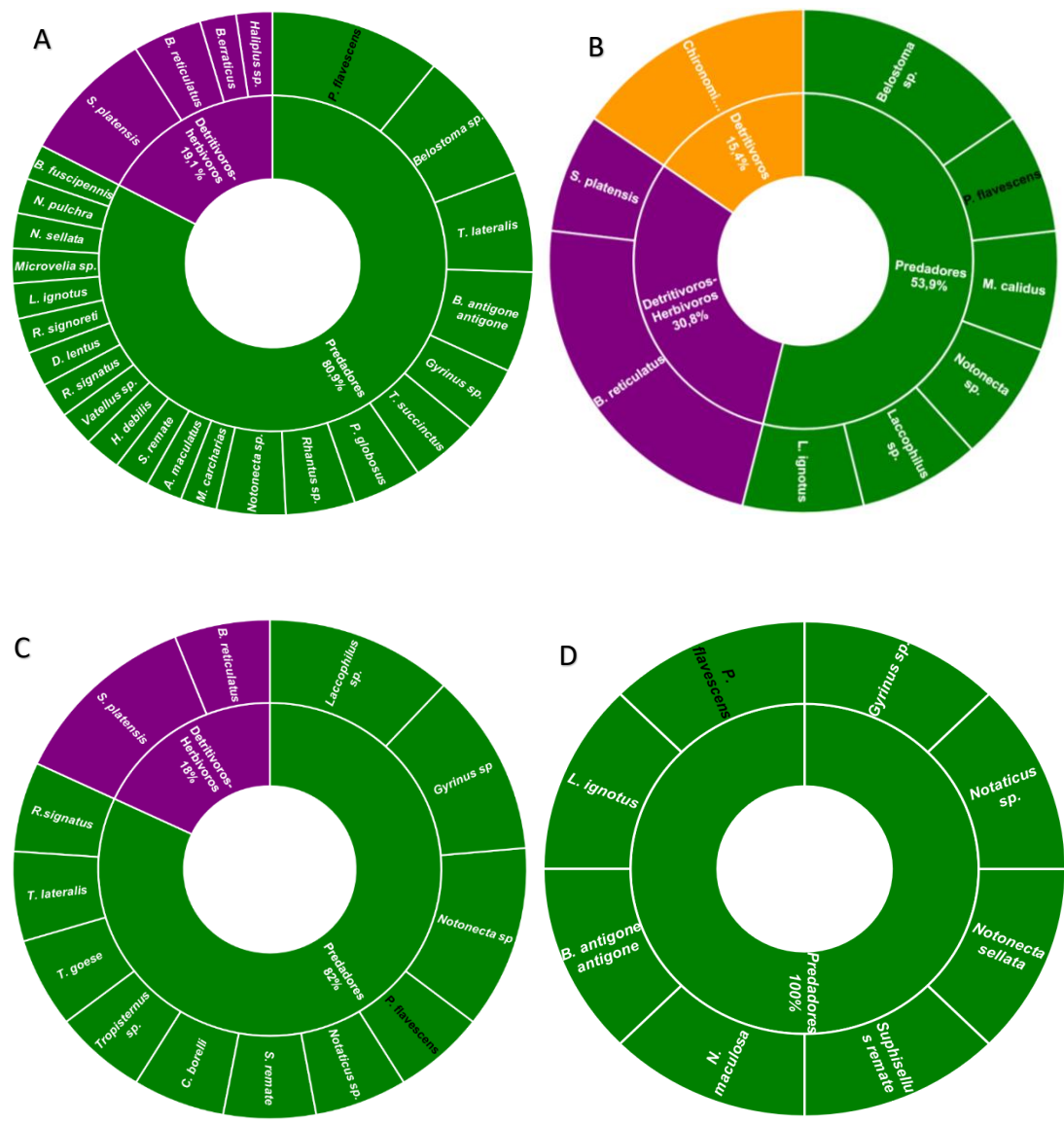
	<b>Nivel máximo de agua</b>		<b>Nivel medio o inferior de agua</b>	
	Mantenimiento nulo	Mantenimiento medio	Mantenimiento nulo	Mantenimiento medio
Predadores	80,9/ (70)	82/ (30)	59,9/ (67)	82/ (50)
Detritívoros herbívoros	19,1/ (-)	18/ (10)	30,8/ (5,2)	18/ (-)
Detritívoros	-/ (30)	-/ (60)	15,4/ (27,8)	-/ (50)

### **Piletas sin registro de especies de mosquitos**

Las piletas de natación donde la perturbación antrópica fue nula (no recibieron mantenimiento) durante las tres estaciones evaluadas y donde el nivel de agua se encontraba aproximadamente en su máxima capacidad, se registraron 26 especies de insectos (figura 4.9 A). Las especies detritívoras herbívoras, mayormente representadas por *Sigara platensis*, fueron menos frecuentes (4) que los predadores (22). En las piletas con agua por debajo de la mitad de su capacidad, la riqueza resultó menor (9) y los predadores fueron más frecuentes (6) que los detritívoros (2). *Belostoma sp.* fue el predador más abundante y *Berosus reticulatus* fue la especie detritívoras-herbívora predominante. Además, se registró presencia de detritívoros de la familia Chironomidae (figura 4.9 B).

Las piletas de natación con perturbación intermedia (el mantenimiento se realizó una o pocas veces durante el periodo sin uso) y que contenían agua en más de la mitad de su capacidad se registraron 13 especies de insectos. La especie más frecuente entre los predadores fue el coleóptero *Laccophilus sp.* (figura 4.9 C). Las especies detritívoras herbívoras fueron menos frecuentes (2), y resaltó la presencia de *Sigara platensis*.

En las piletas parcialmente llenas (figura 4.9 D), la riqueza fue menor (8), y todas las especies registradas fueron predadores con la misma frecuencia.



**Figura 4.9.** Porcentaje de especies y tipos funcionales en piletas sin presencia de mosquitos, con mantenimiento nulo (A. Llenas; B. parcialmente llenas) y mantenimiento medio (C. Llenas; D. parcialmente llenas)

-Verde: predadores, violeta: detritívoros-herbívoros y naranja: detritívoros-

## Piletas con presencia de especies de mosquitos

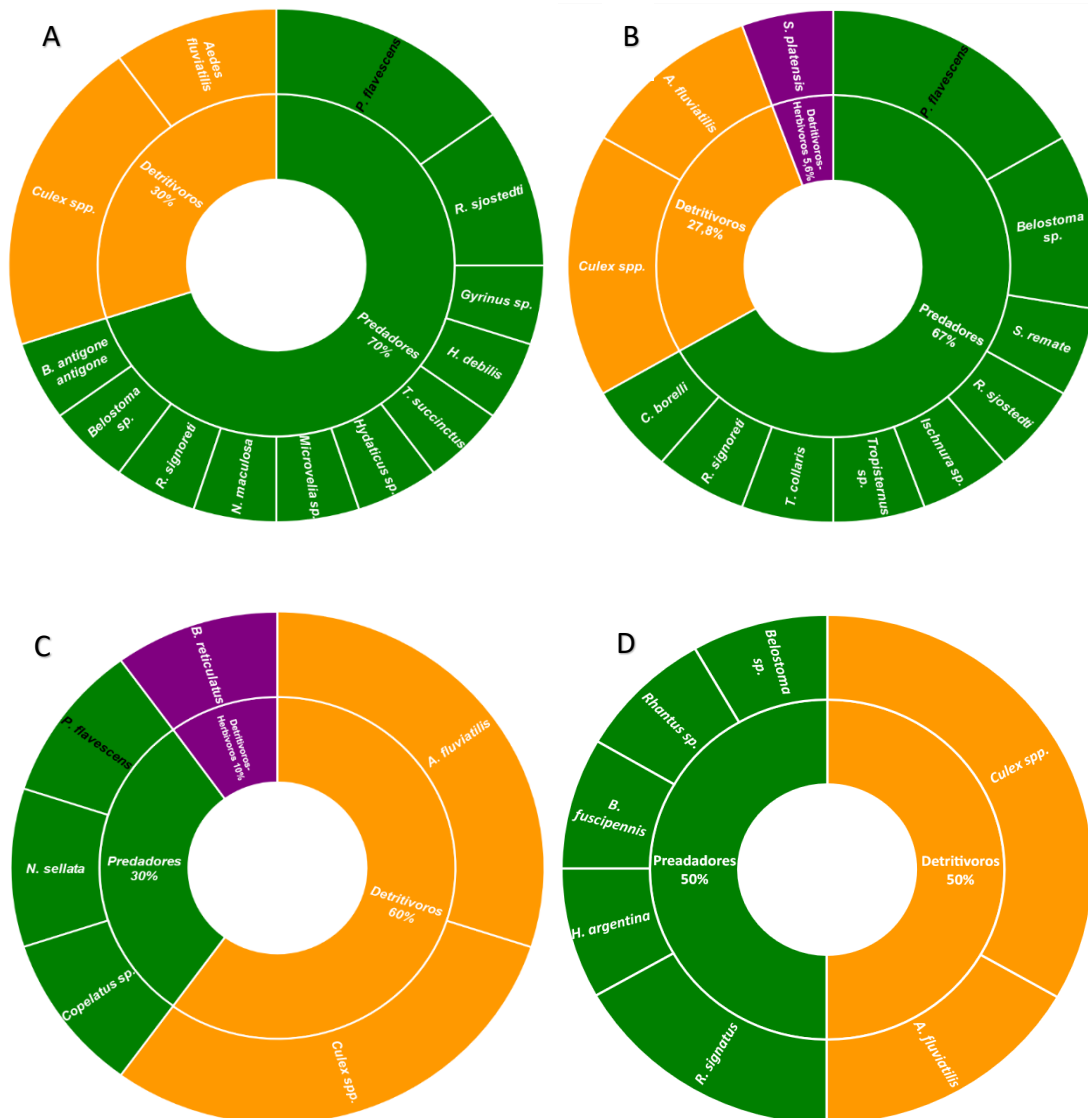
Las piletas donde la perturbación antrópica fue nula (no recibieron mantenimiento) durante las tres estaciones evaluadas y el nivel de agua se encontraba aproximadamente en su máxima capacidad registraron 13 especies, la más frecuente entre predadores fue *P. flavescens* (figura 4.10 A). Las especies detritívoras resultaron menos representadas (dos), mientras que las larvas de mosquitos del género *Culex* fueron las más frecuentes.

En las piletas con agua por debajo de la mitad de su capacidad (figura 4.10 B), se registraron 12 especies de insectos, con mayoría de predadores (nueve) donde *P. flavescens* fue el más presente. Entre los dos taxones detritívoros el género *Culex* fue el más registrado y *Sigara platensis* la única especie detritívora-herbívora.

Las piletas de natación que recibieron un mantenimiento medio y contenían agua en más de la mitad de su capacidad presentaron seis especies y a diferencia de los casos anteriores, los detritívoros fueron los más frecuentes, con dos especies presentes en el 60% de las piletas relevadas (figura 4.10 C). La única especie detritívora-herbívora estuvo representada por *Berosus reticulatus*. El odonato *P. flavescens* resultó ser una de las tres especies de predadores presentes.

En las piletas con agua por debajo de la mitad de su capacidad (figura 4.10 D) las siete especies registradas resultaron distribuidas con igual frecuencia de predadores y detritívoros. *Culex* fue el género con mayor representación.



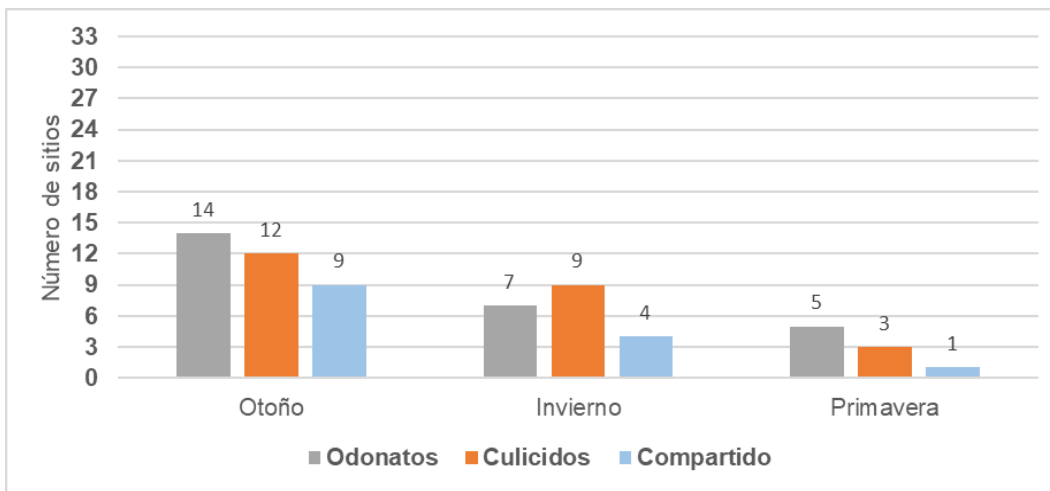


**4.10.** Porcentaje de especies y tipos funcionales en piletas con mosquitos, con mantenimiento nulo (A. Llenas; B. parcialmente llenas) y mantenimiento medio (C. Llenas; D. parcialmente llenas) -Verde: predadores, violeta: detritívoros-herbívoros y naranja: detritívoros

### 4.3 Odonatos en piletas de natación (criaderos artificiales)

En la zona de estudio se estimaron 200 piletas por km<sup>2</sup> (aproximadamente). Las larvas de *P. flavescens* resultaron las más abundantes representando el 43% del total de insectos colectados. De las 33 piletas evaluadas (nueve pequeñas, 14 mediana y 10 grandes) por estación se hallaron odonatos de la especie *P. flavescens* en: otoño 42,44% (329 larvas), invierno 18,18% (166) y primavera 15,15% (109). Solo en una piletta de natación y en invierno se colectó a *Ischnura* sp.

