Biblioteca Digital
F C E N - U B A

BIBLIOTECA CENTRAL LUIS F LELOIR
BIBLIOTECA CENTRAL LELOIR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES UBA

Tesis Doctoral

Respuesta de las comunidades de dípteros de recipientes artificiales a la urbanización

Rubio, Alejandra

2012

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:
Rubio, Alejandra. (2012). Respuesta de las comunidades de dípteros de recipientes artificiales a la urbanización. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Cita tipo Chicago:
Rubio, Alejandra. "Respuesta de las comunidades de dípteros de recipientes artificiales a la urbanización". Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2012.

EXACTAS UBA
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

UBA
Universidad de Buenos Aires

Dirección: Biblioteca Central Dr. Luis F. Leloir, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Intendente Güiraldes 2160 - C1428EGA - Tel. (++54 +11) 4789-9293

Contacto: digital@bl.fcen.uba.ar

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Departamento de Ecología, Genética y Evolución

Respuesta de las comunidades de dípteros de recipientes artificiales a la urbanización

Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires en el área **CIENCIAS BIOLOGICAS**

Lic. Alejandra Rubio

Director de tesis: Dr. Darío Vezzani
Director asistente: Dra. M. Isabel Bellocq
Consejero de estudios: Dra. M. Isabel Bellocq

Unidad de Ecología de Reservorios y Vectores de Parásitos, FCEyN, UBA

Buenos Aires, 2012

INDICE

Resumen **1**
Abstract **2**
Agradecimientos **3**

CAPITULO I • INTRODUCCIÓN **4**
I.1 Marco teórico y antecedentes 5
Sistemas urbanos 5
Gradientes de urbanización 7
Modelos biológicos 12
I.2. Objetivos e Hipótesis 14
I.3. Estructura de la tesis 16

CAPITULO II • MATERIALES Y MÉTODOS **18**
II.1. Área de estudio 19
II.2. Diseño general del estudio 23
II.3. Variables explicatorias 26
Caracterización del gradiente de urbanización 26
Variables de parche y micro-ambiente 28
II.4. Variables respuesta 30
II.5. Recolección de muestras 31
II.6. Identificación taxonómica de dípteros 32
II.7. Análisis de datos 33

CAPITULO III • RESPUESTA DE LA COMUNIDAD DE DIPTEROS DE FLOREROS A LA URBANIZACIÓN **34**
III.1. Introducción 34
III.2. Objetivos e hipótesis 36
III.3. Métodos 37
Área de estudio y diseño de muestreo 37
Recolección y procesamiento de muestras 40
Análisis de datos 41
III.4. Resultados 43
Resultados generales 43
Efecto del nivel de urbanización 45
III.5. Discusión 47

CAPITULO IV • LA RESPUESTA DE LA COMUNIDAD DE DIPTEROS AL NIVEL DE URBANIZACIÓN ¿DEPENDE DEL USO DE LA TIERRA? **52**
IV.1. Introducción 52
IV.2. Objetivos e hipótesis 53
IV.3. Métodos 54
Área de estudio y diseño de muestreo 54
Recolección y procesamiento de muestras 58
Análisis de datos 59

IV.4. Resultados 60
Respuesta de la comunidad a la urbanización según el uso de la tierra 60
Comparación de la estructura de la comunidad entre floreros y recipientes perimentales 64
IV.5. Discusión 66

CAPITULO V • RESPUESTA DE LA COMUNIDAD DE DIPTEROS DE CUBIERTAS A LA URBANIZACIÓN 69
V.1. Introducción 69
V.2. Objetivos e hipótesis 72
V.3. Métodos 73
Área de estudio y diseño de muestreo 73
Recolección y procesamiento de muestras 73
Análisis de datos 75
V.4. Resultados 77
Resultados generales 77
Efecto del nivel de urbanización 78
V.5. Discusión 83

CAPITULO VI • RESPUESTA DE LA COMUNIDAD DE DIPTEROS A LAS CARACTERÍSTICAS DEL PARCHE 87
VI.1. Introducción 87
VI.2. Objetivo e Hipótesis 89
VI.3. Métodos 89
VI.4. Resultados 91
VI.5.Discusión 95

CAPITULO VII • RESPUESTA DE LA COMUNIDAD DE DIPTEROS A LAS CARACTERÍSTICAS MICRO-AMBIENTALES 97
VII.1. Introducción 97
VII.2. Objetivo e Hipótesis 98
VII.3. Métodos 99
VII.4. Resultados 102
VII.5. Discusión 105

CAPITULO VIII • CONSIDERACIONES FINALES Y CONCLUSIONES 108
VIII.1. Consideraciones finales 108
VIII.2. Conclusiones 113

Referencias 114

Respuesta de las comunidades de dípteros de recipientes artificiales a la urbanización

Resumen:
La urbanización es considerada una de las principales actividades humanas que impacta negativamente sobre la biodiversidad. En esta tesis se investigan los patrones de respuesta de la comunidad de dípteros que utilizan el agua contenida en recipientes artificiales como hábitats larvales a lo largo de un gradiente de urbanización en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Se colectaron en total 297.172 dípteros entre los 10.161 recipientes inspeccionados. A escala de paisaje, la respuesta de la comunidad al nivel de urbanización dependió del atributo analizado (i.e. abundancia, riqueza, diversidad, similitud en la composición de especies) y del origen de dicha comunidad (i.e. floreros en cementerios o cubiertas de auto en desuso en áreas residenciales). En floreros, las variables relacionadas con la abundancia registraron valores máximos a niveles intermedios de urbanización, mientras que una elevada similitud en composición específica y riqueza fue observada a lo largo del gradiente. En contraste, todas las variables utilizadas para caracterizar la estructura de la comunidad en cubiertas revelaron una respuesta negativa a elevados niveles de urbanización. Por otro lado, no se hallaron evidencias de que la estructura de la comunidad difiera entre usos de la tierra o parches con distinto nivel de edificación y vegetación. Finalmente, la probabilidad de ocurrencia de dípteros fue mayor en recipientes de mayor tamaño y volumen de agua, conteniendo materia orgánica, dispuestos a la sombra y en el fondo de las propiedades bajo cobertura vegetal elevada, y ubicados en áreas de menor nivel de urbanización. El conjunto de resultados sugiere que la respuesta de la comunidad al nivel de urbanización depende tanto de la escala de estudio como del tipo de recipiente artificial estudiado. En ningún caso, un elevado nivel de urbanización tuvo efectos favorables sobre la comunidad.

Palabras claves: ecología de insectos, estructura de la comunidad, biodiversidad, hábitats acuáticos, gradiente de urbanización

Response of the fly communities from artificial containers to urbanization

Abstract:
Urbanization is considered one of the main human activities affecting negatively on biodiversity. The aim of this thesis was to investigate the response patterns of the fly community using water-filled artificial containers as larval habitat along an urbanization gradient in Buenos Aires Province, Argentina. A total of 297.172 individuals were collected in 10.161 inspected containers. At the landscape scale, the community response to the urbanization level depended on the attribute analyzed (i.e. abundance, richness, diversity, similarity in species composition) and on the source of the community (i.e. flower vases from cemeteries or used car tires from residential areas). In flower vases, the variables related with the abundance recorded their highest values at intermediate levels of urbanization, whereas a high similarity in species composition and richness was observed along the gradient. In contrast, all the variables assessed to characterize the community structure in tires showed a negative response to increasing urbanization levels. On the other hand, there was no evidence supporting that the community structure differed between different land uses and contrasting patches regarding vegetation and edification levels. Finally, the probability of finding a positive container was greater at increasing size and water volume with organic matter content, located in shaded conditions under high vegetation cover in backyards, and in low urbanized areas. Altogether, these results suggest that the response of the community to the urbanization depends both on the spatial scale of the study and the type of container used as larval habitat. The increasing urbanization did not show favorable effects on the fly community in any case.

Key words: insect ecology, community structure, biodiversity, aquatic habitats, urbanization gradient.

Agradecimientos

Nada de esto hubiera sido posible sin la gran apuesta de Tato quien, desde el primer momento, depositó su voto de confianza en mí y en esta tesis; gracias por la dedicación, la paciencia, la transmisión de conocimientos y la oportunidad de transitar juntos por esta experiencia de aprendizaje en la vida y en la profesión. Un gran tipo y un gran director.

A Malé por su contribución a mi formación.

A Lucila Prepelitchi, Diana Rubel, Victoria Cardo, Aníbal Carbajo, Andrea Albicócco y Cristina Wisnivesky por hacer que cada día en ECORVEP fuera cálido y especial. Gracias por el cariño y el apoyo incondicional. Un agradecimiento especial a Sabri y a Pichón, gente de gran corazón.

A los que colaboraron en distintas etapas de esta tesis. A A. Albicócco, N. Aprigliano, N. Mesa Sierra, M. Sabio, R. Kliger, M. Gutiérrez, N. Cossa y C. Serale por su ayuda en los muestreos. A Augusto Siri y Soledad Fontanarrosa por su colaboración en la identificación taxonómica de especímenes. A V. Cardo y A. Carbajo por su asistencia en el análisis de datos.

A Cristina Wisnivesky por hacerme un espacio en su laboratorio. A CONICET por brindarme los recursos a través de una beca doctoral y un subsidio (PIP 00743). A la FCEyN de la UBA por la infraestructura. A las autoridades municipales y propietarios de predios privados por permitir el acceso para la realización de los muestreos. A Ana (Doctorado), Mabel y Graciela (EGE).

Finalmente, pero desde siempre lo más importante, a mi familia. A mis viejos, mi ejemplo y mi sostén. A Sergio, Agustina y Delfina (todavía en la panza), la razón de mi vida. Les dedico esta tesis en agradecimiento por su amor, su apoyo y su incondicionalidad.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Para dar comienzo a esta tesis se expondrán los fundamentos teóricos y los antecedentes que orientan este trabajo de investigación. Los mismos se enfocaron sobre conceptos fundamentales inherentes al eje temático de la tesis, en la que se propone identificar patrones de respuesta al nivel de urbanización por parte de las comunidades de dípteros cuyas larvas habitan en agua contenida en recipientes artificiales. Al final del capítulo se presentan los objetivos e hipótesis de trabajo y la estructura general de la tesis.

I.1. Marco teórico y antecedentes

Sistemas urbanos

Los seres humanos, como cualquier otro organismo, modificamos el ambiente (Vitousek 1997). Las principales transformaciones de la cobertura de la tierra, tanto en extensión como en intensidad, están íntimamente relacionadas con actividades destinadas a la producción de bienes y servicios. Esto se traduce en que la mayor parte de la superficie modificada por el hombre esté destinada a la producción rural (i.e. agricultura, ganadería, forestaciones) y a los asentamientos urbanos. Incluso, estos últimos se desarrollan no sólo a expensas de la conversión de áreas naturales, sino que compiten con las actividades productivas por ocupar tierras de alto rendimiento (Morello et al. 2001). La urbanización es el proceso por el cual aumenta la superficie ocupada por el área urbana (McDonnell & Pickett 1990, Niemelä 1999). Este se produce a tasas cada vez más elevadas debido al acelerado crecimiento poblacional ocurrido durante los últimos 50 años y de la constante migración de la población rural hacia zonas urbanas (Berry 1978, Morello 2000, Pickett et al. 2001). La magnitud de este fenómeno a escala global se ve reflejada en el hecho de que el número de ciudades que excedían el millón de habitantes pasó de 69 en 1950 a 422 en la actualidad (DWUA 2011).

Los asentamientos urbanos pueden ser considerados como verdaderos 'ecosistemas urbanos' (McIntyre et al. 2000). La condición básica para definir cualquier ecosistema radica en considerar la relación funcional entre el ambiente físico y los organismos que conviven en una misma área (Likens 1992). La alta densidad poblacional humana concentrada en los asentamientos urbanos, cuyo consumo de energía es mayor al de cualquier otro ecosistema terrestre (McIntyre & Rango 2009), genera una fuerte presión sobre los recursos de áreas que exceden sus propios límites (Collins et al. 2000). Es por ello que

los ecosistemas urbanos comprenden, no sólo las áreas más pobladas de una ciudad, sino también las áreas suburbanas, los pueblos conectados a ésta y las áreas de influencia afectadas por los materiales o la energía provenientes de las áreas urbanas y suburbanas (Pickett et al. 2001). Por otra parte, el componente humano juega un rol funcional fundamental dentro del sistema y, por ende, los procesos sociales también son considerados en la definición básica de ecosistema urbano (Pickett et al. 1997).

Tradicionalmente, los ecosistemas urbanos se han visto como la antítesis de los naturales. La urbanización está asociada con la alteración de las propiedades físicas y químicas del ambiente como consecuencia de la degradación, la fragmentación y el reemplazo de los hábitats naturales o rurales originales (e.g. McDonnell & Pickett 1990, Pickett et al. 2001, McKinney 2002), la impermeabilización de los suelos (Wessolek 2008), la alteración de la composición del agua, el aire y el suelo por emanación de residuos contaminantes (Pickett et al. 2001), y la transformación del clima local por el efecto de isla de calor (e.g. Arnfield 2003, Kalnay & Cai 2003). Por otra parte, los sistemas urbanos presentan una amplia variedad de usos de la tierra (comercial, residencial, industrial, recreativo) (McIntyre 2000), con distintos niveles de complejidad estructural y con una disposición espacial esencialmente heterogénea, representando un mosaico ambiental mucho más complejo que el observado en sistemas naturales (Andersson 2006).

En los ecosistemas urbanos, la flora y fauna locales juegan un rol central en la prestación de servicios ecológicos. Se pueden mencionar la purificación del agua y el aire, el mantenimiento de la calidad de vida del hombre y otras especies, la generación de recursos alimenticios y materia prima para la industria o el comercio y la valoración de los atributos estéticos y recreativos de las ciudades (Niemelä 1999, McKinney 2008). Inevitablemente, los cambios ambientales inducidos por el proceso de urbanización impactan sobre la biodiversidad (Tarsitano 2006) de maneras tan complejas como la complejidad

intrínseca de estos sistemas (McKinney 2008). El estudio de patrones y procesos biológicos en ecosistemas urbanos es relativamente nuevo en ecología (Grimm et al. 2000), pero se ha convertido en tema central de la planificación del paisaje y ordenamiento territorial (McIntyre & Hobbs 1999). Durante las últimas dos décadas se han incrementado enormemente las investigaciones ecológicas en estos ambientes (e.g. Pautasso et al. 2011), en la búsqueda de un marco heurístico que identifique las bases mecanísticas adecuadas para poder entender y predecir las consecuencias ecológicas de la urbanización (Shochat et al. 2006).

Gradientes de urbanización

Se han identificado cinco tipos de estudios enfocados en la ecología de ecosistemas urbanos: 1) comparación entre distintos usos urbanos de la tierra, 2) comparación entre áreas urbanas y no urbanizadas, 3) estudios de dinámicas de desarrollo urbano a lo largo del tiempo, 4) análisis de huella ecológica y 5) análisis de gradiente (Cicero 1989, McIntyre et al. 2000). Este último, propuesto por McDonnell & Pickett (1990), es actualmente el más usado para explorar cómo los organismos, las poblaciones, las comunidades y los ecosistemas responden a factores ambientales que varían espacialmente (McDonell & Hahs 2008). Este modelo asume que la variabilidad ambiental está ordenada en el espacio y que los patrones ambientales espaciales determinan las correspondientes estructura y función de los sistemas ecológicos (McDonnell & Pickett 1990). En el caso de los sistemas urbanos, los extremos del gradiente están representados por el centro de la ciudad y el área rural, pasando por anillos consecutivos de distinto nivel de urbanización; y sólo bastaría con establecer transectas entre ambos extremos para analizar la variabilidad ecológica asociada. Sin embargo, en los últimos años ha surgido la necesidad de incorporar medidas que capturen las características del paisaje dentro del

gradiente (Catterall 2009). Es por ello que recientemente se ha intensificado el uso de sistemas de información geográfico e imágenes de satélite para tomar medidas directas de la cobertura de la tierra en cada sitio y así caracterizar el contexto ambiental local (McIntyre et al. 2000). En la búsqueda de patrones generales, dos de las variables físicas y demográficas más frecuentemente usadas para definir las condiciones del gradiente son la proporción de superficie impermeable (o su contraparte, i.e. la superficie vegetada) y la densidad de habitantes, tanto por su simplicidad como por ofrecer la posibilidad de comparar fácilmente los resultados entre estudios y/o ciudades (McDonell & Hahs 2008).

En general, se asume que el aumento del nivel de urbanización está asociado con crecientes efectos negativos sobre distintos aspectos de la biodiversidad, o dicho de otra manera, la urbanización afecta negativamente a las comunidades. Conceptualmente, las comunidades tienen una estructura definida por una serie de atributos que sirven para caracterizarla, como la riqueza (número de especies), la equitatividad (variabilidad en la abundancia de las especies), la diversidad (medida de heterogeneidad que integra la riqueza y la equitatividad), y la composición específica (Magurran 2004). El análisis de las respuestas de estos atributos en distintas comunidades animales y vegetales, ha permitido generar un conocimiento de base sobre los efectos de la urbanización en la biodiversidad, aunque muchas veces las tendencias observadas suelen ser contradictorias.

Usualmente, los términos diversidad y riqueza son usados indistintamente en la literatura, ya que el simple recuento del número de especies presentes en una comunidad representa la medida más intuitiva de diversidad biológica (Magurran 2004). Los patrones de respuesta de la riqueza a los efectos de la urbanización, están bien documentados para un amplio grupo de comunidades animales. Marzluff (2001) realizó una extensa revisión bibliográfica en la que compiló estudios sobre aves en gradientes de

urbanización, uno de los grupos taxonómicos más estudiados en ambientes urbanos, y encontró una disminución en la riqueza en respuesta a la urbanización en el 61% de los 51 estudios revisados. Muy pocos estudios realizados en gradientes de urbanización completos reportaron valores máximos de riqueza a niveles moderados de urbanización. Esto mismo fue observado por McKinney (2008), en una revisión que incluyó 88 trabajos donde se analiza el impacto de la urbanización sobre la riqueza de mamíferos, reptiles, anfibios e invertebrados (Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera, Diptera, Arachnida, Isoptera, y Orthoptera, entre otros). En general, este autor encontró una disminución en la riqueza en el 69% de los estudios que analizaron la transición de bajo a moderado nivel de urbanización, mientras que ascendió a 85% para la transición de moderado a alto nivel de urbanización. También señaló que el 71% de los estudios que analizaron el gradiente completo mostraron un máximo de abundancia a bajos niveles de urbanización, mientras que sólo el 24% lo hizo a niveles moderados y el 14% a altos niveles de urbanización. Asimismo, Paul & Meyer (2001), en una revisión de los efectos ecológicos de la urbanización sobre las comunidades de arroyos, encontraron que todos los aspectos del hábitat acuático de los invertebrados son alterados por la urbanización y observaron una respuesta general negativa en la riqueza de invertebrados. También reportaron una respuesta general de disminución en la riqueza a medida que aumenta la cobertura del área impermeable, la descarga total de efluentes, y la densidad de viviendas y de población humana.

La información relacionada con la abundancia absoluta o relativa de cada especie también es relevante para analizar los cambios de la biodiversidad en respuesta a la urbanización (Smith et al. 2006). Sin embargo, no es común encontrar medidas de abundancia, densidad o biomasa en este tipo de estudios. Los patrones observados respecto a los cambios de la abundancia o densidad de individuos en gradientes de urbanización son muy variables. Algunos estudios muestran un aumento en la densidad de aves en áreas urbanizadas (revisado en

Marzluff 2001), mientras que muchos otros grupos animales presentaron el patrón contrario (e.g. Blair & Launer 1997, Ishitani et al. 2003, Magura et al. 2004, Riley et al. 2005, Vilisics et al. 2007). Paul & Meyer (2001) señalaron también que la respuesta de la abundancia de invertebrados de arroyos es dependiente del factor ambiental modificado que prevalece. Así, la abundancia disminuye en respuesta a la concentración de toxinas y sedimentos, mientras que aumenta en respuesta a las concentraciones de nutrientes orgánicos e inorgánicos. Estos autores también observaron, al igual que con la riqueza, una respuesta general de disminución de la abundancia al aumentar la cobertura impermeable, la descarga total de efluentes, y la densidad de viviendas y de población humana.

La urbanización también puede promover la pérdida de variabilidad genética y la extinción global de especies a través de la pérdida de áreas habitables por plantas y animales o por la simplificación de la estructura vegetal de la que depende la existencia de muchas especies animales (Vitousek et al. 1997, McKinney 2002, McKinney 2008). Los impactos sobre la biodiversidad pueden ser tan drásticos en algunos casos que incluso promueven la creación de nuevos ensambles animales y vegetales (McKinney 2006, McDonell & Hahs 2008). Las especies varían en su habilidad para adaptarse a los cambios ambientales inducidos por la urbanización (McKinney 2002). En estudios sobre aves, mamíferos, reptiles y algunos insectos se han detectado tres tipos de respuestas a la urbanización: 1) los que explotan el ambiente urbano y son comensales que dependen del subsidio de recursos humanos; 2) los que se adaptan y, aunque consumen recursos naturales, son facultativos de los recursos subsidiados por el hombre; y 3) los que evitan el ambiente urbano y dependen únicamente de los recursos naturales (Blair 2001). Es esperable que la composición de especies cambie a lo largo del gradiente de urbanización, siendo reemplazadas las especies predominantemente nativas que evitan el ambiente urbano y habitan áreas con menor intervención por las

especies exóticas, invasoras y explotadoras en las áreas fuertemente urbanizadas (Blair 1996, Blair 2001, McKinney 2002).

Por otra parte, la urbanización puede promover un aumento en la riqueza específica a escala local y regional cuando la introducción de especies exóticas supera la extinción de especies nativas. Dicho incremento en la diversidad alfa (i.e. riqueza en unidades espaciales definidas) es a expensas de la diversidad beta (i.e. grado de cambio en la composición de especies entre unidades de diversidad alfa), ya que las especies que invaden los centros urbanos suelen ser cosmopolitas o de distribución amplia. Así, la composición específica de fauna y flora urbanas son más similares entre si que la composición de los ensambles en los cuales los centros urbanos están localizados (Clergeau et al. 2006). Dicho proceso se conoce como homogeneización de biota (McKinney & Lockwood 1999), y describe el reemplazo gradual de comunidades distintivas de una región por comunidades cosmopolitas típicas que resultan de las distintas actividades humanas. Específicamente, la urbanización es una de las principales actividades humanas que producen homogeneización de la biota (McKinney 2006).

Los patrones biológicos observados a lo largo de gradientes de urbanización dependen del grupo taxonómico estudiado, la escala espacial de análisis y la intensidad de urbanización considerada (McKinney 2008). Teniendo en cuenta estas consideraciones, y asumiendo que la urbanización es una forma de disturbio ambiental, el marco teórico para estudiar los efectos del disturbio sobre las comunidades involucra dos hipótesis ampliamente consensuadas. La primera es la "hipótesis del disturbio creciente" (Gray 1989) que predice una reducción monótona de la diversidad a medida que aumenta el nivel de disturbio. La segunda es la "hipótesis del disturbio intermedio" (Connell 1978), o su análogo espacial, el "modelo de heterogeneidad del disturbio" (Porter et al. 2001) que predice una mayor diversidad biológica en sitios con niveles intermedios de disturbio respecto de los extremos.

Modelos biológicos

Los grupos taxonómicos más representados en trabajos sobre ecología en sistemas urbanos han sido las aves, los mamíferos y los invertebrados (Pickett et al. 2001, Garden et al. 2006, McKinney 2008). Dentro del último grupo, los artrópodos son ampliamente utilizados como modelos de estudio para evaluar el impacto del hombre sobre el ambiente y la biodiversidad ya que: 1) es un grupo diverso y pueden servir como indicadores de la biodiversidad de un área, 2) poseen ciclos de vida relativamente cortos por lo que responden rápidamente a los cambios ambientales, 3) son relativamente fáciles de colectar, 4) representan un amplio espectro de niveles tróficos y funciones ecológicas, y 5) pueden ser componentes social, sanitario, agronómico y económico relevantes en hábitats alterados por el hombre (McIntyre et al. 2000, McKinney 2002, McIntyre & Rango 2009). Las comunidades de artrópodos terrestres han sido las más estudiadas hasta el momento (e.g. McIntyre & Hosteler 2001, Alaruikka et al. 2002). Entre los estudios de artrópodos acuáticos, los ensambles de arroyos y los culícidos de importancia sanitaria han sido los mejor representados (e.g. Paul & Meyer 2001, Leisnham et al. 2006, Cox et al. 2007). Pero generalmente, las comunidades acuáticas han sido ignoradas en estudios de ecología de ecosistemas urbanos, a pesar de que la literatura indica que la fauna acuática es particularmente sensible a los efectos de la urbanización (e.g. Hough 1995, Dow & Dewalle 2000).

El grupo taxonómico seleccionado para desarrollar este trabajo son los insectos del Orden Diptera, comúnmente conocidos como moscas y mosquitos. Este grupo es considerado el de mayor variedad biológica entre todos los insectos (Crosskey 1995). Si bien los individuos adultos de casi todas las especies son voladores, muchas especies habitan ambientes acuáticos o semiacuáticos durante su desarrollo preimaginal de larva y pupa. Entre estos ambientes, pueden diferenciarse claramente dos tipos de hábitat: los de tierra o

suelo y los de recipientes. A su vez, los hábitats de recipientes se clasifican en naturales (e.g. huecos de árboles y axilas foliares) y artificiales o hechos por el hombre (e.g. tanques de agua, neumáticos en desuso, floreros) (Service 1995). En ambientes urbanos, el agua contenida en recipientes artificiales son hábitats alternativos para muchas especies acuáticas de insectos (Calado & Navarro da Silva 2001). Estos hábitats resultan particularmente convenientes para estudios ecológicos ya que son diversos en sus características (Yanoviak 2001, Vezzani & Albiccóco 2009, Vezzani et al. 2004), proveen un sistema manipulable para responder preguntas básicas en ecología mediante la experimentación (Leisnham et al. 2006) y tienen un tamaño limitado que permite realizar censos de las poblaciones que los habita.

En la literatura, los ensambles de mosquitos presentes en recipientes artificiales están ampliamente documentados debido a su importancia sanitaria (e.g. Calado & da Silva 2001, Vezzani et al. 2001, Stein et al. 2002, Calderón-Arguedas et al. 2004, Leisnham et al. 2006, Vezzani & Albicócco 2009). Sin embargo, dichos estudios rara vez incluyen a otras familias de dípteros que podrían estar presentes, como Chironomidae, Psychodidae, Ceratopogonidae, Syrphidae, Corethrellidae, Chaoboridae y Stratiomyidae (Hribar et al. 2004, Leisnham et al. 2006, Kling et al. 2007, Yee 2008), y menos aún evaluaron los requerimientos del hábitat larval. Hasta mi conocimiento, no han sido publicados estudios que exploren aspectos ecológicos de la comunidad completa de dípteros que utilizan los recipientes artificiales como hábitats de cría en ambientes urbanos. Tampoco se han puesto a prueba hipótesis sobre la respuesta de dichas comunidades al proceso de urbanización.

I.2. Objetivos e Hipótesis

Objetivos generales

Contribuir al conocimiento de los efectos de la urbanización sobre la biodiversidad.

Caracterizar la estructura de la comunidad de dípteros que habita en el agua contenida en recipientes artificiales en ambientes urbanizados.

Objetivos específicos

Objetivo principal. Evaluar el efecto del nivel de urbanización sobre la estructura de la comunidad de dípteros que habitan en el agua contenida en recipientes artificiales a escala de paisaje.

Hipótesis. El aumento en el nivel de urbanización afecta negativamente a las comunidades de dípteros de recipientes artificiales y, por ende, la estructura de dichas comunidades varía.

Predicción 1. Si la comunidad de dípteros de recipientes artificiales responde al aumento en el nivel de urbanización como muchos de los grupos taxonómicos estudiados (aves, mamíferos, anfibios, reptiles y otros insectos), entonces se espera una reducción gradual de la riqueza y abundancia de dípteros desde los sitios con menor nivel de urbanización hacia los más urbanizados ("hipótesis del disturbio creciente").

Predicción 2. Si las distintas especies que pueden habitar en el agua de recipientes artificiales varían en su habilidad para adaptarse a los cambios ambientales inducidos por la urbanización, esto determinará que en sitios con niveles de urbanización máximo y mínimo existan especies exclusivas de cada uno de dichos ambientes. En consecuencia, la similitud en la composición de especies entre éstos extremos será mínima.

Objetivo secundario 1. Examinar simultáneamente los efectos del uso de la tierra y del nivel de urbanización sobre la estructura de la comunidad de dípteros que habita en el agua de recipientes artificiales.

Hipótesis 1. La respuesta de la comunidad de dípteros al nivel de urbanización no varía con el uso de la tierra.

Hipótesis 2. Dentro de los cementerios, el tipo de recipiente no influye la estructura de la comunidad de dípteros.

Objetivo secundario 2. Examinar el efecto del nivel de edificación sobre la estructura de la comunidad de dípteros de recipientes artificiales a escala de parche.

Hipótesis. La calidad del hábitat de los parches determina la estructura de la comunidad de dípteros.

Objetivo secundario 3. Identificar los factores micro-ambientales que determinan la presencia de dípteros en el agua contenida en recipientes artificiales.

Hipótesis. La ocurrencia de especies de dípteros en recipientes artificiales depende de las condiciones micro-ambientales.

Las predicciones correspondientes a las hipótesis de los objetivos secundarios serán desarrolladas en los capítulos correspondientes (IV, VI y VII respectivamente), a fin de facilitar su comprensión luego de una breve introducción donde se expondrán los antecedentes específicos para cada caso.

I.3. Estructura de la tesis

A continuación, se presentan los Materiales y Métodos (Capítulo II), donde se describen las características generales del área de estudio, el diseño de la investigación y los métodos de campo, laboratorio y gabinete.

En el capítulo III, se exponen los primeros resultados relacionados con el objetivo principal de la tesis. Allí se analizan las variaciones en la estructura de la comunidad de dípteros que habitan en los floreros de cementerios ubicados en áreas con distinto nivel de urbanización, representando un gradiente urbano-rural completo. De esta manera se ponen a prueba las hipótesis planteadas analizando las relaciones entre la riqueza, la abundancia y la similitud en la composición de especies de dípteros (variables respuesta) con el porcentaje de área impermeable de los alrededores de cada cementerio (variable explicatoria).

En el capítulo IV, se examina simultáneamente el efecto del uso de la tierra y del nivel de urbanización sobre la estructura de la comunidad de dípteros. Para ello se implementó un diseño que requirió de la colocación de recipientes estándares (i.e. experimentales) en dos usos de la tierra (cementerios y áreas residenciales adyacentes) ubicados en tres niveles de urbanización contrastantes: urbano, suburbano y rural. Los resultados de este capítulo

motivaron una reexploración del objetivo principal a través de un contexto metodológico alternativo.

En consecuencia, en el capítulo V se evalúa nuevamente el efecto del nivel de urbanización sobre la estructura de la comunidad de dípteros pero inspeccionando el agua contenida en cubiertas de auto en desuso ubicadas en áreas residenciales que conforman un gradiente de urbanización. Una vez más, se ponen a prueba las hipótesis planteadas comparando la riqueza, la abundancia, la diversidad y la similitud en la composición de especies de dípteros entre tres categorías de urbanización (urbanización baja, media y alta) establecidas a partir del porcentaje de área impermeable en los alrededores de cada sitio de muestreo.

En el capítulo VI se examina el efecto del nivel de edificación sobre la estructura de la comunidad de dípteros a escala de parche dentro de un mismo uso de la tierra. Para ello se comparó la estructura de la comunidad de dípteros de floreros entre dos tipos de parche contrastantes respecto de la vegetación y edificación dentro de los cementerios.

