

El Autillo Europeo (*Otus scops*) en la ciudad de Madrid: Determinantes ambientales de la infección de los pollos por *Gongylonema sp.* (Nematoda)

Irene Hernández Téllez

Máster Oficial en Biología de la Conservación



Director: José Ignacio Aguirre de Miguel

Departamento de Zoología y Antropología Física. Facultad de Biología

Universidad Complutense de Madrid

C/Jose Antonio Novais,2. Ciudad Universitaria 28040, Madrid • Teléfono: 690272319
htellez.irene@gmail.com



Resumen.

La intensa urbanización actual provoca numerosos impactos negativos sobre las especies y origina una fuerte homogenización de la biodiversidad. En este contexto, se ha tomado como modelo de estudio el Autillo europeo (*Otus scops*) en la ciudad de Madrid, una pequeña rapaz nocturna y migradora transahariana que sufre actualmente un serio declive de sus poblaciones en España. En la ciudad de Madrid, este decrecimiento se está viendo acentuado por la aparición de *Gongylonema sp.*, un parásito nematodo que afecta exclusivamente a los individuos de pocas semanas de vida de la especie y que es transmitido por los padres a través de la dieta, dominada por Cucaracha negra (*Blatta orientalis*) en ausencia de otros invertebrados. Con este estudio se pretende evaluar los factores ambientales que determinan la aparición de autillos infectados para identificar picos de incidencia del parásito. Para ello, se cuenta con la ubicación de todos los pollos de autillo que han ingresado en el Centro de Recuperación de Rapaces Nocturnas de Brinzal desde 1997 a 2015 procedentes del núcleo urbano de Madrid. La tasa de infección se ha relacionado con una serie de parámetros tanto abióticos como bióticos. Así, tanto el momento del año en el que fueron recogidos los autillos como la proporción de zonas verdes dentro del área de campeo de los padres resultaron ser los factores dominantes, apareciendo un mayor número de aves afectadas por el parásito en el período inicial de la época de cría y en zonas con mayor extensión de espacios verdes. Por tanto, una gestión urbana que tenga en cuenta el momento de mayor incidencia del parásito y que favorezca la diversidad de insectos en las zonas verdes para que los autillos dispongan de una mayor variedad en su alimentación, puede ser la herramienta clave para reducir la prevalencia de la enfermedad y mejorar la conservación de las poblaciones de Autillo en Madrid.

Palabras clave: urbanización, homogenización de la biodiversidad, Enfermedad Necrótica Orofaringea, *Blatta orientalis*, manejo de vectores, gestión de zonas verdes urbanas.

Introducción.

Actualmente, más de la mitad de las personas que viven en el mundo se concentran en zonas urbanas (Manning, 2011). Además, esta tendencia se está acelerando, de tal manera que las enormes metrópolis resultantes experimentan un crecimiento rápido asociado a infinidad de efectos negativos sobre la riqueza de especies, provocados por la contaminación, fragmentación del hábitat, desaparición total de hábitats primarios etc. (Palomino and Carrascal, 2006). Por tanto, la urbanización se considera hoy en día una de las principales causas de la pérdida y homogenización de la biodiversidad (Pauchard et al., 2006; McKinney, 2006). La biodiversidad desempeña valiosas funciones en los entornos urbanos, tanto por los servicios ecosistémicos que aporta, como por su importante papel en la educación sobre la conservación de la naturaleza de una población cada vez más acostumbrada a vivir en las ciudades (McKinney, 2008). Por tanto, entender de qué manera afecta la expansión de la urbanización a las especies se convierte en un desafío básico para la conservación (McKinney, 2002). Las zonas verdes en las áreas

urbanas actúan como reservorios de esta biodiversidad, de tal manera que proporcionan hábitats diversos de reproducción y alimentación para las distintas especies, aportan protección frente a los depredadores y a las perturbaciones humanas (Fernández-Juricic and Jokimäki, 2001), además de actuar como mitigadores de los niveles de contaminación (Manning, 2011). Por ello, la integración de estos espacios verdes es determinante para mantener y conservar la diversidad de especies dentro de las áreas urbanas (Niemelä et al., 2010).