De las 604 larvas de *P. flavescens* capturadas, casi el 50% (285) compartía criadero con dípteros. El número de criaderos compartidos con mosquitos disminuyó progresivamente. En otoño los criaderos compartidos representaban al 31,03%, en invierno al 14,81% y en primavera al 3,70% (figura 4.11).



**Figura 4.11.** Sitios con odonatos y culícidos presentes por estación. (piletas halladas sin agua: 4cuatro en otoño, seis en invierno y cinco en primavera).

La presencia de odonatos y de culícidos en las piletas estudiadas disminuyó significativamente ( $H=5,82$ ;  $p_{\text{value}} < 0,05$ ) desde el otoño hasta la primavera.

De los dípteros capturados, el género *Culex* fue registrado con mayor frecuencia (30,30% del total de las piletas analizadas), seguido por *Aedes* (7,07%). Se registraron un total de 299 larvas de mosquitos de IV estadio, 34,78% (104) correspondió a *Cx. quinquefasciatus*,

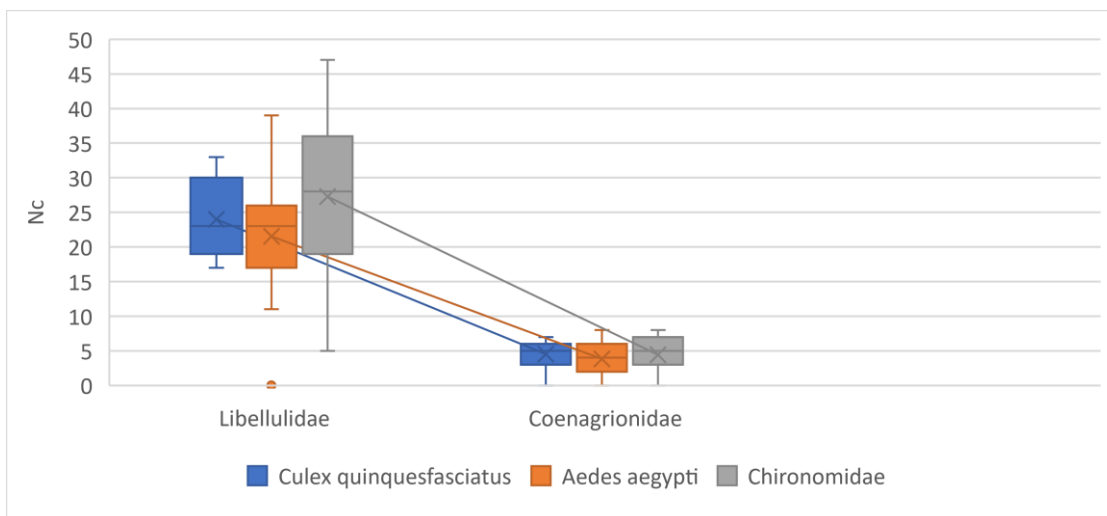
29,43% (88) a *Ae. fluviatilis* y 13,71% (41) a *Cx. coronator*. Un 22,07% (66) se registró como *Culex sp.*, ya que no fue posible determinar la especie.

Para este estudio, se observó durante el otoño y el invierno una mayor abundancia de *P. flavescens* en las zonas periféricas (mantenimiento nulo). La abundancia de culícidos siguió un patrón contrario, siendo más abundantes en piletas urbanas.

## 4.4 Actividad predatoria en estudios de laboratorio

### Libellulidae y Coenagrionidae

En los seis ensayos con 11 repeticiones el consumo máximo en libelúlidos fue de 43 larvas del IV estadio de *Cx. quinquefasciatus*, 39 larvas del IV estadio de *Ae. aegypti* y 47 de Chironomidae. En Coenagrionidae el consumo máximo fue de 12 larvas del IV estadio de *Cx. quinquefasciatus*, 12 larvas del IV estadio de *Ae. aegypti* y 14 de Chironomidae (figura 4.11). En la tabla 4.5 se observan los porcentajes de predación de cada grupo.



**Figura 4.11.** Larvas de *Cx. quinquefasciatus*, *Ae. aegypti* y Chironomidae consumidas (Nc: Número consumido) en 24 h por familia de odonato.

**Tabla 4.5.** Porcentaje de larvas de dípteros consumidas por parte de Libellulidae y Coenagrionidae.

	<i>Libellulidae</i>	<i>Coenagrionidae</i>
<i>Culex quinquefasciatus</i>	48%	9,09%
<i>Aedes aegypti</i>	43,09%	7,63%
<i>Chironomidae</i>	54,54%	8,91%

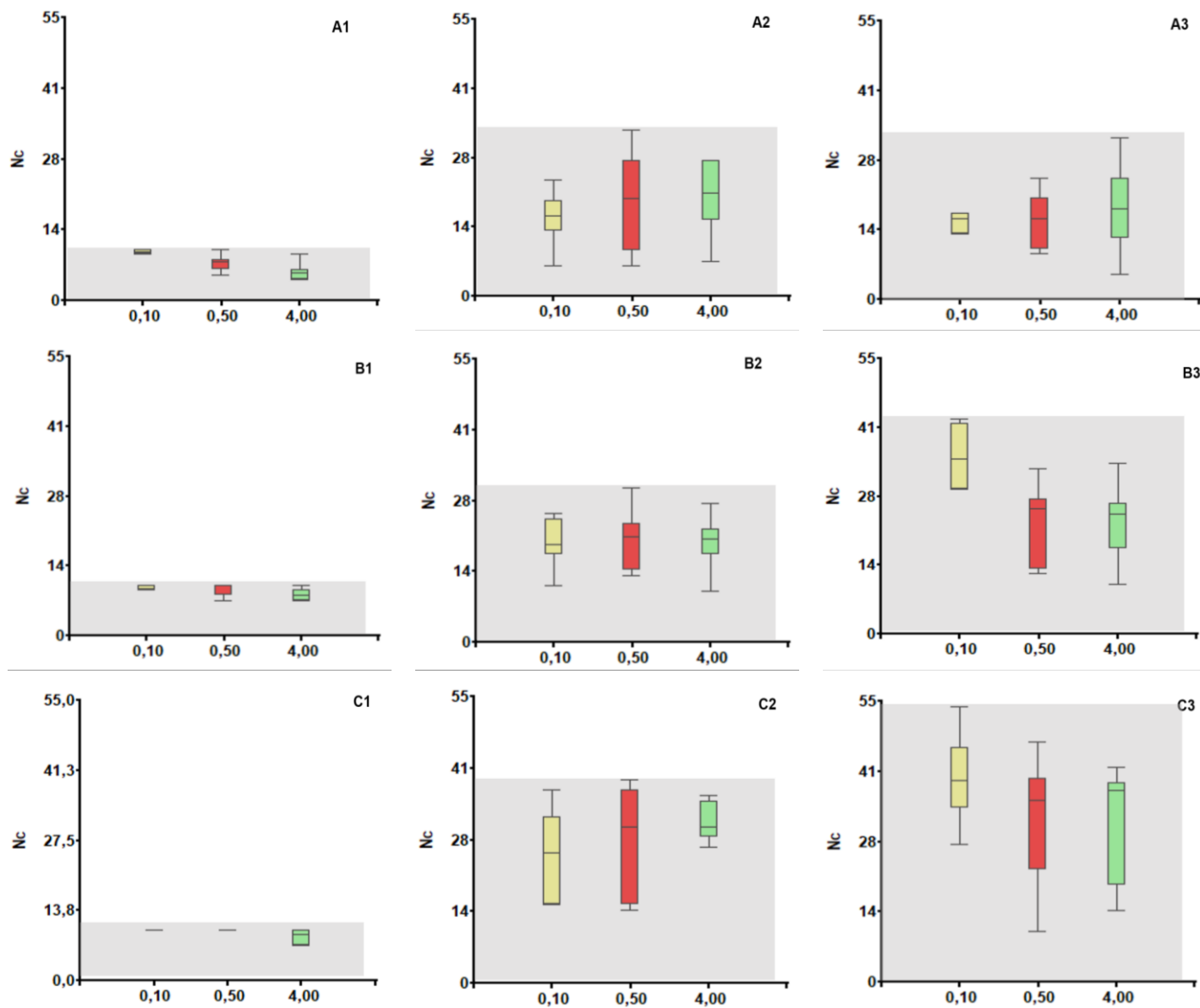
El consumo se vio más afectado por el factor predador (Tabla 4.6) que por el factor presa o por la combinación de ambas (test de Scheirer-Ray-Hare). El valor de H para predador también fue marcadamente superior a los factores presa y la combinación predador-presa (Hpredador: 41,03; Hpresa: 0,40; Hpredador-presa: 0,09).

**Tabla 4.6.** Análisis de Varianza test Scheirer-Ray-Hare para el análisis de consumo por parte de dos familias de predadores odonatos.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Predador	15121,2	1	15121,2	108,18	0,0000
Presa	298,091	2	149,045	1,07	0,3507
Predador-presa	68,2727	2	34,1364	0,24	0,7841
RESIDUOS	8386,91	60	139,782		
TOTAL (CORREGIDO)	23874,5	65			

### ***Pantala flavescens* como predador de *Culex quinquefasciatus***

Al exponer el número de presas (10, 50 y 200) frente a un depredador en situaciones de tres categorías de recipientes (0,1, 0,5 y 4 litros) y a tiempos variables (0,5, 3 y 24 horas) realizados bajo condiciones artificiales los resultados de 27 ensayos con 8 repeticiones y 216 exposiciones a predadores se muestran en la figura 4.12.



**Figura 4.12.** Rendimientos de presas consumidas para 0,5, 3 y 24 horas (A, B y C respectivamente) para densidades de 10, 500 y 200 larvas de presas (1, 2 y 3 respectivamente). En el eje x se observan las tres categorías de recipientes 0,1 en amarillo, 0,5 en rojo y 4 litros en verde de capacidad. En el eje y se observa el número de presas consumidas (Nc).

Con oferta de presas baja en tiempo muy limitado la eficiencia de captura resultó menor cuando el tamaño de la arena fue mayor. Cuando el tiempo y la densidad de presas fueron limitados (figura 4.12 A1) la mediana disminuyó a medida que aumentó el tamaño del

recipiente. En las condiciones que requirieron un máximo esfuerzo del predador, con escaso tiempo y presas, la efectividad bajó considerablemente de un 95 a 55%. Cuando el tiempo aumentó a 3 horas (figura 4.12 B1) en más del 50% de los ensayos con recipiente pequeños y medianos el consumo fue el del total de las larvas ofrecidas. Y en 24 horas (figura 4.12 C1), la cantidad de presas resultó menor al valor de saturación, ya que en todos los casos se consumió casi el total de las presas ofrecidas.

En los experimentos donde la oferta de presas se incrementó a 50 ejemplares y el tiempo se mantuvo limitado (30 minutos, figura 4.12 A2), la cantidad de larvas consumidas aumentó a 16-20,5 según el volumen de la arena. Para la misma oferta, pero tiempos de exposición de 3 horas (figura 4.12 B2) el consumo observado no demostró grandes variaciones: 19-20,5 para los distintos volúmenes de arenas. En las exposiciones de 24 horas (figura 4.12 C2) el predador consumió más de la mitad de las presas ofrecidas.

En los experimentos donde la oferta de presas aumentó a 200 (figura 4.12 C), la mediana de consumo permaneció entre 16-18 para las tres capacidades de recipientes y exposiciones de 30 minutos. Cuando el tiempo aumentó a 3 horas, las medianas disminuyeron con el incremento de la capacidad de la arena. En exposiciones de 24 horas se registró el mayor consumo (39,5 larvas en más del 50% de los ensayos).