En el capítulo VII se identifican algunos factores micro-ambientales que influyen en la presencia de dípteros en cubiertas. Para ello se realizó un análisis multivariado a través del cual se construyó un modelo de ocurrencia de dípteros que retuvo aquellas variables micro-ambientales fuertemente asociadas a la presencia de inmaduros.

Finalmente, en el Capítulo VIII (Consideraciones finales y Conclusiones) se discute de manera integrada las respuestas a las preguntas formuladas en cada uno de los capítulos previos, dando una visión general de los hallazgos de esta tesis.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se describen las características generales del área de estudio y los trabajos realizados en campo, laboratorio y gabinete. Posteriormente, en los capítulos donde se presentan resultados (III a VII) se hará referencia a la metodología específica utilizada en cada caso.

II.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el noreste de la Provincia de Buenos Aires. Esta se encuentra dentro de la eco-región de La Pampa (Burkart et al. 2000) y la Provincia Fitogeográfica Pampeana (Cabrera 1971). Se extiende sobre llanuras levemente onduladas de origen sedimentario (loess o limos), con escaso desarrollo de la red hidrográfica y presencia de lagunas de agua dulce o salobre. El clima es templado-cálido, con precipitaciones durante todo el año que varían entre 600 mm hacia el suroeste y 1100 mm al noreste, y temperaturas medias anuales desde 15°C al sur y 18°C al norte. El tipo de vegetación dominante es la estepa graminosa altamente modificada por la fuerte antropización de estas tierras. La explotación agroganadera siempre ha sido la principal actividad productiva de la zona, propiciada por la aptitud de los suelos, la baja amplitud térmica y las lluvias continuas. Sin embargo, el desarrollo urbano de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), sede del gobierno federal y principal centro educativo, político y económico del país, es otra fuente de antropización que incluso compite con la agricultura y la ganadería por ocupar uno de los suelos más productivos del mundo (Morello et al. 2000). Para comprender la magnitud de este desarrollo urbano, basta mencionar que el Aglomerado[1] Gran Buenos Aires constituye la mayor concentración urbana de Argentina, la segunda de Sudamérica después de San Pablo y la veinteava del mundo (Demographia World Urban Areas 2011).

El área de estudio se extiende entre los 34°6′ y 35°26′ latitud sur y los 58°7′ y 59°41′ longitud oeste. Este área, de aproximadamente 21600 km^2, comprende 44 partidos (Figura II.1), incluyendo a la CABA y los 24 partidos circundantes que juntos forman el Gran Buenos Aires y a 19 partidos rurales (INDEC 2003; Tabla II.1). Su aspecto general es el de una mancha urbana en forma de estrella delimitada por el Río de La Plata al este, las islas del Delta del río Paraná al nordeste, tierras

[1] Aglomerado: Definido como la "envolvente de población", es decir, la zona hasta donde llega la continuidad de viviendas.

agroganaderas con predominio de cultivos al noroeste y oeste, y recursos forrajeros al sudoeste y sur (Figura II.1).

Tabla II.1. Partidos de la Provincia de Buenos Aires incluidos en el área de estudio y densidad de habitantes (hab/km^2) según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010).

Almirante Brown	4555	Luján	134
Avellaneda	6200	Malvinas Argentinas	5108
Berazategui	1703	Marcos Paz	114
Brandsen	23	Mercedes	60
CABA	14030	Merlo	3084
Campana	250	San Miguel del Monte	11
Cañuelas	44	Moreno	2568
Escobar	758	Morón	5713
Esteban Echeverría	2490	Navarro	10
Exaltación de la Cruz	45	Pilar	779
Ezeiza	676	Pte Perón	671
Florencio Varela	2232	Quilmes	4647
Gral Las Heras	20	San Andrés de Giles	20
Gral Paz	9	San Antonio de Areco	27
Gral Rodríguez	243	San Fernando	9811
Gral San Martín	7551	San Isidro	6075
Hurlingham	5043	San Miguel	3387
Ituzaingó	4432	San Vicente	91
José C Paz	5262	Suipacha	11
La Matanza	5441	Tigre	2572
Lanús	10078	Tres de Febrero	7473
Lobos	21	Vicente López	6947
Lomas de Zamora	6890	Zárate	93

Esta mancha no es completamente homogénea, sino que presenta un marcado gradiente de urbanización. Dicho gradiente va desde áreas completamente impermeables (e.g. edificios, asfalto, veredas, etc.), como los barrios céntricos de la CABA, hasta áreas con predominio de vegetación y suelo desnudo. Estas últimas tienen construcciones espacialmente más aisladas, como ocurre en parajes y localidades rurales distantes a unos 100 km de la CABA (Figura II.2).

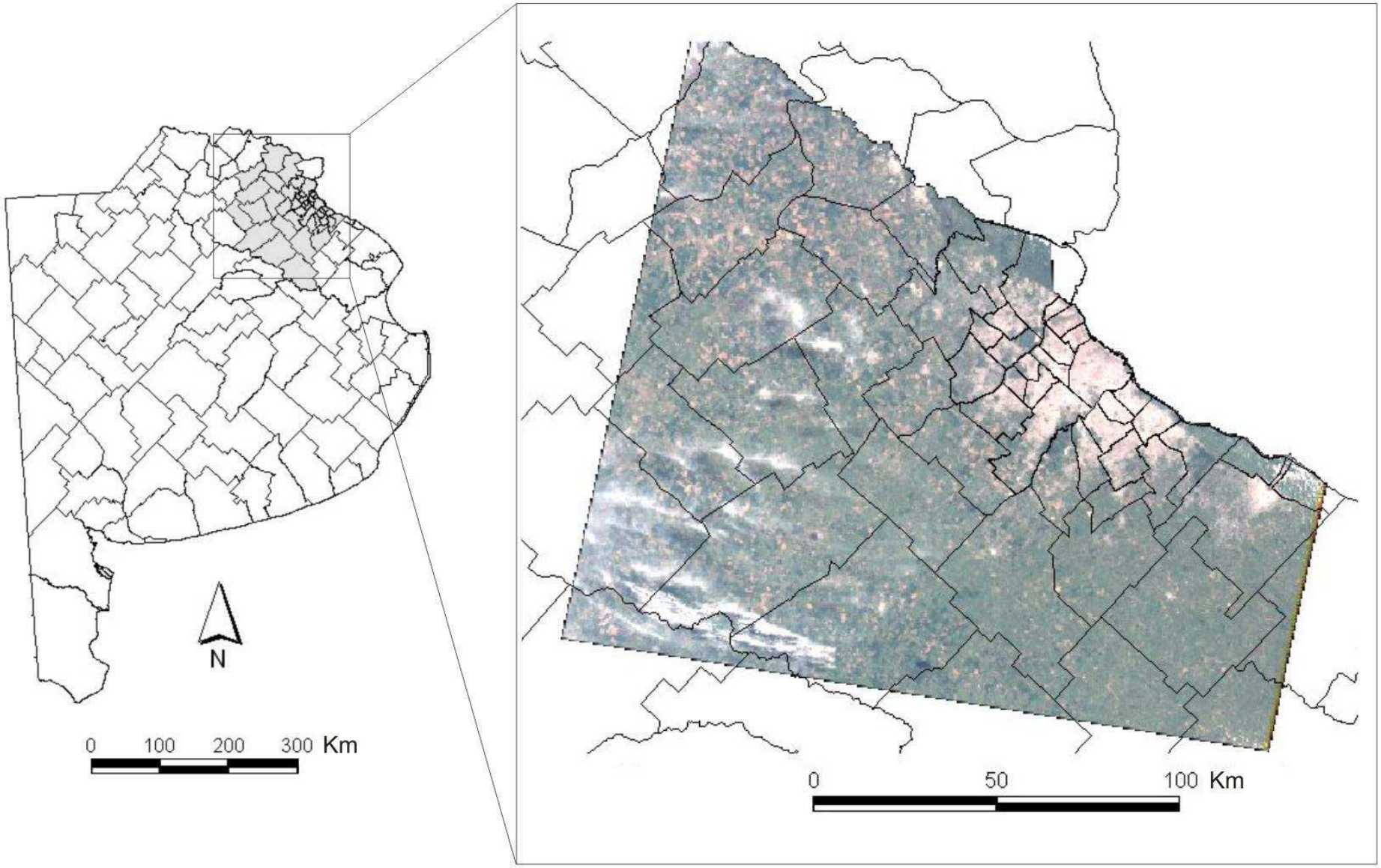

Figura II.1. Ubicación geográfica y aspecto general del área de estudio, Provincia de Buenos Aires.

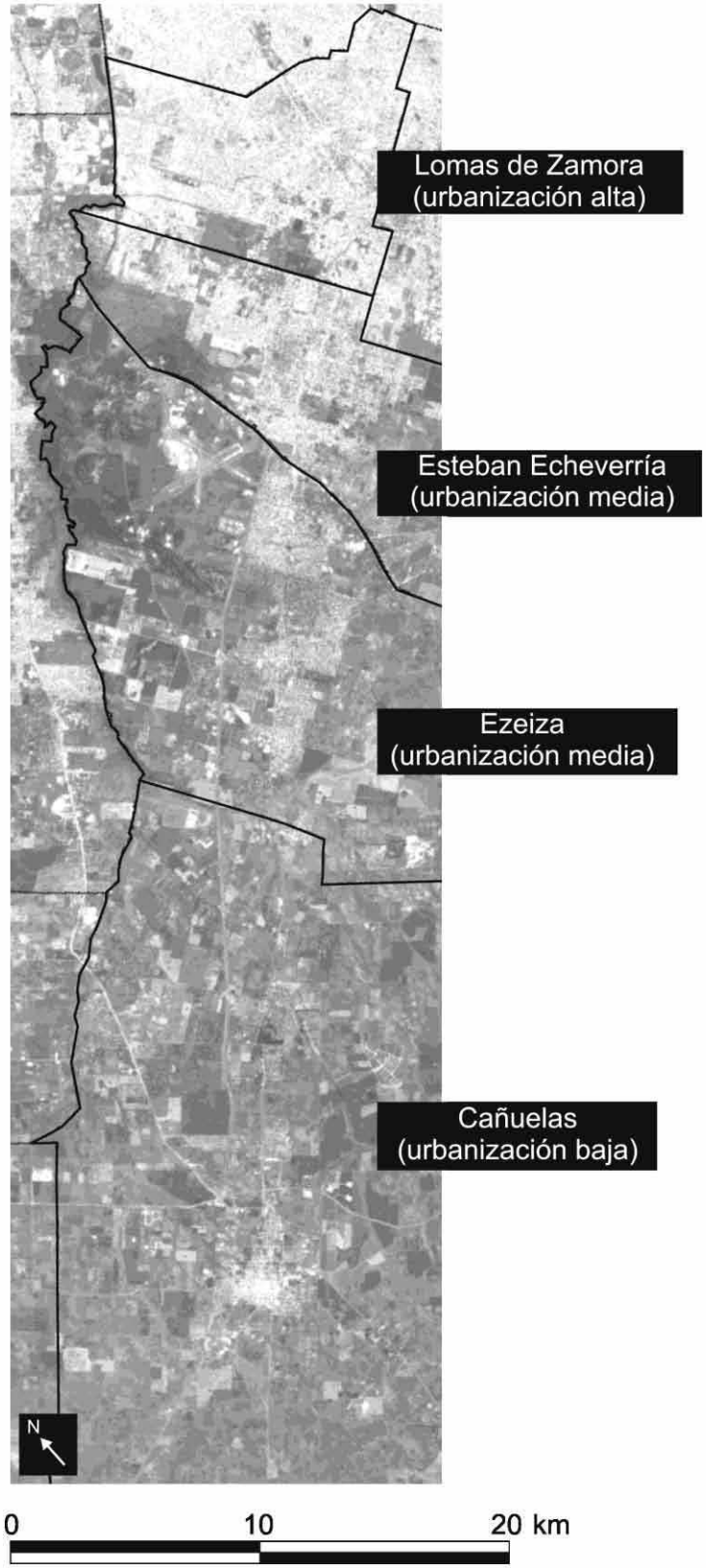

Figura II.2. Detalle del gradiente urbanización, en sentido centro-sudoeste, que abarca desde un municipio urbanizado (Lomas de Zamora) hasta una localidad rural (Cañuelas).

II.2. Diseño general del estudio

El diseño del estudio consistió en analizar la asociación entre los atributos de la comunidad de dípteros y variables ambientales a distintas escalas espaciales. Dado que se planteó un objetivo principal a escala de paisaje y otros secundarios a escalas de parche y microambiente, se utilizaron diseños de muestreo que permitieran obtener datos para contestar simultáneamente preguntas relacionadas con las distintas escalas de análisis. La variable explicatoria a escala de paisaje, i.e. el nivel de urbanización, fue cuantificada en cada sitio de muestreo como el porcentaje de área impermeabilizada en sus alrededores. Se realizó una selección de sitios que maximizaran la representatividad de los distintos niveles de urbanización, para así obtener un gradiente completo de urbanización (Figuras II.3.a y II.4.a).

a)

b)

Figura II.3. a) Ejemplo de cementerios y sus alrededores con nivel de urbanización bajo (Cañuelas, izquierda), medio (Pilar, centro) y alto (San Martín, derecha); b) Vista típica del cementerio municipal.

Para obtener un número elevado de muestras fue necesario seleccionar un tipo de ambiente urbano que dispusiera de una elevada cantidad de recipientes artificiales con agua, además de representar un amplio rango de niveles de urbanización dentro del gradiente. Es por ello que se seleccionaron como sitios de muestreo a los cementerios (Figura II.3.b) y a las acumulaciones de cubiertas en desuso, tales como depósitos y gomerías (Figura II.4.b).

a)

b)

Figura II.4. a) Ejemplo de sitios con acumulaciones de cubiertas y sus alrededores con nivel de urbanización bajo (Spegazzini, izquierda), medio (González Catán, centro) y alto (Temperley, derecha); b) vista típica de sitios con acumulaciones de cubiertas.

En cada capítulo se especificará el diseño de muestreo particular, incorporando aquellos aspectos técnicos relevantes para la recolección de datos adicionales que permitieron realizar los análisis correspondientes y responder las preguntas planteadas. En términos generales, el estudio siguió el siguiente esquema:

- Para evaluar el efecto del nivel de urbanización a escala de paisaje (objetivo principal) y el efecto del nivel de edificación a escala de parche (objetivo secundario 2) sobre las comunidades de dípteros que habitan en el agua de recipientes artificiales, se muestrearon floreros (unidades de muestreo) de cementerios durante octubre de 2007 (primavera), enero de 2008 (verano) y abril de 2008 (otoño). Para la escala de paisaje las unidades experimentales fueron los cementerios, mientras que para la escala de parche éstas fueron cada tipo de parche (parche de tumbas y parche de panteones) dentro de cada cementerio.
- Para examinar simultáneamente los efectos del uso de la tierra y del nivel de urbanización sobre la estructura de la comunidad de dípteros (objetivo secundario 1), se colocaron recipientes experimentales (unidades de muestreo) en cementerios y zonas residenciales (unidades experimentales) en febrero de 2009.
- Para re-evaluar el efecto del nivel de urbanización a escala de paisaje (objetivo principal) sobre las comunidades de dípteros que habitan en el agua de recipientes artificiales e identificar los factores micro-ambientales que determinan su presencia en estos recipientes (objetivo secundario 3), se realizaron muestreos mensuales en sitios con acumulaciones de cubiertas desde noviembre de 2009 hasta mayo de 2010. En este caso las cubiertas fueron las unidades de muestreo, y mientras que para el análisis a escala de paisaje las unidades experimentales fueron los sitios con acumulaciones de cubiertas, para el análisis de los factores micro-ambientales la unidad experimental fue la cubierta.

II.3. Variables explicatorias

Caracterización del gradiente de urbanización

Como ya se ha mencionado en el capítulo I, la distancia desde el centro urbano puede ser una aproximación poco adecuada para la caracterización de un gradiente urbano-rural. Es por ello que se cuantificó el porcentaje de área impermeable en los alrededores de cada sitio de muestreo (cementerios y sitios con acumulaciones de cubiertas). Este tipo de cobertura de la tierra es representativo de superficies ocupadas por concreto, asfalto, cemento o mejorados con piedra como se puede encontrar en edificios, calles, veredas, etc.

Para estimar el área impermeable se utilizó una imagen Landsat 5 TM que incluye la CABA y alrededores (path-row: 225-84) capturada el 22 de enero de 2010 a las 13:45 hs, cortesía de U.S. Geological Survey (www.esgs.gov). La resolución espacial de esta imagen, que determina el tamaño del menor objeto que es posible distinguir con el sensor, es de 30 m para las bandas del espectro visible y del infrarrojo. Para la selección de la imagen se establecieron tres requisitos: 1) que la cobertura de nubes fuera igual o menor al 5% para maximizar la calidad de la imagen y el área clasificable, 2) que la imagen fuera capturada durante el verano para maximizar el contraste entre la vegetación y la edificación, y 3) que la imagen fuera capturada en horas del mediodía para minimizar la presencia de sombras, principalmente importantes en las zonas céntricas donde hay edificios de más de 100 m de altura.

Se generó una imagen con una combinación de bandas R: 7, G: 4, B: 2 para obtener una composición a color que realce las coberturas de interés. La banda 7 corresponde al infrarrojo medio que es idóneo para detectar focos de temperatura, la banda 4 corresponde al infrarrojo cercano y es capaz de discriminar masas vegetales y concentraciones de humedad, y la banda 2 corresponde a la franja verde del espectro visible. Sobre dicha imagen se realizó una clasificación no supervisada

utilizando el software Erdas Imagine 8.4., a través del cual se diferenciaron las áreas impermeabilizadas de las otras áreas (e.g. vegetación, suelo desnudo, cuerpos de agua) (Figura II.5).

Finalmente, con esta clasificación se estimó el porcentaje de área impermeable (PAI) para cada sitio de muestreo. Para ello, se establecieron áreas circulares de diferentes radios con centro en el sitio de muestreo, previamente georreferenciado (Figura II.6). Para los cementerios se usaron radios de 0,5, 1 y 2 km y para las acumulaciones de cubiertas 0,5, 1 y 1,5 km. En el interior de cada círculo se estimó el porcentaje de área ocupada por la clase de cobertura "impermeable" mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica (ArcView GIS 3.2).

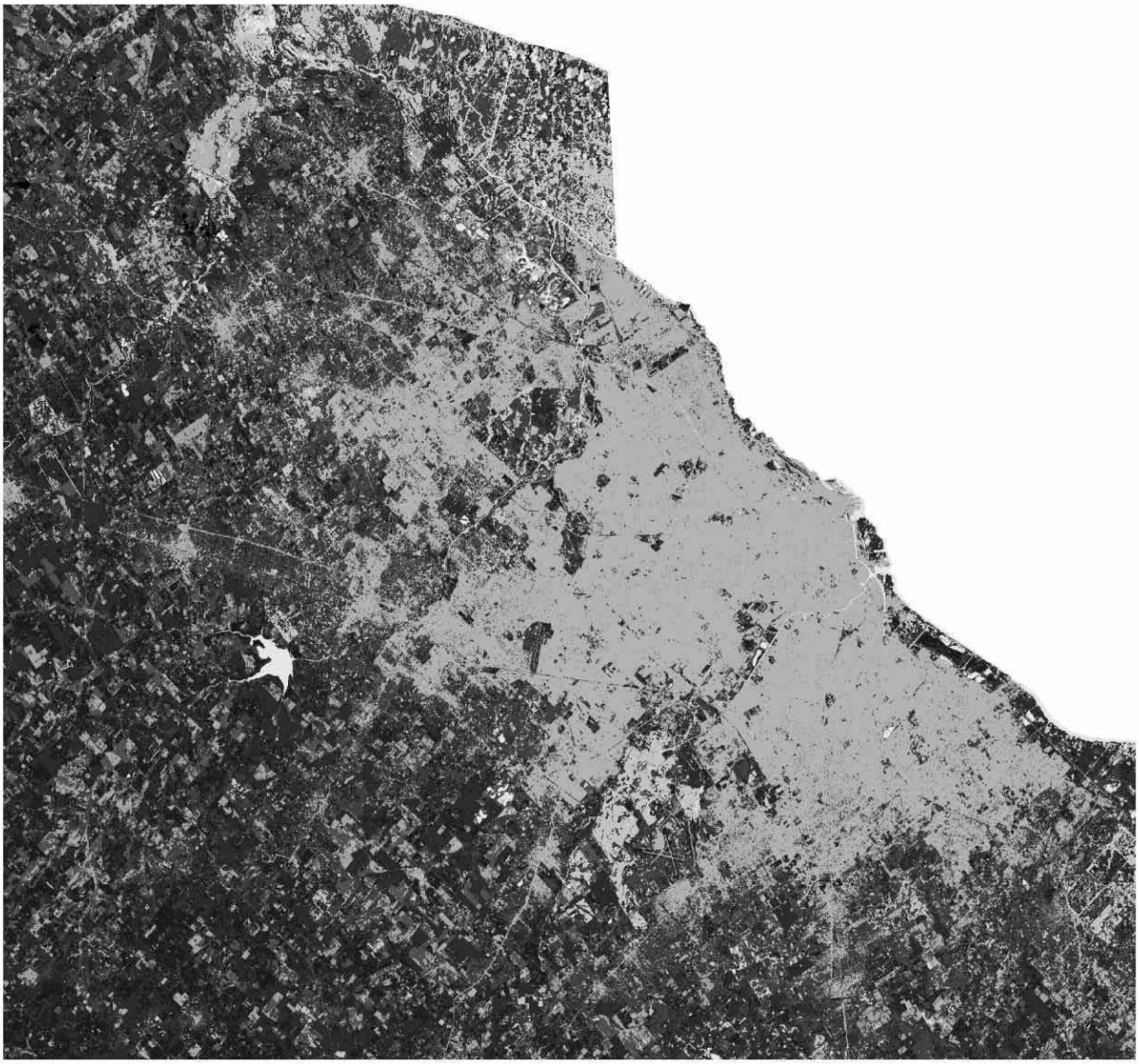

Figura II.5. Recorte de imagen categorizada; se destaca la superficie impermeabilizada en tonos grises de los cuerpos de agua en blanco y las superficies vegetadas en negro.

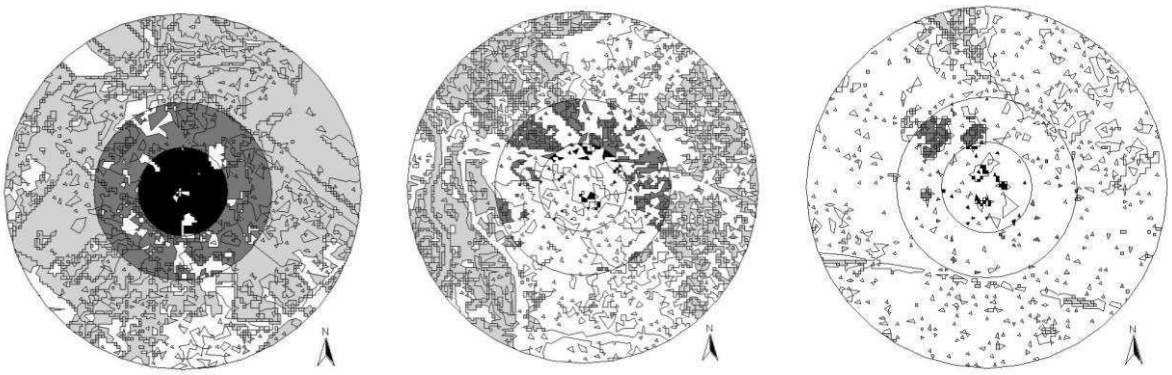

Figura II.6. Ejemplo de radios utilizados para estimar el PAI en cementerios (0,5km, 1km y 2km) sobre la imagen clasificada en área impermeabilizada (blanco) y área no impermeabilizada (tonos de gris y negro) para el nivel de urbanización bajo (Giles, izquierda), medio (Boulogne, medio) y alto (San Martín, derecha).

Variables de parche y micro-ambiente

El estudio del efecto de las características del parche sobre las comunidades de dípteros se realizó dentro de los cementerios (objetivo secundario 2). Internamente, los cementerios presentan zonas fácilmente distinguibles por la práctica mortuoria predominante (e.g. tumbas, panteones, nichos). Generalmente, la mayor superficie está ocupada por dos tipos de parches, los de tumbas y los de panteones, que presentan características contrastantes en cuanto al nivel de edificación y vegetación (Figura II.7). Así, los muestreos fueron realizados en estos dos tipos de parches a fin de, en primer término, captar la heterogeneidad típica de los cementerios cuando se comparó la estructura de las comunidades de dípteros entre cementerios a escala de paisaje y, en segundo término, poder evaluar el efecto de las características del hábitat sobre estas comunidades a escala de parche. Para ello se cuantificó la proporción de área ocupada por los parches de tumbas y de panteones en cada cementerio utilizando el software Google Earth 4.3 y posterior verificación a campo. En los capítulos correspondientes (III y VI) se expondrán en detalle las características

de estos parches y las razones para utilizar esta metodología de trabajo dentro de los cementerios.

Figura II.7. Vista aérea general de un cementerio donde están representados los parches de tumbas (círculo y fotografía inferior izquierda) y panteones (círculo y fotografía inferior derecha); la línea punteada señala el límite del cementerio.

Las variables explicatorias correspondientes a la escala de micro-ambiente fueron relevadas a campo durante el muestreo de cubiertas. El listado de las variables medidas y la metodología utilizada serán especificados en el capítulo VII.

II.4. Variables respuesta

La comunidad de dípteros inmaduros fue caracterizada a través de diversos atributos, los cuales fueron empleados como variables respuesta para poner a prueba las hipótesis planteadas. A continuación se presenta una lista de todas las variables respuesta utilizadas y su significado biológico:

Índice de sitios (IS): porcentaje de sitios (ya sean cementerios o acumulaciones de cubiertas) con al menos un recipiente con inmaduros de dípteros; representa la proporción de sitios positivos.

Índice de recipientes (IR): porcentaje de recipientes con inmaduros de dípteros (recipientes positivos); representa la proporción de hábitat larval (recipientes con agua) ocupado en cada sitio de muestreo.

Abundancia total (AT): número de inmaduros totales; representa la productividad total del sitio de muestreo. Esta variable solo fue estimada cuando el esfuerzo de muestreo fue igual para todas las unidades experimentales.

Abundancia relativa (AR): porcentaje de inmaduros por especie respecto del total; indica la representatividad de cada especie dentro de la comunidad.

Densidad por recipiente (DR): promedio o mediana del número de individuos totales por recipiente positivo (unidades: individuos/recipiente); resume la intensidad de uso del hábitat larval.

Densidad por litro (DL): mediana del número de individuos totales en un litro de agua por recipiente positivo (unidades: individuos/litro); también resume la intensidad de uso del hábitat larval pero considerando el volumen de agua contenida.

Riqueza de especies (R): número de especies por sitio de muestreo estimado por recuento directo o rarefacción; describe a la comunidad en términos de del número de especies presentes.

Índice de diversidad (H´): índice de Shannon-Wiener; toma en consideración tanto los esquemas de abundancia como la riqueza en especies. Comunidades más ricas y más equitativas tendrán mayores índices de diversidad.

Similitud en la composición de especies (CS): estimado a través del Índice de Sörensen calculado con datos de presencia-ausencia de especies entre dos sitios de muestreo; refleja cuan similares son estos sitios en cuanto a su composición de especies y es interpretada de acuerdo a Krebs (1989) como: $\leq$ 0,39 baja, 0,4-0,49 moderada, 0,5-0,59 alta y $\geq$ 0,6 muy alta similitud.

R por rarefacción, H´ y CS fueron estimados mediante el uso del software Estimates 8.2.0.

Dos variables adicionales fueron incluidas para caracterizar a los floreros de cementerios y recipientes experimentales con inmaduros de dípteros:

Capacidad del recipiente (CR): mediana de la capacidad total de los recipientes positivos (en ml); es una medida representativa del tamaño de los recipientes.

Volumen de agua del recipiente (VR): mediana del volumen de agua contenida en los recipientes positivos (en ml); es una medida representativa del volumen de agua ocupada por los inmaduros en los recipientes positivos y se utiliza para calcular DL.

II.5. Recolección de muestras

La recolección de inmaduros de dípteros de los recipientes con agua fue realizada mediante censos en el caso de los floreros y recipientes experimentales

(capítulos III, IV y VI) y de muestreos en las cubiertas (capítulos V y VII). Los censos implicaron el filtrado de toda el agua contenida en cada recipiente revisado, a fin de recolectar la totalidad de los individuos presentes en el criadero. Los muestreos se realizaron mediante tres pasadas de red por el agua contenida en cada cubierta revisada.

El filtrado del agua contenida en cada recipiente se realizó a través de una red de malla fina plástica, para garantizar que las larvas pequeñas queden retenidas y minimizar el deterioro que ocasionaría en las larvas el uso de una red metálica. Los inmaduros recolectados de un mismo recipiente fueron depositados en recipientes plásticos herméticos debidamente rotulados. Exceptuando las pupas de la familia Culicidae (mosquitos), todas las larvas y pupas halladas fueron fijadas con alcohol 70% y conservadas para su posterior identificación. Todas las pupas vivas de Culicidae fueron depositadas en recipientes limpios, con unas gotas del agua de la muestra y un palillo en su interior; se colocaron bajo techo, a temperatura ambiente y fuera de la radiación solar directa para aguardar la emergencia de los adultos.

II.6. Identificación taxonómica de dípteros

Para la identificación de los individuos colectados, previamente se separaron las larvas y pupas de dípteros del resto del material contenido en la muestra, tales como otros insectos, restos vegetales, tierra y piedras, etc. Posteriormente, la identificación y conteo de individuos de cada muestra fue realizado con una lupa binocular estereoscópica Nikon SMZ 645. Todos los individuos fueron primero identificados a nivel de familia utilizando McAlpine et al. (1981). Las larvas 3-4 y los adultos de mosquitos fueron identificados a nivel de especie utilizando claves de Culicidae de Argentina y Buenos Aires (Darsie 1985, Rossi et al. 2002). Las larvas y pupas de Chironomidae fueron identificadas hasta género siguiendo los manuales de Epler (2001) y Wiederholm (1983) y con la colaboración del Dr. Augusto Siri (IMPLA-Instituto de Limnología Dr. Raúl A. Ringuelet) taxónomo especialista en esta familia.

Finalmente, las larvas y pupas de otras familias de dípteros fueron categorizadas dentro de morfoespecies o Unidades Taxonómicas Reconocibles (UTR) como las denominaron Oliver & Beattie (1993).

El uso de morfoespecies como sustituto de especies ha sido una metodología utilizada por otros trabajos ecológicos, donde la identificación taxonómica de grupos abundantes y diversos es difícil (e.g. Ingham & Samways 1996, Bolger et al. 2000). Oliver & Beattie 1993) estimaron un 90% de acuerdo entre la clasificación en UTR hecha por técnicos no especialistas y la clasificación realizada por taxónomos. En este trabajo, todas las morfoespecies fueron revisadas por colaboradores con experiencia en identificación de dípteros inmaduros (Chironomidae: Dr. A. Siri, otras familias: Dr. M.S. Fontanarrosa).

II.7. Análisis de datos

En cada capítulo se especificarán los análisis de datos realizados para poner a prueba cada una de las hipótesis planteadas.