En los últimos años, se están realizando numerosos estudios sobre los efectos directos o indirectos de la urbanización sobre especies concretas (Fernández-Juricic and Tellería, 2000; Fernández-Juricic et al., 2001) muy necesarios a la hora de detectar las presiones selectivas a las que se encuentran sometidos los individuos en las grandes ciudades y conocer cómo actúan sobre los mismos. En este contexto, se ha tomado como modelo de estudio el Autillo europeo (*Otus scops*) en la ciudad de Madrid, que presenta una condición patógena, definida como Enfermedad Necrótica Orofaringea (Esperón et al., 2013). Desde 1997, cada temporada de reproducción, numerosos pollos de esta especie han ingresado en el Centro de Recuperación de Rapaces Nocturnas de Brinzal (Madrid, España) con lesiones graves en sus cavidades orales, de tal manera que llegan a desarrollar placas de material necrótico proliferativo que les conducen a la muerte por inanición. Esta situación reduce considerablemente la productividad de la especie, lo que está provocando un serio declive de la población de autillos dentro de los límites de la ciudad de Madrid. Un estudio diagnóstico llevado a cabo por el Centro de Investigación en Sanidad Animal (CISA-INIA; CSIC) concluyó que tanto los hallazgos patológicos como los moleculares, realizados mediante PCR, son consistentes con el hecho de que se trata de una infección provocada por *Gongylonema sp.* un parásito nematodo perteneciente a la superfamilia Spiruroidea (Esperón et al., 2013), que afecta tanto a aves como a mamíferos en todo el mundo (Jelinek and Löscher, 1994). Se trata de la primera descripción de la infección en *Otus scops* y lo excepcional es que se ha detectado exclusivamente en la población de autillos procedentes del área metropolitana de Madrid, afectando sólo a los individuos de entre 2 y 3 semanas de vida. *Gongylonema sp.* posee un ciclo de vida indirecto, por lo que requiere de huéspedes intermediarios para completarlo. Generalmente estos huéspedes suelen ser insectos coprófagos como escarabajos y cucarachas (Illescas-Gómez et al., 1988; Jelinek and Löscher, 1994), por lo que la ingestión de insectos infectados por parte de los autillos sería el principal factor desencadenante de la enfermedad en el entorno urbano de Madrid.

Es bien conocido que los artrópodos representan uno de los grupos más afectados por los impactos de la urbanización, lo que está provocando una drástica disminución de

su riqueza en las ciudades (McIntyre, 2000). Así, el desarrollo urbanístico homogéneo afecta a la abundancia y diversidad de insectos favoreciendo a aquellos estrictamente generalistas como las cucarachas y perjudicando al resto con requerimientos de hábitat más específicos (Penone et al., 2012). Las comunidades urbanas de insectos se ven alteradas por la fragmentación, pérdida y modificación del hábitat, acrecentada por el elevado grado de ajardinamiento de los espacios verdes, que limita la idoneidad del hábitat para muchas especies. Además, existen otras amenazas muy influyentes en los ecosistemas urbanos, tales como el efecto de isla de calor, la iluminación artificial, los efectos del tráfico de vehículos, el uso de pesticidas, la interacción con los depredadores insectívoros etc. (ver revisión en New, 2016). De esta manera, la urbanización puede llegar incluso a alterar las redes alimentarias y la estructura trófica de las comunidades biológicas. Pudiéndose ver modificado el comportamiento de alimentación de algunas especies urbanas clave (Faeth et al., 2015) como es el caso del Autillo.

Recientemente, gracias al desarrollo de un estudio piloto llevado a cabo por investigadores de Brinzal, CISA-INIA y el Dpto. Zoología y Antropología física de la UCM, se ha identificado la Cucaracha negra (*Blatta orientalis*) como el huésped intermediario responsable de la transmisión del parásito al Autillo. Esta especie de cucaracha resultó ser la presa más común y abundante de la dieta que los adultos facilitan a los pollos en el nido, con una prevalencia del parásito de casi el 67% (Fernando Esperón com.pers.). *Blatta orientalis* es una especie de cucaracha de hábitos nocturnos increíblemente adaptada a entornos urbanos y con preferencia a lugares húmedos y frescos, normalmente asociada al alcantarillado, aguas residuales y zonas cercanas a ríos. Se trata de una especie extraordinariamente generalista que encuentra en las ciudades hábitats estables con las condiciones adecuadas y los recursos necesarios para sobrevivir a largo plazo (Robinson, 2005). En la ciudad de Madrid, esta especie de cucaracha es el insecto más abundante, y se considera plaga habitual en muchas ocasiones, llegando incluso a causar daños relacionados con la salud pública (Madrid salud, 2016).