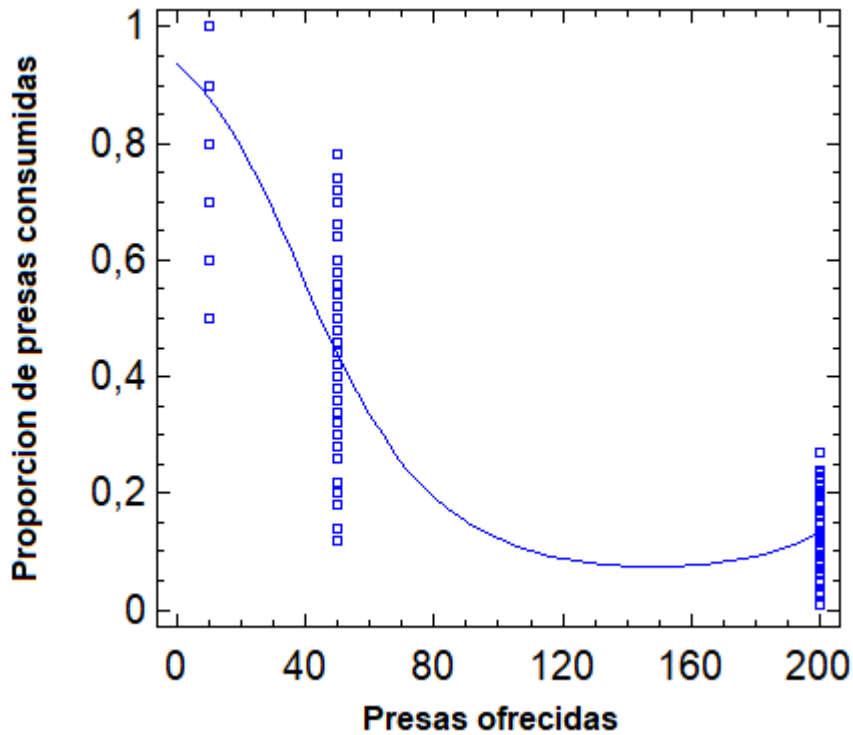
En los recipientes más pequeños donde las densidades fueron elevadas, los *P. flavescens* saciados del hambre, mataban sin consumir a un extra de un 6,5% (promedio) de presas.

## **Respuesta funcional**

La proporción de presas consumidas en función de la densidad inicial, mostró a través de un análisis de regresión logística un parámetro lineal (P1) significativamente negativo (tabla 4.7), indicando una curva comparable a la respuesta funcional tipo II (figura 4.13).

**Tabla 4.7.** Parámetros estimados para determinar el tipo de respuesta funcional de la figura 4.13.

Parámetro	Estimado	Error Estándar	Valor-P
CONSTANTE	0,996513	0,0239925	0,0000
X	-0,0135999	0,000841009	0,0000
X <sup>2</sup>	0,0000463783	0,000003759	0,0000

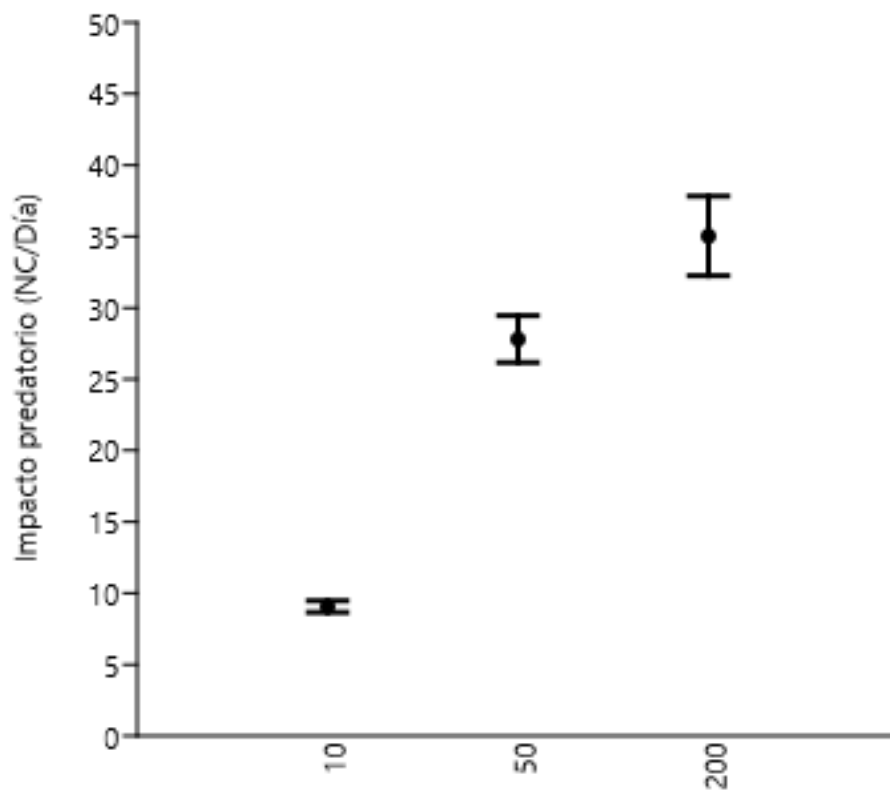


**Figura 4.13.** Proporción observada de larvas de *Cx. quinquefasciatus* en el estadio IV consumidas trazadas contra la densidad de presa inicial para el depredador *P. flavescens*.

### Impacto predatorio

El impacto predatorio de *P. flavescens* osciló entre 8,5 y 9,9 larvas/día (No=10), 24,9 y 30,6 larvas/día (No=50) y 32 y 40,6 larvas/día (No=200) (figura 4.14).





**Figura 4.14.** Impacto predadorio de *P. flavescens* a distintas densidades de presa (*Cx. quinquefasciatus*) en 24 horas.

## 4.5 Análisis de dieta

### Análisis de contenido estomacal y heces

Se realizaron 112 análisis de contenido estomacal a través de disecciones de larvas del suborden Anisoptera, familia Libellulidae. Transcurridos 30 minutos desde la ingestión de la última larva se identificaron los sifones y cápsulas cefálicas de *Cx. quinquefasciatus*. A partir de las 3 horas la mayor parte de lo ingerido ya se encontró entre el intestino medio y posterior, donde el material identificable era similar al encontrado en pellets fecales. Las piezas más frecuentemente encontradas en el tracto digestivo de los odonatos predadores de mosquitos fueron: sifones, segmento abdominal X y piezas cefálicas (figura 4.15).

Después de transcurridos 30 minutos de la ingestión, se observó que el estomodeo se agranda para almacenar la comida (figura 4.15 A). Cuando se realizó la disección antes de los 30 minutos, las larvas de mosquito se mantuvieron intactas (figura 4.15 B) y a las 3 horas quedaron solamente las partes queratinizadas (figura 4.15 C).

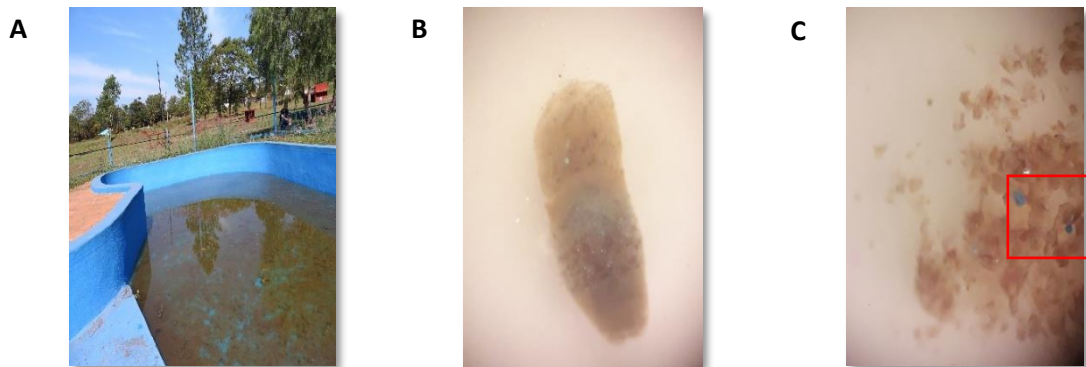
**B**

**C**



**Figura 4.15** A. Estomodeo de larva de libelúlido- B. Larva de mosquito y C. cápsula cefálica de larva de mosquito extraída del tubo digestivo de larva de libelúlido.

Se obtuvieron muestras de materia fecal (pellet) de 103 larvas de odonatos (figura 4.16 A) colectadas en piletas de natación en las que también estaban presentes larvas de mosquitos. En 40 (38,8%) se hallaron restos identificables de mosquitos (figura 4.16 C, sifones y segmentos X del abdomen), en 15 (14,6%) restos de otros odonatos (prementones y mandíbulas), en 9 (8%) se hallaron cabezas de dípteros, posiblemente de la familia Chironomidae y en el resto (39 - 37,8%) no fue posible identificar piezas por su reducido tamaño. Se encontraron restos de cladóceros. En algunas ocasiones se hallaron restos de pintura (figura 4.16 B y C).

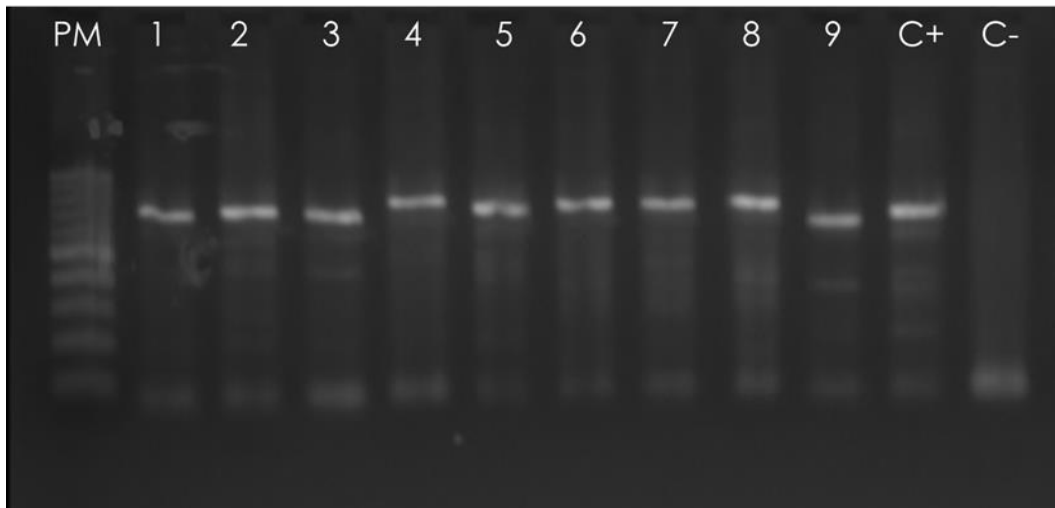


**Figura 4.16.** A. Pileta de natación donde fue extraído el odonato, B. Pellet fecal y C. Disgregado con mancha de pintura de la pared de la pileta de natación.

## Código de barras genético

El protocolo de extracción utilizado pudo ser ajustado para obtener ADN de *Cx. quinquefasciatus* semidigerido del tracto de las larvas de odonatos predadores.

Se realizaron 40 siembras de ADN con el producto de amplificación de PCR, 32 mostraron bandas (figura 4.17).



**Figura 4.17.** Revelado producto de PCR en gel de agarosa al 2%. Las bandas observadas rondan lo esperado (aproximadamente 600 pb). Las bandas difusas observadas en el extremo inferior en algunos carriles podrían corresponder a fallas en la temperatura del ciclado.

Para calcular la especificidad del cebador se confeccionó una tabla de contingencia (Tabla 4.8) a partir de las amplificaciones del contenido estomacal de 40 individuos de *P. flavescens* alimentados con larvas de *Cx. quinquefasciatus* y 22 individuos de *P. flavescens* alimentados con larvas de Chironomidae.

**Tabla 4.8.** Especificidad y sensibilidad de los cebadores utilizados (VP: verdadero positivo, FP: falso positivo, VN: verdadero negativo, FN: falso negativo)

<b>Material biológico analizado</b>	<b>Positivo</b>	<b>Negativo</b>
<i>P. flavescens-Cx</i>	32(VP)	8(FN)
<i>quinquefasciatus</i>		
<i>P. flavescens- Chironomidae</i>	0 (FP)	22(VN)

Sensibilidad=32/ (32+8) = 0,8; Especificidad=22/ (22+0) =1

Se obtuvo un 80% de sensibilidad y un 100% de especificidad para los cebadores utilizados: una como presa blanco (*Cx. quinquefasciatus*) y otra alternativa (*Chironomidae*).

## Capítulo 5: Discusión

### Registros de la odonatofauna

Las etapas acuáticas de los insectos urbanos han sido menos estudiadas que las terrestres, a pesar del alto grado de vulnerabilidad que presentan frente a las presiones antrópicas (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11). Los paisajes urbanos fragmentados sin cubierta vegetal y escasos ambientes acuáticos pueden dificultar la dispersión de los odonatos adultos, limitando así la conectividad entre sitios favorables necesarios para su éxito reproductivo (11, 12, 13).

La mayor parte de este estudio se llevó a cabo en el departamento Capital, donde se encuentran los principales centros urbanos de la provincia de Misiones. El avance de la urbanización genera una disminución de la favorabilidad ambiental que afecta la proliferación y la dispersión de los insectos. Los arroyos y cuerpos de agua son abundantes en la zona de estudio, no obstante, las obras públicas avanzan en la alteración de los espacios naturales, reduciendo la oferta de sitios de cría para muchos insectos, entre los que se encuentran los odonatos.