CAPITULO III

RESPUESTA DE LA COMUNIDAD DE DÍPTEROS DE FLOREROS A LA URBANIZACIÓN

III.1. Introducción

En las ciudades, la fauna de áreas verdes (e.g. parques y bosques) está mucho mejor estudiada que la de zonas edificadas o más intensamente utilizadas por el hombre (McIntyre et al. 2000, Pickett et al. 2001, Smith et al. 2006). Tradicionalmente, las investigaciones sobre ecología urbana han considerado a las áreas verdes prístinas como verdaderas islas inmersas en un mar de urbanización, cuya biodiversidad puede ser comparada con la de los alrededores rurales o naturales para evaluar el efecto de la urbanización sobre la naturaleza (Ishitani et al. 2003). Sin embargo, áreas verdes bajo manejo como jardines y cementerios también han sido propuestos como unidades de estudio en sistemas urbanos (Barrett & Barrett 2001, Gaston et al. 2005, Smith et al. 2006, Vezzani 2007).

Dentro de las áreas urbanas, los cementerios han sido utilizados como áreas de estudio para una amplia variedad de grupos taxonómicos, incluyendo plantas, mamíferos, aves, reptiles, anfibios, insectos, hongos, líquenes y bacterias (revisado por Vezzani 2007). Entre los insectos, el grupo taxonómico más estudiado ha sido el de los mosquitos (Diptera: Culicidae). En los cementerios, muchas especies de mosquitos encuentran los recursos necesarios para satisfacer sus requerimientos de alimentación, supervivencia y reproducción ya que: 1) la vegetación provee recursos alimenticios (carbohidratos) para los adultos, 2) tanto los visitantes y cuidadores como los

animales (e.g. perros, gatos, aves) constituyen fuentes de sangre, necesaria para la producción de huevos en las hembras, 3) la vegetación y las construcciones ofrecen sitios de refugio para los adultos y 4) la presencia de una alta densidad de floreros con agua, característica de los cementerios de tradición cristiana, asegura la disponibilidad de hábitats para larvas y pupas (Vezzani 2007). Estas condiciones también favorecen la presencia de otros dípteros con requerimientos similares a los de los mosquitos. Kazana et al. (1983) han reportado la presencia de individuos inmaduros pertenecientes a las familias Culicidae, Chironomidae, Ceratopogonidae y Psychodidae en un cementerio de Venezuela. En Argentina, si bien existen numerosos estudios que demuestran que los cementerios son un sitio propicio para la proliferación de culícidos, sólo dos trabajos mencionan la presencia de larvas de otros dípteros, de las familias Chironomidae y Ceratopogonidae, en floreros de cementerios de La Plata (López Lastra et al. 2003) y de la Isla Martín García (Ronderos et al. 2011). Las especies de la familia Chironomidae han sido reconocidas como indicadores de calidad del agua en ambientes naturales (e.g. Iliopoulou-Georgudaki et al. 2003) y urbanos (e.g. Morais et al. 2010). Por lo tanto, cualquier intervención destinada al control de especies perjudiciales o a la conservación de especies benéficas, requerirá del estudio de la comunidad entera de dípteros que habitan estos recipientes artificiales y de los factores ambientales que determinan la estructura de dicha comunidad.

Los cementerios son espacios urbanos que ofrecen un modelo de estudio adecuado para evaluar el efecto de distintas características ambientales sobre los dípteros que habitan en el agua de floreros a distintas escalas espaciales. La mayoría de la evidencia proviene de estudios enfocados en mosquitos (revisado por Vezzani 2007), en los que se consideran variables que operan a escala de recipiente, de micro-ambiente, de parche y a escalas aún mayores como la de paisaje. A escala de recipiente (i.e. el hábitat acuático de los inmaduros) se ha comparado la ocurrencia y/o productividad de mosquitos entre floreros de

distinto material, capacidad y volumen de agua contenida (Sota et al. 1994, Vezzani et al. 2004, Abe et al. 2005, Vezzani & Albicócco 2009). Otros trabajos tomaron en consideración factores como el nivel de insolación, el tipo de sustrato, el porcentaje de cobertura vegetal y la presencia de materia orgánica como posibles factores que modifican las condiciones micro-ambientales o del parche que rodea a los sitios de cría, como determinantes de la presencia y/o abundancia de mosquitos (Silva & Lopes 1985, O´Meara et al. 1992, Abe et al. 2005, Vezzani et al. 2005, Vezzani & Albicócco 2009). Los cementerios también han servido como sitios de estudio para comparar la fauna de mosquitos entre recipientes artificiales y naturales (Sota et al. 1994), entre distintos usos urbanos de la tierra (Lozovei & Luz 1976), y entre cementerios con distintas características (Vezzani et al. 2001, Barja-Simón et al. 2009). Los cementerios son un componente común de los asentamientos humanos y pueden estar rodeados por una amplia variedad de niveles de urbanización. El nivel de urbanización de los alrededores de cada cementerio puede ser cuantificado para construir un gradiente urbano-rural que puede repetirse en cualquier otra parte del mundo y esto los convierte en un modelo de estudio adecuado para evaluar la respuesta de la biodiversidad a la intensidad de uso urbano.

En este capítulo se explorará el objetivo principal de la tesis a través del estudio de las comunidades de dípteros que habitan en el agua contenida en floreros de cementerios situados en áreas con distinto nivel de urbanización, y que en conjunto conforman un gradiente urbano-rural.

III.2. Objetivos e hipótesis

Objetivo principal. Evaluar el efecto del nivel de urbanización sobre la estructura de la comunidad de dípteros que habitan en el agua contenida en recipientes artificiales a escala de paisaje.

Hipótesis. El aumento en el nivel de urbanización afecta negativamente a las comunidades de dípteros de recipientes artificiales y, por ende, la estructura de dichas comunidades varía.

Predicción 1. Si la comunidad de dípteros de recipientes artificiales responde al aumento en el nivel de urbanización como muchos de los grupos taxonómicos estudiados (aves, mamíferos, anfibios, reptiles y otros insectos), entonces se espera una reducción gradual de la riqueza y abundancia de dípteros desde los sitios con menor nivel de urbanización hacia los más urbanizados ("hipótesis del disturbio creciente").

Predicción 2. Si las distintas especies que pueden habitar en el agua de recipientes artificiales varían en su habilidad para adaptarse a los cambios ambientales inducidos por la urbanización, esto determinará que en sitios con niveles de urbanización máximo y mínimo existan especies exclusivas de cada uno de dichos ambientes. En consecuencia, la similitud en la composición de especies entre éstos extremos será mínima.

III.3. Métodos

Área de estudio y diseño de muestreo

El estudio se llevó a cabo en un área que se extiende entre los 34°25′ y 35°2′ latitud sur y los 58°09′ y 59°25′ longitud oeste. En el capítulo II (II.1) se ofrece una descripción detallada de esta área.

Se trabajó con un modelo de tipo gradiente urbano-rural determinado por el nivel de urbanización de los alrededores de los cementerios (unidades

experimentales). La selección de cementerios buscó, en primera instancia, maximizar la representatividad de los distintos niveles de urbanización para conformar un gradiente de urbanización completo (para más detalles remitirse al capítulo II.3). Además, se consideraron los siguientes requisitos: 1) que fuera de dominio municipal, 2) que la superficie fuera del orden de varias hectáreas, 3) que la distancia mínima entre ellos fuese de 3 km, 4) que hubiera gran cantidad de floreros, y 5) que se obtuviese la autorización formal de las autoridades para realizar los muestreos. Finalmente, sobre un listado de 25 cementerios considerados, se seleccionaron 14 cementerios pertenecientes a 9 municipios del Gran Buenos Aires y 4 partidos rurales (Fig. III.1, Tabla III.1).

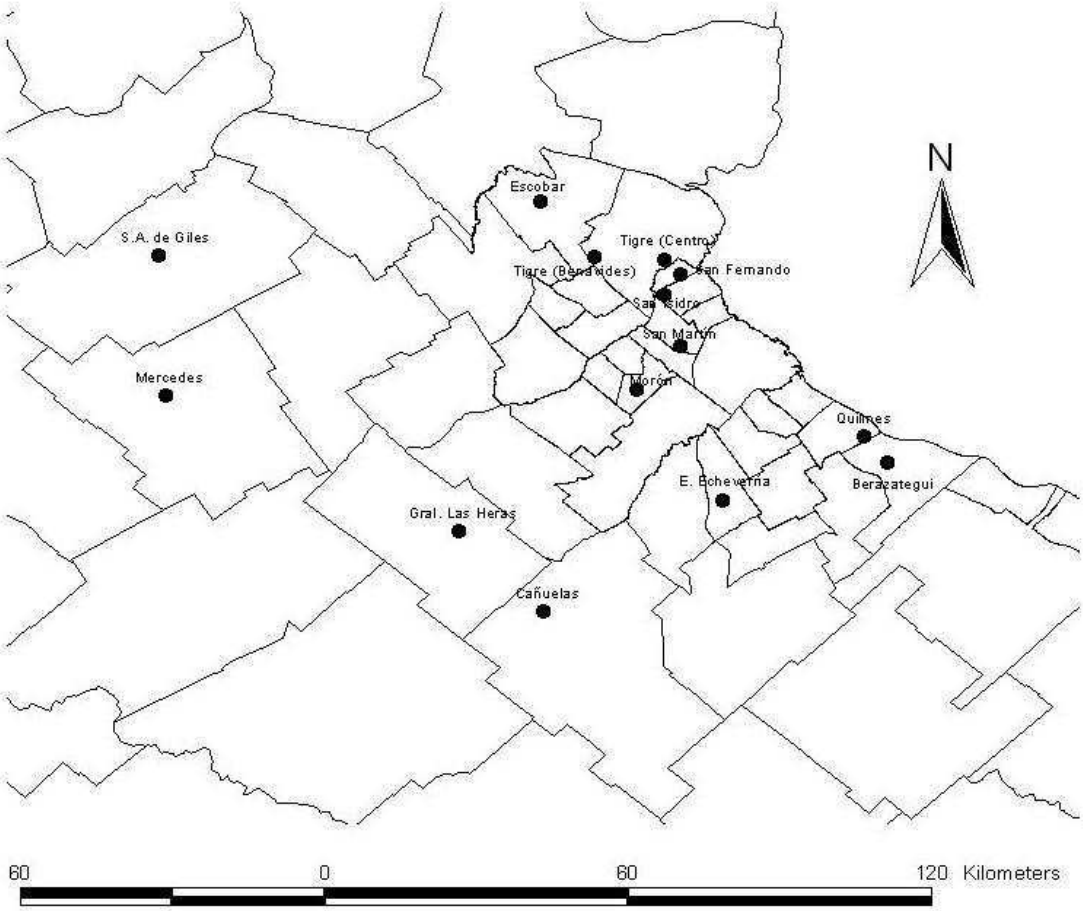

Figura III.1. Ubicación de los 14 cementerios incluídos en el estudio.

Tabla III.1. Tamaño, porcentaje de superficie ocupada por tumbas y panteones y proporción de muestras tomadas en cada tipo de parche de los 14 cementerios.

Municipio	Tamaño (ha)	Porcentaje de superficie ocupada por tumbas/panteones	Número de muestras tomadas mensualmente en tumbas/panteones
Berazategui	25,8	100/0	200/0
San Isidro	12,8	85,2/14,8	170/30
Cañuelas	3,9	25/75	50/150
Esteban Echeverría	11,1	91,7/8,3	183/17
Escobar	6,3	93,1/6,9	186/14
S.A. de Giles	5,2	71,1/28,9	142/58
Gral. Las Heras	3,8	64,7/35,3	129/71
Mercedes	4,5	45,2/54,8	90/110
Morón	11,9	42,2/47,8	104/96
Quilmes	23	63,5/36,5	127/73
Gral. San Martín	14	89,6/10,4	179/21
Tigre (Benavides)	5,4	95,6/4,4	191/9
Tigre (Centro)	3,8	88/12	176/24
San Fernando	8,6	76,7/23,3	153/47

Los muestreos se realizaron en los meses de octubre de 2007 (primavera), enero de 2008 (verano) y abril de 2008 (otoño). En cada cementerio (unidad experimental), y en cada período de muestreo, se inspeccionaron 200 floreros (unidades de muestreo) con agua seleccionados al azar, resultando un total de 8400 recipientes con agua revisados (i.e. 200 recipientes x 14 cementerios x 3 períodos de muestreo).

La mayor superficie de los cementerios se encuentra ocupada por tumbas y panteones, y éstos contienen la mayor parte de los floreros accesibles para ser inspeccionados. Estas dos áreas, fácilmente distinguibles por su cobertura vegetal y nivel de edificación, tienen un gran número de recipientes artificiales que actúan como potenciales hábitats de dípteros (Fig. III.2). Para asegurar que ambos tipos de parche estuvieran debidamente representados y que los datos fueran comparables entre cementerios, la asignación de los 200 floreros revisados en cada cementerio se hizo proporcional al área ocupada por tumbas

y panteones. La metodología empleada para estimar el área ocupada por cada tipo de parche se detalló en el capítulo II (II.3).

Figura III.2. Recipientes artificiales típicamente hallados en parches de panteones (fotos superiores) y tumbas (inferiores) en cementerios municipales.

Recolección y procesamiento de muestras

La recolección de los inmaduros de dípteros se realizó a través del censo de todos los individuos que se encontraban en cada recipiente inspeccionado. La metodología de censo e identificación de los individuos se detalla en el capítulo II (II.5 y II.6 respectivamente). En este capítulo, sólo las larvas fueron consideradas en el análisis debido a la dificultad en la identificación de una gran cantidad de pupas muertas de las que no obtuvimos emergencia de adultos.

Análisis de datos

Para analizar los cambios en la estructura de la comunidad de dípteros de floreros en relación con el nivel de urbanización de los alrededores de cada cementerio, se realizaron regresiones simples entre el porcentaje de área impermeable (PAI) como variable explicatoria y los atributos de la comunidad estimados a través de seis variables respuesta que se detallarán a continuación (Zar 1999). Los supuestos de la regresión fueron examinados para cada análisis. Todos los análisis fueron realizados para cada período de muestreo (primavera, verano y otoño) y luego para el conjunto de datos agrupados.

La estimación del PAI en un radio de 0,5km, 1km y 2km (PAI_{05}, PAI_1 y PAI_2, respectivamente) para cada cementerio fue descripta en el capítulo II (II.3). A fin de evaluar si estas variables reflejan la intensidad de uso humano en el municipio correspondiente a cada cementerio, se realizó una correlación de Pearson (Zar 1999) entre cada PAI y dos variables demográficas: el número de habitantes/ha y la cantidad de viviendas/ha (INDEC 2010). Debido a que los valores de los tres PAIs estuvieron significativamente correlacionados entre sí ($r_{(05-1)}$=0,98; $r_{(1-2)}$=0,98, $r_{(05-2)}$=0,92; p<0,0001), se realizó una selección entre estas variables explicativas bajo el criterio de maximizar la correspondencia entre los valores de PAI y ambas variables demográficas a través de correlaciones de Pearson. La variable que cumplió con estas condiciones fue PAI_1 ($r_{(1-hab/ha)}$= 0,72, $r_{(1-viv/ha)}$= 0,70; p<0,01), que fue seleccionada como variable explicatoria y representativa del nivel de urbanización en los alrededores de cada cementerio con la cual realizar los análisis estadísticos de este capítulo.

Las variables respuesta estimadas para cada cementerio fueron: el porcentaje de recipientes positivos (IR: índice de recipientes), el número de larvas totales (AT: abundancia total), la mediana de individuos por recipiente positivo (DR: densidad por recipiente), mediana de individuos en un litro de agua por recipiente positivo (DL: densidad por litro), el número de especies

estimado por rarefacción (R: riqueza de especies), la similitud en la composición de especies entre cementerios (CS: índice de Sörensen). Para esta última variable, se comparó la composición de especies de cada cementerio contra la del más rural (San Andrés de Giles).

La realización de múltiples análisis independientes con el mismo grupo de datos incrementa la probabilidad de cometer un error tipo I, es decir, aumenta la probabilidad de ocurrencia de falsos positivos. Para controlar este efecto, fue necesario corregir los valores de "P" de las pruebas individuales siguiendo el método de "tasa de descubrimientos falsos" propuesto por Benjamini & Hochberg (1995). Básicamente, este método consiste en ordenar los valores de P de menor a mayor, conservar sin modificar el primer valor, multiplicar el segundo por el término n/(n-1), el tercero por (n/n-2), y así sucesivamente. Luego, los P corregidos son nuevamente considerados para un nivel de significancia de 0,05.

Las relaciones entre la estructura de la comunidad y el paisaje pueden estar enmascaradas por la autocorrelación espacial de los sitios estudiados, es decir que las comunidades podrían ser más similares que lo esperado por azar entre sitios más cercanos que entre sitios más alejados (Legendre 1993, Legendre & Legendre 1998). Para descartar dicha autocorrelación espacial se realizaron pruebas simples de Mantel (Mantel 1967, Legendre & Legendre 1998) entre la matriz de disimilitud de los sitios basada en la composición de especies y la matriz de distancia geográfica entre pares de cementerios (distancia euclideana, 1000 permutaciones) para cada período de muestreo. Se realizaron pruebas de Mantel adicionales entre las matrices de disimilitud de los sitios basada en la composición de especies y el PAI_1, para analizar en que medida la composición de especies se encuentra explicada por el nivel de urbanización.

Finalmente, se calcularon coeficientes de correlación no paramétricos de Spearman para determinar el grado de asociación entre aquellas variables

respuesta que resultaron estadísticamente significativas en los análisis de regresión univariados (Zar 1999).

III.4. Resultados

Resultados generales

De los 8400 floreros revisados, 2610 contenían larvas de dípteros (IR= 31,1%). En conjunto, todos los floreros positivos de los 14 cementerios tuvieron un valor de DR de 25 individuos/recipiente (cuartil [c]1= 6; c3= 81), mientras que el DL fue de 107,5 individuos/litro (c1= 22,5; c3= 380). Entre las 267.013 larvas colectadas estaban representadas 24 especies pertenecientes a 11 familias de dípteros (Tabla III.2). Cuatro de estas familias concentraron el 97,2% de los individuos colectados: Muscidae 43,3%, Culicidae 37,3%, Chironomidae 10,3%, y Ceratopogonidae 6,3%. Además, dentro de cada familia se registró una única especie dominante respecto de la abundancia: morfo. 1 de Muscidae, *Culex pipiens* de Culicidae, *Chironomus* sp. 1 de Chironomidae, y morfo. 1 de Ceratopogonidae. Asimismo, en el 93,2% de los floreros positivos se encontraba al menos una de estas cuatro especies dominantes.

En cuanto a los valores estacionales de las principales variables que caracterizan a esta comunidad de dípteros, IR y AT mostraron un claro aumento de primavera a otoño, mientras que R siguió el patrón opuesto (Tabla III.2). Por otro lado, los valores más altos de DR y DL fueron registrados en verano. Nueve especies, entre las que se encuentran las cuatro más abundantes mencionadas anteriormente, ocurrieron durante todo el período de muestreo, mientras que diez especies fueron registradas sólo en un periodo particular (Tabla III.2).

Tabla III.2. Atributos de la comunidad de dípteros encontrados en floreros de cementerios de la Provincia de Buenos Aires en cada período de muestreo. Los puntos negros indican presencia.

		Primavera	Verano	Otoño
Indice de recipientes (IR)		15,4%	32,5%	45,4%
Número total de individuos (AT)		32681	104034	130298
Número de especies (R) y familias		19 / 7	16 / 8	12 / 8
Mediana y cuartiles de individuos por recipiente (DR)		18 (3-69)	31 (8-85)	23 (6-82)
Mediana y cuartiles de individuos por litro (DL)		60 (12-182,9)	160 (33,3-500)	100 (22,9-380)
Composición de especies (CE)	Fam. Culicidae			
	Aedes aegypti	●	●	●
	Culex pipiens	●	●	●
	Culex eduardoi	●	●	
	Fam. Ceratopogonidae			
	Morfoespecie 1	●	●	●
	Fam. Chaoboridae			
	Morfoespecie 1			●
	Fam. Chironomidae			
	Tanytarsus sp.	●		
	Chironomus sp. 1	●	●	●
	Chironomus sp. 2	●	●	
	Limnophyes sp.	●		
	Pseudosmittia sp.	●		
	Fam. Ephydridae			
	Morfoespecie 1	●		
	Morfoespecie 2			●
	Fam. Muscidae			
	Morfoespecie 1	●	●	●
	Morfoespecie 2	●	●	
	Morfoespecie 3	●	●	●
	Morfoespecie 4	●	●	
	Morfoespecie 5	●	●	●
	Fam. Psychodidae			
	Morfoespecie 1	●	●	●
	Morfoespecie 2	●	●	●
	Morfoespecie 3	●		
	Fam. Sarcophagidae			
	Morfoespecie 1		●	
	Fam. Stratiomyidae			
	Morfoespecie 1		●	
	Fam. Syrphidae			
	Morfoespecie 1		●	●
	Fam. Tipulidae			
	Morfoespecie 1	●		

Efecto del nivel de urbanización

El porcentaje de área impermeable estimada en un radio de 1km (PAI_1) osciló entre 1,2% y 86,5%, cubriendo prácticamente todo el gradiente de urbanización. Pudo verificarse la existencia de una fuerte asociación entre esta variable y la densidad de habitantes y viviendas de cada municipio, indicando que el PAI en un radio de 1km alrededor del cementerio es un buen estimador de las condiciones demográficas de áreas aún más extensas (i.e. municipio).

Los cambios observados en la estructura de la comunidad de dípteros a lo largo del gradiente de urbanización muestran diferentes patrones para cada uno de los atributos estudiados (Fig. III.3). El IR mostró un pico a niveles de urbanización intermedios; PAI alrededor del 40%. Esta tendencia fue significativa en verano y otoño (Fig. III.3.a). AT y DR mostraron patrones similares (Fig. III.3.b y III.3.c), ajustándose a una tendencia polinómica de tercer orden y significativa en el análisis global para ambas variables, en otoño para AT y en los 3 períodos para DR. Valores máximos de AT y DR fueron observados a niveles de urbanización relativamente bajo; PAI ≅ 20%. Por el contrario, la variación de DL a lo largo del gradiente no mostró ninguna tendencia evidente (Fig. III.3.d).

Respecto de la riqueza de especies, no se detectaron tendencias de esta variable a lo largo del gradiente (Fig. III.3.e). Asimismo, el índice de Sörensen alcanzó valores entre alto y muy alto para todos los cementerios y estos valores fueron constantes a lo largo de todo el gradiente (Fig. III.3.f), sugiriendo que la composición de especies fue similar entre cementerios independientemente del nivel de urbanización en sus alrededores. De acuerdo con la prueba de Mantel no hubo una correlación significativa entre matrices ($p>0,05$ en todos los casos), indicando que las similitudes en la composición de especies no estuvieron relacionadas a la distancia entre cementerios o al nivel de urbanización de sus alrededores.

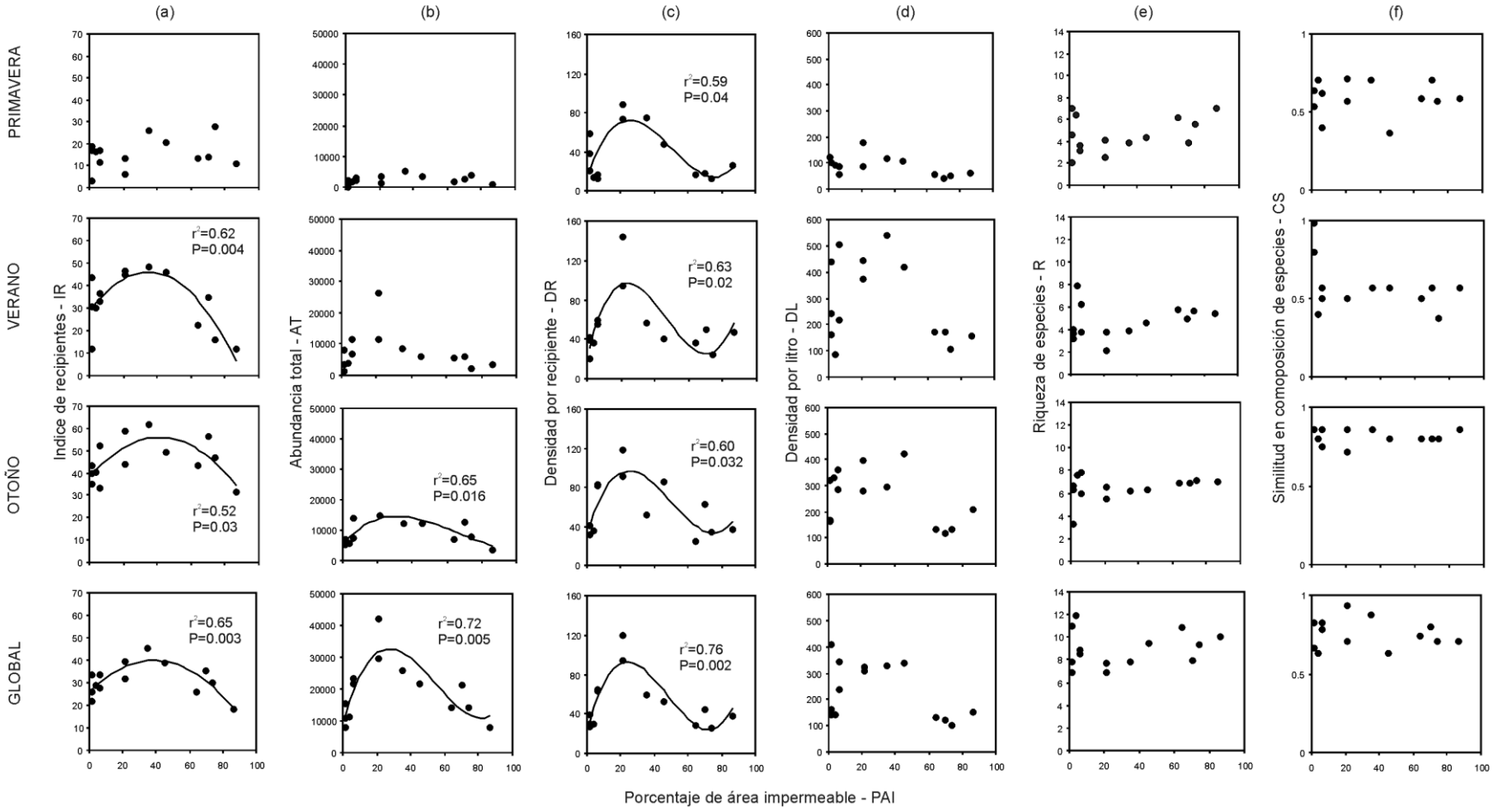

Figura III.3. Relación entre cada variable respuesta y el porcentaje de área impermeable (PAI), (a) índice de recipiente IR, (b) abundancia total AT, (c) densidad por recipiente DR, (d) densidad por litro (DL), (e) riqueza de especies (R), y (f) similitud en composición de especies CS.

Finalmente, las variables IR, AT y DR estuvieron asociadas positivamente de acuerdo a los coeficientes de correlación de Spearman, pero presentaron algunas diferencias dependiendo del período de muestreo considerado (Tabla III.4). Sólo las relaciones entre IR y AT resultaron significativas en todas las estaciones.

Tabla III.4. Coeficientes de correlación de Spearman (r) entre estimadores de la abundancia para cada período de muestreo; IR: índice de recipients, AT: abundancia total, DR: densidad por recipiente.

	Primavera	Verano	Otoño
IR-AT	0.72 **	0.80 ***	0.81 ***
IR-DR	-0.15 ns	0.62 *	0.49 ns
AT-DR	0.02 ns	0.84 ***	0.82 ***

*p<0,05; **p<0,001; ***p<0,001; ns: no significativo

III.5. Discusión

Los resultados obtenidos sugieren fuertemente que el nivel de urbanización en los alrededores del cementerio afecta a la estructura de la comunidad de dípteros en floreros. Las variables relacionadas con la abundancia (IR, AT, DR) y la riqueza (R) de dípteros revelaron la existencia de dos tipos de respuesta, y ambas difieren de lo esperado según la "hipótesis del disturbio creciente". En el primer caso, los atributos relacionados con la abundancia presentaron valores máximos (picos de abundancia) en niveles intermedios de urbanización. En otras palabras, los cementerios de barrios con niveles de urbanización intermedios (entre 20 y 40% de área impermeabilizada) tienen una productividad de dípteros mayor a la de cementerios inmersos en áreas extremadamente rurales o urbanas. Por otro lado, la riqueza mostró valores constantes a lo largo del gradiente de urbanización. De modo similar, no se hallaron evidencias que sugieran que el nivel de urbanización en las

proximidades del cementerio promueva cambios considerables en la composición de especies de dípteros en floreros dentro de estas áreas.

Como ya se ha mencionado, pocos estudios analizan los patrones de respuesta de la abundancia o la densidad de individuos a la urbanización y los mecanismos que gobiernan dichas respuestas. Al respecto, los resultados publicados hasta el momento son divergentes y dependientes del grupo taxonómico considerado (Blair & Launer 1997, Marzluff 2001, Ishitani et al. 2003, Magura et al. 2004, Riley et al. 2005, Vilisics et al. 2007). Estudios realizados en diferentes ciudades utilizando una metodología común para evaluar los cambios en la comunidad de invertebrados terrestres en gradientes urbano-rurales han encontrado distintas respuestas de la abundancia al nivel de urbanización (e.g. Niemela et al. 2002, Magura et al. 2008). Sin embargo, en ciudades de regiones templadas los valores máximos de abundancia de coleópteros fueron observados en áreas suburbanas (Niemelä et al. 2002), coincidiendo con los resultados presentados en este capítulo. Por el contrario, Paul & Meyer (2001) observaron que los invertebrados de arroyos, incluyendo varias familias de Diptera, disminuyeron en abundancia con el aumento en la intensidad de uso humano, medida esta última como el porcentaje de cobertura impermeable, la descarga total de efluentes o la densidad de viviendas y población humana.

Las razones por las cuales se observan mayores abundancias en la comunidad de dípteros a niveles intermedios de urbanización posiblemente estén relacionadas con aquellos factores que determinan la abundancia de las especies que componen el ensamble. Algunos de estos factores, los cuales son comunes para los distintos estadios de vida de un amplio rango de especies de dípteros y otros insectos, pueden ser propuestos para explicar los patrones de abundancia de la comunidad entera. Por ejemplo, los elevados niveles de depredación y las temperaturas mínimas extremas podrían mantener bajas las abundancias de insectos en áreas con bajo nivel de urbanización (McIntyre et al.

2001). Esto puede ser particularmente válido para los dípteros inmaduros en recipientes, ya que están confinados en pequeños hábitats acuáticos sin presencia de refugio, donde los depredadores pueden capturar fácilmente a sus presas. Además, dado el escaso volumen de los floreros, el efecto de amortiguación térmica del agua no es suficiente para contrarrestar las temperaturas ambientales extremas. En el otro extremo del gradiente, la polución ambiental combinada con temperaturas máximas extremas y bajos niveles de humedad podría asociarse a una reducción en la abundancia de insectos (Alstad et al. 1982, Pimentel 1994). En resumen, las zonas de urbanización intermedia estarían asociadas a condiciones ambientales no extremas que favorecerían las abundancias de individuos de la comunidad bajo estudio. Además, estas zonas de transición suelen presentar una mayor heterogeneidad espacial en el uso de la tierra (e.g. residencial, industrial, agrícola), ofreciendo una mayor diversidad de recursos para insectos en general.