Las aves son taxones con una marcada sensibilidad a los cambios ambientales que se suceden dentro de las ciudades (Palomino and Carrascal, 2006), en gran medida por la falta o la mala calidad de los recursos alimenticios (Jones and Reynolds, 2008). El autillo es una pequeña rapaz nocturna, insectívora (Sergio et al., 2009; Mori et al., 2016; Latkovà et al., 2012) y migradora transahariana cuyas poblaciones se encuentran sometidas a un fuerte declive en los últimos décadas (Alonso et al., 2003; BirdLife International/EBCC, 2000; BirdLife International, 2025), producido principalmente por las transformaciones del hábitat y la reducción de las poblaciones de insectos (Holt et al., 1999). A diferencia de algunas especies de rapaces nocturnas, el autillo ocupa con

facilidad áreas urbanas, principalmente parques y zonas verdes donde encuentra buenas condiciones para reproducirse y cazar en zonas cercanas al nido (Marchesi and Sergio, 2005; Martínez et al., 2007; Treggiari et al., 2013; Panzeri et al., 2014).

Dado el gran impacto que la Enfermedad Necrótica Orofaringea está teniendo actualmente sobre la población de Autillo en Madrid, y aunque la elevada homogeneidad de las ciudades dificulta la modelización de muchas situaciones que se suceden en el ambiente urbano, el objetivo principal de este estudio se centra en evaluar los determinantes ambientales de la infección de los pollos por *Gongylonema sp.*, relacionando las aves infectadas con parámetros abióticos y bióticos, para conocer los factores que están afectando a las poblaciones de estas rapaces nocturnas. Debido a que la Cucaracha negra (*Blatta orientalis*) actúa como vector principal de transmisión del parásito, es previsible esperar una mayor incidencia de la infección en las fechas de mayor abundancia y en zonas que favorezcan la aparición de estos insectos. De esta manera, se podrán identificar picos de incidencia del parásito en la ciudad de Madrid con el fin de aplicarlo posteriormente a una gestión adecuada.

Material y métodos.

Área de estudio.

El estudio se llevó a cabo en el término municipal de la ciudad de Madrid. Madrid es un extenso núcleo urbano que cuenta con una superficie total de 605,77 km² y está situada en el centro de la península ibérica, a 657 msnm (Díaz-Olalla and Benítez-Robredo, 2015). Presenta un clima típicamente mediterráneo y se ubica entre las cuencas de los ríos Manzanares y Jarama. Se trata de la ciudad más poblada de España, con un total de 3.141.991 de habitantes, según el Instituto Nacional de Estadística. Es, por tanto, la más ampliamente urbanizada, por lo que además de presentar un elevado nivel de edificación, cuenta con una amplia red de infraestructuras, sistemas de saneamiento y alcantarillado, parques y jardines etc. para cubrir las necesidades de uso público y prestar los servicios necesarios a los ciudadanos.

Colección de datos.

Para la realización del estudio se cuenta con el registro de todos los autillos que ingresaron en el Centro de Recuperación de Rapaces Nocturnas de Brinzal desde 1997 hasta 2015. Únicamente se detectaron lesiones en individuos de 2 a 3 semanas de vida

por lo que se descartaron datos pertenecientes a individuos adultos. Se dispone, por tanto, de datos pertenecientes a una serie temporal de 19 años, partiendo del momento en el que se descubrió el primer caso de autillo infectado por *Gongylonema* spp. en la ciudad de Madrid y se trabajó con un total de 477 casos.

La información disponible para cada caso, además de la presencia o ausencia de placas de material necrótico causadas por el parásito en la cavidad oral de los pollos, fue la localización geográfica en la que se encontró el autillo en la ciudad de Madrid y la fecha de ingreso en el centro de recuperación. Esta fecha osciló entre los meses de junio y noviembre, por lo que se tomó de referencia como periodo de cría de la especie en la ciudad.

Tratamiento de los datos.

Con el fin de asignar una ubicación espacial a los diferentes casos, se georreferenciaron cada uno de los puntos en los que fueron encontrados los autillos. Para definir las ubicaciones se utilizó el sistema de coordenadas UTM, basado en la proyección cartográfica. La necesidad de localizar de manera precisa los puntos geográficos fue fundamental para su representación en los sistemas de información geográficos utilizados posteriormente.

Al tratarse de individuos móviles pero aún incapaces de volar (2-3 semanas de vida, no vuelan hasta las 4 semanas), se asume que la localización en la que fueron encontrados se corresponde aproximadamente a la situación del nido. Por tanto, para representar la zona de presas disponibles para cada pareja, se creó un área de 150 metros de radio alrededor de cada uno de los puntos en los que se encontraron los autillos, ya que es esa la distancia máxima que los padres se alejan del nido para cazar (Raúl Alonso com.pers.). Se utilizó para ello la herramienta *Buffer* de la plataforma ArcGIS 9.3 (ESRI 1999 a 2009). Estas áreas de campeo se utilizaron posteriormente a la hora de calcular algunas de las variables seleccionadas.