Se registraron ocho especies capaces de utilizar cuerpos de agua de la ciudad para completar el ciclo. Cuatro en arroyos (*Acanthagrion aepiolum*, *Acanthagrion sp.*, *Erythrodiplax atroterminata* y *Macrothemis imitans*) y cuatro en canales de drenaje (*Argentagrion ambiguum*, *Erythrodiplax sp.*, *Micrathyria sp.* y *Zenithoptera lanei*). La única excepción fue *Z. lanei*, que se encontraba en un microambiente silvestre/periurbano entre pastizales. Esta especie no contaba con registro en el sur de la provincia y no se colectaba en el país desde hace 40 años [14]. La última cita en el país se registró en el la Selva Paranaense (Parque Nacional Iguazú, [15]) y un estadio larval en charcos ubicados en pastizales fuera de la zona urbana de Brasil [14]. La predominancia de larvas colectadas de la familia Libellulidae (sección 4.1) podría relacionarse a los bajos requerimientos en la selección del sitio de cría, posible causa que explicaría su presencia en ambientes urbanos contaminados [16].

Las larvas colectadas en Selva Paranaense fueron identificadas hasta nivel de familia, debido a que la mortalidad fue del 100%, posiblemente porque el método de transporte

seleccionado (en frascos con agua) no fue el adecuado para distancias mayores a las recorridas en Campos y Malezales (por la cercanía al lugar donde se llevó a cabo la cría).

El relevamiento de adultos de Odonata también se realizó predominantemente en la zona sur de Misiones. Libellulidae es la familia de odonatos con mayor diversidad a nivel mundial, con alrededor de 1316 especies [17], por lo que no resulta extraño que en ambas ecorregiones sea la que registra mayor número de especies colectadas (53,33% en Selva Paranaense y 65,85% en Campos y Malezales). Coenagrionidae es la segunda familia con mayor diversidad a nivel mundial con 1267 especies [17], y en Campos y Malezales representó al 26,83% del total de especies, mientras que en Selva Paranaense al 16,67%.

Todas las especies comunes entre ecorregiones (13 especies de las familias Libellulidae, Coenagrionidae y Calopterygidae) corresponden a taxones de amplia distribución en el Neotrópico. Las familias encontradas son cosmopolitas, salvo Heteragrionidae que se limita a áreas tropicales.

De las familias capturadas del suborden Anisoptera, los de mayor tamaño son los Aeshnidae. De los géneros registrados, *Gynacantha* es el que mayor amplitud de tamaño corporal registra, desde pequeño hasta grandes (5,5 a 9 cm), los demás tienden a ser grandes [18]. *Limnetron* es el que menor distribución presenta, con parches dispersos entre Perú, Brasil, Paraguay y Argentina dentro del continente americano [18]. *Castoraeschna*, *Coryphaeschna* y *Gynacantha* se distribuyen en gran parte de la zona sur del continente, sobre todo en la región Neotropical. Por su gran capacidad de vuelo, suelen encontrarse alejadas de los cuerpos de agua y cuando se posan, eligen sitios elevados en árboles o arbustos [18]. Los géneros *Gomphoides* y *Progomphus* de la familia Gomphidae oscilan entre tamaños medianos y grandes y su distribución en Sudamérica es amplia [18]. La familia Libellulidae, con 17 géneros registrados, esta mayormente representada por tamaños de pequeño a mediano. *Erythrodiplax* es uno de los géneros con mayor distribución en el continente, posiblemente debido a que cuenta con más de 50 especies registradas en América, 22 en Argentina y como mínimo 10 en este trabajo. *Pantala* es otro de los géneros, que junto con *Erythrodiplax* e *Ischnura* tienen una distribución amplia en el continente y el mundo, sin embargo, a diferencia de estos cuenta con dos especies, siendo *P. flavescens* la más representada [18].

De los especímenes capturados del suborden Zygoptera, la familia Heteragrionidae fue representada por adultos del género *Heteragrion*, de tamaño mediano a grande y presentan

una distribución que abarca desde México hasta Argentina [19]. En el caso de la familia Calopterygidae, los adultos de *Mnesarete* y *Hetaerina* suelen ser grandes y se encuentran en gran parte del territorio sudamericano. La familia Coenagrionidae es la más diversa entre los zygópteros, con representantes de muy variados tamaños y colores en todo tipo de ambientes acuáticos [19]. Los géneros *Acanthagrion*, *Argentagrion*, *Argia*, *Ischnura*, *Oxyagrion*, *Peristicta* y *Telebasis* encontrados son de tamaño pequeño a mediano. Los zigópteros del género *Ischnura* son los que mayor distribución tienen en el continente americano y el género *Oxyagrion* se distribuye hasta el sur de Argentina [19].

*Castoraeschna januarina*, *Limnetron antarcticum*, *Gomphoides praevia*, *Erythrodiplax latimaculata*, *Heteragrion aurantiacum* y *Zenithoptera lanei*, corresponden a especies citadas para Argentina, con distribución limitada a la provincia de Misiones [20].

Considerando que tres de los cuatro sitios de trabajo en la ecorregión de Campos y Malezales se encuentran cercanos o inmersos en ciudades, y el restante está rodeado por sitios de explotación antrópica (cultivos, plantaciones de pino, etc.) permitió generar información sobre la distribución de las especies en relación con el avance de la urbanización. De las 94 especies descritas para la región [20], en las áreas urbanas y periurbanas evaluadas en este trabajo se han registrado por lo menos 33 (considerando ocho morfotipos el número asciende a 41), correspondiendo al 36,3-44,6% esperado. Las especies registradas son en general aquellas conocidas por ser sinantrópicas. En los tres años de muestreo no se observó variación en la riqueza específica (tabla 4.1.1), por lo cual se podría inferir que la frecuencia de muestreo fue representativa de la comunidad presente. La heterogeneidad entre los puntos urbanos de muestreos podría haber limitado la captura de más especies. Sin embargo, lo más probable es que aquellas especies no capturadas presenten preferencias por las características del paisaje silvestre. Entre los adultos colectados predominaron los libelúlidos, de los géneros *Erythemis*, *Erythrodiplax*, *Miathyria*, *Micrathyria*, *Orthemis* y *Perithemis*, conocidos por ser oportunistas [21]. La alteración del hábitat puede provocar un incremento inicial de la riqueza de especies, con mayor presencia de colonizadoras euritópicas comunes [22]. Aunque existen muchas especies tolerantes dentro de Libellulidae y sensibles en familias como Gomphidae [16], está demostrado que el tipo de respuesta a los factores estresantes depende de cada especie en particular [23].



Es común encontrar especies tolerantes a los efectos antrópicos en las ciudades [24]. Se ha observado que los invertebrados adaptados a la urbanización tienden a tener respuestas conductuales más riesgosas [25] como los exhibidos por los vertebrados (p. ej., gorriones,[26]). Los odonatos adultos también pueden aprovechar las zonas urbanas, donde la perturbación es frecuente, aunque también corren un mayor riesgo de predación [23]. En la ciudad de Posadas es frecuente observar enjambres de dípteros siendo capturados por odonatos (observación personal). Determinados microambientes urbanos favorecen la concentración de alimento disponible y a su vez sirven de “trampas” para los odonatos, llevando a que seleccionen sitios de menor calidad en lugar de los lugares óptimos para descansar, alimentarse y reproducirse [27, 28, 29]. La actividad humana también produce una gama de superficies que reflejan la luz polarizada a una extensión igual o mayor que el agua [30]. Dado que los odonatos utilizan luz polarizada como señal para la selección del sitio de oviposición, tales superficies representan importantes trampas ecológicas [8]. *P. flavescens* ha sido encontrada en playas de estacionamiento vehicular intentando ovipositar sobre la superficie de los autos, posiblemente debido a que la reflectancia de los coches imita el patrón de reflejo de luz de los estanques, lo que representa una importante pérdida de energía [31]. Estos comportamientos a bajas densidades poblacionales podrían producir una disminución mayor de la población y eventualmente, la extinción [32, 33].

En contraposición con la baja oferta de sitios óptimos para el desarrollo de odonatos en los sitios de Campos y Malezales, en la Selva Paranaense la extensa cubierta vegetal y los cuerpos de agua protegidos permiten el desarrollo de especies que no se encuentran en la ciudad (Tabla 4.1.2). Se encontraron representantes de grupos que suelen habitar ambientes poco degradados como Gomphidae, Aeshnidae y Heteragrionidae tanto en estadio adulto como larval (tabla 4.1.1 y tabla 4.1.2 respectivamente). La selva Paranaense es una región a considerar para la conservación a nivel global debido a su alta biodiversidad, número de especies endémicas y grado de amenaza de extinción de taxones [34]. Los estudios basados en imágenes satelitales sugieren que existe un potencial de conservación vegetal en la provincia de Misiones, en comparación con la antigua formación forestal que cubre grandes áreas en los países limítrofes con características similares, como Brasil [35].

Las ecorregiones de Misiones se diferencian, entre otras cosas, por la superficie protegida que presenta cada una de ellas. Mientras que casi el 50% de la superficie de Selva

Paranaense está bajo alguna categoría de conservación, en la ecorregión de Campos y Malezales, solo un 1,37% de su superficie corresponde a áreas protegidas [36].

A pesar de las marcadas diferencias en cuanto a urbanización, vegetación y perturbaciones, la búsqueda de odonatos en ambas ecorregiones mostró que la riqueza del orden es representativa de lo esperado para la región. Por lo que, en condiciones propicias para la cría, diversas especies de Odonata podrían colonizar potenciales criaderos de culícidos. Así estarían ejerciendo la función de control, ya sea por predación o por limitar los espacios de cría de los dípteros.

### **Caracterización de criaderos**

La presencia de mosquitos en piletas de natación está estrechamente relacionada con el mantenimiento deficiente o nulo de las piscinas [37, 38, 39, 40]. Sin embargo, en este trabajo se ha registrado que en las piletas con mantenimiento nulo la presencia de mosquitos fue menor que en las que tenían un mantenimiento medio. El nivel de perturbación producido por los cambios químicos o físicos en el agua de las piletas con mantenimiento medio podría estar liberando de la presión de los predadores a los mosquitos que colonizan estos espacios. Mientras que, en las piletas con mantenimiento alto, los cuidados (perturbaciones) son tan frecuentes que no permiten el asentamiento de organismos.

Los criaderos muy perturbados y sin vegetación dejan limitada la diversidad a las especies tolerantes. Entre los odonatos, *P. flavescens*, caracterizada como pionera, de tamaño mediano a grande, puede explotar los recursos disponibles en este tipo de criaderos como predadores tope [41] con baja competencia interespecífica. La ausencia de otras especies de Odonata, puede deberse en parte a que solo podrían colonizar estos ambientes aquellas especies que no dependan de la vegetación para identificar el sitio propicio para oviponer. Por otro lado, en el orden Odonata existe una amplia variación en cuanto a la duración del tiempo de desarrollo (de pocos a muchos meses) que depende de la disponibilidad de alimento y la temperatura, afectando la capacidad de aprovechar la temporada de desuso de estos sitios. *P. flavescens* es capaz de aprovechar en el año dos o tres veces las piletas de natación con poca intervención humana. En Japón se demostró que *Sympetrum*

*striolatum imitoides* (Anisoptera: Libellulidae) fue capaz de ajustar sus tiempos de desarrollo (de los ambientes silvestres) a los tiempos de desuso de las piletas de natación [42, 43].

Así cómo es posible encontrarlas en ciudades, las larvas de odonato en general habitan todo tipo de ambientes dulceacuícolas. Estudios en Argentina sobre *P. flavescens* registraron adultos únicamente en ambientes asinatópicos [9], mientras que en larvas se ha observado tanto en sitios artificiales periféricos como urbanos [44]. Esta es una de las especies de Odonata mejor adaptadas a medios lenticos y aguas temporales [45], se las puede encontrar microambientes diversos como ríos, lagos, huecos de árboles [46] así como también en ambientes antropizados como cubiertas de vehículos, tanques de aceite o de riego, entre otros [47, 48]. En este trabajo fue la especie predominante, hallada en las piletas de natación en todas las estaciones (otoño, invierno y primavera), incluso en aquellas en las que las perturbaciones antrópicas ocurrían ocasionalmente (mantenimiento medio). Son diversas las características que pueden relacionarse al éxito de *P. flavescens*. Como especie pionera, puede colonizar charcos efímeros, o recientemente formados, pueden ser frecuentes donde faltan macrófitos acuáticos [49]. Además, *P. flavescens* suele tener alta fertilidad, cercana al 100% [50] y baja mortalidad durante la emergencia del adulto (1% o menos [51]). Entre los artrópodos terrestres, los adultos de esta especie de odonato presentan extensos rangos migratorios, más grande que cualquier insecto conocido. Tiene la capacidad de migrar a través de los océanos que hay altas tasas de flujo de genes entre poblaciones geográficamente distantes [52].