La riqueza no varió a lo largo del gradiente de urbanización. En la literatura abundan los ejemplos y las revisiones bibliográficas que presentan evidencias sobre el efecto negativo de la urbanización en la riqueza de distintos ensambles de invertebrados (Meyer 2001, Hwang & Turner 2005, Zanette et al. 2005, Paul & Meyer 2001, McKinney 2008). Los resultados obtenidos en este capítulo no apoyan la principal hipótesis que se desprende de dichos trabajos, i.e. "hipótesis del disturbio creciente". Sin embargo, existen unos pocos estudios que encontraron respuestas positivas (McKinney 2008), unimodales (Blair & Launer 1997) y neutrales (Alaruikka et al. 2002) de la riqueza de invertebrados al aumento de la urbanización. La presencia de especies especialistas de ambientes urbanos, en particular especies exóticas invasoras o introducidas accidentalmente por el hombre, es una de las posibles explicaciones para interpretar mayores niveles de riqueza de artrópodos en sitios cercanos al centro urbano (revisado por McIntyre 2000). Este razonamiento también podría

explicar la falta de tendencias negativas en las variaciones de la riqueza en relación al nivel de urbanización, tal como se ha observado en los resultados de este capítulo. Pero de ser así, la composición de especies debería ser diferente en los extremos del gradiente debido a la presencia de especies invasoras y exclusivas de áreas urbanas. Sin embargo, en el presente estudio la similitud en la composición de especies tampoco varió a lo largo del gradiente.

La interpretación del conjunto de patrones observados para la riqueza y la composición de especies sugiere la posibilidad de que los cementerios mantengan sólo un subgrupo del ensamble regional de especies de dípteros. Dichas especies serían aquellas altamente especializadas en ambientes antrópicos con una densidad de hábitats acuáticos extremadamente elevada. Este razonamiento pondría en duda la elección de área de estudio para esta primera etapa de la tesis, ya que la comunidad de dípteros de cementerios no sería lo suficientemente sensible para captar las condiciones ambientales derivadas de la actividad humana que se realiza en los alrededores del cementerio. Sin embargo, la sensibilidad de la comunidad al gradiente urbano-rural ha quedado demostrada mediante la respuesta de las variables relacionadas a la abundancia de dípteros.

Una explicación complementaria de la ausencia de respuesta en la riqueza y composición de especies al gradiente de urbanización, es considerar a las características intrínsecas del uso de la tierra 'cementerios' como únicas y extremadamente distintas a las del resto de la matriz urbana. Estudios previos han sugerido que el uso de la tierra puede ser un determinante de la composición de las comunidades de insectos dentro de ambientes urbanos (McIntyre & Hostetler 2001, McIntyre et al. 2001). Específicamente, algunos ensambles de dípteros también han demostrado ser sensibles a los diferentes usos de la tierra. La comunidad de dípteros del género *Drosophila* registró marcados cambios en la composición de especies en respuesta al uso de la tierra (reserva natural, campo de golf, residencial, etc.) (Haslett 2001). En este sentido,

no podemos descartar que el uso de la tierra 'cementerio' sea el principal determinante de la composición de especies de la comunidad de dípteros de floreros, y no el nivel de urbanización de sus alrededores.

Los cementerios son uno de los sitios con mayor densidad de recipientes artificiales dentro del ambiente urbano, y es por ello que han sido considerados como áreas de elevada productividad de dípteros en todo el mundo (Ebeling 1975). En el presente estudio, dicha favorabilidad se vio reflejada en el elevado porcentaje de floreros con agua contiendo larvas de dípteros (aprox. 1/3). Estacionalmente, la proporción de hábitat ocupado y la abundancia total de individuos mostraron una tendencia general a aumentar desde la primavera hacia el otoño, mientras que la densidad de individuos fue mayor en verano. Esto último podría ser explicado por una reducción en el volumen de agua de los floreros como consecuencia de la evaporación del agua debido a las altas temperaturas registradas en el verano (temp. máx. diarias 26º-38ºC).

El conjunto de resultados de esta primera etapa del estudio permitieron obtener evidencias acerca de como la urbanización afecta a la estructura de la comunidad de dípteros, pregunta central de la tesis. Algunos componentes de la estructura de la comunidad variaron con el nivel de urbanización, mientras que otros no. La falta de respuesta de la riqueza y composición específica al nivel de urbanización en los alrededores de los cementerios, planteó un nuevo interrogante acerca del rol del uso de la tierra como factor estructurador de la comunidad de dípteros. Consecuentemente, en el siguiente capítulo se examinará la validez del uso de floreros dentro de cementerios como modelo de estudio para la comunidad de dípteros de recipientes artificiales en ambientes urbanos.

CAPITULO IV

LA RESPUESTA DE LA COMUNIDAD DE DIPTEROS AL NIVEL DE URBANIZACIÓN ¿DEPENDE DEL USO DE LA TIERRA?

IV.1. Introducción

Los ecosistemas urbanos poseen una gran variedad de componentes antrópicos que los hace altamente heterogéneos; e.g edificaciones, parques, calles, rutas, campos de golf, lotes forestales, lotes destinados a la actividad agro-ganadera (McIntyre & Rango 2009). Desde un enfoque funcional, el arreglo espacial de estos componentes determina mosaicos complejos compuestos por usos de la tierra diferentes, como por ejemplo residencial, industrial, comercial, administrativo y recreativo (McIntyre & Rango 2009). En cada uso de la tierra dentro del ecosistema urbano, la proporción de infraestructura y vegetación varía y, por lo tanto, la estructura del hábitat también (McIntyre et al. 2001). Estudios previos han demostrado que algunas comunidades de artrópodos difieren en su respuesta a las variaciones en la estructura del hábitat de los distintos usos de la tierra (Haslett 2001, McIntyre & Hostetler 2001, McIntyre et al. 2001, Leisnham et al. 2006). Los cementerios son un tipo particular de uso de la tierra que puede diferenciarse claramente de otros usos en sus alrededores debido no solo a la existencia de un límite físico definido, sino también a una serie de características que los hace únicos dentro de la matriz urbana.

En el capítulo anterior se evaluó el efecto del nivel de urbanización de los alrededores de los cementerios sobre la estructura de la comunidad de dípteros que utiliza el agua de los floreros como hábitat para los inmaduros. Se identificaron atributos de la comunidad relacionados con la abundancia que variaron con el nivel de urbanización y registraron valores máximos a niveles intermedios de urbanización. Además, se determinó que la riqueza y la composición de especies fueron constantes a lo largo del gradiente estudiado. De estos resultados surgió un nuevo interrogante: el efecto del nivel de urbanización sobre la estructura de la comunidad de dípteros ¿puede estar enmascarado por el uso de la tierra? La respuesta a esta pregunta permitirá también evaluar la validez del uso de floreros de cementerios como modelos de estudio de las comunidades de dípteros de recipientes artificiales en ciudades. Es por ello que en este capítulo se examinará en forma conjunta el efecto del uso de la tierra y el nivel de urbanización sobre la estructura de las comunidades de dípteros de recipientes artificiales. Para ello, se utilizaron recipientes de características estándares (i.e. experimentales) colocados simultáneamente en cementerios y en áreas residenciales adyacentes.

IV.2. Objetivos e hipótesis

Objetivo secundario 1. Examinar simultáneamente los efectos del uso de la tierra y del nivel de urbanización sobre la estructura de la comunidad de dípteros que habita en el agua de recipientes artificiales.

Hipótesis 1. La respuesta de la comunidad de dípteros al nivel de urbanización no varía con el uso de la tierra.

Predicción 1. Los atributos de la comunidad de dípteros (riqueza, abundancia y composición de especies) que habita en recipientes experimentales son similares entre cementerios y áreas residenciales.

Predicción 2. Si los patrones de respuesta de la comunidad de dípteros de cementerios y áreas residenciales son similares, de acuerdo a los resultados previos, se espera que para ambos usos de la tierra la abundancia sea máxima a niveles intermedios de urbanización y que la riqueza y la similitud en la composición de especies se mantengan constantes para todos los niveles de urbanización.

Hipótesis 2. Dentro de los cementerios, el tipo de recipiente no influye la estructura de la comunidad de dípteros.

Predicción. La riqueza, abundancia y composición de especies de la comunidad de dípteros no difieren entre floreros y recipientes experimentales.

IV.3. Métodos

Área de estudio y diseño de muestreo

Al igual que en el capítulo III, este estudio se llevó a cabo en un área que se extiende entre los 34°25′ y 35°2′ latitud sur y los 58°09′ y 59°25′ longitud oeste. Específicamente, los sitios de muestreo estuvieron ubicados en la CABA, 5 municipios del AGBA (Morón, Gral. San Martín, E. Echeverría, Escobar y

Pilar) y tres municipios rurales de la Provincia de Buenos Aires (S.A. de Giles, Gral. Las Heras y Mercedes).

Para comparar la estructura de la comunidad de dípteros entre usos de la tierra (objetivo 1, hipótesis 1), se realizó un muestreo de la comunidad en cementerios y áreas residenciales adyacentes, ubicados en distintos niveles de urbanización. Para ello se colocaron recipientes experimentales estándar en ambos usos de la tierra. Para examinar la posible influencia del recipiente en la comunidad de dípteros de cementerios (objetivo 1, hipótesis 2), se inspeccionaron además floreros preexistentes dentro de cada cementerio.

Para la selección de los sitios de muestreo, toda el área de estudio fue zonificada según su intensidad de uso en tres niveles de urbanización denominados bajo, medio y alto. Para ello, se realizó una clasificación cualitativa de todos los municipios, en base a la observación de los patrones espaciales de áreas verdes y edificadas o impermeabilizadas (Figura IV.1). Utilizando una imagen Landsat 5 TM cuyas especificaciones técnicas fueron provistas en el capítulo II (II.3), se consideró como municipio con nivel de urbanización alto a aquél que presentara una matriz continua de edificación, como medio al que tuviera un mosaico de edificación y áreas verdes, y como bajo al que presentara pequeños parches de edificación (pueblos o poblados) rodeados de áreas verdes. Tres municipios (La Matanza, Gral. Rodríguez y Marcos Paz) presentaron zonas con características contrastantes y por lo tanto debieron ser seccionados para su correcta clasificación. De los 48 municipios clasificados (42 municipios enteros y 6 secciones), 13 correspondieron al nivel de urbanización alto, 18 al medio y 17 al bajo. Finalmente, esta clasificación fue corroborada con los correspondientes datos de densidad poblacional por municipio (INDEC 2010). En términos generales, hubo una clara correspondencia entre esta clasificación y la densidad de habitantes por

municipio exceptuando los próximos al limite de urbanización medio-alto; municipios con nivel de urbanización alto con 14030-4647 hab/km^2, medio con 5262-359 hab/km^2 y bajo de 250-10 hab/km^2. (Tabla IV.1).

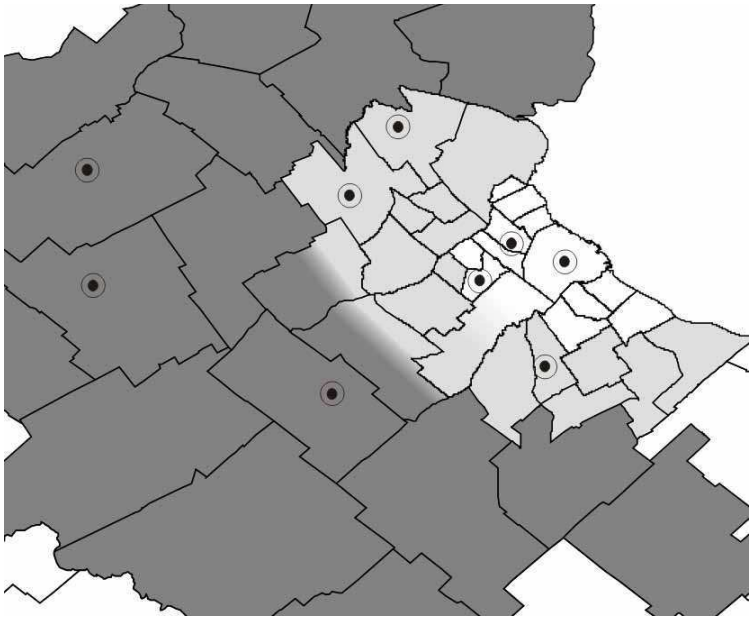

Figura IV.1. Clasificación cualitativa de los municipios del área de estudio según su nivel de urbanización (alto: blanco, medio: gris claro, bajo: gris oscuro), y ubicación de los cementerios y áreas residenciales adyacentes.

Tabla IV.1. Municipalidades del área de estudio clasificados de acuerdo con el nivel de urbanización; número de habitantes por km^2 de acuerdo con INDEC (2010) entre paréntesis.

Alto	Medio	Bajo
Capital Federal (14030)	José C Paz (5262)	Campana (250)
Lanús (10078)	Malvinas Argentinas (5108)	Luján (134)
La Matanza-Este (9964)	Almirante Brown (4555)	Zárate (93)
San Fernando (9811)	Ituzaingó (4432)	San Vicente (91)
Gral San Martín (7551)	San Miguel (3387)	Gral Rodríguez-Oeste (64)
Tres de Febrero (7473)	Merlo (3084)	Mercedes (60)
Vicente López (6947)	La Matanza-Oeste (2585)	Exaltación de la Cruz (45)
Lomas de Zamora (6890)	Tigre (2572)	Cañuelas (44)
Avellaneda (6200)	Moreno (2568)	San Antonio de Areco (27)
San Isidro (6075)	Esteban Echeverría (2490)	Brandsen (23)
Morón (5713)	Florencio Varela (2232)	Lobos (21)
Hurlingham (5043)	Berazategui (1703)	San Andrés de Giles (20)
Quilmes (4647)	Pilar (779)	Marcos Paz-Oeste (20)
	Escobar (758)	Gral Las Heras (20)
	Ezeiza (676)	San Miguel del Monte (11)
	Pte Perón (671)	Suipacha (11)
	Gral Rodríguez-Este (517)	Navarro (10)
	Marcos Paz-Este (359)	

En cada nivel de urbanización se seleccionaron tres cementerios y las zonas residenciales adyacentes (Figura IV.1). De esta manera, el diseño consistió en 18 unidades experimentales en total (9 de cementerios y 9 residenciales), con tres repeticiones por nivel de urbanización. Se colocaron 171 recipientes experimentales; 10 en cada cementerio y 9 recipientes en cada área residencial. Éstos consistieron en potes plásticos de 800 ml de capacidad, pintados de color negro por fuera y provistos de una tapa aérea fijada con ganchos de metal a fin de evitar la repleción de su volumen con agua de lluvia (Figuras IV.2).

Figura IV.2. Recipientes experimentales colocados en cementerios (arriba) y viviendas (abajo).

El período de muestreo abarcó todo el mes de febrero de 2009. Al comienzo del ensayo los recipientes fueron provistos de 600 ml de agua de red declorinada y media pastilla de hígado disecado (≅730 mg) como fuente de materia orgánica. Estas pastillas son elaboradas a base de hígado vacuno libre de conservantes, colorantes u otras sustancias químicas. Quince días después, se realizó una visita para constatar el estado de los recipientes y reponer el volumen de agua evaporada. A los 30 días de iniciado el ensayo se realizó la medición del volumen de agua final y la recolección de todo el contenido de cada recipiente experimental.

A fin de comparar la estructura de la comunidad de dípteros hallados en recipientes experimentales con la de los recipientes preexistentes (floreros), en cada cementerio se revisaron 30 floreros con agua y se censaron todos los individuos presentes. Dichos floreros fueron seleccionados al azar entre aquellos que tuvieran características similares a las de los recipientes experimentales, esto es, recipientes de plástico negro, de aproximadamente 1 litro de capacidad y con materia orgánica.

Recolección y procesamiento de muestras

La recolección de individuos se realizó a través de censos. Esta metodología y la de identificación de los individuos se detalla en el capítulo II (II.5 y II.6 respectivamente). En este caso, las pupas fueron incluidas en el análisis. La mayor parte de las pupas de culícidos pudieron ser criadas hasta el estadio adulto e identificadas, mientras que las pupas de otros dípteros pudieron ser inequívocamente asignadas a una única morfoespecie debido al escaso número de taxa presentes.

Análisis de datos

Para alcanzar el objetivo planteado, se comparó la estructura de la comunidad de dípteros de recipientes experimentales entre dos usos de la tierra (cementerios y áreas residenciales) y tres niveles de urbanización (alto, medio y bajo). Adicionalmente, se comparó la estructura de la comunidad entre recipientes experimentales y floreros presentes dentro de los cementerios. La estructura de la comunidad fue caracterizada a través de la proporción y/o el porcentaje de recipientes positivos (IR), la densidad de individuos por recipiente (DR), la densidad de individuos por litro (DL), la riqueza (R) y la similitud en la composición de especies (CS) (ver detalles en Capítulo II, II.4).

Para comparar IR, DR y DL entre recipientes experimentales se realizaron análisis de varianza para muestras pareadas, mientras que para comparar las medias de estas variables entre tipos de recipientes (experimentales vs. floreros) se realizaron pruebas de t para muestras pareadas (Zar 1999). La R fue comparada usando curvas de rarefacción según la metodología recomendada por Magurran (2004). CS fue comparada entre grupos mediante el análisis ANOSIM de dos vías, el cual permite analizar el efecto de dos factores en simultáneo (Clarke 1993). En algunos casos también se proveen los valores de número de individuos totales y abundancia relativa de las especies presentes en los ensambles a comparar.

IV.4. Resultados

De los 381 recipientes inspeccionados entre experimentales y floreros, 199 (52,4%) contenían un total de 16331 inmaduros de dípteros (Tabla IV.2). Entre estos inmaduros se pudieron identificar tres especies de Culicidae y cinco morfoespecies de dípteros pertenecientes a las familias Muscidae (1 morfoespecie), Psychodidae (2), Chironomidae (1) y Ceratopogonidae (1).

Tabla IV.2. Índice de recipientes (IR: porcentaje de recipientes con inmaduros de dípteros) y total de individuos colectados.

	Cementerio		Residencial
	Floreros	Experimentales	Experimentales
IR (positivos/revisados)	32% (75/234)	87,2% (68/78)	81,2% (56/69)
N° de individuos	4730	6825	4776

Respuesta de la comunidad a la urbanización según el uso de la tierra

Considerando sólo los recipientes experimentales, de los 171 colocados originalmente, solo 147 pudieron ser considerados en el análisis; los restantes recipientes fueron encontrados volcados, secos por roturas o desaparecidos. Entre los 124 recipientes experimentales con dípteros (IR= 84,4%) se colectaron 11601 individuos entre los que estuvieron representados todos los taxa mencionados anteriormente. La proporción de recipientes experimentales positivos (IR) no presentó diferencias significativas entre ambos usos de la tierra, como tampoco entre niveles de urbanización (Tabla IV.3).

Tabla IV.3. Media y EE del índice de recipientes experimentales (IR: proporción de recipientes con inmaduros de dípteros) en cementerios y áreas residenciales para los tres niveles de urbanización; Análisis de Varianza.

	Alto	Medio	Bajo		
Área residencial	0,85 (0,09))	1 (0)	0,60 (0,24)		
Cementerios	0,80 (0,13)	1 (0)	0,79 (0,05)		
Efecto	S.C.	gl	CM	F	p
Intersecc.	12,75	1	12,75	235,65	<0,001
Nivel de urb.	0,27	2	0,14	2,56	0,156
Error	0,32	6	0,05		
Uso de la tierra	0,01	1	0,01	0,33	0,585
Urbaniz. x Uso	0,05	2	0,02	0,76	0,507
Error	0,19	6	0,03		

La densidad de individuos, tanto por recipiente (DR) como por litro (DL), no presentó diferencias significativas entre usos de la tierra y entre niveles de urbanización, revelando que la densidad de individuos por recipiente y por litro fue similar en ambos usos de la tierra y en todos los niveles de urbanización (Tabla IV.4, Figura IV.3).

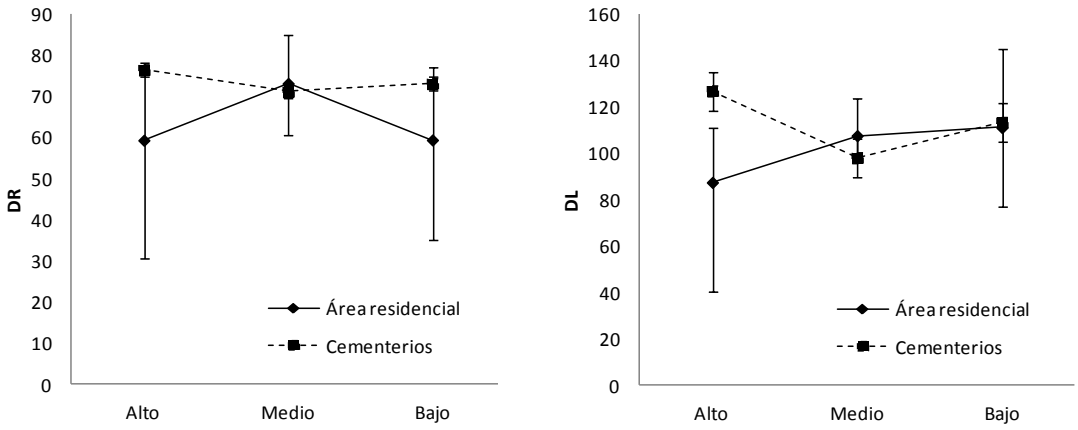

Figura IV.3. Media (puntos) y E.E. (barras) del número de individuos por recipiente (DR) y el número de individuos por litro (DL).

.

Tabla IV.4. Análisis de la Varianza para la densidad de individuos por recipiente (DR) y por litro (DL).

Variable	Fuente de Variación	SC	g.l.	CM	F	P
DR	Intersecc.	85570,16	1	85570,16	47,54	<0,001
	Nivel de urb.	103,82	2	51,91	0,03	0,971
	Error	10797,65	6	1799,61		
	Uso de la tierra	432,18	1	432,18	0,75	0,419
	Urbaniz. x Uso	318,94	2	159,47	0,28	0,766
	Error	3445,55	6	574,26		
DL	Intersecc.	208351,9	1	208351,9	48,87	<0,001
	Nivel de urb.	264,4	2	132,2	0,03	0,969
	Error	25578,0	6	4263,0		
	Uso de la tierra	518,5	1	518,5	0,44	0,530
	Urbaniz. x Uso	1966,1	2	983,1	0,84	0,476
	Error	7013,1	6	1168,8		

Las curvas de rarefacción indicaron que, a tamaños muestrales equivalentes (i.e. ≈ 830 individuos), el número de especies esperado para ambos usos de la tierra en todos los niveles de urbanización no difirió significativamente (Fig. IV.4). Sin embargo, las curvas correspondientes al área residencial en zonas con nivel de urbanización bajo y alto no alcanzaron la asíntota, sugiriendo la necesidad de considerar un mayor número de muestras para estimar la riqueza en dichos usos de la tierra. Asimismo, el ANOSIM de dos vías reveló que no existen diferencias significativas en la composición de especies entre las áreas residenciales y los cementerios, como así tampoco entre los distintos niveles de urbanización (en ambos casos R= 0,16; P>0,05).

Cuatro especies estuvieron presentes en ambos usos de la tierra: *Culex pipiens*, *Aedes aegypti*, Muscidae mfo. 1 y Psychodidae mfo. 1 (Figura IV.5). Las últimas 3 estuvieron representadas similarmente en ambos usos de la tierra, pero *Culex pipiens* presentó 5 veces más individuos en los cementerios que en el

área residencial. Cuatro especies fueron exclusivas de uno u otro uso de la tierra, aunque todas fueron colectadas en muy baja abundancia.

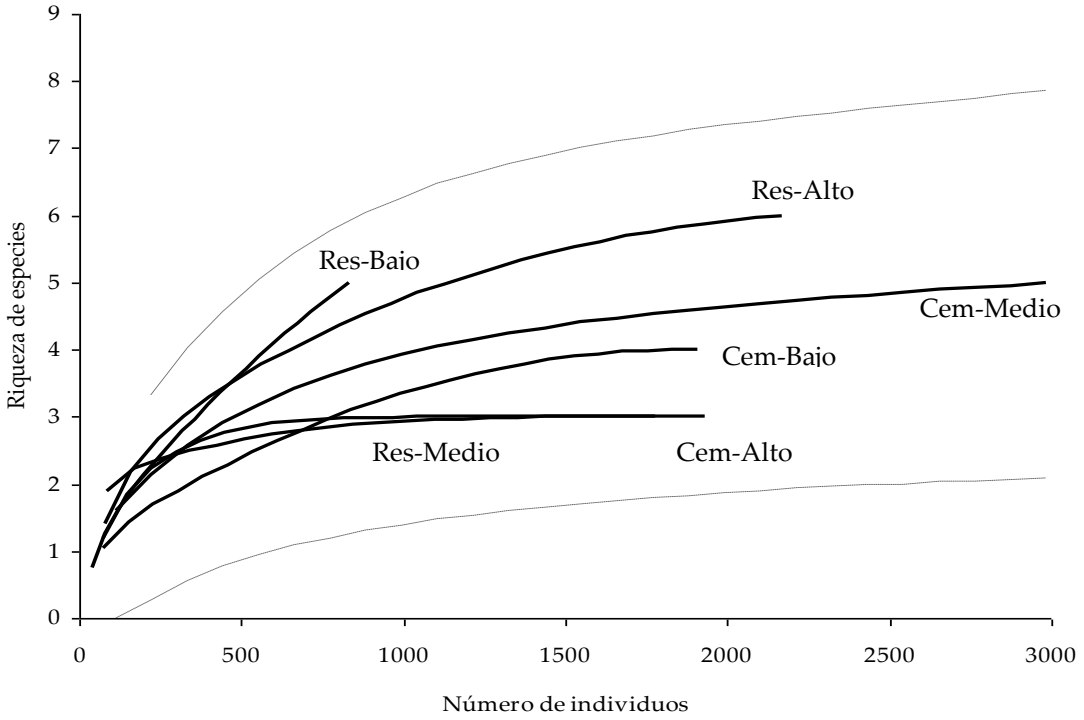

Figura IV.4. Curvas de rarefacción de riqueza esperada (línea continua) en residencial (Res) y cementerios (Cem) según el nivel de urbanización (Bajo, Medio, Alto); intervalo de confianza (95%) (línea punteada) para la muestra de mayor tamaño.

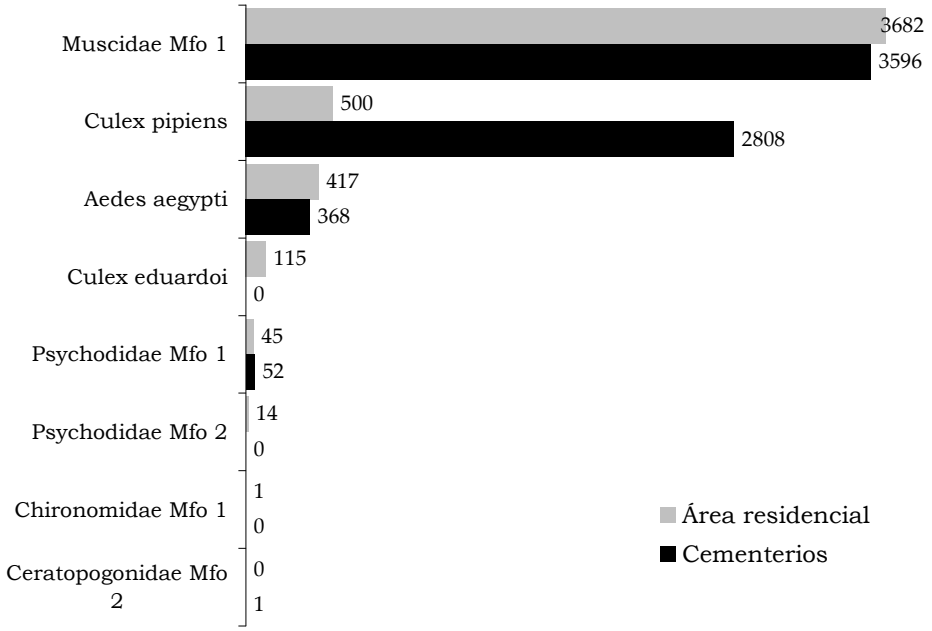

Figura IV.5. Composición específica y número de individuos colectados en recipientes experimentales en el área residencial y en los cementerios.

Comparación de la estructura de la comunidad entre floreros y recipientes experimentales

La comparación de la estructura de las comunidades de dípteros halladas en floreros y en recipientes experimentales (dentro de cementerios) reveló algunas diferencias considerables entre ellas. La proporción de recipientes ocupados (IR) fue casi tres veces mayor en los recipientes experimentales (Media: 0,85; E.E.: 0,15) que en los floreros (Media: 0,32; E.E.: 0,16) ($t_{(8)}$= 6,35; P<0,001). La densidad de individuos por recipiente fue significativamente mayor en los experimentales que en los floreros ($t_{(8)}$= 4,53; P<0,01). La densidad por litro mostró una diferencia similar pero no fue significativa ($t_{(8)}$= 1,09; P>0,05) (Figura IV.6).

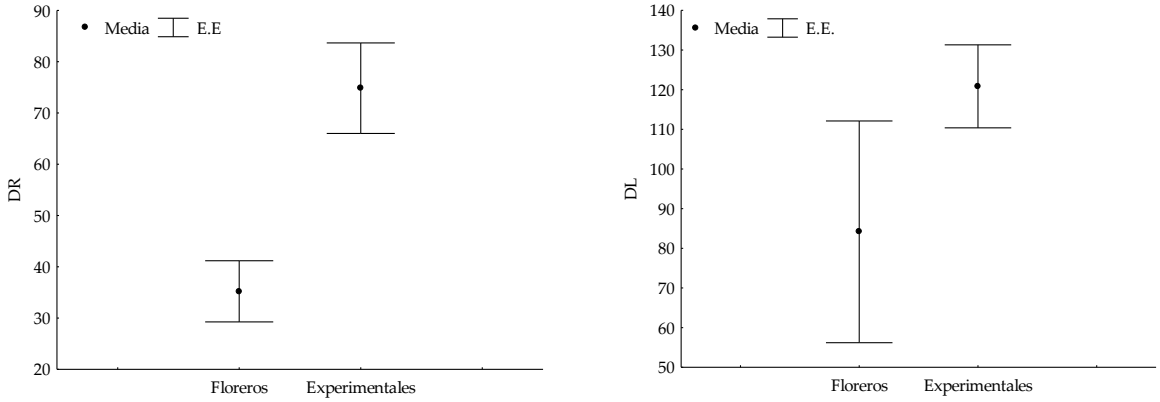

Figura IV.6. Comparación del número de individuos por criadero (DR) y por litro (DL) entre recipientes experimentales y floreros dentro de los cementerios.

Entre los 4730 individuos colectados en floreros se identificaron siete especies, mientras que entre los 6825 individuos provenientes de recipientes experimentales sólo se encontraron cinco de estas especies. Sin embargo, la curva de rarefacción de los floreros se encontró dentro del intervalo de confianza de la curva de los recipientes experimentales (Figura IV.7); en consecuencia, no hay evidencias que sugieran diferencias en la riqueza esperada entre ambos tipos de recipientes.

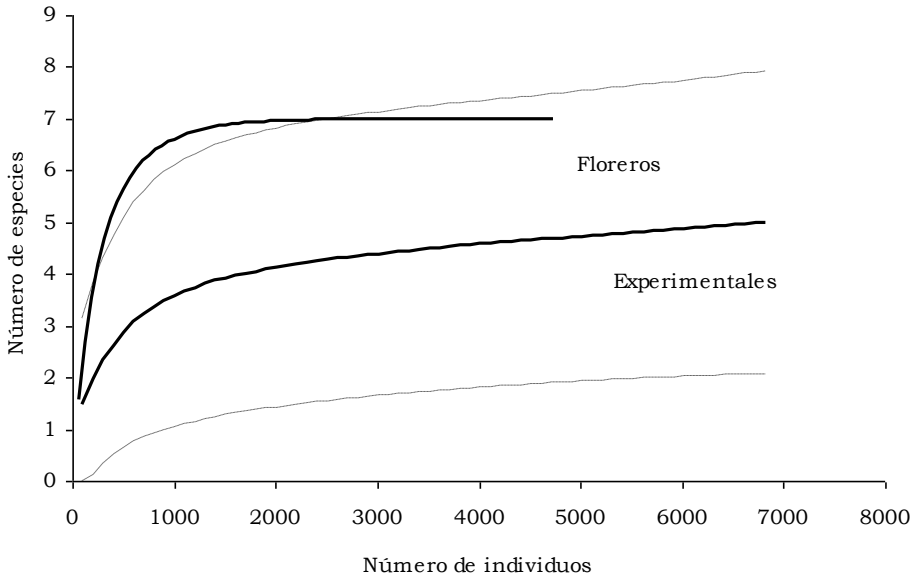

Figura IV.7. Curvas de rarefacción de riqueza esperada (línea continua) en recipientes experimentales y floreros de cementerios; intervalo de confianza (95%) (línea punteada) para la muestra de mayor tamaño (experimentales).