Tanto mosquitos como odonatos pueden utilizar las piletas de natación como criadero. Estos criaderos artificiales proveen un hábitat de utilidad para los insectos [53]. Entre los órdenes acuáticos de Insecta que se pueden encontrar están los estadios inmaduros de Diptera y Odonata, además de estadios inmaduros y/o adultos de Coleoptera y Hemíptera, entre otros. La coexistencia, supone que cuando la densidad de las presas es baja, los predadores no los detectan (respuesta funcional tipo II). Se hallaron evidencias cualitativas de la predación a través del estudio de la materia fecal (sección 4.5).

La efectividad del control de vectores está condicionada a la calidad del ambiente. En los ecosistemas donde la calidad es alta, el control biológico se da naturalmente. Muchos ecosistemas son entornos desfavorables para los enemigos naturales de culícidos debido a los altos niveles de perturbación. El manejo del hábitat, una forma de control aplicado en conservación, es un enfoque de base ecológica que tiene como objetivo favorecer a los enemigos naturales [54]. Las experiencias de campo en las piletas de natación, mostraron

que los odonatos (*P. flavescens*) coexisten con mosquitos (sección 4.2, 4.3 y 4.5) y que estos son parte de su dieta. Las condiciones resultaron propicias para el control vectorial cuando el mantenimiento fue nulo (perturbación mínima), lo que resultó en una disminución de mosquitos. La influencia de las perturbaciones causadas por la actividad antrópica se vio reflejada en la composición de la comunidad de insectos. Las comunidades registradas en las piletas de natación (sección 4.2) representan un ejemplo de control vectorial natural, donde la oferta de predadores en muchos casos superaba al número de especies presa. La probabilidad de un control biológico exitoso depende de que el predador ocupe la misma posición que las larvas de mosquitos en el sistema acuático [55], para asegurar una mayor tasa de encuentro. En las piletas con mantenimiento nulo, se encontraron insectos predadores que ocupan distintas posiciones en la columna de agua: buceadores (Hydrophilidae, Dytiscidae), reptadores-trepadores (Libellulidae, Belostomatidae, Pleidae, Notonectidae, Nepidae) y de superficie (Gyrinidae, Gerridae, Velidae, Hydrometidae) (Figura 4.2.2).

El hecho de haber hallado en las piletas de natación solamente adultos de la mayoría de los hemípteros y coleópteros daría a entender que dichos taxones no usan a estos ambientes acuáticos como recurso para la cría, sino para otras actividades, como por ejemplo fuente de alimento. Entre los hemípteros colectados, casi todos son predadores. La excepción a la regla fue *Sigara platensis*, una especie ubicuista, activa colonizadora de cuerpos de agua nuevos, con preferencia por los de pequeño tamaño, y característica de ambientes temporarios con vegetación escasa o nula, pudiendo considerarse una especie pionera en estos ambientes [56]. La mayor parte de los hemípteros y coleópteros acuáticos requieren de plantas como sustrato para oviponer [57]. Entre 30 y 40% de los géneros hallados en piletas coinciden con los taxones registrados en charcos temporarios de Buenos Aires, mientras que a nivel de especies se mencionan a *Rhantus signatus*, *Thermonectus succinctus*, *Tropisternus lateralis*, *Sigara platensis*, *Hydrometra argentina*, *Ranatra sjostedti*, *Buenoa fuscipennis*, *Notonecta sellata* y *Neoplea maculosa* [58, 59]. Los charcos temporarios son ambientes que experimentan períodos de sequía recurrentes que pueden diferir en su duración [60]. La existencia de insectos en estos ambientes requiere que sobrevivan a períodos de sequía *in situ*, que migren a otros ambientes acuáticos, o recolonizen luego de la extinción [61, 62]. La gran densidad de ambientes acuáticos artificiales (piletas de natación) ubicadas en los entornos urbanos representa una gran oferta de criaderos para las distintas especies de insectos mientras que los ambientes

acuáticos ubicados en los entornos periféricos suelen hallarse en menor densidad por lo cual representan sitios de mayor concentración de insectos.

La abundancia de los hemípteros y coleópteros no presenta un patrón evidente sostenido, donde se puedan observar diferencias entre los sitios urbanos y periféricos a lo largo de la temporada disponible para la cría (de otoño a primavera en piletas). Por ejemplo, la mayoría de los géneros de Coleoptera estuvieron ausentes en otoño, fueron abundantes en sitios urbanos en invierno y estuvieron más representados en sitios periféricos en primavera. Los odonatos presentaron mayor número de individuos en sitios periféricos en otoño, invierno y primavera. Los dípteros del género *Culex* fueron más abundantes en sitios urbanos en otoño y en invierno, en primavera se encontraron en igual proporción en ambas categorías de sitios. La dinámica de *Ae. fluviatilis* fue más oscilante, presentándose en mayor número en sitios periféricos en otoño, ausentándose completamente en invierno y registrándose en proporciones iguales que en sitios urbanos en primavera.

Las perturbaciones son eventos que regulan la estructura de la comunidad. Los métodos de mantenimiento del agua para el uso recreativo son perturbaciones antrópicas que impactan en distintos grados de acuerdo a los métodos utilizados. Los insectos de los órdenes Odonata, Coleoptera y Hemiptera fueron más frecuentes en las piletas sin intervención antrópica (presentes en 22, 31 y 37 piletas respectivamente). En cambio, los dípteros fueron más frecuentes en las piletas con intervención antrópica.

Las comunidades de mantenimiento nulo están sometidas a las perturbaciones del ambiente, como por ejemplo aumento de la materia orgánica por las hojas que puedan acumular o fluctuaciones en el nivel de agua por las precipitaciones, cuyo impacto se puede asumir como gradual. En comparación con las piletas con intervención antrópica, en las piletas con mantenimiento nulo tienen pocas perturbaciones. La alteración de la química del agua por la aplicación regular o irregular de productos de mantenimiento (cloro, alguicidas, etc.) así como también el filtro de agua, impactan en la diversidad de las comunidades.

En las piletas donde el mantenimiento fue nulo, el porcentaje de presencia de mosquitos se conservó cercano al 30%, con una mayoría cercana al 70% de predadores. En las piletas donde el mantenimiento fue medio, es decir, donde las perturbaciones aumentaban en periodicidad o intensidad, los mosquitos superaron o igualaron al grupo predador. Los mosquitos tienen una gran capacidad de colonización, y en el caso de las especies

encontradas (*Cx. coronator*, *Cx. quinquefasciatus* y *Ae. fluviatilis*), bajos requerimientos para elegir un criadero por ser sinantrópicas. Los mosquitos en las piletas de natación, podrían reflejar la ocurrencia de perturbaciones que producen la extinción de los demás insectos, que necesitan más tiempo para volver a recolonizar estos espacios.

El avance de la urbanización plantea nuevos escenarios para los insectos [63]. El registro de las comunidades que comparten sitios de cría con mosquitos con el potencial de considerarse plaga, sobre todo en construcciones domiciliarias, es de principal interés para constatar la regulación de estas comunidades. Entender al humano como parte de estas comunidades, conlleva a tener en cuenta el impacto que genera, es decir, su implicancia en la creación de problemas sanitarios. Las piletas de natación con nula intervención humana contaron con al menos 44 especies de insectos registradas, (Tabla 4.3), de las cuales el 60-80% fueron predadores. Los predadores ejercen una función regulatoria en la estructuración de las comunidades y en el control de las poblaciones de mosquitos en ambientes acuáticos [64].

Provisoriamente, la abundancia de *P. flavescens* en las piletas parecería, estar más relacionada a las perturbaciones sobre el ambiente acuático que al tamaño. El número de individuos disminuyó cuando el nivel de mantenimiento aumentó, las diferencias significativas se observaron entre mantenimiento alto y nulo. Cuando el mantenimiento fue nulo la presencia de *P. flavescens* se registró en las tres estaciones. Esto no ocurrió en las piletas con mantenimiento medio, donde fue disminuyendo la presencia de *P. flavescens* hasta ser nula en primavera. Y cuando el mantenimiento era alto, no se registró la presencia de larvas de Odonata.

En base a los resultados obtenidos se puede inferir que el control sobre las poblaciones de mosquitos es más fuerte cuando no existen perturbaciones y por lo tanto estos ambientes colonizados por predadores ejerciendo un fuerte control natural o cuando las perturbaciones son máximas debido a un mantenimiento alto o periódico de las piletas de natación donde directamente se registró escaso número de insectos acuáticos.

Existen miradas críticas respecto a la capacidad de control de los odonatos sobre las poblaciones de mosquitos en los ambientes acuáticos, debido a que coexisten con numerosos taxones que también ejercen un control significativo. Es por ello que la caracterización de los criaderos de odonatos en cuanto a la fauna asociada y su capacidad de control cobra importancia desde la óptica del control de vectores. La tendencia de los

odonatos a adherirse a las paredes y al fondo de recipientes grandes y profundos puede limitar su eficacia en el control de mosquitos [65]. Es probable que las larvas de *P. flavescens* observadas en nuestro estudio tengan pocos encuentros con mosquitos que respiran en la superficie debido a la profundidad y las paredes estructuralmente simples de las piletas. No obstante, las familias de otros ordenes presentan predadores en los distintos estratos de la columna de agua. En muchos casos, la presencia de predadores competidores o predadores superiores tiene implicaciones no lineales significativas para la supervivencia de las presas [66, 67].

## **Evaluación de la predación**

Los ensayos de laboratorio de predación de las dos familias más abundantes (Coenagrionidae, Zygoptera y Libellulidae, Anisoptera, sección 4.4), confirman la posibilidad de que las tasas de depredación de las larvas de anisopteros serían más altas que las de zigópteros [68, 69, 70]. La capacidad de predación de las larvas de Coenagrionidae fue significativamente inferior. Sin embargo, la resistencia al estrés y la tasa de supervivencia observada en la cría en laboratorio fue superior a Libellulidae. Teniendo en cuenta que son habitantes frecuentes en los sitios relevados, estas características permiten inferir que el rendimiento de las larvas de Coenagrionidae en su función como predadoras de culícidos se vería reflejado en tiempos de exposición a la presa prolongados. Se ha sugerido que los experimentos de tiempo variable reflejan mejor lo que sucede en la naturaleza, que aquellos experimentos de tiempo fijo [71].

Ambas familias utilizan como estrategia de captura a la emboscada donde los coenagrionidos se mostraron inmóviles durante más tiempo en su lugar de acecho mientras que los libelúlidos cambiaban de posición ocasionalmente. El tiempo de búsqueda de presa suele aumentar considerablemente cuando el predador no se moviliza para detectar a las presas. El tiempo de manipulación de la presa observado en coenagrionidos fue mayor, probablemente debido a las diferencias anatómicas (aparato bucal menos robusto). Esto es debido a que las larvas de Libellulidae son generalmente más robustas que de Coenagrionidae.

La capacidad de predación de las larvas de Odonata varía considerablemente, dependiendo de las especies y las abundancias de presas, y en experimentos de laboratorio

pueden variar desde alrededor de 15 hasta más de 100 larvas por predador por día [68, 69, 72]. Esta variación se observó entre libelúlidos, sobre todo, donde las diferencias entre el consumo máximo y mínimo registrado sobre *Cx. quinquefasciatus*, *Ae. aegypti* y Chironomidae varió entre 26 y 42 larvas (figura 4.4.1). Debido a los recaudos tomados para seleccionar solamente un morfotipo de predador por familia, es poco probable que las diferencias observadas se deban a la variedad de especies de libelúlidos.

No se realizaron experiencias directas para evaluar la preferencia por el tipo de presa. Se evaluó principalmente la tasa de consumo en relación a la capacidad de captura de cada predador, teniendo en cuenta que *Cx. quinquefasciatus*, *Ae. aegypti* y Chironomidae tienen estrategias distintas de evasión al predador. El comportamiento de las larvas de los culícidos se relaciona principalmente con sus hábitos de respiración, nutrición y con la evasión a predadores [73]. Estos comportamientos pueden ser muy variables y pueden depender de los ambientes donde crían. Las larvas de mosquitos que aprovechan como recurso a los recipientes artificiales, como las de *Ae. aegypti*, al tener una baja presión de predación, invertirán más energía en la búsqueda de alimento y en la respiración que en el desarrollo de estrategias antipredatorias [74]. Las larvas de *Ae. aegypti* se mueven activamente mediante movimientos serpentiformes muy marcados y son fotofóbicas, es decir, prefieren lugares sombreados [75] y buscan refugio en la columna de agua [76]. Las larvas de *Cx. quinquefasciatus* no presentan ftofobia y tienen mayor capacidad de escape y un mayor número de cerdas que las larvas de otras especies, lo que puede inhibir y/o dificultar la captura [77]. Las larvas de Chironomidae en general tienen baja eficiencia hidrodinámica en el nado, la mayoría construye tubos que rara vez o nunca abandonan [78], por lo que son más propensas a ser capturadas.