Por el contrario, el resultado del ANOSIM sugiere una diferencia significativa en la composición de especies entre ambos tipos de recipientes (R= 0,296; P<0,01). Muscidae mfo. 1 y *Culex pipiens* coincidieron en ser las especies dominantes en ambos tipos de recipientes (Figura IV.8). Sin embargo, Chironomidae y Ceratopogonidae también estuvieron bien representados en los floreros y prácticamente ausentes en los recipientes experimentales.

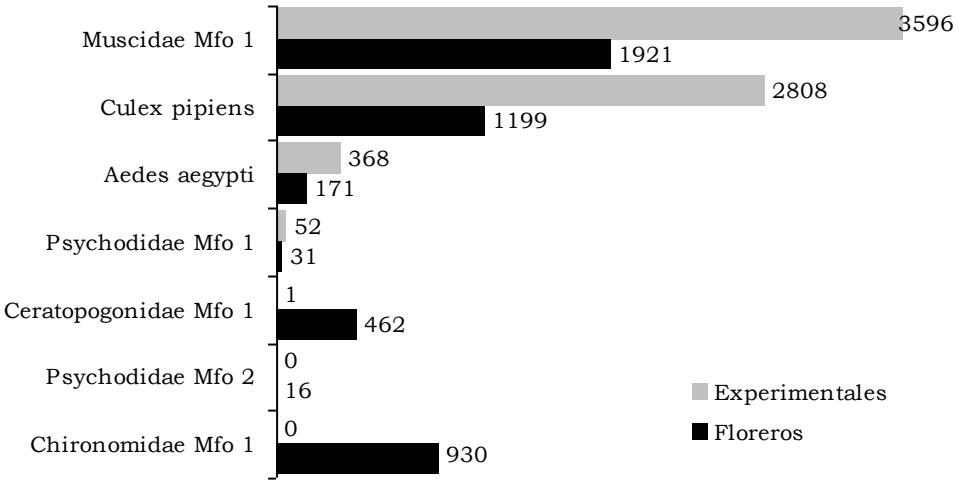

Figura IV.8. Composición específica y número de individuos en recipientes experimentales (dentro de cementerio) y floreros de cementerios.

IV.5. Discusión

Los usos de la tierra constituyen un rasgo fundamental del ecosistema urbano y las comunidades de artrópodos podrían responder a la estructura del hábitat que caracteriza a estos usos (Haslett et al. 2001, McIntyre & Hostetler 2001, McIntyre et al. 2001, Leisnham et al. 2006). Sin embargo, los resultados generales del presente capítulo sugieren que la comunidad de dípteros estudiada es similar entre los usos de la tierra 'cementerio' y 'residencial'. Estos resultados evidencian que las comunidades de dípteros que habitan en cementerios son representativas de aquellas que se desarrollan en las áreas residenciales adyacentes. Dicho de otra manera, nuestros hallazgos validarían el uso de los cementerios como parches urbanos para el estudio comunidades de insectos. La trascendencia de contar con un modelo de estudio como los cementerios para la investigación de insectos urbanos radica en la solución de una serie de dificultades asociadas a la realización de relevamientos, trampeos o muestreos de la biota en el área residencial (McIntyre et al. 2000). La reticencia de las personas a permitir acceso a la propiedad privada y el vandalismo de los dispositivos de trampeo, entre otras dificultades logísticas, ponen de manifiesto las desventajas de trabajar en las áreas residenciales (McIntyre et al. 2000).

La similitud encontrada en la estructura de la comunidad de dípteros, no implica necesariamente que los patrones de respuesta observados en cementerios sean extrapolables al resto de la matriz urbana. Es por ello que en este capítulo se compararon los patrones de respuesta de la comunidad de dípteros al nivel de urbanización entre ambos usos de la tierra. En general, los patrones observados en ambos usos fueron similares entre sí, aunque no todos los atributos estudiados respondieron de acuerdo a lo esperado según los resultados presentados en el capítulo III. Por un lado, tal como fue observado en el capítulo previo (capítulo III), los valores de riqueza (R) y similitud en la

composición de especies (CS) fueron constantes para todos los niveles de urbanización. Sin embargo, las variables relacionadas con la abundancia, la proporción de recipientes positivos, la densidad de individuos por recipiente (DR) y por litro (DL), también fueron constantes para todos los niveles de urbanización, a diferencia de lo esperado.

Una explicación razonable de la falta de respuesta observada en las variables relacionadas con la abundancia es la duración acotada del experimento (30 días). Puede que este periodo no haya sido suficientemente extenso para permitir que las condiciones ambientales y los procesos ecológicos (e.g. sucesión y competencia) actúen sobre la supervivencia de los inmaduros y determinen la abundancia de individuos. Dicho de otra manera, la densidad de individuos observada mediante recipientes experimentales podría estar reflejando solo una densidad propia de estados iniciales de colonización del recipiente.

En resumen, mediante el uso de recipientes experimentales se registraron los mismos patrones de respuesta de la comunidad en ambos usos de la tierra y coincidiendo con los patrones descriptos en el capítulo III (con excepción de la variable DR). Este nuevo conjunto de evidencias apoya la idea de que el determinante de la respuesta de la comunidad es el nivel de urbanización, y esta respuesta no está enmascarada por el uso de la tierra 'cementerio'.

Respecto de la comparación entre la comunidad de dípteros en floreros y en experimentales, los indicadores de abundancia (IR y DR) registraron valores muy superiores en experimentales y tanto la composición específica como la abundancia relativa de las especies fueron distintas en ambos tipos de recipientes (ver Fig. IV.8). Estos resultados sugieren que los recipientes experimentales, si bien sirvieron para validar el uso de los cementerios como modelo de estudio y para estudiar los patrones de respuesta a lo largo del

gradiente, no estarían reflejando fielmente todos los atributos de la comunidad en los recipientes artificiales preexistentes en el ambiente urbano. La principal explicación de estas diferencias es que el tiempo de permanencia de los recipientes experimentales podría estar influyendo en la estructura de la comunidad.

En cuanto a la aptitud del los cementerios y los recipientes experimentales como modelos de estudio de las comunidades de dípteros se concluye que: 1) los cementerios son parches urbanos apropiados para el estudio de la comunidad de dípteros; 2) los recipientes experimentales, dada sus características estándares, resultaron una excelente herramienta para el estudio de los patrones de respuesta a lo largo del gradiente de urbanización; 3) los recipientes experimentales podrían estar captando la estructura de la comunidad solo en la etapa inicial de la sucesión y no reflejar fielmente la estructura de la comunidad de dípteros.

La solución lógica para la siguiente etapa de estudio sería utilizar recipientes experimentales dejándolos a campo durante un periodo de tiempo prolongado y así captar la complejidad estructural de la comunidad en estudio. Sin embargo, dado que esta comunidad incluye mosquitos de importancia sanitaria esta solución no sería éticamente practicable porque se estaría criando mosquitos. Es así que surgió la necesidad de estudiar la estructura de la comunidad mediante recipientes estándares que se encuentren naturalmente localizados en todo el gradiente de urbanización. Para ello, en el capítulo V se estudiará la comunidad de dípteros en cubiertas en desuso procedentes de áreas residenciales/comerciales dentro del gradiente de urbanización.

CAPITULO V

RESPUESTA DE LA COMUNIDAD DE DIPTEROS DE CUBIERTAS A LA URBANIZACIÓN

V.1. Introducción

En el capítulo III se identificaron diferentes patrones de cambio en algunos atributos de la comunidad de dípteros hallados en floreros en respuesta al nivel de urbanización que ocurre en los alrededores de los cementerios. También se demostró, mediante el uso de recipientes estándares experimentales (capítulo IV), que los cementerios son un modelo de estudio adecuado para evaluar el efecto del ambiente no solo sobre los culícidos (Vezzani 2007), sino también sobre los otros dípteros que habitan en el agua de recipientes artificiales. Los resultados del capítulo IV también sugieren que aunque los recipientes experimentales son de gran utilidad en estudios comparativos, tendrían una capacidad limitada para reproducir la complejidad estructural de las comunidades de dípteros. Es por esto que las limitaciones derivadas del uso de recipientes experimentales para corroborar las tendencias de las comunidades de dípteros que ocurren en áreas residenciales en respuesta al nivel de urbanización motivaron una nueva exploración del objetivo principal en un contexto diferente al planteado previamente. Entonces, en este capítulo se evalúa el efecto del nivel de urbanización sobre la estructura de la comunidad de dípteros inspeccionando el agua contenida en cubiertas de auto en desuso ubicadas en áreas residenciales/comerciales a lo largo de un gradiente urbano-rural. Se seleccionaron las cubiertas de auto porque tienen

características extremadamente homogéneas (i.e. material, forma y color), son relativamente abundantes en áreas residenciales/comerciales dentro de un amplio rango de niveles de urbanización, y al ser preexistentes reflejan la complejidad estructural real de la comunidad de dípteros .

El interés por las cubiertas de automóviles en desuso como hábitats acuáticos para dípteros inmaduros viene de larga data (Shannon 1931, Horsfall 1955). La razón de ello es que las cubiertas son hábitats de cría y medio de dispersión de culícidos vectores de enfermedades. Sumado a esto, las cubiertas en desuso están fuertemente asociadas con los ambientes donde se desarrolla la actividad humana (viviendas, comercios, vía pública, rutas), lo que aumenta el riesgo de transmisión y dispersión de enfermedades. Es por ello que los mosquitos que habitan en cubiertas han sido objeto de estudio en muchos lugares del mundo; e.g. Estados Unidos (McMahon et al. 2008, Yee et al. 2010), Europa (Roiz et al. 2007, Scholte et al. 2010), Asia (Suleman et al. 1996, Higa et al. 2010) y Brasil (Costa Ribeiro et al. 2002, Honorio et al. 2006).

Una de las principales preocupaciones asociadas a la creciente producción de cubiertas, es la disposición final de aquellas que quedan en desuso. Desde que son removidas de los vehículos, las cubiertas se acumulan en los alrededores de las gomerías, viviendas, vía pública, terrenos baldíos, descampados, banquinas, y otros ambientes de áreas urbanas y rurales. Generalmente, estas cubiertas son dispuestas al aire libre, donde el agua de lluvia puede llenarlas y convertirlas en potenciales criaderos de dípteros (Yee 2008). Más importante aún, las cubiertas han sido una importante fuente de dispersión de especies de dípteros a escala regional y continental (Peyton et al. 1999, Lounibos 2002, Eritja et al. 2005), e incluso son señaladas como responsables de la introducción de especies de recipientes naturales (e.g. huecos de árbol) en nuevos hábitats (Baumgartner 1988). Solamente en Estados Unidos, se han registrado treinta y dos especies de larvas de culícidos en cubiertas; esto representa poco menos de un cuarto de las especies registradas para ese país

(revisado por Yee 2008). Además de los culícidos, muchas otras familias de dípteros han sido colectadas en el agua acumulada por las cubiertas; e.g., Chironomidae, Psychodidae, Ceratopogonidae, Syrphidae, Corethrellidae, Chaoboridae y Stratiomyidae (Yee 2008). Sin embargo, entre la literatura disponible no existen estudios de la comunidad entera de dípteros de cubiertas desde una perspectiva ecológica.

Siempre limitándose a la familia Culicidae, algunos estudios han encontrado distintos grados de asociación entre la abundancia, la riqueza y la composición de especies y el tipo de uso de la tierra. Por ejemplo, comparando comunidades de mosquitos entre siete usos de la tierra, Baumgartner (1988) observó un mayor porcentaje de cubiertas positivas en plantaciones forestales. Otros trabajos, que compararon el porcentaje de cubiertas positivas en relación a la cercanía a asentamientos humanos indicaron que la proporción de ocurrencia es principalmente especie dependiente. (Joy et al. 2003, Joy & Sullivan 2005, Roiz et al. 2007). Además, Roiz et al. (2007) compararon la abundancia y la riqueza total de individuos y no hallaron diferencias estadísticamente significativas según la cercanía a asentamientos humanos. Un estudio sobre mosquitos de cubiertas en Brasil comparó barrios con diferente tipo de urbanización (condiciones socio-demográficas, proporción de edificios, % de viviendas por edificio, % de superficie cubierta con vegetación), y no se observaron asociaciones entre la ocurrencia de especies y la urbanización (Ríos-Velásquez et al. 2007).

En los trabajos mencionados, subyace la hipótesis sobre la existencia de una asociación entre las especies de mosquitos que habitan en cubiertas y las condiciones ambientales relacionadas con el tipo o intensidad de uso humano. En este capítulo se profundizará esta búsqueda desde una perspectiva más amplia, considerando la estructura de toda la comunidad de dípteros que habitan en cubiertas para analizar su relación con el nivel de urbanización a

escala de paisaje. Para ello, se volverá sobre el objetivo principal, poniendo nuevamente a prueba la hipótesis de trabajo del capítulo III.

V.2. Objetivo e hipótesis

Objetivo principal. Evaluar el efecto del nivel de urbanización sobre la estructura de la comunidad de dípteros que habitan en el agua contenida en recipientes artificiales a escala de paisaje.

Hipótesis. El aumento en el nivel de urbanización afecta negativamente a las comunidades de dípteros de recipientes artificiales y, por ende, la estructura de dichas comunidades varía.

Predicción 1. Si la comunidad de dípteros de recipientes artificiales responde al aumento en el nivel de urbanización como muchos de los grupos taxonómicos estudiados (aves, mamíferos, anfibios, reptiles y otros insectos), entonces se esperan menores valores de riqueza y abundancia de dípteros cuanto mayor es el nivel de urbanización ("hipótesis del disturbio creciente").

Predicción 2. Si las distintas especies que pueden habitar en el agua de recipientes artificiales varían en su habilidad para adaptarse a los cambios ambientales inducidos por la urbanización, esto determinará que en sitios con niveles de urbanización máximo y mínimo existan especies exclusivas de cada uno de dichos ambientes. En consecuencia, la similitud en la composición de especies entre éstos extremos será mínima.

V.3. Métodos

Área de estudio y diseño de muestreo

Se trabajó en un área de 14000 km^2 comprendida por 44 partidos, 25 correspondientes al GBA y 19 rurales, que se extiende entre los 34° 11′ y 35° 26′ latitud sur y los 58° 5′ y 59° 41′ longitud oeste; en el capítulo II (II.1) se ofrece una descripción detallada. Dentro de esta área se seleccionaron sitios con acumulaciones de 10 o más cubiertas en desuso que contengan agua y dispuestas al aire libre (Figura V.1). Estos sitios consistieron en gomerías, estaciones de servicio, viviendas, terrenos baldíos o la vía pública (Figura V.2).

Figura V.1. Ubicación geográfica de los sitios con acumulaciones de cubiertas inspeccionados.

Figura V.2. Acumulaciones de cubiertas en desuso en el área de estudio.

Los muestreos se realizaron entre noviembre de 2009 y mayo de 2010. Con un esfuerzo mensual fijo de 9 días de 6 horas cada uno se inspeccionaron 138 sitios con cubiertas, abarcando el mayor rango posible de niveles de urbanización en cada mes. En cada sitio se revisaron 10 cubiertas con agua (submuestras), que fueron elegidas al azar si había un número mayor. Cada sitio de muestreo fue georreferenciado para luego estimar el porcentaje de área impermeable (PAI) de sus alrededores siguiendo la metodología detallada en el capítulo II (II.3).

Recolección y procesamiento de muestras

La recolección de individuos se realizó a través de muestreos. El método de recolección de muestras y de identificación de las larvas se detallan en el capítulo II (II.5 y II.6 respectivamente). Nuevamente, y debido a la complejidad de la identificación de las pupas, éstas fueron descartadas para el análisis.

Análisis de datos

En cada sitio (con 10 submuestras/sitio), la comunidad de dípteros fue caracterizada a través del número de cubiertas con agua que contenían larvas de dípteros (CP: cubiertas positivas), el número promedio de larvas por cubierta positiva (DR: densidad por recipiente), el número acumulado de especies (R: riqueza de especies) y el índice de diversidad (H´: índice de Shannon-Wiener). También se analizó la similitud en la composición de especies (CS: índice de Sörensen) de cada sitio respecto de un 'sitio rural promedio', confeccionado con el 10% de los sitios positivos de menor PAI. Con la estimación de este 'sitio promedio' se evitaría el potencial desvío que tendría realizar comparaciones de la composición de especies respecto de un único sitio (el más rural; i.e. el de menor PAI). Finalmente, en el análisis también se consideró la proporción de sitios positivos, o sea con al menos una cubierta con dípteros (IS: sitios positivos).

Cada sitio fue clasificado según el nivel de urbanización de sus alrededores estimado en base al PAI, como: 1) urbanización baja (UB), sitios con 0-33,3% de área impermeable; 2) urbanización media (UM), sitios con 33,4-66,6 % de área impermeable; y 3) urbanización alta (UA), sitios con 66,7-100% de área impermeable. Debido a que en cada sitio el PAI fue estimado para tres radios diferentes (PAI_{05}, PAI_{1} y PAI_{15}), la categorización en tres niveles de urbanización fue repetida para cada uno de ellos. Dicha clasificación fue

corroborada, comparando los valores de PAI de los sitios entre las tres clases de urbanización, mediante un análisis de varianza (ANOVA) (Zar 1996).

Para comparar los atributos de la comunidad entre los distintos niveles de urbanización (UB, UM y UA), se realizó un ANOVA de un factor para cada variable dependiente o atributo (CP, DR, R, H´ y CS). Los datos de DR debieron ser transformados (√DR) para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. En un análisis separado, se consideró la proporción de sitios positivos (IS), o sea con al menos una cubierta con dípteros. Este valor fue comparado entre niveles de urbanización con pruebas de Chi cuadrado para múltiples proporciones independientes (Fleiss et al. 2003). En los casos que correspondiese se realizaron a posteriori comparaciones de a pares mediante pruebas de Tukey (Zar 1996).

El efecto del nivel de urbanización podría estar enmascarado por la variabilidad estacional de las variables respuesta. Dicha posibilidad fue descartada a priori comprobando la falta de interacción o dependencia entre los niveles de los factores 'estacionalidad' y 'urbanización', a través de una prueba de ANOVA de dos factores para cada variable respuesta. Los niveles del factor 'urbanización' fueron UB, UM y UA, mientras que los del factor 'estacionalidad' fueron primavera (nov–dic), verano (ene–mar), y otoño (abr-may).

La realización de múltiples análisis independientes con el mismo grupo de datos incrementa la probabilidad de cometer un error tipo I. Para controlar este efecto, fue necesario corregir los valores de "P" de las pruebas individuales siguiendo el método de "tasa de descubrimientos falsos" propuesto por Benjamini & Hochberg (1995). Este procedimiento ya fue descripto en el capítulo III (III.3).

V.4. Resultados

Resultados generales

El porcentaje de sitios positivos, es decir aquellos con al menos una cubierta con larvas de dípteros, alcanzó el 80,4% (111/138). De las 1380 cubiertas con agua inspeccionadas, el 43,6% (602) contuvieron dípteros; la media del número de cubiertas positivas por sitio positivo fue de 4,3 (EE =0,3) cubiertas. Se registró la presencia de dípteros inmaduros durante todo el período de muestreo. Los porcentajes mensuales de sitios y cubiertas positivas presentaron una tendencia a aumentar hacia el verano y luego disminuir nuevamente hacia el otoño (Figura V.3).

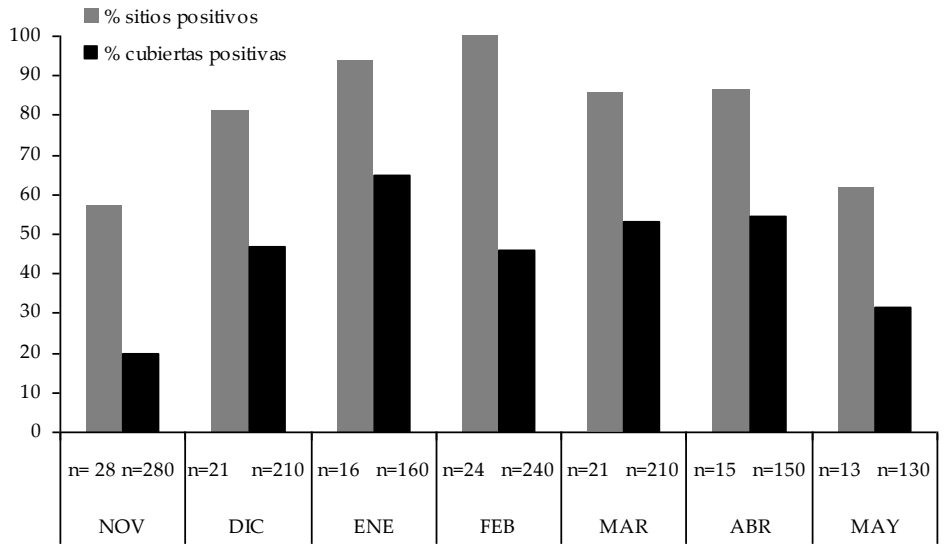

Figura V.3. Valores mensuales del porcentaje de sitios y cubiertas positivas (con dípteros).

Entre las 13.828 larvas colectadas estaban representadas 18 especies y nueve familias de dípteros (Tabla V.1). Las familias Culicidae y Chironomidae fueron las de mayor número de especies (seis y cuatro, respectivamente) y concentraron la mayor proporción de individuos (72% y 19%, respectivamente). Tres especies registraron abundancias relativas superiores al 10%,

representando en total más del 80% de los individuos colectados (*Culex pipiens*, *Aedes aegypti,* y *Chironomus* sp.) (Tabla V.1).

Tabla V.1. Composición específica y abundancias relativas de la comunidad de Diptera colectados en el agua contenida en cubiertas en desuso entre noviembre de 2009 y mayo de 2010.

	Número de individuos (Abundancia relativa en %)
Fam. Culicidae	
Aedes aegypti	1467 (10,6)
Culex acharistus	2 (0,01)
Culex apicinus	140 (1,0)
Culex eduardoi	236 (1,7)
Culex pipiens	8114 (58,7)
Toxorhynchites theobaldi	21 (0,2)
Fam. Ceratopogonidae	
Morfoespecie 1	54 (0,4)
Fam. Chaoboridae	
Morfoespecie 1	8 (0,1)
Fam. Chironomidae	
Chironomus sp. 1	1574 (11,4)
Goeldichironomus sp.	952 (6,9)
Limnophytes sp.	36 (0,3)
Monopelopia sp.	17 (0,1)
Fam. Ephydridae	
Morfoespecie 1	52 (0,4)
Fam. Muscidae	
Morfoespecie 1	197 (1,4)
Fam. Psychodidae	
Morfoespecie 1	672 (4,9)
Morfoespecie 2	261 (1,9)
Fam. Sarcophagidae	
Morfoespecie 1	3 (0,02)
Fam. Syrphidae	
Morfoespecie 1	22 (0,2)

Efecto del nivel de urbanización

Los tres PAIs calculados representaron el gradiente de urbanización completo, con un rango de valores entre 0 y 100%. La media de los valores de PAI difirió estadísticamente entre niveles de urbanización (PIA_{05}: F = 586,67; PIA_{1}: F = 581,14; PIA_{15}: F = 433.64; para todos $P < 0,001$), mostrando un marcado

aumento de la superficie impermeable desde los sitios poco urbanizados hacia los muy urbanizados (Figura V.4). Esto indicaría que la clasificación propuesta para caracterizar el gradiente en tres niveles de urbanización contrastantes fue adecuada.

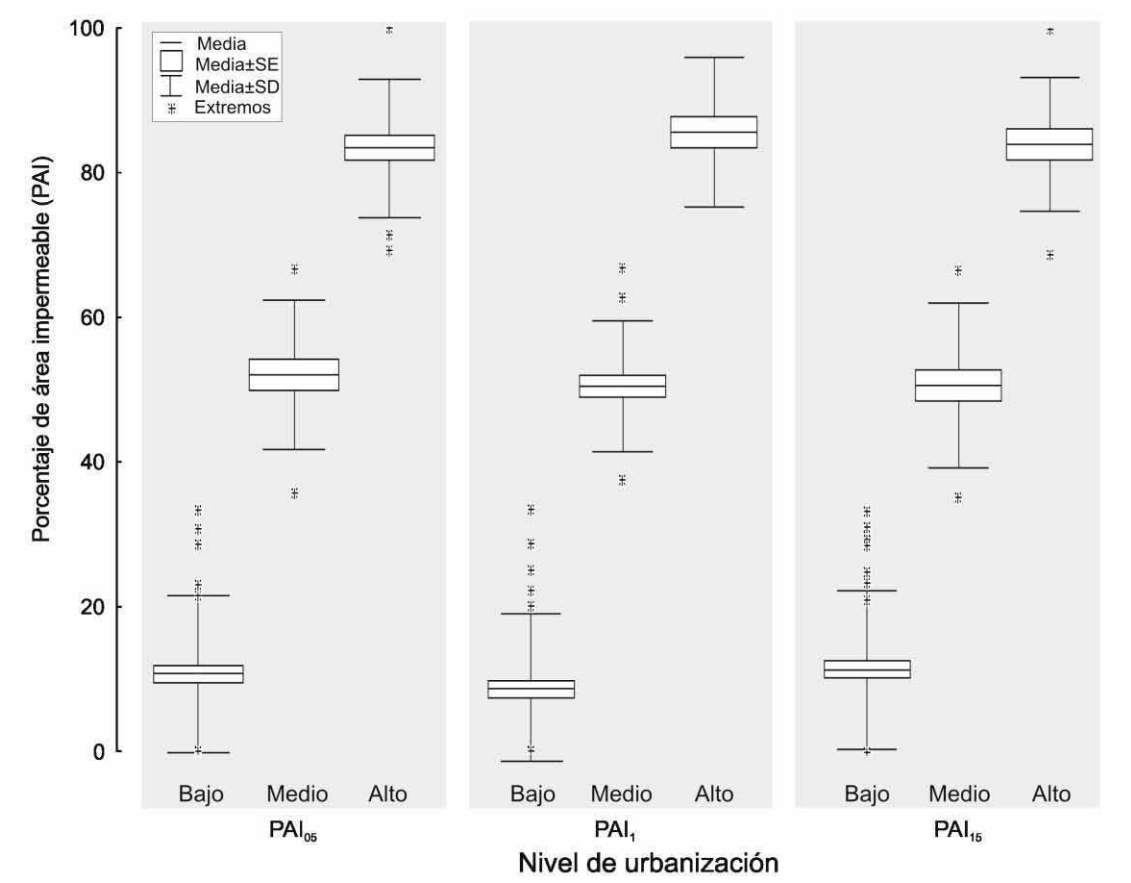

Figura V.4. Box plot comparando valores de PAI en cada nivel de urbanización para PAI-0,5km, PAI-1km y PAI-1,5km.

No se observó interacción entre los efectos de los factores 'estacionalidad' y 'urbanización' para ninguno de los atributos estudiados (P>0,05 en todos los casos; los estadísticos F no se muestran), descartando así que el efecto del nivel de urbanización se encuentre enmascarado por la variabilidad estacional de las variables respuesta.

Todos los atributos evaluados evidenciaron un efecto negativo del nivel de urbanización más alto (UA) sobre la comunidad de dípteros hallados en cubiertas (Tabla V.2). La única excepción fue la densidad de larvas por criadero

(DR), que si bien mostró la misma tendencia, las diferencias no fueron significativas para ningún PAI. La proporción de cubiertas positivas (CP), la riqueza de especies (R) y la similitud en la composición de especies (CS) mostraron tendencias consistentes para todos los PAIs, con valores significativamente menores en el nivel de urbanización alto (Figura V.5). El número medio de especies en los sitios de bajo nivel de urbanización fue aproximadamente el doble (PAI_{05}: 1,6; PAI_{1}: 2,4; PAI_{15}: 2,5 veces) que el observado en los sitios con urbanización alta. Por otro lado, la diversidad (H´) fue menor en el nivel de urbanización alto para todos los PAIs, pero solo significativamente para PAI_{1} (Tabla V.2).

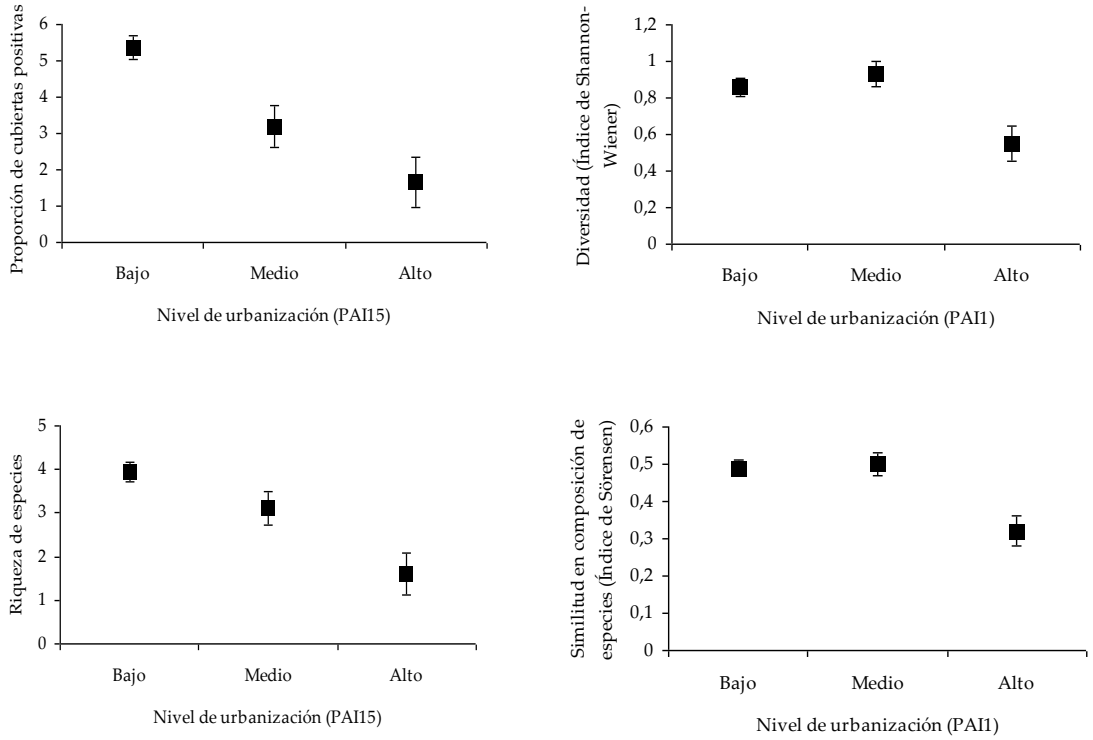

Figura V.5. Respuesta de los atributos de la comunidad (media ± E.E.) de dípteros de cubiertas al efecto del nivel de urbanización; para cada variable solo se muestran los resultados correspondientes al PAI de mayor nivel de significación estadística.