Entre los factores que afectan la tasa de predación de larvas de mosquitos por odonatos se puede nombrar el tipo de hábitat, la densidad de presas, el tipo de presas, la densidad de predadores, el tamaño de los predadores y la calidad del agua [70, 79, 80]. La elevada densidad de presas podría afectar de modo negativo a los predadores. El aglomeramiento puede resultar perjudicial, no permite que el predador tenga una visualización óptima por un exceso de estímulo [81]. Debido a que *P. flavescens* es una especie que detecta a la presa de manera visual [49], esto podría explicar el comportamiento observado en las experiencias realizadas en recipientes pequeños (sección 4.3), donde los predadores mataban sin consumir a la presa. Este comportamiento ha sido registrado en otros predadores del orden, que luego de saciados continúan matando a las presas [82] y en



otros predadores como los dípteros del género *Toxorhynchites*. El factor principal responsable del efecto de la mortalidad en espacios reducidos podría deberse a la mitigación de la competencia por el espacio (tanto por interferencia como por explotación) al realizar un ataque preventivo [49].

La efectividad de *P. flavescens* como predador de *Cx. quinquefasciatus* es proporcional a la tasa de encuentro. Cuando aumenta el tamaño del recipiente, se observan las diferencias en las habilidades de cada predador. Por lo tanto, el rendimiento óptimo de este predador se da a una densidad menor a 200 larvas de *Cx. quinquefasciatus*, si el espacio disponible es menor al del recipiente de 0,5 litros. Particularmente, el rendimiento máximo en la capacidad predadora de *P. flavescens* el valor de saturación en función del tiempo mostró que a los 30 minutos fue de 16-20 larvas, a las 3 horas puede consumir entre 25 y 35 larvas y a las 24 horas la saturación se mostró entre 37 y 39 larvas. La escasa diferencia de consumo en función del tiempo estaría sugiriendo que el predador se encontraría cerca de su nivel de saciedad.

Los resultados obtenidos en las experiencias permiten inferir que las larvas de *P. flavescens* son eficientes consumiendo las larvas de *Cx. quinquefasciatus* de mayor tamaño, por lo que podría esperarse que el impacto sea significativamente mayor con las presas más pequeñas, de estadios iniciales.

En cuanto al impacto predatorio, otros insectos que consumen larvas del complejo *Cx. quinquefasciatus/pipiens* como *Ranthus sikkimensis* (Coleoptera) *Toxorhynchites splendens* (Diptera) [83] y *Anisops sardea* (Hemíptera) [84] mostraron la misma tendencia que *P. flavescens*, cuando aumenta la densidad de presas, aumenta el consumo diario del predador.

Los ensayos de laboratorio permitieron determinar la eficiencia de predación de dos familias, el punto de saciedad y el comportamiento exhibido en función del cambio en la densidad de la presa por parte de *P. flavescens*. El rendimiento de las larvas de libelúlidos en general y de *P. flavescens* en particular muestra que son consumidores voraces de larvas de mosquitos. La relación entre el consumo y la densidad de presas sugiere la existencia de una respuesta funcional tipo II [85, 86], el consumo aumenta a elevadas densidades de presas y pudiendo alcanzar un nivel máximo que permanece invariante. Esto indica probablemente que el impacto *per cápita* de los predadores sobre la población de mosquitos se ve limitado por el tamaño y la densidad de las presas [70]. Además, es

necesario tener en cuenta que, por su condición de insectos generalistas, es probable que se alimenten de presas alternativas.

Para comprender la estructura trófica de un ecosistema, es necesario conocer la disponibilidad de recursos alimentarios, la dieta de los organismos y los mecanismos de interacción entre el alimento/ las distintas especies presentes durante la utilización de estos recursos [87].

Los mosquitos suelen ser parte de la dieta de los odonatos y es posible identificar taxonómicamente los restos digeridos de culícidos. El lapso entre la ingestión y el análisis del contenido estomacal es determinante para hallar las piezas identificables. Cuanto menos tiempo transcurrido mayor es la probabilidad encontrar almacenadas piezas íntegras en el intestino anterior. El análisis de materia fecal obtenida de individuos de *P. flavescens* de piletas de natación confirmó que los mosquitos son parte de la dieta de los odonatos (sección 4.5). Futuros estudios podrían confirmar si habrían diferencias en la elección de presas entre las especies, ya que la diversidad que existe en la estructura bucal, especialmente con respecto a las mandíbulas y varias partes del labio podrían sugerirlo [88]. Es poco probable que todas las especies de odonatos se alimenten de los mismos organismos presa (como sugiere la respuesta funcional de tipo II) aunque también parece poco probable que alguna especie se especialice en un solo tipo de presa. Es de esperar que la dieta de una especie generalista como los *P. flavescens* evaluados demuestren en la dieta alimentaria frecuencias similares a la oferta [89, 90].

Una técnica prometedora para identificar insectos presa en el contenido intestinal de los odonatos se basa en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) (sección 4.5) [89]. Ha sido posible detectar ADN de las presas (*Cx. quinquefasciatus*) en los intestinos de los odonatos con marcadores mitocondriales (sección 4.5). La técnica de PCR no ha sido ampliamente empleada [91], especialmente en estudios ecológicos de odonatos [88]. La metagenómica ha surgido como técnica de investigación prometedoras para estos fines [93].

Los odonatos tienen una alta capacidad predadora para detectar y consumir dípteros [94, 95] con alta eficacia [96, 97]. Sin embargo, se cree que la reducción de las poblaciones de mosquitos, si ocurre, tiene un alcance restringido [98]. En este trabajo se observó una disminución progresiva de los criaderos compartidos con los culícidos, donde se estableció, además, que eran parte de la dieta de los odonatos (sección 4.2 y 4.5).

El equilibrio necesario para evitar la proliferación de plagas es complejo y dinámico. Para pensar en alcanzar la extinción de la especie plaga, se ha sugerido que debería plantearse un escenario con las larvas de odonato confinadas en lugares pequeños y con pocas especies presa disponibles [49], lo que conllevaría al desequilibrio de la comunidad. El equilibrio estaría asociado a una diversidad de presas que permitan que la intensidad de predación sea intermedia, donde a través del consumo el odonato regula a las poblaciones de mosquitos y demás presas disponibles. De esta forma se evita la exclusión competitiva por los recursos entre presas y el sistema de la comunidad es sustentable en el tiempo. En laboratorio, los odonatos son candidatos eficientes para controlar las poblaciones de mosquitos cuando no existen presas alternativas o refugio para la presa. Es poco probable encontrar ambientes donde la red alimentaria cuente con una o pocas presas en la naturaleza. Sin embargo, como se observó en las piletas de natación (sección 4.2), las perturbaciones pueden reducir la diversidad de especies que coexisten en un ambiente.

Considerando que, en la zona, la especie de mosquito con mayor potencial para transmitir enfermedades y desatar epidemias es el *Ae. aegypti*, las larvas de odonato no serían candidatos recomendables para un programa de control. Sin embargo, existe un antecedente experimental que logró la eliminación de larvas de *Ae. aegypti* con larvas de odonatos [99]. En Yangon (Myanmar) se realizó una liberación sistemática de larvas de *Crocothemis servilia* (Anisoptera: Libellulidae) en recipientes para suministro de agua de uso doméstico donde las larvas de *Ae. aegypti* estaban criando. La eliminación completa de estas poblaciones de mosquitos puede deberse probablemente a una serie de condiciones únicas de la experiencia, como la concentración de las larvas de mosquitos en recipientes de tamaño grande, y sobre todo el compromiso de las personas que habitaban Yangon [100]. Teniendo en cuenta que la eliminación de posibles criaderos domésticos es la estrategia menos costosa a nivel económico y que requiere del mismo compromiso social de la comunidad, no se justificaría el esfuerzo ni los costos de intentar replicar la experiencia de Sebastian *et al.* [99]. No por ello se hace menos necesario proteger los espacios donde proliferan los insectos del orden Odonata. La ausencia de *Ae. aegypti* registrada en sitios de cría utilizados por los odonatos en ambientes acuáticos silvestres o antrópicos, podría deberse a los efectos letales de los predadores. Por lo cual sería recomendable no eliminarlos, ya que entonces el vector del dengue podría colonizar estos lugares. En los ensayos de predación no se observaron diferencias en el consumo entre las especies de

mosquitos ofrecidas (*Ae. aegypti* y *Cx. quinquefasciatus*, sección 4.3), es decir, en caso de cruzarse, los odonatos podrían consumir a las larvas de *Ae. aegypti*.

Con las demás especies de mosquitos que habitan en cuerpos de agua más amplios o menos antropizados, la coexistencia con odonatos se da naturalmente si las condiciones son las adecuadas. Por lo que la recomendación para actuar en esos casos, sería evitar la fumigación para proteger a los predadores. Es decir que para resolver a escalas regionales el desequilibrio en el ecosistema que provoca la proliferación desmedida de mosquitos, la estrategia más duradera y sustentable pareciera ser la conservación de ambientes atractivos para los insectos predadores.

Los odonatos pueden cumplir un rol de equilibrio controlando la sobreabundancia poblacional, pero en ambientes de un tamaño mayor a recipientes urbanos de pequeño volumen.

## Referencias Bibliográficas

- [1] J. C. Mariluis, J. A. Schnack, J. Muzón, G. R. Spinelli, Flies of the families Calliphoridae and Mesembrinellidae from Puerto Iguazú. Species composition and ecology (Insecta, Diptera), *Graellsia* 46 (1990) 7-18.
- [2] J. A. Schnack, J. Muzón, G. R. Spinelli, J. C. Mariluis, Synanthropy of Calliphoridae. A first approach in Argentina (Insecta, Diptera), *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 54 (1990) 1-4.
- [3] J. A. Schnack, J. C. Mariluis, J. Muzón, G. R. Spinelli, Synanthropy of Calliphoridae. A first approach in Argentina (Insecta, Diptera), *Eos* (1990) 65, 273–280.
- [4] S. L. Vallvé, H. Rojo, C. Wisnivesky-Colli, Urban ecology of *Triatoma infestans* in San Juan, Argentina, *Mem Inst Oswaldo Cruz.* (1996) 405-408.
- [5] S. Fischer, M. C. Marinone, M. S. Fontanarrosa, M. Nieves, N. Schweigmann, Urban rain pools: seasonal dynamics and entomofauna in a park of Buenos Aires, *Hydrobiologia*, 441(1) (2000) 45-53.
- [6] M. S. Fontanarrosa, P. L. Torres, M. Michat. Comunidades de insectos acuáticos de charcos temporarios y lagunas en la ciudad de Buenos Aires (Argentina), *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 63 (2004) 55-65.
- [7] P. R. Mulieri, L. D. Patitucci, J. A. Schnack, J. C. Mariluis, Diversity and seasonal dynamics of an assemblage of sarcophagid Diptera in a gradient of urbanization, *J. Insect Sci.* 91 (2011), 1-15.
- [8] G. Villalobos-Jimenez, A. Dunn, C. Hassall, Dragonflies and damselflies (Odonata) in urban ecosystems: a review, *Eur. J. Entomol.* 113 (2016) 217-232.
- [9] L. S. Ramos, F. Lozano, J. Muzón, Odonata diversity and synanthropy in urban areas: a case study in Avellaneda City, Buenos Aires, Argentina, *Neotrop. Entomol.* 46 (2017) 144-150.
- [10] P. U. Gajbe, Urban rooftop farming—Model for sustainable vegetable production and environmental well-being, *Agric. Sci. Dig.* 41 (2021) 211-214.
- [11] A. Chovanec, F. Schiemer, A. Cabela, S. Gressler, C. Grötzer, K. Pascher, ... R. Wimmer, Constructed inshore zones as river corridors through urban areas—the Danube in Vienna: preliminary results. *River Res. Appl.* 16 (2000) 175-187.
- [12] P. C. Watts, J. R. Rouquette, J. Saccheri, S. J. Kemp, D.J. Thompson, Molecular and ecological evidence for small-scale isolation by distance in an

- endangered damselfly, *Coenagrion mercuriale*. *Mol Ecol.* **13** (2004).2931–2945.
- [13] M. Sato, Y. Kohmatsu, M. Yuma, Y. Tsubaki, Population genetic differentiation in three sympatric damselfly species in a highly fragmented urban landscape (Zygoptera: Coenagrionidae). *Odonatologica* 37 (2008), 131-144.
- [14] C. G. Rippel, U. G. Neiss, A. Del Palacio, N. M. Schröder, G. Fleck, N. Hamada, D. A. Martí, N. J. Schweigmann, Description of the last-instar larva of *Zenithoptera lanei* Santos, 1941 (Odonata: Libellulidae), *Zootaxa* 4732 (2020) 488-494.
- [15] G. Jurzitza, Lista provisional de los odonatos del Parque Nacional Iguazú, provincia de Misiones, República Argentina, *Not. Odonatol.* 1.7 (1981) 117-118.
- [16] M. Ferreras-Romero, J. Márquez-Rodríguez, A. Ruiz-García, Implications of anthropogenic disturbance factors on the Odonata assemblage in a Mediterranean fluvial system, *Int. J. Odonatol.* 12.2 (2009) 413-428.
- [17] K. D. B. Dijkstra, G. Bechly, S. M. Bybee, R. A. Dow, H. J. Dumont, G. Fleck, ...J. Ware, The classification and diversity of dragonflies and damselflies (Odonata). In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) *Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness* (Addenda 2013), *Zootaxa.* 3703 (2013) 36-45.
- [18] R. W. Garrison, N. von Ellenrieder, J. A. Louton, *Dragonfly genera of the New World: an illustrated and annotated key to the Anisoptera*, JHU Press, Baltimore, USA, 2006.
- [19] R. W. Garrison, N. von Ellenrieder, J. A. Louton *Damselfly Genera of the New World. An illustrated and annotated key to the Zygoptera.* The Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA, 2010.
- [20] F. Lozano, A. del Palacio, L. Ramos, J. Muzón, The Odonata of Argentina: state of knowledge and updated checklist. *Int. J. of Odonatol.* 23.2 (2020) 113-153.
- [21] J. A. Gómez-Anaya, R. Novelo-Gutiérrez, W. B. Campbell, Diversity and distribution of Odonata (Insecta) larvae along an altitudinal gradient in Coalcomán mountains, Michoacán, Mexico, *Rev. Biol. Trop.* 59.4 (2011) 1559-1577.
- [22] V. Clausnitzer, V. J. Kalkman, M. Ram, B. Collen, J. E. M. Baillie, M. Bedjanič, W. R. T. Darwall, K. D. B. Dijkstra, R. Dow, J. Hawking, H. Karube, E. Malikova, D. Paulson, K. Schütte, F. Suhling, R. J. Villanueva, N. von Ellenrieder, K. Wilson, Odonata enter the biodiversity crisis debate: The first global assessment of an insect group, *Biol. Conserv.* **142** (2009) 1864–1869.