Tabla V.2. Resultados del ANOVA y valores de las medias (±E.E.) para cada variable respuesta utilizada para caracterizar a la comunidad de dípteros de cubiertas (CP: cubiertas positivas, DR: densidad por recipiente, R: riqueza de especies, H´: Indice de diversidad de Shannon-Wiener, CS: Índice de Sörensen) en cada nivel de urbanización estimado mediante el porcentaje de área impermeable (PAI).

		Nivel de urbanización						
		Baja		Media		Alta		
Variable	PAI	n	Media (E.E.)	n	Media (E.E.)	n	Media (E.E.)	F (P corregido)
CP	0,5 km	75	4,95 (0,38) b	31	4,77 (0,59) b	32	2,56 (0,58) a	6,25 (0,0037) *
	1 km	79	5,11 (0,36) b	37	4,19 (0,53) b	22	1,91 (0,69) a	8,53 (0,0004) *
	1,5 km	88	5,36 (0,33) b	30	3,2 (0,57) a	20	1,65 (0,70) a	14,20 (0,0001) *
DR	0,5 km	75	3,39 (0,25)	31	3,70 (0,38)	32	2,56 (0,38)	2,51 (0,4270)
(raíz	1 km	79	3,55 (0,24)	37	3,07 (0,35)	22	2,59 (0,46)	1,94 (1,1115)
cuadr.)	1,5 km	88	3,64 (0,23)	30	2,61 (0,39)	20	2,59 (0,47)	3,81 (0,0612)
R	0,5 km	75	3,81 (0,26) b	31	3,61 (0,40) b	32	2,34 (0,39) a	5,03 (0,0146) *
	1 km	79	3,89 (0,24) b	37	3,51 (0,36) b	22	1,64 (0,46) a	9,37 (0,0002) *
	1,5 km	88	3,95 (0,23) b	30	3,10 (0,39) b	20	1,60 (0,48) a	10,23 (0,0001) *
H´	0,5 km	64	0,86 (0,05)	25	0,89 (0,08)	22	0,72 (0,09)	1,22 (4,5030)
	1 km	68	0,86 (0,05) b	29	0,93 (0,07) b	14	0,55 (0,10) a	4,61 (0,0257) *
	1,5 km	77	0,86 (0,05)	22	0,88 (0,08)	12	0,59 (0,11)	2,58 (0,3015)
CS	0,5 km	53	0,48 (0,03)	25	0,52 (0,03)	22	0,40 (0,03)	3,49 (0,1029)
	1 km	57	0,49 (0,02) b	29	0,50 (0,03) b	14	0,32 (0,04) a	8,86 (0,0004) *
	1,5 km	66	0,49 (0,02) b	22	0,48 (0,03) b	12	0,34 (0,04) a	5,19 (0,0120) *

(*) Diferencias significativas a P<0,05
Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos (Prueba de Tukey)

La composición específica de los ensambles de dípteros hallados en distintos niveles de urbanización (Tabla V.3), reveló tres grupos diferenciables: 1) nueve especies generalistas presentes en todos los niveles de urbanización con 3 especies de la familia Culicidae y todas las especies de las familias Chironomidae y Psychodidae, 2) seis especies exclusivas de áreas poco urbanizadas con 2 especies de Culicidae y las especies de las familias Ceratopogonidae, Ephydridae, Muscidae y Syrphidae, y 3) tres especies exclusivas de áreas más urbanizadas con *Cx. acharistus* y las especies de Chaoboridae y Sarcophagidae.

Tabla V.3. Ocurrencia de las especies de dípteros halladas en cubiertas en cada nivel de urbanización (UB: urbanización baja; UM: urbanización media; UA: urbanización alta) para cada PIA.

	$PAI_{0,5}$			PAI_{1}			$PAI_{1,5}$		
	UB	UM	UA	UB	UM	UA	UB	UM	UA
Fam. Culicidae									
Aedes aegypti	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Culex acharistus			●		●			●	
Culex apicinus	●	●		●	●		●		
Culex eduardoi	●	●	●	●	●	●	●	●	
Culex pipiens	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Toxorhynchites theobaldi	●	●		●			●		
Fam. Ceratopogonidae									
Morfoespecie 1	●	●	●	●	●		●	●	
Fam. Chaoboridae									
Morfoespecie 1			●		●			●	
Fam. Chironomidae									
Chironomus sp.	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Goeldichironomus sp.	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Limnophytes sp.	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Monopelopia sp.	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Fam. Ephydridae									
Morfoespecie 1	●	●		●	●		●	●	
Fam. Muscidae									
Morfoespecie 1	●	●	●	●	●		●	●	
Fam. Psychodidae									
Morfoespecie 1	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Morfoespecie 2	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Fam. Sarcophagidae									
Morfoespecie 1			●			●		●	
Fam. Syrphidae									
Morfoespecie 1	●	●	●	●	●		●	●	

El valor de IS mostró una tendencia decreciente a mayores niveles de urbanización para todos los PAIs; esta tendencia sólo fue estadísticamente significativa para PAI_{15} (Figura V.6).

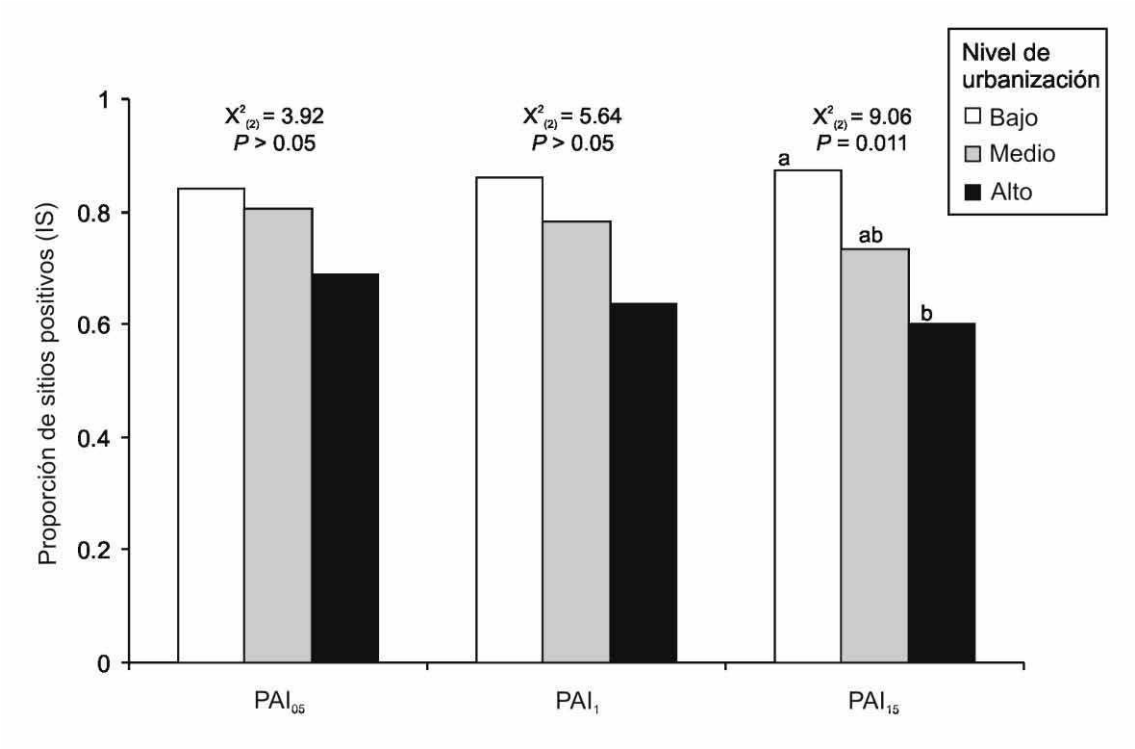

Figura V.6. Proporción de sitios positivos (IS) en cada nivel urbanización para cada PAI. Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos.

V.5. Discusión

La estructura de la comunidad de dípteros hallada en cubiertas de áreas residenciales estuvo fuertemente asociada con el nivel de urbanización a escala de paisaje. Los resultados de este capítulo dieron evidencia de una respuesta general negativa de los atributos de la comunidad de dípteros a elevados niveles de urbanización. Este patrón de respuesta apoya parcialmente la `hipótesis del disturbio creciente´; los valores de la abundancia, la riqueza, la diversidad y la similitud en la composición de especies de dípteros en los sitios con alto nivel de urbanización siempre fueron menores que aquellos de nivel de urbanización media y baja. Es decir, la estructura de la comunidad en sitios caracterizados como `suburbanos´ y `rurales´ fueron similares y, a la vez, ambas difirieron sustancialmente de la de sitios `urbanos´.

El efecto perjudicial de la urbanización sobre la riqueza de especies de los dípteros aquí estudiados se asemeja a los patrones generales descriptos por Marzluff (2001) y McKinney (2008) para diversos grupos de animales y plantas. Además de esta tendencia, y coincidiendo con las conclusiones de McKinney (2002) para diferentes taxa, los resultados mostraron que el número de especies de dípteros fue aproximadamente la mitad que en los sitios con nivel de urbanización más alto. Esto también se reflejó en las tendencias del índice de diversidad, con valores menores en sitios con alto nivel de urbanización.

Respecto de la similitud en la composición de especies, los valores más bajos fueron registrados en urbanización alta, sugiriendo que la composición de especies está determinada, al menos en parte, por el nivel de urbanización. Aunque la mitad de las especies colectadas estuvieron presentes a lo largo de todo el gradiente, se identificaron grupos de especies exclusivas de alguno de los extremos de urbanización (baja y alta). Clasificaciones similares a ésta (i.e. especies que evitan, se adaptan y explotan los ambientes urbanos) han sido propuestas para aves, mamíferos, reptiles y artrópodos (revisado por McKinney 2002). Claramente, las especies varían en su habilidad para adaptarse a los cambios ambientales inducidos por el impacto de la urbanización (Gilbert 1989, Adams 1994), dando lugar a la existencia de ensambles de especies distintivos a lo largo del gradiente de urbanización (McKinney 2002).

La abundancia relativa de larvas por cubierta mostró un patrón de respuesta débil al nivel de urbanización, pero con una tendencia similar a los patrones generales observados para las restantes variables. En el capítulo III se señaló que la proporción de recipientes positivos y la abundancia de larvas se encuentran correlacionadas positivamente, sugiriendo que la frecuencia de recipientes ocupados puede servir como un estimador de la abundancia relativa. En este nuevo análisis, la abundancia general de dípteros fue menor en sitios con nivel de urbanización alto, acompañando las disminuciones

observadas para las variables indicadoras de la intensidad de uso del hábitat por parte de los dípteros (porcentajes de sitios y de cubiertas positivas).

Como ya se ha mencionado, si bien no existe un consenso general sobre los patrones de respuesta de las comunidades al nivel de urbanización, se asume que la urbanización afecta negativamente a la biodiversidad (Hansen et al. 2005, McKinney 2008). El diseño de estudio planteado en este capítulo reveló patrones de respuesta de la comunidad de dípteros que tienen un elevado grado de coincidencia con los patrones reportados en la bibliografía, a diferencia de lo observado previamente en el capítulo III. Considerando los resultados del capítulo IV (similar respuesta al nivel de urbanización en cementerios y áreas residenciales), parecía razonable esperar patrones de respuesta también similar en las cubiertas de áreas residenciales utilizadas en el presente capitulo. Habiendo descartado el efecto de la estacionalidad en la respuesta de estas comunidades al nivel de urbanización, otros factores o escalas de estudio deben ser incorporados al análisis en busca de posibles explicaciones de estas diferencias. Tampoco puede descartarse que los patrones de respuesta de la comunidad de dípteros difieran entre distintos tipos de recipientes artificiales, como por ejemplo entre recipientes de características extremadamente diferentes (i.e floreros vs cubiertas). Varios estudios enfocados en culícidos han demostrado un marcado efecto del uso que se le da al recipiente y del material y la capacidad del mismo sobre sus habitantes (e.g. Moore et al. 1978, O'Meara et al. 1992, Kittayapong & Strickman 1993, Focks & Chadee 1997). Independientemente de las diferencias observadas, la comunidad de dípteros que habita en el agua contenida en recipientes artificiales demostró ser un modelo biológico sensible a los cambios inducidos por la urbanización.

La comparación de los resultados obtenidos para distintos granos en la estimación de la variable explicatoria (i.e. PAI calculada con círculos de distintos radios) permitió comparar el poder explicatorio de cada uno de ellos. Si bien algunos atributos de la comunidad mostraron ser muy sensibles al nivel

de urbanización y los patrones de respuesta fueron altamente consistentes para todos los PAIs, otras variables respondieron únicamente a un PAI determinado. En estos últimos casos, las respuestas más fuertes se presentaron para PAI_1 y PAI_{15}. La escala de percepción de la variabilidad ambiental puede diferir entre especies. Incluso, la escala a la cual se revelan los patrones de respuesta de la comunidad a la variabilidad ambiental puede ser tanto más extensa o acotada que la simple superposición de la escala de percepción de las especies que la componen. El grano es un componente de la escala de estudio que define el límite inferior de resolución de las inferencias realizables sobre el sistema biológico bajo estudio a dicha escala (Cueto 2006). Los resultados de este capítulo sugieren la importancia de considerar distintos granos de análisis en la búsqueda de patrones generales de respuesta de las comunidades al nivel de urbanización.

CAPITULO VI

RESPUESTA DE LA COMUNIDAD DE DIPTEROS A LAS CARACTERÍSTICAS DEL PARCHE

VI.1. Introducción

Los parches son fragmentos del paisaje, internamente homogéneos, que influyen en la ecología de las poblaciones y comunidades de insectos (Hunter 2002). Entre las características que determinan la abundancia y la riqueza de insectos se ha estudiado la relación entre el borde y el interior, la conectividad, la superficie, la diversidad, el microclima y la calidad de los parches (revisado por Hunter 2002). Éste último factor es considerado como uno de los aspectos determinantes de la colonización y persistencia de los insectos en los parches (Hanski y Singer 2001). La calidad del hábitat de los parches ha ayudado a explicar los conceptos de metapoblaciones[1] (Hunter et al. 2000) y dinámica de fuente-sumidero (Pulliam 1988). En el primer caso, mientras que las poblaciones locales (en un parche o subpoblación) pueden desaparecer con frecuencia, la metapoblación persiste gracias a la presencia de parches con mejor calidad de hábitat (Levins 1969, Hunter et al. 2000). Asimismo, la dinámica de fuente-sumidero se basa en que los parches de alta calidad, donde la natalidad supera a la mortalidad y la emigración supera a la inmigración, sustentan a los parches de menor calidad, donde la relación de las tasas se revierte (Pulliam 1988).

En el ambiente urbano, la vegetación y la edificación pueden mantener la diversidad de insectos, pero el valor de su contribución será proporcional a la

[1] La metapoblación consiste en grupos de poblaciones separadas espacialmente y que interactúan entre sí. Este término fue introducido por Levins (1969) como una `población de poblaciones´, y que utilizó para describir un modelo de dinámica poblacional de insectos peste.

cantidad total de recursos y condiciones disponibles para satisfacer todos los requerimientos biológicos necesarios para completar el ciclo de vida de los insectos (Samways 1995). Es esperable que los recursos abunden (e.g. vegetación) y las condiciones sean más favorables (e.g. menor amplitud térmica, mayor humedad) en parches con menor proporción de área edificada, mejorando la calidad del parche para una gran cantidad de especies, en relación con otro de características opuestas.

Dentro del ambiente urbano, los cementerios poseen una elevada proporción de vegetación en relación con otras áreas, muchas veces comparable a la observada en parques. Pero a diferencia de éstos últimos, los cementerios tienen un mayor grado de heterogeneidad interna dado por la presencia de áreas con distinta proporción de vegetación y edificación. Cada uno de estos parches tiene un grado de homogeneidad interna elevado, ya que suele estar constituido por un tipo de edificación uniforme que responde a una determinada práctica de entierro. Como ya se ha mencionado anteriormente, la mayor superficie de los cementerios está ocupada por tumbas y panteones, los cuales contienen la mayor parte de los floreros. Estas dos áreas son fácilmente distinguibles como dos tipos de parches, ya que presentan una cobertura vegetal y un nivel de edificación muy contrastantes.

Los espacios abiertos ocupados por tumbas generalmente tienen una matriz de pasto o tierra y presentan estratos arbustivos y/o arbóreos. Cada tumba es una pequeña parcela ubicada en el suelo que puede tener desde una simple lápida o placa conmemorativa hasta una cubierta total con cemento y construcciones adicionales a modo de santuario o escultura. Las calles y veredas de acceso a las tumbas pueden ser de pasto, tierra, cemento o asfalto. En contraste, los mausoleos son salas cerradas de acceso restringido y están en áreas con escasa vegetación. Las calles de acceso a los mausoleos están mayormente cubiertas con cemento o baldosas. Ambos tipos de parche representarían, a priori, hábitats de distinta calidad para las comunidades de

insectos. Adicionalmente, los 'parches de tumba y panteón' estarían representando niveles de intervención antrópica bajo y alto, respectivamente, asociado al nivel de edificación y vegetación. Este escenario ofrece la oportunidad de estudiar la estructura de la comunidad de dípteros que habita en el agua contenida en recipientes artificiales a escala de parche dentro de un mismo uso de la tierra.

VI.2. Objetivo e hipótesis

Objetivo secundario 2. Examinar el efecto del nivel de edificación sobre la estructura de la comunidad de dípteros de recipientes artificiales a escala de parche.

Hipótesis. La calidad del hábitat de los parches determina la estructura de la comunidad de dípteros.

Predicción. Si la calidad del hábitat para esta comunidad de dípteros es mayor en parches con menor proporción de edificación y mayor de cobertura vegetal, entonces se espera que allí se presenten los mayores valores de riqueza, abundancia y diversidad. La similitud en la composición específica de ambos parches tendrá valores entre bajos y moderados.

VI.3. Métodos

Los datos utilizados en el presente capítulo son los correspondientes a los muestreos realizados en cementerios durante el periodo octubre 2007 - abril 2008. El área de estudio y el diseño de muestreo, así como la metodología de

recolección e identificación de los inmaduros fueron mencionadas previamente en el capítulo III (III.3).

Para comparar la estructura de la comunidad de dípteros entre ambos tipos de parche (tumbas y panteones), se estimaron las siguientes variables respuesta para cada tipo de parche: el porcentaje de recipientes positivos (IR: índice de recipientes), la mediana de individuos por recipiente positivo (DR: densidad por recipiente), la mediana de individuos en un litro de agua de los recipientes positivos (DL: densidad por litro), el número de especies estimado por rarefacción (R: riqueza de especies), la similitud en la composición de especies entre ambos tipos de parches (CS: índice de Sörensen). Dos variables adicionales fueron incluidas para caracterizar a los recipientes con inmaduros en cada parche: la mediana de la capacidad de los recipientes positivos (CR: capacidad del recipiente) y la mediana del volumen de agua contenida en los recipientes positivos (VR: volumen del recipiente). Cada variable fue estimada y comparada en cada estación del año (i.e. primavera, verano y otoño) y también para el conjunto de datos agrupados. Para más detalles sobre la estimación de las variables respuesta ver capítulo II (II.4).

Todas las variables mencionadas se compararon estadísticamente entre ambos tipos de parches. El IR fue comparado mediante pruebas de Chi cuadrado para dos proporciones independientes (Fleiss et al. 2003). Para comparar la riqueza específica (R) se utilizaron curvas de rarefacción e intervalos de confianza de acuerdo a la metodología recomendada por Magurran (2004). Las variables que reflejan la abundancia relativa de individuos (DR y DL) y las que caracterizan a los recipientes (CR y VR) fueron comparados mediante pruebas de Mann-Whitney (Siegel & Castellan 1995).

VI.4. Resultados

El porcentaje de recipientes con larvas de dípteros (IR) de toda la temporada no difirió entre parches de tumbas (IR = 31%) y panteones (IR = 31,2%) ($X^2_{(1)}$= 0,04; P= 0,85), al igual que para las estaciones del año (Figura VI.1).

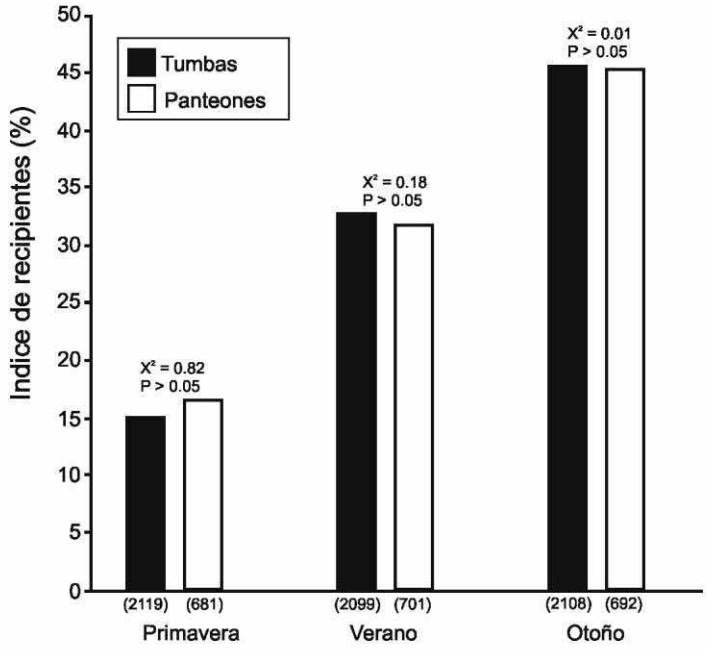

Figura VI.1. Índice de recipientes para cada parche en cada estación del año muestreada. Los números entre paréntesis indican el tamaño de la muestra.

Las curvas de rarefacción mostraron que no hay diferencias entre las riquezas esperadas en ambos parches (Figura VI.2). El valor de riqueza estimada para los panteones (la muestra más pequeña) se encontró comprendido dentro del intervalo de confianza de la riqueza estimada para las tumbas (la muestra más grande). Pese a que las curvas de primavera no lograron alcanzar valores de riqueza asintóticos, la igualdad en la riqueza estimada entre ambos parches es evidente, principalmente en el verano y el otoño.

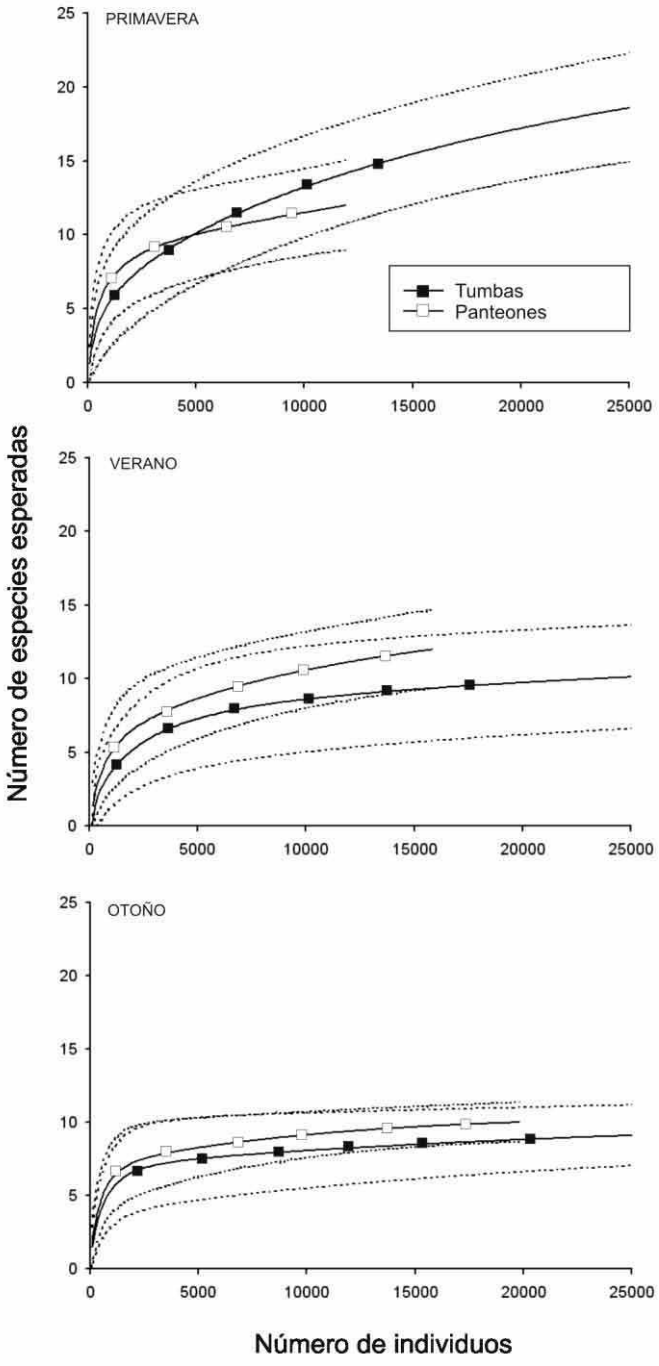

Figura VI.2. Curvas de rarefacción de riqueza esperada (línea continua) para las comunidades de dípteros de floreros ubicados en tumbas y panteones. El intervalo de confianza (95%) (línea punteada) corresponde a la muestra de mayor tamaño (tumbas).

Asimismo, los valores de CS indicaron que la similitud en la composición de especies entre ambos tipos de parches fue muy alta; primavera: 0,73, verano: 0,72, otoño: 0,86, general: 0,77. De las 24 especies identificadas, 15 fueron encontradas en ambos tipos de parches (Tabla VI.1). Éstas fueron todas las

especies de las familias Culicidae, Muscidae, Psychodidae, Syrphidae y dos especies de Chironomidae. De las especies restantes, siete estuvieron presentes exclusivamente en tumbas y sólo dos en panteones.

Tabla VI.1. Especies de dípteros de floreros presentes en tumbas (TUM) y panteones (PAN) de cementerios.

	Primavera		Verano		Otoño		Total	
	TUM	PAN	TUM	PAN	TUM	PAN	TUM	PAN
Fam. Culicidae								
Aedes aegypti	●	●	●	●	●	●	●	●
Culex pipiens	●	●	●	●	●	●	●	●
Culex eduardoi	●	●	●	●			●	●
Fam. Ceratopogonidae								
Morphospecies 1	●	●	●	●	●	●	●	●
Fam. Chaoboridae								
Morphospecies 1					●		●	
Fam. Chironomidae								
Tanytarsus sp.	●						●	
Chironomus sp. 1	●	●	●	●	●	●	●	●
Chironomus sp. 2	●		●		●		●	
Limnophytes sp.	●	●					●	●
Pseudosmittia sp.	●						●	
Fam. Ephydridae								
Morfoespecie 1	●						●	
Morfoespecie 2					●		●	
Fam. Muscidae								
Morfoespecie 1	●	●	●	●	●	●	●	●
Morfoespecie 2	●	●	●				●	●
Morfoespecie 3	●		●		●	●	●	●
Morfoespecie 4	●	●	●				●	●
Morfoespecie 5	●	●		●		●	●	●
Fam. Psychodidae								
Morfoespecie 1	●	●	●	●	●	●	●	●
Morfoespecie 2	●		●	●	●	●	●	●
Morfoespecie 3	●	●					●	●
Fam. Sarcophagidae								
Morfoespecie 1				●				●
Fam. Stratiomyidae								
Morfoespecie 1				●				●
Fam. Syrphidae								
Morfoespecie 1			●	●	●	●	●	●
Fam. Tipulidae								
Morfoespecie 1	●						●	

El número de individuos por recipiente positivo (DR), así como la capacidad de los recipientes (CR) y el volumen de agua contenida (VR), fueron significativamente mayores en los parches de tumbas que en los de panteones (Figuras VI.3 y VI.4). Por el contrario, el número de individuos por litro (DL) no difirió entre parches, excepto por una diferencia marginal en otoño (Figura VI.3).

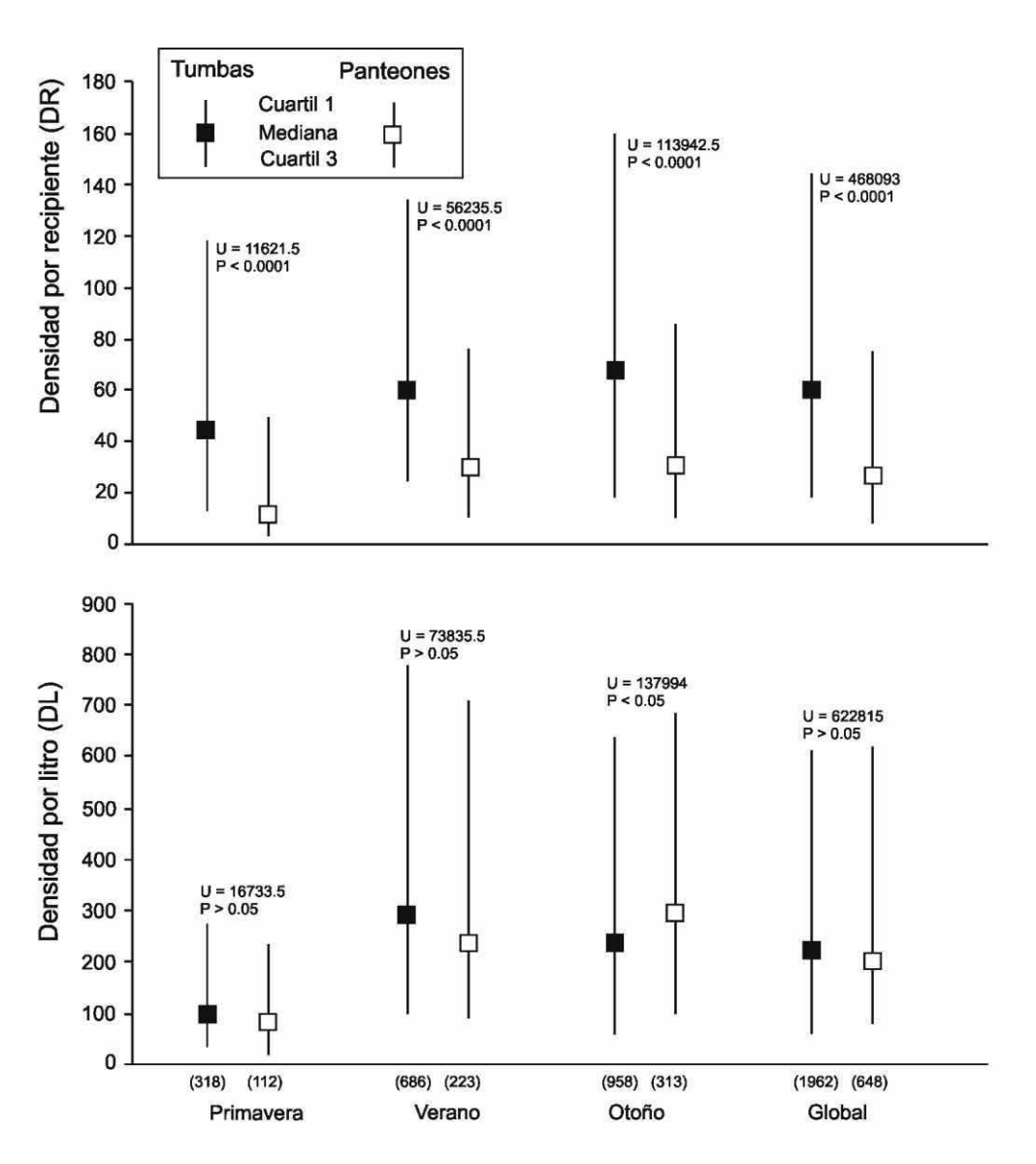

Figura VI.3. Comparación de la densidad de individuos por recipiente positivo (DR) y por litro de agua (DL) entre parches de tumbas y panteones; el tamaño de la muestra se presenta entre paréntesis.

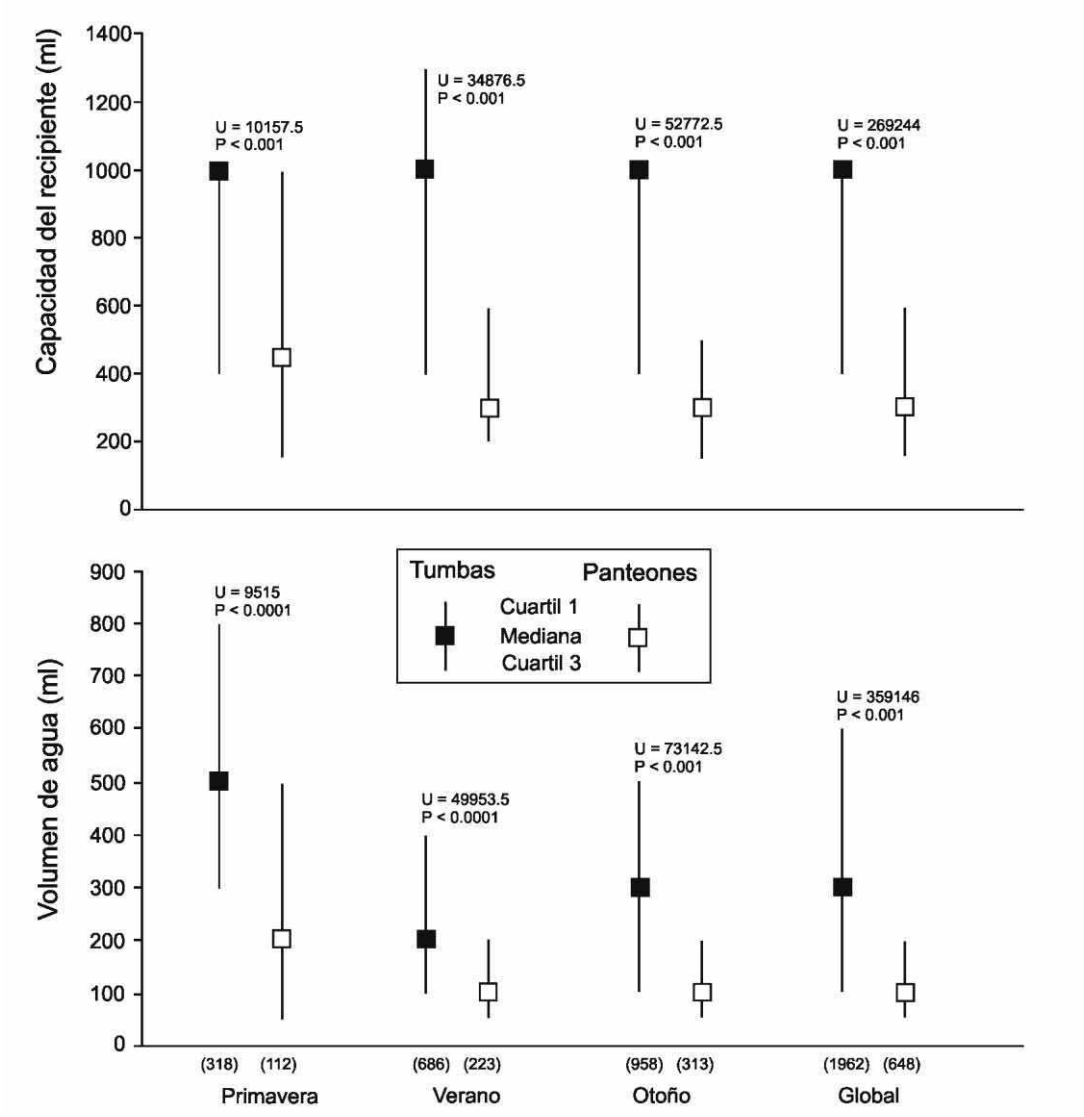

Figura VI.4. Comparación de la capacidad (CR) y el volumen (CV) de los recipientes positivos entre parches de tumbas y panteones; el tamaño de la muestra se presenta entre paréntesis.

VI.5. Discusión

La estructura de la comunidad de dípteros hallada en floreros fue similar en parches con niveles de edificación y vegetación contrastantes dentro del mismo uso de la tierra (i.e. tumbas y panteones en cementerios). A pesar de las diferencias sustanciales en las características ambientales de ambos tipos de parches, la proporción de hábitat ocupado, la riqueza y la composición de especies no varió entre ellos. La única variable que difirió entre parches fue el número de individuos por recipiente, que mostró valores mayores en los

parches de tumbas. Sin embargo, al ser la capacidad y el volumen de agua también mayor en tumbas, se deduce que el número de individuos por recipiente fue mayor en tumbas simplemente porque los recipientes tienen más agua, y no por el efecto del nivel de edificación/vegetación del parche. La similitud en el número de individuos por litro entre parches es una clara evidencia que sostiene esta explicación.

Distintos estudios analizaron el efecto de las condiciones ambientales sobre la presencia y abundancia de culícidos dentro de los cementerios (e.g. Abe et al. 2005, Vezzani et al. 2005, Barrera et al. 2006, Vezzani & Albicócco 2009). En general, estos autores concluyen que la vegetación es un factor clave para esta familia de dípteros porque proveen de sombra y alimento, tanto a los estadios inmaduros como a los adultos. Si bien la historia de vida y los requerimientos biológicos de gran parte de las especies de dípteros colectadas es desconocida, sería razonable esperar un efecto similar de la vegetación sobre las otras especies de dípteros que habitan en recipientes artificiales. Sin embargo, las diferencias en la calidad del hábitat de ambos parches comparados, tan evidente desde el punto de vista humano, no se vio reflejada en los atributos de la comunidad de dípteros. En este sentido, Haslett (2001) remarcó que la percepción del ambiente por parte de humanos y dípteros no necesariamente coincide. Incluso, más allá de lo distinguibles que puedan ser los parches para estos organismos, la percepción de conectividad entre éstos depende de la escala a la que interactúan con la estructura espacial del parche (With et al. 1999). Es por ello que no puede descartarse que desde el punto de vista de los insectos estos parches sean percibidos como ambientes continuos y homogéneos a la escala de trabajo de este capítulo.

CAPITULO VII

RESPUESTA DE LA COMUNIDAD DE DÍPTEROS A LAS CARACTERÍSTICAS MICRO-AMBIENTALES

VII.1. Introducción

La estructura de la comunidad de dípteros en estudio, además de estar determinada por factores que actúan a escala de paisaje como el nivel de urbanización (capítulos III-V), también podría estar afectada por factores micro-ambientales. Muchos trabajos enfocados exclusivamente en mosquitos han encontrado en las cubiertas en desuso un modelo de estudio óptimo para evaluar el efecto de factores micro-ambientales sobre la presencia, la dinámica poblacional o la estructura de la comunidad de inmaduros (revisado por Yee 2008).

Entre la bibliografía disponible se distinguen tres grupos de factores micro-ambientales, tanto bióticos como abióticos, que podrían explicar la ocurrencia de dípteros en recipientes artificiales: 1) las características intrínsecas de los recipientes, 2) las características del agua que contienen, y 3) la disposición espacial del recipiente y las condiciones de su entorno inmediato. En cuanto a las cubiertas, el tamaño ha sido una de las características del recipiente más estudiadas (Morris & Robinson 1994, McMahon et al. 2008), debido a que las características restantes (i.e. forma, material, color, textura) son típicamente homogéneas. Entre las características del agua que contienen, se ha puesto mayor atención en la composición química (Beier et al. 1983) y la concentración de detrito y otros nutrientes (Kling et al. 2007). En el tercer grupo se distinguen estudios sobre la posición de la cubierta y su ubicación espacial

(Morris & Robinson 1994), y la exposición al sol (Beier et al. 1983, Joy & Sullivan 2005). Estos estudios han demostrado asociaciones entre factores micro-ambientales y la ocurrencia y abundancia de mosquitos de importancia sanitaria en cubiertas. Algunas investigaciones recientes han intentado relacionar factores micro-ambientales con la comunidad entera de Culicidae hallada en cubiertas (Kling et al. 2007, Roiz et al. 2007, Yee et al. 2010). Sin embargo, no se han publicado estudios ecológicos que evalúen posibles asociaciones entre la comunidad entera de dípteros de cubiertas y los factores micro-ambientales mencionados.

En el capítulo IV se ha demostrado que una gran cantidad de especies de dípteros cohabitan con los mosquitos en las cubiertas en desuso, representando a las familias Ceratopogonidae, Chaoboridae, Chironomidae, Ephydridae, Muscidae, Psychodidae, Sarcophagidae y Syrphidae. Los requerimientos biológicos de muchos de estos dípteros podrían ser similares a los de los culícidos, y su presencia estar determinada por los mismos factores, tanto macro como micro-ambientales, que condicionan la presencia de mosquitos en cubiertas. En este capítulo se intentará identificar factores fuertemente asociados con la presencia de dípteros en cubiertas.

VII.2. Objetivo e hipótesis

Objetivo secundario 3. Identificar los factores micro-ambientales que determinan la presencia de dípteros en el agua contenida en recipientes artificiales.

Hipótesis. La ocurrencia de especies de dípteros en recipientes artificiales depende de las condiciones micro-ambientales.

Predicción. Si los factores que favorecen la ocurrencia de Culicidae en recipientes artificiales también son favorables para otras familias de dípteros, entonces se espera que su ocurrencia esté determinada por mayor tamaño del recipiente, mayor volumen de agua, localización en zonas menos perturbadas del predio y más cerca del suelo, menor exposición al sol, mayor contenido de materia orgánica y elevada cobertura vegetal de los alrededores inmediatos.

VII.3. Métodos

El área de estudio, el período y el diseño de muestreo, así como la metodología de recolección e identificación de los inmaduros fueron las mismas que se detallan en el capítulo V (V.3).

Los tres grupos de variables micro-ambientales descriptos en la introducción fueron representados en el presente análisis. Se incluyó una característica intrínseca de las cubiertas (tamaño), dos del agua contenida (volumen y presencia de materia orgánica), cuatro condiciones en las que se encuentra la cubierta (ubicación espacial en el sitio de muestreo, posición en que está apoyada, posición relativa dentro de una pila y nivel de insolación), y tres de su entorno inmediato (porcentaje de cobertura vegetal en los estratos bajo, medio y alto) (Tabla VII.1). Todas estas variables fueron relevadas a campo para cada cubierta inspeccionada.

El porcentaje de cobertura vegetal fue cuantificado en tres estratos: bajo (menor de 0,5 m de altura), medio (0,5-1,5 m) y alto (mayor de 1,5 m). Para cada estrato, el porcentaje de cobertura de la vegetación fue estimado en un cuadrante de 1m^2 trazado alrededor de cada cubierta y asignado a una de las siguientes diez categorías: 0-10%, 10-20%, 20-30%, 30-40%, 40-50%, 50-60%, 60-70%, 70-80%, 80-90% y 90-100%.

Tabla VII.1. Variables explicatorias incluidas en el análisis de presencia-ausencia de dípteros en cubiertas.

Tipo de variable		Variable (Código)	Niveles (Códigos)	Descripción
Micro-ambiental	Características de la cubierta	Tamaño (TAM)	auto (aut) - camioneta (cta) - camión (cón) -tractor (tra)	Tamaño de la cubierta
	Características del agua contenida en la cubierta	Agua (AGU)	< ½ (<1/2) – alrededor de ½ (1/2) - > ½ (>1/2) - llena (lle)	Volumen de agua relativo a la capacidad de la cubierta
		Materia orgánica (MAO)	si (si) - no (no)	Presencia de materia orgánica en el agua
	Condiciones de la cubierta	Ubicación (UBI)	vereda (ver) - frente (fre) - fondo (fon)	Ubicación espacial en el sitio
		Posición (POS)	acostada (aco) - inclinada (inc) - parada (par)	Posición respecto al suelo
		Pila (PIL)	sobre el suelo (1º) - sobre la 1º (2º) - sobre la 2º (3º) - sobre la 3º (4º) - sobre la 4º (5º)	Posición respecto a la pila
		Insolación (INS)	sol (sol) – sombra parcial (sop) - sombra (som)	Nivel de exposición al sol
	Condiciones del entorno de la cubierta (Cobertura vegetal)	Estrato bajo (EBA)	continua	Porcentaje de vegetación en el estrato bajo; menor a 0,5 m
		Estrato medio (EME)	continua	Porcentaje de vegetación en el estrato medio; entre 0,5 m y 1,5 m
		Estrato alto (EAL)	continua	Porcentaje de vegetación en el estrato alto; mayor a 1,5 m
Macro-ambiental	Nivel de urbanización	PAI para radio de 0,5 km (PAI_{05})	continua	Porcentaje de área impermeable en un radio de 0,5 km alrededor del sitio
		PAI para radio de 1 km PAI_{1})	continua	Porcentaje de área impermeable en un radio de 1 km alrededor del sitio
		PAI para radio de 1,5 km (PAI_{15})	continua	Porcentaje de área impermeable en un radio de 1,5 km alrededor del sitio

Considerando que el efecto del micro-ambiente podría depender del nivel de urbanización, y de que este último ya fuera demostrado como determinante de la estructura de la comunidad (capítulo V), se incluyó en el modelo al nivel de urbanización de los alrededores de cada sitio. El mismo fue estimado como el porcentaje de área impermeable (PAI) siguiendo la metodología detallada en el capítulo II (II.3).

Con estas 13 variables explicatorias se realizó un análisis multivariado sobre los datos de presencia-ausencia de larvas de dípteros en cubiertas. La presencia de individuos en una cubierta no es independiente de la presencia en las restantes cubiertas del mismo sitio de muestreo; e.g. ubicadas en la misma gomería. En consecuencia, se utilizaron Modelos Lineales Generalizados Mixtos (GLMM), que son una extensión de los clásicos GLM pero que incluyen tanto factores fijos como aleatorios (McCullagh & Nelder 1989, Zuur et al. 2009). El modelo aplicado fue ajustado usando el método de máxima probabilidad, asumiendo una distribución binomial de los errores. La bondad de ajuste de los modelos fue evaluada en términos del criterio de Akaike (1974), que establece que el modelo con menor AIC (Akaike's Information Criterion) es el mejor entre todos los modelos posibles. Con este análisis se espera encontrar el mejor modelo de ocurrencia de dípteros en cubiertas incluyendo el 'sitio de muestreo' como factor aleatorio y las 13 variables explicatorias como factores fijos.

Previamente se realizaron GLMs univariados para cada variable explicatoria. En el caso de las variables continuas, este procedimiento también se realizó para el cuadrado de cada variable (e.g. EBA^2) y la suma de la variable y su cuadrado (e.g. $EBA+EBA^2$). Con las variables que resultaron significativas en el análisis univariado se corrió un primer GLM. A fin de eliminar la redundancia entre las variables explicatorias incluidas, para cada una de ellas se calculó el factor de inflación de la varianza (VIF); la variable con mayor VIF fue eliminada, se recalcularon los VIFs de las restantes y se repitió el procedimiento hasta que todas alcanzaran un valor VIF<5 (Zuur et al. 2009).

Una vez creada la estructura aleatoria apropiada para el modelo, las variables explicatorias asociadas significativamente con la variable respuesta (presencia-ausencia de dípteros) fueron seleccionadas mediante un procedimiento de 'stepwise backward'. Las variables del modelo final fueron seleccionadas analizando los cambios en el AIC, y posteriormente se probaron todas las interacciones de a pares posibles. Para simplificar el modelo final, se fusionaron los niveles de un factor que no fueran significativamente diferentes (Nicholls 1989). Finalmente, para evaluar cuanto mejora la clasificación en el modelo final respecto de lo esperado por azar (Fielding & Bell 1997), se determinó el índice de Kappa (K) correspondiente al mejor punto de corte.

VII.4. Resultados

Los análisis univariados mostraron que 12 de las 13 variables evaluadas estuvieron significativamente asociadas con la presencia de dípteros en cubiertas (Tabla VII.2). La única excepción fue el porcentaje de cobertura vegetal del estrato bajo (EBA). Las variables de nivel de urbanización mostraron un alto grado de correlación, pero sólo PAI_{15} tuvo un VIF>5, por lo que también fue excluida del análisis. Las tres variables relacionadas con las características de las cubiertas y el agua (TAM, AGU y MAO) fueron los mejores predictores de la ocurrencia de dípteros (i.e. menores valores de AIC).

El mejor GLM para la ocurrencia de dípteros en cubiertas alcanzó un valor de AIC de 1375,5. Tras la inclusión del 'sitio de muestreo' como factor aleatorio en el GLMM final, el valor de AIC descendió considerablemente a 1294, indicando que agregar el factor aleatorio mejoró la capacidad predictiva del modelo. Asimismo, el valor kappa (K: 0,52) y su punto de corte (0,43) estarían indicando una predictibilidad aceptable para un modelo de tipo binomial.

Tabla VII.2. GLMs univariados para cada variable explicatoria, con sus respectivos parámetros (B) y su error estándar (E.E.), y los valores de AIC y Kappa con su respectivo punto de corte. Para las variables continuas se presenta solo el mejor de los ajustes, sea éste para la variable original, su cuadrado o la suma de ambos. Por códigos de las variables ver tabla VII.1.

Código de la variable	Niveles de la variable	B ± E.E.	AIC
Modelo nulo			1892,6
UBI	ver	-0,57±0,07***	1814,3
	fre	0,42±0,14**	
	fon	1,37±0,16***	
TAM	aut	-1,05±0,09***	1711,8
	cta	1,01±0,18***	
	cón	1,4±0,13***	
	tra	2,55±0,29***	
POS	aco	-0,72±0,09***	1849,2
	inc	0,79±0,12***	
	par	0,32±0,26	
PIL	1º	$-2{,}3e^{-3}\pm6{,}8e^{-2}$	1857,1
	2º	-0,49±0,17**	
	3º	-0,79±0,29***	
	4º	-0,98±0,25***	
	5º	-0,83±0,21***	
AGU	<½	-0,84±0,09***	1786,9
	½	0,68±0,13***	
	>½	1,75±0,2***	
	lle	1,23±0,18***	
INS	sol	-0,61±0,12***	1830,5
	sop	-0,03±0,09	
	som	0,63±0,18***	
MAO	si	2,31±0,17***	1621
	no	-2,01±0,15***	
EBA		$9{,}7e^{-4}\pm1{,}2e^{-3}$	1894
EME		$4{,}6e^{-2}\pm7{,}9e^{-3}$***	1838,5
EAL		$1{,}1e^{-2}\pm1{,}5e^{-3}$***	1840,7
PAI_{05}		$-1{,}3e^{-2} \pm 2e^{-3}$***	1837,5
PAI_{1}	#	$-2{,}1e^{-4}\pm2{,}5e^{-5}$***	1804
PAI_{15}	#	$-2{,}2e^{-4}\pm2{,}6e^{-5}$***	1811,4

*** Prueba de Z resultó significativa a P < 0,001, ** a P < 0,01, * a P < 0,05

El mejor ajuste fue para la variable elevada al cuadrado

El modelo final incluyó varios factores micro-ambientales así como también el nivel de urbanización (Tabla VII.3). Según este modelo, la probabilidad de que una cubierta con agua contenga larvas de dípteros es mayor: 1) si la cubierta está ubicada en el fondo del predio, 2) a mayor tamaño de la cubierta, 3) a mayor volumen de agua contenida siempre que supere la mitad de la capacidad de la cubierta, 4) si la cubierta se encuentre a la sombra, 5) si el agua contiene materia orgánica y 6) a mayor cobertura vegetal del estrato medio. Por el contrario, si la cubierta se encuentra en una pila por encima de la tercera cubierta, la probabilidad de que contenga dípteros disminuye. El modelo predice que la probabilidad de ocurrencia de dípteros en cubiertas disminuye con el aumento del nivel de urbanización. No se encontraron pares de variables cuyas interacciones fueran estadísticamente significativas (P>0,05).

Tabla VII.3. Modelo Lineal Generalizado Mixto para presencia-ausencia de dípteros en cubiertas y las variables incluidas en el modelo final con sus respectivos parámetros (B), error error estándar (E.E.) y valor de Z. Por códigos de las variables ver tabla VII.1.

Código de la variable	B	E.E.	Z
Intercepto	-2,895	0,237	-12,227 ***
PAI_1 (al cuadrado)	$-8,878e^{-5}$	$3,538e^{-5}$	-2,509 *
EME	$3,438e^{-2}$	$9,212e^{-3}$	3,733 ***
UBI [fon]	0,844	0,224	3,760 ***
TAM [cta]	0,832	0,218	3,815 ***
TAM [cón]	1,263	0,169	7,454 ***
TAM [tra]	1,928	0,334	5,776 ***
PIL [4º]	-0,739	0,306	-2,412 *
AGU [½]	0,519	0,162	3,201 **
AGU [>½ + lle]	1,152	0,192	5,999 ***
INS [som]	0,789	0,220	3,589 ***
MAO [si]	1,774	0,200	8,867 ***

*** Significativo a P < 0,001; ** P < 0,01; * P < 0,05

VII.5. Discusión

Identificar los principales factores determinantes de la presencia de larvas de dípteros en recipientes artificiales es un paso necesario para comprender la respuesta de esta comunidad a la variabilidad ambiental. En este capítulo se identificaron varios factores micro-ambientales estrechamente asociados con la ocurrencia de dípteros en cubiertas en desuso. El modelo final incluyó variables relacionadas, tanto con las características de las cubiertas y del agua contenida, como con las condiciones de las cubiertas y su entorno inmediato.

La cobertura vegetal y la sombra son dos de los factores centrales en la determinación de la composición de especies y la abundancia de culícidos en cubiertas (revisado por Yee 2008). La alta abundancia de algunas especies en cubiertas localizadas a la sombra podría explicarse por un aumento en la supervivencia de las larvas debido a un mayor contenido de materia orgánica o menores temperaturas del agua. Una explicación complementaria sería el aumento de la oviposición de las hembras en ambientes sombreados, ya sea por la mayor humedad relativa que favorece el refugio de los adultos o por señales más fuertes para la oviposición. En este capítulo, una mayor cobertura vegetal del estrato medio, la presencia de materia orgánica y las condiciones de insolación baja estuvieron asociadas con una mayor probabilidad de ocurrencia de dípteros. Tal como fuera propuesto para otras comunidades de insectos (e.g. Blair & Launer 1997), los mecanismos que explican los patrones encontrados pueden estar relacionados con la historia de vida y con el uso de los recursos por parte de cada especie. En este sentido, las especies de mosquitos más comunes presentes en recipientes artificiales del área de estudio, i.e. *Ae. aegypti* y *Cx. pipiens*, fueron encontradas más frecuentemente en hábitats vegetados y/o a la sombra (Vezzani et al. 2005, Vezzani & Albicócco 2009).

Por otra parte, el aporte alóctono de materia orgánica es esencial para el desarrollo de los inmaduros debido a que la productividad primaria en el agua contenida en las cubiertas es prácticamente inexistente. Algunos autores han demostrado su importancia en la composición de los ensambles de culícidos de cubiertas (Kling et al. 2007), así como en hábitats de recipientes naturales como los huecos de árbol (Srivastava & Lawton 1998). Sin embargo, el efecto de la materia orgánica es difícil de discriminar del de la vegetación y la sombra, no solo para los dípteros sino para otras comunidades de insectos terrestres, e.g. hormigas (Arnan et al. 2007). En el presente estudio, las variables de exposición al sol, materia orgánica y cobertura vegetal fueron retenidas por el modelo final, pero no estuvieron correlacionadas entre sí. El motivo es que en los ambientes intensamente antropizados, como el del área de estudio de este trabajo, existen otras fuentes de sombra además de la vegetación, como edificios, vehículos y otras cubiertas.

Otros factores que actúan a micro-escala y favorecen la ocurrencia de dípteros, fueron el tamaño de la cubierta y el volumen de agua contenida. Al respecto, McMahon et al. (2008) también reportaron que cubiertas de mayor tamaño pueden presentar mayores niveles de infestación, mientras que Morris & Robinson (1994) observaron el patrón inverso. En ambos trabajos, se han propuesto las preferencias de oviposición como el principal mecanismo para explicar ambos patrones. Además de esta posible preferencia de oviposición, habría que considerar que las cubiertas de mayor tamaño podrían favorecer la supervivencia de las larvas debido al efecto amortiguador de la temperatura y la mayor estabilidad del hábitat durante períodos de sequía.

La presencia de larvas de dípteros también estuvo asociada con la ubicación espacial de las cubiertas. La probabilidad de ocurrencia de inmaduros fue mayor en aquellos recipientes localizados en el fondo de las propiedades. Las cubiertas dispuestas en la calle suelen ser removidas con mayor frecuencia por los sistemas de recolección de basura o por recolectores particulares,

previniendo la colonización de estos hábitats. Además, en comparación con las veredas, los fondos de comercios y viviendas suelen tener mayor cobertura vegetal que aumentaría la calidad del hábitat para los dípteros. Con relación a la posición relativa de las cubiertas en la pila, los resultados sugieren que la ocurrencia de dípteros disminuye cuanto más alto se encuentre la cubierta. La explicación más razonable es que aquellas cubiertas que se encuentran más cerca de la tierra permanecen cubiertas por la vegetación baja y por otras cubiertas, lo que les permite mantener mayores volúmenes de agua a temperaturas menos extremas y más constantes. Morris & Robinson (1994) también encontraron que las cubiertas dispuestas cerca del suelo contenían mayor volumen de agua pero, contrariamente a los resultados de este capítulo, ellos reportaron que la ocurrencia de mosquitos fue constante para todas las cubiertas de una misma pila.

Varios factores micro-ambientales han demostrado tener un rol central como predictores de la ocurrencia de dípteros inmaduros en cubiertas en desuso. De acuerdo con las predicciones propuestas, los factores que favorecen la ocurrencia de culícidos en recipientes artificiales resultarían también favorables para otras familias de dípteros. Factores como el tamaño de la cubierta, el volumen de agua contenida y la presencia de materia orgánica, fueron los mejores predictores de la ocurrencia de dípteros. Será necesario, entonces, evaluar experimentalmente cómo estos factores influyen los mecanismos (e.g. supervivencia, reproducción) que determinan la ocurrencia de estos dípteros.

CAPITULO VIII

CONSIDERACIONES FINALES Y CONCLUSIONES

VIII. 1. Consideraciones finales

Actualmente se desconocen los efectos del crecimiento acelerado de las ciudades sobre los cambios a escala global (McDonnell et al. 2009), convirtiendo el estudio de los ecosistemas urbanos en un objetivo central en ecología. El enfoque holístico de la ecología urbana ha sido considerado como un paso crucial para el desarrollo de ciudades sustentables (e.g. Grimm et al. 2000, Pickett et al. 2001). El desarrollo de esta disciplina requiere de la integración de componentes físicos, biológicos y sociales, y sólo será posible gracias al aporte de estudios ecológicos de base que exploren los patrones y procesos en los sistemas dominados por el hombre. Esta tesis fue realizada con el afán de contribuir al conocimiento de los efectos de la urbanización sobre la biodiversidad de insectos. Para ello se analizaron los patrones de respuesta de la comunidad de dípteros que habitan en el agua de recipientes artificiales a los efectos del nivel de intervención antrópica a distintas escalas espaciales.

Los estudios en gradientes urbano-rurales han realizado un aporte significativo en la búsqueda de patrones generales en la respuesta de las comunidades animales a la urbanización (McKinney 2002). Sin embargo, los patrones biológicos observados a lo largo de gradientes de urbanización dependen del grupo taxonómico estudiado, la escala espacial de análisis y la intensidad de urbanización considerada (McKinney 2008). El presente estudio dio cuenta de que, incluso manteniendo estos tres aspectos constantes, la respuesta de la comunidad de dípteros al nivel de urbanización dependió del

atributo analizado (i.e. abundancia, riqueza, diversidad, similitud en la composición de especies) y del origen de dicha comunidad (i.e. floreros en cementerios o cubiertas de auto en desuso en áreas residenciales). Por un lado, la comunidad en floreros de cementerios reveló que las variables relacionadas con la abundancia registraron valores máximos a niveles intermedios de urbanización, mientras que una elevada similitud en composición específica y riqueza fue observada a lo largo del gradiente. En contraste, todas las variables utilizadas para caracterizar la estructura de la comunidad en cubiertas de áreas residenciales revelaron una respuesta negativa a elevados niveles de urbanización. En este sentido, pese a que en la literatura se asume que el aumento en el nivel de urbanización está asociado con crecientes efectos negativos sobre distintos aspectos de la biodiversidad, varios estudios realizados con comunidades de artrópodos han arribado a conclusiones contradictorias dependiendo, principalmente, del atributo de la comunidad analizado. Varios invertebrados terrestres han mostrado respuestas positivas, negativas o neutras de la riqueza al nivel de urbanización (McIntyre 2000, Alaruikka et al. 2002, Niemelä et al. 2002, Ishitani et al. 2003, McKinney 2008). Invertebrados de arroyos han registrado disminuciones de abundancia y diversidad a mayores niveles de urbanización (Paul & Meyer 2001, Urban et al. 2006). Entre los insectos voladores, la riqueza y abundancia de avispas y abejas se vio reducida por la urbanización (Zanette et al. 2005), la abundancia de mariposas disminuyó pero su riqueza y diversidad aumentaron a niveles moderados de disturbio (Blair & Launer 1997), y la riqueza de himenópteros parasitoides permaneció constante a lo largo del gradiente (Fenoglio et al. 2009). El conjunto de estos trabajos apoya la idea de que los invertebrados responden a la urbanización de una manera muy compleja, y coinciden en que el nivel de urbanización elevado en ningún caso favorece a las comunidades de artrópodos.

A partir de la interpretación de los diferentes patrones de respuesta de la comunidad de dípteros observados en floreros de cementerios (capítulo III) y cubiertas de zonas residenciales (capítulo V) surgen dos líneas de razonamiento principales. Por un lado, y como fue sugerido previamente, una posible explicación sería que el uso de la tierra (i.e. cementerio y residencial) tenga un efecto más fuerte que el nivel de urbanización circundante sobre la comunidad. Dicho de otra manera, el efecto de las características intrínsecas del cementerio tendría un fuerte efecto en la estructuración de la comunidad, enmascarando parcialmente el efecto del nivel de urbanización. Esto podría deberse a que diferentes usos de la tierra están asociados a diferentes disposiciones espaciales de los elementos del paisaje, o sea a diferentes complejidades estructurales. Sin embargo, al comparar la estructura de la comunidad entre 'cementerio' y 'residencial' mediante recipientes estándares experimentales, se observaron patrones de respuesta similares al nivel de urbanización (capítulo IV). Una potencial limitación en el diseño del estudio con recipientes experimentales es que los mismos fueron colocados en viviendas muy cercanas al cementerio. En consecuencia, es posible que la comunidad de dípteros en la zona residencial más próxima a los cementerios también esté bajo el efecto de los mismos. Un futuro estudio en zonas residenciales que incluya explícitamente distintas distancias al cementerio podría evaluar esta última hipótesis.

Por otro lado, si el efecto del uso de la tierra no está enmascarando al efecto del nivel de urbanización, es posible que los patrones respuesta de esta comunidad dependan fuertemente de las características del recipiente (volumen, color, material, etc.) y del uso que el hombre hace de cada uno de ellos. Como se comentó en el capítulo V, varios estudios enfocados en culícidos han demostrado un marcado efecto del uso que se le da al recipiente y del material y la capacidad del mismo sobre sus habitantes (e.g. Moore et al. 1978, O'Meara et al. 1992, Kittayapong & Strickman 1993, Focks & Chadee 1997). En este sentido, las cubiertas son recipientes de gran tamaño que se llenan

exclusivamente con el agua de lluvia, la cual sería más perdurable en posteriores periodos de sequía, y cuyo aporte de materia orgánica proviene de la vegetación próxima. Por el contrario, los floreros ofrecen un hábitat mucho más efímero por su limitada capacidad, y tienen una dinámica particular de aporte de agua y materia orgánica (flores) que depende de las visitas regulares al cementerio. Por lo tanto, floreros y cubiertas constituyen dos tipos de hábitat acuáticos diferentes, y pueden llevar a estructuras de la comunidad y patrones de respuesta al nivel de urbanización total o parcialmente distintos. Para dilucidar esta hipótesis, floreros y cubiertas podrían ser estudiados dentro del mismo uso de la tierra a lo largo de un gradiente de urbanización.