- [23] G. D. J. Villalobos Jiménez, The impacts of urbanisation on the ecology and evolution of dragonflies and damselflies (Insecta: Odonata). Diss. University of Leeds, 2017.
- [24] M. L. McKinney, Urbanization, Biodiversity, and Conservation The impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems, *Bioscience*. 52.10 (2002) 883-890.
- [25] H. Lowry, A. Lill, B. M. Wong, Behavioural responses of wildlife to urban environments, *Biol. Rev.* 88.3 (2013) 537-549.
- [26] J. Evans, K. Boudreau, J. Hyman, Behavioural syndromes in urban and rural populations of song sparrows, *Ethology* 116.7 (2010) 588-595.
- [27] T. M. Donovan, F. R. Thompson III, Modeling the ecological trap hypothesis: a habitat and demographic analysis for migrant songbirds, *Ecol. appl.* 11.3 (2001) 871-882.
- [28] M. A. Schlaepfer, M. C. Runge, P. W. Sherman, Ecological and evolutionary traps, *Trends Ecol. Evol.* 17.10 (2002) 474-480.
- [29] B. A. Robertson, R. L. Hutto, A framework for understanding ecological traps and an evaluation of existing evidence, *Ecology* 87.5 (2006) 1075-1085.
- [30] G. Horváth, B. Bernáth, G. Molnár, Dragonflies find crude oil visually more attractive than water: Multiple-choice experiments on dragonfly polarotaxis, *Naturwissenschaften* 85 (1998) 292-297.
- [31] A. F. Van de Koken, F. A. Ribeiro Matos, R. Lemes Martins, Comportamento de *Pantala flavescens* (Odonata, Anisoptera, Libellulidae) e perda do investimento reprodutivo em áreas antropizadas, *Bol. Mus. Biol. Mello Leitão, Nova Sér.* 21 (2007) 7-18.
- [32] H. Kokko, W. J. Sutherland, Ecological traps in changing environments: ecological and evolutionary consequences of a behaviorally mediated Allee effect. *Evol. Ecol. Res.* 3(5) (2001) 603-610.
- [33] M. A. Schlaepfer, M. C. Runge, P. W. Sherman, Ecological and evolutionary traps, *Trends Ecol. Evol.* 17.10 (2002): 474-480.
- [34] M. Myers, R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. Da Fonseca, J. Kent. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403 (2000) 853-858.

- [35] J. L. Menéndez, S. M. La Rocca. Primer inventario nacional de bosques nativos: informe regional selva misionera. Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2007.
- [36] Ministerio de Ecología de la Provincia de Misiones. <https://ecologia.misiones.gob.ar/anp-sistemas-de-areas-protegidas-naturales/> (acceso: 2 de diciembre de 2021).
- [37] J. Keating, K. Macintyre, C. M. Mbogo, J. I. Githure, and J. C. Beier, Characterization of potential larval habitats for Anopheles mosquitoes in relation to urban land-use in Malindi, Kenya. *Int J Health Geogr* 3 (2004) 9–22.
- [38] K. A. Caillouët, J. C. Carlson, D. Wesson, F. Jordan, Colonization of abandoned swimming pools by larval mosquitoes and their predators following Hurricane Katrina. *J Vector Ecol.* 33 (2008) 166–172.
- [39] D. E. Impoinvil, C. M. Mbogo, J. Keating, J. C. Beier, The role of unused swimming pools as a habitat for Anopheles immature stages in urban Malindi, Kenya. *J Am Mosq Control Assoc* 24 (2008) 457–459.
- [40] W. K. Reisen, R. M. Takahashi, B. D. Carroll, R. Quiring, Delinquent mortgages, neglected swimming pools, and West Nile virus, California. *Emerg Infect Dis.* 14 (2008) 1747–1749.
- [41] M. A. McPeck, Behavioral differences between Enallagma species (Odonata) influencing differential vulnerability to predators, *Ecology* 71.5 (1990) 1714-1726.
- [42] T. Matura, K. Komatsu, K. Nomura, M. Oh'oto, M, Life history of *Sympetrum striolatum imitoides* Bartenef at an outdoor swimming pool in an urban area (Anisoptera: Libellulidae), *Odonatologica.* **24** (1995)291–300.
- [43] T. Matura, K. Nomura, K. Komatsu, Ecological studies of odonate larvae living in artificial ponds in an urban area: occurrence of larval *Sympetrum striolatum imitoides* and its life history in primary school swimming pools. *Japanese Journal of Ecology* (1998) 27-36.
- [44] C. Y. Latini, Control biológico de estadíos larvarios de Aedes aegypti por ninfas de Pantala flavescens en Santa Rosa, La Pampa, Argentina. (2016).



- [45] A. R. Fonseca, N. M. Sanches, M. C. da Fonseca, D. M. Quintilhiano, E. S. da Silva, Levantamento de espécies de Odonata associadas à tanques de piscicultura e efeito de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* sobre ninfas de *Pantala flavescens* (Fabricius, 1798. *Acta Sci. Biol. Sci.*, 26 (2005) 25-29.
- [46] A. Ramírez, Capítulo 5: Odonata. *Revista de Biología Tropical*, 58, (2010) 97-136.
- [47] D. W. Buden, *Pantala flavescens* (Insecta: Odonata) Rides West Winds into Ngulu Atoll, Micronesia: Evidence of Seasonality and Wind-Assisted Dispersal, *Pac. Sci.* 64 (2010) 141-143.
- [48] K. A. Hobson, R. C. Anderson, D. X Wassenaar LI. 2012. Isotopic Evidence That Dragonflies (*Pantala flavescens*) Migrating through the Maldives Come from the Northern Indian Subcontinent. *PLoS ONE* 7(12): e52594.
- [49] P. S. Corbet, *Dragonflies: behavior and ecology of Odonata*. Harley books, 1999.
- [50] R. Trottier, Observations on *Pantala flavescens* (Fabricius)(Odonata: Libellulidae) in Canada, *The Canadian Field-Naturalist* 81 (1967) 231.
- [51] C. F. Byers, Notes on the emergence and life history of the dragonfly *Pantala flavescens*, *Q. j. Fla. Acad. Sci.* 6 (1941)14–25.
- [52] D. Troast, F. Suhling, H. Jinguji, G. Sahlén, J. Ware. 2016. A global population genetic study of *Pantala flavescens*. *PLoS one*, 11(3), e0148949.
- [53] E. A. Apinda-Legnouo, M. J Samways, J. P. Simaika, Value of artificial ponds for aquatic beetle and bug conservation in the cape floristic region biodiversity hotspot, *Aquat Conserv: Mar Freshw Ecosys.* 24 (2013)525–535
- [54] D. A. Landis, S. D. Wratten, G. M. Gurr. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annu. Rev. Entomol.* 45 (2000) 175-201.
- [55] H. Quiroz-Martínez, A. Rodríguez-Castro, Aquatic insects as predators of mosquito larvae, *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 23 (2007) 110-117.
- [56] A. O. Bachmann, Keys for identification of the families, subfamilies and genera of aquatic (Hydrophiloidea), and of the species of Hydrophilinae living in Argentina, *Rev. Soc. Entomol. Argentina.* 40 (1981) 1-9.
- [57] A. O. Bachmann, E. B. Angrisano, Diversidad y bionomía de insectos acuáticos, Curso de postgrado, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. *MS* (1998) 289.

- [58] M. S. Fontanarrosa, P. L. M. Torres, M. C. Michat, Comunidades de insectos acuáticos de charcos temporarios y lagunas en la ciudad de Buenos Aires (Argentina), *Rev. Soc. Entomol. Argentina* 63.3-4 (2004) 55-65.
- [59] Fischer, S., M. C. Marinone, M. S. Fontanarrosa, M. Nieves & N. Schweigmann, 2000. Urban rain pools: seasonal dynamics and entomofauna in a park of Buenos Aires. *Hydrobiologia* 441: 45-53.
- [60] D. D. Williams, Temporary ponds and their invertebrate communities, *Aquat. Conserv: marine and freshwater ecosystems* 7.2 (1997) 105-117.
- [61] G. B. Wiggins, R. J. Mackay, I. M. Smith, Evolutionary and ecological strategies of animals in annual temporary pools. *Archiv für Hydrobiology Supplements* 58 (1980) 97-206.
- [62] G. A Wellborn, David K. Skelly, and Earl E. Werner, Mechanisms creating community structure across a freshwater habitat gradient, *Annl rev. ecol. Syst.* 27.1 (1996) 337-363.
- [63] A. Melic, Los artrópodos y el hombre. *Boletín de la SEA*, 20 (1997) 5-13.
- [64] J. M. Chase, T. M. Knight, Drought-induced mosquito outbreaks in wetlands, *Ecol. Lett.* 6.11 (2003) 1017-1024.
- [65] T. Sunahara, K. Ishizaka, M. Mogi, Habitat size: a factor determining the opportunity for encounters between mosquito larvae and aquatic predators, *J. Vec. Ecol.* 27 (2002) 8-20.
- [66] S. Wissinger, J. McGrady, Intraguild predation and competition between larval dragonflies: direct and indirect effects on shared prey, *Ecology.* 74.1 (1993) 207-218.
- [67] D. L. Finke, R. F. Denno, Predator diversity and the functioning of ecosystems: the role of intraguild predation in dampening trophic cascades, *Ecol. Lett.* 8.12 (2005) 1299-1306.
- [68] S. N. Chatterjee, A. Ghosh, G. Chandra, Eco-friendly control of mosquito larvae by *Brachytron pratense* nymph, *J. environ. health* 69.8 (2007) 44-49.
- [69] S. K. Mandal, A. Ghosh, I. Bhattacharjee, G. Chandra, Biocontrol efficiency of odonate nymphs against larvae of the mosquito, *Culex quinquefasciatus* Say, 1823. *Act. Trop.* 106.2 (2008) 109-114.
- [70] N. Saha, G. Aditya, S. Banerjee, G. K. Saha, Predation potential of odonates on mosquito larvae: Implications for biological control, *Biological Control* 63.1 (2012) 1-8.

- [71] V. Fernández-Arhex, J. C. Corley. "La respuesta funcional: una revisión y guía experimental." *Ecología austral* 14.1 (2004) 83-93.
- [72] C. Samanmali, L. Udayanga, T. Ranathunge, S. J. Perera, M. Hapugoda, C. Weliwitiya, Larvicidal potential of five selected dragonfly nymphs in Sri Lanka over *Aedes aegypti* (Linnaeus) larvae under laboratory settings, *BioMed res. int.* (2018).
- [73] A. N. Clements, The biology of mosquitoes: v. 2-sensory reception and behaviour. *Biol. Mosquitoes* (1999) 740-748.
- [74] S. Fischer, B. Byttebier, R. Campos. Predadores de mosquitos, in: C. Berón, R. Campos, R. Gleiser, L. Díaz-Nieto, O. Salomón, N. Schweigmann, (eds.), *Investig. Sobre Mosquitos Argentina*. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina (2016): 284-311.
- [75] G. C. Rossi, W. R. Almirón, Clave ilustrada para la identificación de larvas de mosquitos de interés sanitario encontradas en criaderos artificiales en la Argentina. *Publicaciones Mundo Sano, Serie Enfermedades Transmisibles* 5 (2004) 53.
- [76] M. C. Fernández Marquetti, J. A. Bisset Lazcano, Aspectos bioecológicos de importancia para el control de *Aedes aegypti* y otros culícidos en el ecosistema urbano. Editorial Universitaria, 2008.
- [77] T. G. Andreadis, A. G. Merrily, Laboratory evaluation of *Acanthocyclops vernalis* and *Diacyclops bicuspidatus thomasi* (Copepoda: Cyclopidae) as predators of *Aedes canadensis* and *Ae. stimulans* (Diptera: Culicidae), *J. med. entomol.* 29.6 (1992) 974-979.
- [78] F. L. da Silva, L. C. Pinho, S. Wiedenbrug, G. P. Dantas, A. Siri, T. Andersen, S. Trivinho-Strixino, Family chironomidae. In Thorp and Covich's *Freshwater Invertebrates* (pp. 661-700). Academic Press. 2018
- [79] O. M. Fincke, S. P. Yanoviak, R. D. Hanschu, Predation by odonates depresses mosquito abundance in water-filled tree holes in Panama, *Oecologia* 112.2 (1997) 244-253.
- [80] E. J Kweka, G. Zhou, T. M. Gilbreath, Y. Afrane, M. Nyindo, A. K. Githeko, G. Yan, Predation efficiency of *Anopheles gambiae* larvae by aquatic predators in western Kenya highlands, *Parasites vectors* 4.1 (2011) 1-7.
- [81] O. M. Fincke, Organization of predator assemblages in Neotropical tree holes: effects of abiotic factors and priority, *Ecol. Entomol.* 24.1 (1999) 13-23.

- [82] O. M. Fincke, Population regulation of a tropical damselfly in the larval stage by food limitation, cannibalism, intraguild predation and habitat drying, *Oecologia* 100.1 (1994) 118-127.
- [83] G. Aditya, G. K. Saha, Predation of the beetle *Rhantus sikkimensis* (Coleoptera: Dytiscidae) on the larvae of *Chironomus Meigen* (Diptera: Chironomidae) of the Darjeeling Himalayas of India, *Limnologia*, 36(4) (2006)251-257.
- [84] N. M. Allo, A. F. Mekhlif, Role of the predator *Anisops sardea* (Hemiptera: Notonectidae) in control mosquito *Culex pipiens molestus* (Diptera: Culicidae) population, *Int. J. Mosquito Res.* 6 (2019) 46-50.
- [85] C. S. Holling, Some characteristics of simple types of predation and parasitism, *Can. Entomol.*, 13 (1959) 385–398.
- [86] C. S. Holling, The functional response of invertebrate predators to prey density, *Mem Ent Soc Can.* 98.S48 (1966) 5-86.
- [87] V. S. Uieda, R. L. Motta, Trophic organization and food web structure of southeastern Brazilian streams: a review, *Acta Limnol. Bras.* 19.1 (2007) 15-30.
- [88] K. Tennessen, Future Research on Dragonfly Nymphs, *Dragonfly Nymphs of North America*. Springer, Cham, (2019) 591-600.
- [89] Corbet, P. S. 1983. *A Biology of Dragonflies* Classey, London, 47 p.
- [90] Johansson, F. 1991. Foraging modes in an assemblage of odonate larvae—effects of prey and interference. *Hydrobiologia*, 209: 79–87.
- [91] M. E. Morales, D. M. Wesson, I. W. Sutherland, D. E. Impoinvil, C. M. Mbogo, J. I. Githure, J. C. Beier, Determination of *Anopheles gambiae* larval DNA in the gut of insectivorous dragonfly (Libellulidae) nymphs by polymerase chain reaction. *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, 19(2) (2003) 163-165.
- [92] R. A. King, D. S. Read, M. Traugott, W. O. C. Symondson, Molecular analysis of predation: a review of best practice for DNA-based approaches. *Mol. Ecol.* 17(4) (2008) 947-963.
- [93] K. M. Kaunisto, T. Roslin, I. E. Sääksjärvi, E. J. Vesterinen, Pellets of proof: First glimpse of the dietary composition of adult odonates as revealed by metabarcoding of feces. *Ecol. Evol.* 7(20) (2017) 8588-8598.
- [94] M. Wright, Dragonflies predaceous on the stablefly: *Stomoxys calcitrans* (L.)." *The Florida Entomologist* 28.1 (1945) 11-13.

- [95] J. D. Edman, J. S. Haeger, Dragonflies attracted to and selectively feeding on concentrations of mosquitoes. *Florida Entomologist* (1974) 408-408.
- [96] J. M. Baird, M. L. May, Foraging behavior of *Pachydiplax longipennis* (Odonata: Libellulidae). *J. of Insect Beh.* 10.5 (1997) 655-678.
- [97] S. A. Combes, M. K. Salcedo, M. M. Pandit, J. M. Iwasaki, Capture success and efficiency of dragonflies pursuing different types of prey, *Integr. Comp. Biol.*, 53(5) (2013) 787-798.
- [98] M. L. May, Odonata: who they are and what they have done for us lately: classification and ecosystem services of dragonflies, *Insects* 10.3 (2019) 62.
- [99] A. Sebastian, M. M. Sein, M. M. Thu, P. S. Corbet, Suppression of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) using augmentative release of dragonfly larvae (Odonata: Libellulidae) with community participation in Yangon, Myanmar. *Bull. Entomol. Res.*, 80(2) (1990) 223-232.
- [100] Worldwide Dragonfly association: <https://worlddragonfly.org/use-of-odonate-larvae-for-biocontrol-of-insect-pests/> (Acceso: 2 de diciembre de 2021).

## Capítulo 6: Conclusiones

- En base a los estudios realizados en laboratorio (sección 4.4) y las observaciones llevadas a cabo en las piletas de natación (sección 4.2 y 4.3) los estadios inmaduros del orden Odonata, por su capacidad predatoria, podrían controlar localmente a las poblaciones de mosquitos cuando comparten los microambientes de cría.
- Existen especies de odonatos (ej. *Pantala flavescens*) con bajos requerimientos de condiciones microambientales que les permiten colonizar sitios urbanos y soportar determinados niveles de perturbación como el efecto de las acciones de mantenimiento de las piletas de natación (clorado, filtrado cambio del agua, etc.). En estos sitios, los mosquitos, por ser oportunistas, se ven favorecidos cuando las perturbaciones son frecuentes, ya que los predadores no pueden colonizar y/o sobrevivir (sección 4.2 y 4.3).
- Los ambientes urbanos aportan recursos ambientales para el desarrollo de insectos acuáticos. Las piletas de natación servirían de refugio a diversas especies de insectos (sección 4.2) con características ambientales funcionalmente similares a los charcos temporarios. La duración del ambiente acuático sería determinante de la biodiversidad, y por lo tanto la capacidad predatoria de cada comunidad, formada por los órdenes Odonata, Hemiptera y Coleoptera.
- Al igual que estudios previos, la familia Libellulidae se diferencia a la familia Coenagrionidae en cuanto a que tienen mayor capacidad predatoria medida por el número de presas consumidas por unidad de tiempo (sección 4.4).
- *Pantala flavescens* tiene la capacidad de consumir diariamente 50 larvas 4to estadio de *Culex quinquefasciatus* con una respuesta funcional de tipo 2 (sección 4.4).
- Las técnicas realizadas a partir de materia fecal permitieron analizar solamente los restos de material quitinizado, mientras que los estudios a partir de la amplificación de ADN a escala genómica utilizando marcadores mitocondriales permiten realizar

análisis muy parciales donde es necesario tener una biblioteca de secuencias de referencia.

## Recomendaciones para trabajos futuros

- Caracterizar más especies de larvas de odonatos desde su función predadora de mosquitos para determinar las preferencias de las especies y los distintos estadios en relación a la forma del aparato bucal. Entendiendo que son insectos generalistas, la evaluación con mayor detalle podría revelar preferencias al momento de seleccionar la presa.
- Evaluar en ensayos de respuesta funcional, la capacidad predatoria de especies del orden Odonata en experimentos sin tiempo fijo. Con esto también se podría evaluar el impacto predatorio, además del rendimiento en condiciones de coexistencia.
- Realizar estudios ecológicos en condiciones naturales, identificando taxonómicamente a las presas para establecer las bases de futuros estudios de dieta con herramientas de metabarcoding o similares.
- Evaluar los efectos no letales de las especies de odonatos sobre las especies de mosquitos de importancia sanitaria con los que comparten criadero.



## Producción científica

### Publicaciones en revistas científicas

- Rippel, C.G., Neiss, U.G., Del Palacio, A., Schröder, N.M., Fleck, G., Hamada, N., Martí, D.A., & Schweigmann, N.J. (2020). Description of the last-instar larva of *Zenithoptera lanei* Santos, 1941 (Odonata: Libellulidae). *Zootaxa*, 4732(3), zootaxa.4732.3.11.
- Schröder, N.M., Anjos-Santos, D., Rippel, C.G., & Pessacq, P. (2020). Description of the last instar larva of *Peristicta aeneoviridis* Calvert, 1909 (Odonata: Coenagrionidae). *Zootaxa*, 4728(4), zootaxa.4728.4.4.
- Schröder N.M., Rippel C.G., Walantus L.H., Zapata P.D., Pessacq P. Odonata assemblages as indicators of stream condition – A test from northern Argentina. *North-western Journal of Zoology* 2020: e201101. En prensa. Versión preliminar disponible online.

### Presentaciones a Congresos científicos

- Rippel, Camila G., Schröder, Noelia M., Walantus Leonardo H. “Evaluación de la capacidad predatoria de los subórdenes Anisoptera y Zygoptera (orden: Odonata) sobre *Culex quinquefasciatus*”. X Jornadas Regionales Sobre Mosquitos. Septiembre 2016. Mar del Plata, Argentina.
- Schröder, Noelia M., Rippel, Camila G., Walantus, L. Horacio, Zapata, Pedro D., Pessacq, Pablo. “Evaluación preliminar de la comunidad de odonatos en relación al estado conservación ribereña en arroyos del sur de Misiones”. Congreso Brasileiro de Zoología. 26 de febrero al 2 de marzo de 2018. Foz do Iguazu, Paraná, Brasil.
- Schröder, Noelia M., Rippel, Camila G., Walantus, L. Horacio. “Advances In The Analysis Of Stomach Contents Of Dragonflies, Intended To Determine The Species Consumed”. International Congress of Odonatology. 15 al 20 de noviembre de 2015. Ciudad de la Plata, Buenos Aires, Argentina.

Esta tesis se realizo con una beca doctoral otorgada por CONICET (periodo 2015-2020).

**Formulario de autorización de depósito de tesis/trabajo final integrador en la  
 Comunidad \_\_\_\_\_ del RIDUNaM  
 (Repositorio Institucional Digital de la UNaM)**

Por intermedio de la presente, el abajo firmante, AUTOR de la Tesis/TFI (Trabajo Final Integrador) titulada/o

Control biológico de Culicidos: ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD PREDATORIA DE ESTADIOS INMADUROS DEL ORDEN ODONATA

Da FE de la autoría y originalidad de la obra mencionada, que fue dirigida por

Dr. Nicolás Schweigmann  
 Dr. Darab Martí.

presentada y defendida en la Facultad de FCEQyN de la Universidad Nacional de Misiones (FCEQyN-UNaM), el ...../...../2022, Acta N° 41....., con el fin de obtener el título de

**Tildar según corresponda**

- Tesis de Posgrado  
 Doctorado     Maestría     Trabajo Final Integrador  
 Otra

**Derechos patrimoniales**

Como autor, expreso mi conformidad en cuanto a la cesión gratuita de los derechos de reproducción y circulación de esta obra, en forma NO EXCLUSIVA, a la FXX-UNaM. Dicha reproducción y circulación se podrá realizar, una o varias veces, en cualquier soporte, para todo el mundo, con fines sociales, educativos y científicos.




En virtud del carácter no exclusivo de esta cesión, el autor podrá reproducir y comunicar libremente la tesis o trabajo final integrador, a través de los medios que estime oportunos.


**Condiciones de acceso en línea**

- Autorizo el depósito de la tesis o trabajo final integrador en forma inmediata  
 Autorizo el depósito del documento con embargo por el plazo de \_\_\_\_\_ meses a partir de la defensa de la misma.

**Condiciones de uso de la tesis/TFI**

Será puesta a disposición pública bajo las siguientes condiciones de uso:

	<b>(BY) Atribución</b> — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).
	<b>(NC) No Comercial</b> — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
	<b>(SA) Permite trabajos derivados</b> — Siempre que se mantenga la misma licencia.

 <p>BY NC SA</p>	<p><b>Reconocimiento – NoComercial – CompartirIgual (by-nc-sa):</b>          No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.</p>
---	--

**Referencias:**

**CC** (Licencias Creative Commons).

**BY** (Atribución).

**NC** (No comercial).

**SA** (Compartir igual).

**Dados personales (llenar un cuadro por cada autor)**

Apellido y Nombres	Rippel Camila Gisel
Teléfono/Celular	3764 6660 99
Correo electrónico	camila.g.rippel@gmail.com

Apellido y Nombres	
Teléfono/Celular	
Correo electrónico	

Apellido y Nombres	
Teléfono/Celular	
Correo electrónico	

Se firma la presente en la Ciudad de Posadas a los..... días del mes de..... de.....-

Rippel Camila Gisel

DNI 35007575



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_