Ambos razonamientos dejan planteados nuevos interrogantes acerca del rol de la complejidad espacial de los ambientes urbanos y de la dinámica del agua en la determinación de la estructura de las comunidades de dípteros de recipientes artificiales. Una pregunta asociada que queda por responder es si los ensambles de dípteros hallados en distintos tipos de recipientes y usos de la tierra son los mismos y caracterizan a la comunidad en estudio. Hasta mi conocimiento, no se han caracterizado los ensambles de dípteros que habitan en el agua contenida en recipientes artificiales en áreas templadas de Argentina. En esta tesis, se pudieron distinguir 29 morfoespecies de inmaduros pertenecientes a 11 familias de dípteros. En términos de riqueza de especies, las familias mejor representadas fueron Chironomidae (7 especies), Culicidae (6) y Muscidae (5), seguidas por Psychodidae (3), Ephydridae (2), Ceratopogonidae (1), Chaoboridae (1), Sarcophagidae (1), Stratiomyidae (1), Syrphidae (1) y Tipulidae (1). Las familias representadas en este ensamble coinciden en gran medida con la observada en comunidades de recipientes naturales como los phytotelmata (revisado por Greeney 2001), cubiertas de auto en desuso (revisado por Yee 2008) y otros recipientes artificiales (Hribar et al. 2004, Leisnham et al. 2006). Retomando la pregunta, los ensambles de floreros y cubiertas en desuso compartieron 9 de las 11 familias y 13 de las 29 especies. Si

bien parte de las diferencias observadas pueden estar asociadas a diferencias en el método, el esfuerzo y el período de muestreo, es evidente que al menos algunas especies son exclusivas de un determinado tipo de recipiente o uso de la tierra o nivel de urbanización. Para esclarecer este interrogante es necesario no solo la identificación de las especies (muchas aquí tratadas a nivel de morfoespecies) sino también un conocimiento avanzado sobre la bionomía de las mismas.

La comunidad de dípteros estudiada demostró ser un modelo biológico sensible a los cambios inducidos por la intervención antrópica. Niemelä et al. (2002) señalaron la necesidad de encontrar modelos de estudio que puedan encararse simultáneamente en distintas regiones para la identificación de patrones generales de respuesta de una determinada comunidad (e.g. escarabajos de tierra) al disturbio antrópico, independientemente de la identidad de las especies dentro del ensamble. En este sentido, la comunidad de dípteros aquí estudiada podría ser de gran utilidad dado la existencia de cementerios y cubiertas en desuso en distintas regiones a través del globo.

Las respuestas de la comunidad de dípteros dependieron en gran medida de la escala estudiada. Mientras que a escala de paisaje hubo una fuerte respuesta de los atributos de la comunidad a los cambios en el nivel de urbanización, a escala de parche no se hallaron evidencias de que la estructura de la comunidad difiera entre usos de la tierra o entre parches con distinto nivel de edificación y vegetación. A una escala de mayor detalle, también se demostró que ciertas condiciones micro-ambientales favorecen la presencia de dípteros en áreas urbanas. Otra pregunta pendiente para la continuidad del estudio es evaluar el efecto de los factores micro-ambientales sobre la estructura de la comunidad y no solo sobre la presencia/ausencia de dípteros.

Finalmente, el estudio de un ensamble de insectos urbanos que incluye tanto a especies perjudiciales (i.e. mosquitos) como a otras potencialmente beneficiosas hace surgir un conocido dilema, sintetizado por Samways (1996)

como: ¿controlar o preservar? Dicho autor concluye que es la urbanización en si misma la que está en conflicto con la conservación de la biodiversidad y no el acto de controlar pestes urbanas. Sin embargo, cualquier estrategia de control de mosquitos debería, al menos, considerar el conocimiento previo de la comunidad entera y evaluar la potencial perdida de especies benéficas.

VIII. 2. Conclusiones

La comunidad de dípteros de recipientes artificiales mostró diferentes patrones de respuesta al nivel de urbanización dependiendo de:

(a) el tipo de recipientes utilizado como modelo de estudio.

- En floreos de cementerios la abundancia fue máxima a niveles intermedios de urbanización, mientras que la similitud en la composición y riqueza de especies fue similar a lo largo del gradiente.

- En cubiertas de áreas residenciales todos los atributos de la comunidad revelaron una respuesta negativa a elevados niveles de urbanización.

(b) la escala de estudio.

- A escala de paisaje, se observaron efectos neutros o perjudiciales de la urbanización sobre la comunidad

- A escalas de parche y usos de la tierra no se observaron respuestas.

- A escala de micro-ambiente, ciertas condiciones favorecieron la presencia de dípteros.

Referencias

Abe M, McCall PJ, Lenhart A, Villegas E & Kroeger A (2005). The Buen Pastor cemetery in Trujillo, Venezuela: Measuring dengue vector output from a public area. Tropical Medicine and International Health, 10: 597–603.

Abramson JH & Gahlinger PM (2001). Computer programs for epidemiologists: PEPI Version 4.0. Sagebrush Press, Salt City.

Akaike H (1974). A new look at the statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control, 19: 716–23.

Alaruikka D, Kotze DJ, Matveinen K & Niemelä J (2002). Carabid beetle and spider assemblages along a forested urban-rural gradient in southern Finland. Journal of Insect Conservation, 6: 195–206.

Alstad DN, Edmundo GF Jr. & Weinstein LH (1982). Effects of air pollutants on insect populations. Annual Review Entomology, 27: 369–384.

Andersson E (2006). Urban landscapes and sustainable cities. Ecology and Society 11: 34.

Arnan X, Rodrigo A & Retana J (2007). Uncoupling the effects of shade and food resources of vegetation on Mediterranean ants: An experimental approach at the community level. Ecography, 30: 161–172.

Arnfield J (2003). Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. International Journal of Climatology, 23:1–26.

Barja-Simon Z, Le Goff G, Callata R, Walter A & Brémond P (2009). Infestación de los cementerios de Santa Cruz de la Sierra por los mosquitos vectores del dengue. Revista de Enfermedades Infecciosas y Tropicales, 1:29–32.

Barrera R, Amador M & Clark GG (2006). Ecological factors influencing *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) productivity in artificial containers in Salinas, Puerto Rico. Journal of Medical Entomology, 43: 484–492.

Barrett GW & Barrett TL (2001). Cemeteries as repositories of natural and cultural diversity. Conservation Biology, 15: 1820–1824.

Baumgartner DL (1988). Suburban accumulations of discarded tires in northeastern Illinois and their associated mosquitoes. Journal of the American Mosquito Control Association, 4: 500–508.

Beier JC, Patricoski C, Travis M & Kranzfelder J (1983). Influence of water chemical and environmental parameters on larval mosquito dynamics in tires. Environmental Entomology, 12: 434–438.

Benjamini Y & Hochberg Y (1995). Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. Journal of the Royal Statistical Society, Series B, 57: 289–300.

Blair RB & Launer AE (1997). Butterfly diversity and human land use: Species assemblages along an urban gradient. Biological Conservation, 80: 113–125.

Blair RB (1996). Land use and avian species diversity along an urban gradient. Ecological Applications, 6: 506–519.

Blair RB (2001). Birds and butterflies along urban gradients in two ecoregions of the U.S. En: Lockwood JL, McKinney ML (eds), Biotic homogenization: The loss of diversity through invasion and extinction. Kluwer Academic Publisher, Norwell, Massachusetts.

Bolger DT, Suarez AV, Crooks KR, Morrison SA & Case TJ (2000). Arthropods in urban habitat fragments in southern California: Area, age, and edge effects. Ecological Applications, 10:1230–1248.

Cabrera ÁL (1971). Fitogeografía de la República Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 14: 1–42.

Calado DC & Navarro da Silva MA (2001). Comunidade de mosquitos (Diptera, Culicidae) em recipientes antrópicos introducidos em área rural e urbana da região metropolitana de Curitiba, Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Zoología, 18: 51–60.

Calderón-Arguedas O, Troyo A & Solano ME (2004). Diversidad larval de mosquitos (Diptera: Culicidae) en contenedores artificiales procedentes de una comunidad urbana de San José, Costa Rica. Parasitología Latinoamericana, 59: 132–136.

Catterall CP (2009). Responses of faunal assemblages to urbanisation: Global research paradigms and an avian case study. En: McDonnell MJ, Hahs AK & Brueste JH (eds), Ecology of cities and towns: A comparative approach. Cambridge, Cambridge University Press.

Cicero C (1989). Avian community structure in a large urban park: Controls of local richness and diversity. Landscape and Urban Planning, 17: 221–240.

Clarke KR (1993). Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. Australian Journal of Ecology, 18:117–143.

Clergeau P, Croci S, Jokima¨ ki J, Kaisanlahti-Jokima¨ ki ML & Dinetti M (2006). Avifauna homogenisation: Analysis at different European latitudes. Biological Conservation, 127: 336–344.

Collins JP, Kinzig A, Grimm NB, Fagan WF, Hope D, Wu J & Borer WT (2000). A new urban ecology. American Scientist, 88: 416–425.

Connell JH (1978). Diversity in tropical rain forests and coral reefs. Science, 199: 1302–1310.

Costa Ribeiro MCV, Tissot AC & Silva MAN (2002). Distribuição sazonal de *Culex (Culex) eduardoi* Casal & Garcia (Diptera, Culicidae) em criadouros antrópicos introduzidos em mata residual degradada, área urbana de Curitiba, Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia, 19: 149–155.

Cox J, Grillet ME, Ramos OM, Amador M & Barrera R (2007). Habitat segregation of dengue vectors along an urban environmental gradient. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 76: 820–826.

Crosskey RW (1995). Introduction to the Diptera. En: Lane RP & Crosskey RW (eds), Medical Insects and Arachnids. Chapman and Hall.

Cueto VR (2006). Escalas en ecología: Su importancia para el estudio de la selección de hábitat en aves. Hornero, 21: 1–13.

Darsie RF (1985). Mosquitoes of Argentina. Part I. Keys for identification of adult females and fourth stage larvae in english and spanish (Diptera, Culicidae). Mosquito Systematics, 17: 153–253.

Demographia World Urban Areas (2011). World Agglomerations. 7th annual edition. Disponible online: www.demographia.com/db-worldua.pdf.

Dow CL & DeWalle DR (2000). Trends in evaporation and Bowen ratio on urbanizing watersheds in eastern United States. Water Resources Research, 36: 1835–1843.

Ebeling W (1975). Miscellaneous pests. En: Ebeling E (ed), Urban entomology. Berkeley, CA, Univ. California Press.

Epler JH (2001). Identification Manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina. A guide to the taxonomy of the midges of the southeastern United States, including Florida. Raleigh, NC, North Carolina Department of Environment and Natural Resources.

Eritja R, Escosa R, Lucientes J, Marques E, Molina R, Roiz D & Ruiz S (2005). Worldwide invasion of vector mosquitoes: Present European distribution and challenges for Spain. Biological Invasions, 7: 87–97.

Fenoglio MS, Salvo A & Estallo EL (2009). Effects of urbanisation on the parasitoid community of a leafminer. Acta Oecologica, 35: 318–326.

Fielding AH & Bell JF (1997). A review of the methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. Environmental Conservation, 24: 38–49.

Fleiss JL, Levin B & Paik MC (2003). Statistical methods for rates and proportions. Wiley & Sons, New Jersey.

Focks DA & Chadee DD (1997). Pupal survey: An epidemiologically significant surveillance method for *Aedes aegypti*: An example using data from Trinidad. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 56: 159–167.

Garden J, McAlpine C, Peterson A, Jones D & Possingham H (2006). Review of the ecology of Australian urban fauna: A focus on spatially explicit processes. Austral Ecology, 31: 126–148.

Gaston KJ, Smith RM, Thompson K & Warren PH (2005). Urban domestic gardens (II): Experimental tests of methods for increasing biodiversity. Biodiversity and Conservation, 14: 395–413.

Gray JS (1989). Effects of environmental stress on species rich assemblages. Biological Journal of the Linnean Society, 37: 19–32.

Greeney HF (2001). The insects of plant-held waters: A review and bibliography. Journal of Tropical Ecology, 17: 241–260.

Grimm NB, Grove JM, Pickett ST & Redman CC (2000). Integrated approaches to long-term studies of urban ecological systems. BioScience, 50: 571–584.

Hansen AJ, Knight R, Marzluff J, Powell S, Brown K, Hernandez P & Jones K (2005). Effects of exurban development on biodiversity: Patterns, mechanisms, research needs. Ecological Applications, 15: 1893–1905.

Hanski I & Singer MC (2001). Extinction-colonization dynamics and host-plant choice in butterfly metapopulations. American Naturalist, 158: 341–353.

Haslett JR (2001). Biodiversity and conservation of Diptera in heterogeneous land mosaics: A fly's eye view. Journal of Insect Conservation, 5: 71–75.

Higa Y, Yen NT, Kawada H, Son TH, Hoa NT & Takagi M (2010). Geographic distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* collected from used tires in Vietnam. Journal of the American Mosquito Control Association, 26: 1–9.

Honório NA, Cabello PH, Codeço CT & Lourenço de Oliveira R (2006). Preliminary data on the performance of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* immatures developing in water-filled tires in Rio de Janeiro. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 101: 225–228.

Horsfall WR (1955). Mosquitoes: Their bionomics and relation to disease. Roland Press, New York, NY.

Hough M (1995). Cities and natural processes. London: Routledge.

Hribar LJ, Vlach JJ, DeMay DJ, James SS, Fahey JS & Fussell EM (2004). Mosquito larvae (Culicidae) and other Diptera associated with containers, storm drains, and sewage treatment plants in the Florida Keys, Monroe County, Florida. Florida Entomologist, 87: 199–203.

Hunter MD (2002). Landscape structure, habitat fragmentation, and the ecology of insects. Agricultural and Forest Entomology, 4: 159–166.

Hunter MD, Forkner RE & McNeil JN (2000). Heterogeneity in plant quality and its impact on the population ecology of insect herbivores. En: Hutchings MA, John EA & Stewart AJA (eds), The ecological consequences of environmental heterogeneity. Blackwell Scientific, Oxford.

Hwang C & Turner BD (2005). Spatial and temporal variability of necrophagous Diptera from urban to rural areas. Medical and Veterinary Entomology, 19: 379–391.

Iliopoulou-Georgudaki J, Kantzaris V, Katharios P, Kaspiris P, Georgiadis T & Montesantou B (2003). An application of different bioindicators for assessing water quality: A case study in the rivers Alfeios and Pineios (Peloponnisos, Greece). Ecological Indicators, 2: 345–360.

INDEC - Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2003). ¿Qué es el Gran Buenos Aires?. INDEC, Ministerio de Economía y Producción, República Argentina. Buenos Aires, BA.

INDEC (2010). Censo nacional de población, hogares y viviendas 2010: Total del país, resultados provisionales. Primera edición. Buenos Aires, BA.

Ingham DS & Samways MJ (1996). Application of fragmentation and variegation models to epigaeic invertebrates in South Africa. Conservation Biology, 10: 1353–1358.

Ishitani M, Kotze DJ & Niemelä J (2003). Changes in carabid beetle assemblages across an urban-rural gradient in Japan. Ecography, 26: 481–489.

Joy JE & Sullivan SN (2005). Occurrence of tire inhabiting mosquito larvae in different geographic regions of West Virginia. Journal of the American Mosquito Control Association, 21: 380–386.

Joy JE, Hanna AA & Kennedy BA (2003). Spatial and temporal variation in the mosquitoes (Diptera: Culicidae) inhabiting waste tires in Nicholas County, West Virginia. Journal of Medical Entomology, 40: 73–77.

Kalnay E & Cai M (2003). Impact of urbanization and land-use change on climate. Nature, 423: 528–531.

Kazana M, Machado-Allison CE & Bulla LA (1983). Preferencias alimentarias de *Toxorhynchites theobaldi* (Diptera: Culicidae). Acta Científica Venezolana, 34: 151–158.

Kittayapong P & Strickman D (1993). Distribution of container-inhibiting *Aedes* larvae (Diptera: Culicidae) at a dengue focus in Thailand. Journal of Medical Entomology, 30: 601–606.

Kling LJ, Juliano SA & Yee DA (2007). Larval mosquito communities in discarded vehicle tires in a forested and unforested site: Detritus type, amount, and water nutrient differences. Journal of Vector Ecology, 32: 207–217.

Krebs C (1989). Ecological methodology. New York, NY, Harper & Raw.

Legendre P & Legendre L (1998). Numerical ecology. Amsterdam, Elsevier.

Legendre P (1993). Spatial autocorrelation: Trouble or new paradigm? Ecology, 74: 1659–1673.

Leisnham PT, Lester PJ, Slaney DP & Weinstein P (2006). Relationships between mosquito densities in artificial container habitats, land use and temperature in the Kapiti-Horowhenua region New Zealand. New Zealand Journal of Marine Freshwater Research, 40: 285–297.

Levins R (1969). Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. Bulletin of the Entomological Society of America, 15: 237–240.

Likens GE (1992). The Ecosystem Approach: Its Use and Abuse. Excellence in Ecology. Vol. 3. Oldendorf/Luhe, Ecology Institute.

López Lastra CC, Mazzucchelli MG & Dikgolz V (2003). Temporal changes in the prevalence of three species of *Trichomycetes* (Zygomycota: Zygomycotina) in Dipteran aquatic larvae from Argentina. Fungal Diversity, 14: 85–93.

Lounibos LP (2002). Invasions by insect vectors of human disease. Annual Review of Entomology, 47: 233–266.

Lozovei AL & Luz E (1976). Diptera Culicidae em Curitiba e arredores. Ocorrencia. Arquivos de Biologia e Tecnología, 19: 25–42.

Magura T, Tóthmérész B & Molnár T (2004). Changes in carabid beetle assemblages along an urbanisation gradient in the city of Debrecen, Hungary. Landscape Ecology, 19: 747–759.

Magura T, Tóthmérész B, Hornung E & Horváth R (2008). Urbanization and ground-dwelling invertebrates. En: Wagner LN (ed), Urbanization: 21st century issues and challenges. New York, NY, Nova Science Publishers Inc.

Magurran AE (2004). Measuring Biological Diversity. Oxford: Blackwell.

Mantel N (1967). The detection of disease clustering and a generalised regression approach. Cancer Research, 27: 209–220

Marzluff J M (2001). Worldwide urbanization and its effects on birds. En: Marzluff JM, Bowman R, Donnelly R. (eds), Avian ecology and conservation in an urbanizing world. Norwell, MA, Kluwer.

McAlpine JF, Peterson BV, Shewell GE, Teskey HJ, Vockeroth JR & Wood DM (1981). Manual of Nearctic Diptera. Vol 1-2. Quebec: Research Branch Agriculture Canada.

McCullagh P & Nelder JA (1989). Generalized Linear Models. Chapman & Hall, London.

McDonnell MJ & Hahs AK (2008). The use of gradient analysis studies in advancing our understanding of the ecology of urbanizing landscapes: Current status and future directions. Landscape Ecology, 23: 1143–1155.

McDonnell MJ & Pickett STA (1990). Ecosystem structure and function along urban rural gradients: An unexploited opportunity for ecology. Ecology, 71: 1232–1237.

McDonnell MJ, Hahs AK & Breuste JH (2009). Ecology of cities and towns: A comparative approach. New York, NY, Cambridge University Press.

McIntyre S & Hobbs R (1999). A framework for conceptualizing human effects on landscapes and its relevance to management and research models. Conservation Biology, 13: 1282–1292 .

McIntyre NE & Hostetler ME (2001). Effects of urban land use on pollinator (Hymenoptera: Apoidea) communities in a desert metropolis. Basic and Applied Ecology, 3: 209–218.

McIntyre NE & Rango J (2009). Arthropods in urban ecosystems: Community patterns as functions of anthropoenic land use. En: McDonnell MJ, Hahs AK & Breuste JH (eds), Ecology of cities and towns: A comparative approach. New York, NY, Cambridge University Press.

McIntyre NE (2000). Ecology of urban arthropods: A review and call to action. Annals of the Entomological Society of America, 93: 825–835.

McIntyre NE, Knowles-Yánez K & Hope D (2000). Urban ecology as an interdisciplinary field: Differences in the use of urban between the social and natural sciences. Urban Ecosystem, 4: 5–24.

McIntyre NE, Rango J, Fagan WF & Faeth SH (2001). Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment. Landscape and Urban Planning, 52: 257–274.

McKinney ML & Lockwood JL (1999). Biotic homogenization: A few winners replacing many losers in the next mass extinction. Trends in Ecology and Evolution, 14: 450–453.

McKinney ML (2002). Urbanization, biodiversity and conservation. Bioscience, 52: 883–890.

McKinney ML (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. Biological Conservation, 127: 247–260.

McKinney ML (2008). Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. Urban Ecosystems, 11: 161–176.

McMahon TJS, Galloway TD & Anderson RA (2008). Tires as larval habitats for mosquitoes (Diptera: Culicidae) in southern Manitoba, Canada. Journal of Vector Ecology, 33: 198–204.

Moore CG, Cline BL, Ruiz-Tiben E, Lee A, Romney-Joseph H & Rivera-Correa E. (1978). *Aedes aegypti* in Puerto Rico: Environmental determinants of larval abundance and relation to dengue virus transmission. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 27: 1225–1231.

Morais SS, Molozzi J, Viana AL, Viana TH & Callisto M (2010). Diversity of larvae of littoral Chironomidae (Diptera: Insecta) and their role as bioindicators in urban reservoirs of different trophic levels. Brazilian Journal of Biology, 70: 995–1004.

Morello J, Buzai GD, Baxendale CA, Rodríguez AF, Matteucci SD, Godagnone RE & Casas RR (2000). Urbanization and the consumption of fertile land and other ecological changes: The case of Buenos Aires. Environment and Urbanization, 12: 119–131.

Morello J, Matteucci SD & Buzai GD (2001). Urban sprawl and landscape perturbation in high quality farmland ecosystems. The case of Buenos Aires Metropolitan Region. En: Paarlberg R, Solbrig O & Di Castri F (eds), Globalization and the rural environment. Rockefeller Center for Latin American Studies, Harvard University Press, U.S.A.

Morris CD & Robinson JW (1994). Distribution of mosquito larvae in a waste tire pile in Florida: An initial study. Journal of the American Mosquito Control Association, 10: 174–180.

Nicholls AO (1989). How to make biological surveys go further with generalized linear models. Biological Conservation, 50: 51–75.

Niemelä J (1999). Ecology and urban planning. Biodiversity and Conservation, 8: 119–131.

Niemelä J, Kotze DJ, Venn S, Penev L, Stoyanov I, Spence J, Hartley D & Montes De Oca E (2002). Carabid beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) across urban–rural gradients: An international comparison. Landscape Ecology, 17: 387–401.

O'Meara GF, Evans LF Jr. & Gettman AD (1992). Reduce mosquito production in cemetery vases with copper liners. Journal of the American Mosquito Control Association, 8: 419–420.

Oliver I & Beattie AJ (1993). A possible method for the rapid assessment of biodiversity. Conservation Biology, 7: 562–568.

Paul MJ & Meyer JL (2001). Streams in the urban landscape. Annual Review of Ecology and Systematics, 32: 333–365.

Pautasso M, Böhning Gaese K, Clergeau P, et al. (2011). Global macroecology of bird assemblages in urbanized and semi-natural ecosystems. Global Ecology and Biogeography, 20: 426–436.

Peyton EL, Campbell SR, Canaeletti TM, Romanowski M & Crans WJ (1999). *Aedes (Finlaya) japonicus japonicus* (Theobald), a new introduction into the United States. Journal of the American Mosquito Control Association, 15: 238–241.

Pickett STA, Burch WR Jr., Foresman TW, Grove JM & Rowntree R (1997). A conceptual framework for the study of human ecosystems. Urban Ecosystems, 1: 185–199.

Pickett STA, Cadenasso ML, Grove JM, Nikon CH, Pouyat EV, Zipperer WC & Constanza B (2001). Urban ecological systems: Linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas. Annual Review of Ecology and Systematics, 32: 127–157.

Pimentel D (1994). Insect population responses to environmental stress and pollutants. Environmental Reviews, 2: 1–15.

Porter EE, Forschner BR & Blair RB (2001). Woody fragmentation and canopy fragmentation along a forest-to-urban gradient. Urban Ecosystems, 5: 131–151.

Pulliam HR (1988). Sources, sinks, and population regulation. American Naturalist, 132: 652–661.

Riley SPD, Busteed GT, Kats LB, Vandergon TL, Lee LFS, Dagit RG, Kerby JL, Fisher RN & Sauvajot RM (2005). Effects of urbanization on the distribution and abundance of amphibians and invasive species in southern California streams. Conservation Biology, 19: 1894–1907.

Ríos-Velásquez CM, Codeco CT, Honório NA, Sabroza PC, Moresco M, Cunha ICL, Levino A, Toledo LM & Luz SB (2007). Distributions of dengue vectors in neighborhoods with different urbanization types of Manaus, state of Amazonas, Brasil. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 102: 617–623.

Roiz D, Eritja R, Escosa R, Lucientes J, Marques E, Melero-Alcibar R, Ruiz S & Molina R (2007). A survey of mosquitoes breeding in used tires in Spain for the detection of imported potential vector species. Journal of Vector Ecology, 32: 10–15.

Ronderos MM, Marino PI, Diaz F & Estevez AL (2011). Biting midges (Diptera: Ceratopogonidae) from Martín García Island, Argentina. Revista de Biología Tropical, 59: 1183–1194.

Rossi GC, Mariluis JC, Schnack JA & Spinelli GR (2002). Dípteros Vectores (Culicidae y Calliphoridae) de la Provincia de Buenos Aires. Universidad de La Plata, Buenos Aires.

Samways MJ (1995). Insect Conservation Biology. London, UK, Chapman & Hall.

Samways MJ (1996). Insects in the urban environment: Pest pressures versus conservation concern. En: Wildey KB (ed), Proceedings of the Second International Conference on Urban Pests, Edinburgh, Scotland.

Scholte EJ, Den Hartog W, Braks M, Reusken C, Dik M & Hessels A (2009). First report of a North American invasive mosquito species *Ochlerotatus atropalpus* (Coquillett) in the Netherlands. Euro Surveillance, 14. Disponible online: http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19400

Service MW (1995). Mosquitoes (Culicidae). En: Lane RP & Crosskey RW (eds), Medical Insects and Arachnids. London, Chapman & Hall.

Shannon SE (1931). Theenvironment and behavior of some Brazilian mosquitoes. Proceedings of the Entomological Society of Washington, 33: 1–27.

Shochat E, Warren PS, Faeth SH, McIntyre NE & Hope D (2006). From patterns to emerging processes in mechanistic urban ecology. Trends in Ecology and Evolution, 21: 186–191.

Siegel S & Castellan NJ (1995). Estadística no paramétrica: Aplicada a las ciencias de la conducta. México DF, Trillas.

Silva MAN & Lopes J (1985). Dados sobre a potencialidade criadoura de culicidae (Diptera) do cemitério Sao Pedro – Londrina – Paraná. Semina, 6: 133–139.

Smith RM, Gaston KJ, Warren PH & Thompson K (2006). Urban domestic gardens (VIII): environmental correlates of invertebrate abundance. Biodiversity and Conservation, 15: 2515–2545.

Sota T, Mogi M & Hayamizu E (1994). Habitat stability and the larval mosquito community in treeholes and other containers on a temperate island. Researches on Population Ecology, 36: 93–104.

Srivastava DS & Lawton JH (1998). Why more productive sites have more species: An experimental test of theory using tree-hole communities. The American Naturalist, 152: 510–529.

Stein M, Oria GI & Almirón WR (2002). Principales criaderos para *Aedes aegypti* y culícidos asociados en la provincia del Chaco (Argentina). Revista de Saúde Pública, 36: 627–630.

Suleman M, Arshad M & Khan K (1996). Yellow fever mosquito (Diptera: Culicidae) introduced into Landi Kotal, Pakistan, by tire importation. Journal of Medical Entomology, 33: 689–693.

Tarsitano E (2006). Interaction between the environment and animals in urban settings: Integrated and participatory planning. Environmental Management, 38: 799–809.

Urban MC, Skelly DK, Burchsted D, Price W & Lowry S (2006). Stream communities across a rural–urban landscape gradient. Diversity and Distributions, 12: 337–350.

Vezzani D & Albicócco AP (2009). The effect of shade on the container index and pupal productivity of the mosquitoes *Aedes aegypti* and *Culex pipiens* breeding in artificial-containers. Medical and Veterinary Entomology, 23: 78–84.

Vezzani D (2007). Artificial container-breeding mosquitoes and cemeteries: A perfect match. Tropical Medicine and International Health, 12: 199–313.

Vezzani D, Velázquez SM, Soto S & Schweigmann N (2001). Environmental characteristics of the cemeteries of Buenos Aires City (Argentina) and infestation levels of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 96: 467–471.

Vezzani D, Velázquez SM & Schweigmann N (2004). Containers of different capacity as breeding sites of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in the cemeteries of Buenos Aires, Argentina. Entomología y Vectores, 11: 305–316.

Vezzani D, Rubio A, Velázquez SM, Schweigmann N & Wiegand T (2005). Detailed assessment of microhabitat suitability for *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Buenos Aires, Argentina. Acta Tropica, 95: 123–131.

Vilisics F, Elek Z, Lövei GL & Hornung E (2007). Composition of terrestrial isopod assemblages along an urbanisation gradient in Denmark. Pedobiologia, 51: 45–53.

Vitousek PM, Aber JD, Howarth RW, Likens GE, Matson PA, Schindler DW, Schlesinger WH & Tilman D (1997). Human alteration of the global nitrogen cycle: Sources and consequences. Ecological Applications, 7: 737–750.

Wessolek G (2008). Sealing of soils. En: Marsluff JM, Shulenberger E, Endlicher W, Alberti M, Bradley G, Ryan C, ZumBrunnen C & Simon U (eds), Urban ecology: An international perspective on the interaction between humans and nature. Springer, New York, USA.

Wiederholm T (1983). Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses, Part 1: Larvae. Entomologica Scandinavica, 19: 1–457.

With KA, Cadaret SJ & Davis C (1999). Movement responses to patch structure in experimental fractal landscapes. Ecology, 80: 1340–1353.

Yanoviak SP (2001). Container color and location affect macroinvertebrate community structure in artificial tree holes in Panama. The Florida Entomologist, 84: 265–271.

Yee DA (2008). Tires as habitats for mosquitoes: A review of studies within the eastern United States. Journal of Medical Entomology, 45: 581–593.

Yee DA, Kneitel JM & Juliano SA (2010). Environmental correlates of abundances of mosquito species and stages in discarded vehicle tires. Journal of Medical Entomology, 47: 53-62

Zanette LRS, Martins RP & Ribeiro SP (2005). Effects of urbanization on Neotropical wasp and bee assemblages in a Brazilian metropolis. Landscape and Urban Planning, 71: 105–121.

Zar JH (1999). Biostatistical Analysis. Prentice Hall, New Jersey.

Zuur AF, Ieno EN, Walker NJ, Saveliev AA & Smith GM (2009). Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R. Springer, New York.