Selección de variables.

En primer lugar, para conocer la evolución de la tasa de infección del parásito a lo largo de toda la serie temporal desde el momento de su aparición, se tuvo en cuenta el año en el que ingresó cada autillo en el centro de recuperación.

Como se ha indicado anteriormente, la Cucaracha negra actúa como vector principal de transmisión de la enfermedad. Se trabajó con datos cartografiados disponibles de presencias de cucarachas en la ciudad de Madrid desde el año 2010 hasta el 2015, basados en los avisos totales de presencia de cucarachas en vía pública y facilitados por la Unidad Técnica de Control de Vectores del Departamento de Salud Ambiental de la ciudad de Madrid. Del total de 10,440 datos de cucarachas con los que se contaba, se utilizaron tan solo los pertenecientes a los meses de junio a noviembre, que es el momento del año en el que interaccionan con los autillos del estudio, resultando un total de 6,800 avisos. Es importante mencionar que exclusivamente se cuenta con avisos de presencia de cucarachas. Se trata por tanto de datos muy sesgados hacia zonas pobladas en relación a las zonas verdes y únicamente existen datos de los últimos seis años.

Con el fin de entender cuáles son los factores que influyen sobre la presencia de cucarachas, se seleccionaron una serie de variables teniendo en cuenta la biología y los requerimientos de hábitat de la Cucaracha negra. Estas variables fueron: momento del año, humedad (Porcentaje medio de humedad relativa mensual); temperatura mínima (Temperatura media mínima mensual, en °C) y distancia a la alcantarilla más próxima. Ésta última se calculó utilizando la herramienta *Distance* de ArcGIS 9.3 (ESRI 1999 a 2009).

Partiendo de la premisa de su papel como vector de transmisión de la enfermedad y una de las presas mayoritarias del autillo, además se caracterizó cada punto o área de campeo correspondiente en el que se encontraron los autillos en función de una serie de variables que actúan como evidencias indirectas de la presencia de cucarachas.

Con el fin de transformar la fecha original de ingreso en una variable continua para tener en cuenta el momento del año en el que nacen los pollos, se convirtió al calendario juliano, que calcula el número de días transcurridos desde el 1 de enero del año pertinente (de 1 a 360).

Como estima del grado de urbanización e influencia de los espacios verdes se trabajó con la cartografía de todas las zonas verdes de la ciudad, proporcionada por el Departamento de Gestión del Agua y Zonas Verdes del Ayuntamiento de Madrid, entendiéndose con esto tanto parques como espacios ajardinados. Para ello, se calculó la proporción de zona verde y zona humanizada para cada área de campeo de los autillos. Se utilizó la herramienta *Clip* de ArcGIS 9.3 (ESRI 1999 a 2009) para recortar todos aquellos polígonos de área verde de cada buffer y posteriormente se empleó la herramienta *Identify* para identificar los valores dentro de cada buffer con las zonas de

áreas verdes recortadas. Para cada buffer se realizó el sumatorio de la superficie (en m²) de cada uno de los fragmentos de zonas verdes, y se calculó cuánto porcentaje suponía frente a la superficie total de cada área de campeo (70,650m²). La diferencia será la superficie urbanizada correspondiente de cada buffer.

La ciudad de Madrid cuenta con un extenso sistema de alcantarillado, por lo que resultaba interesante conocer en qué medida afectan dichas infraestructuras a la presencia de cucarachas, estrechamente asociadas a estos ambientes. Se trabajó con la cartografía de la Red de Saneamiento de la ciudad, proporcionada por la Unidad de Alcantarillado del Ayuntamiento de Madrid. Únicamente se tuvieron en cuenta las bocas con salidas al exterior, que suponen un total de 239,183, entre imbornales (rejillas) y pozos (tapaderas de registro). Con el fin de conocer la cantidad de alcantarillas incluidas dentro de las zonas de campeo de los autillos del estudio, se calculó el número tanto de imbornales como de pozos que contenía cada buffer con la herramienta *Join* de ArcGIS 9.3 (ESRI 1999 a 2009), resultando un total de 14,568.

Debido a que la fenología de la Cucaracha negra se encuentra íntimamente asociada a rangos concretos de temperatura y humedad, se tuvo en cuenta la variación de estos valores en las fechas en las que fueron encontrados los autillos. Las siguientes variables se tomaron del Banco de Datos públicos del Ayuntamiento de Madrid, dentro del Área de Información Estadística de Climatología, que utiliza como fuente los datos recogidos por el Observatorio del Retiro de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET): Humedad (Porcentaje medio de humedad relativa mensual), Precipitación (Precipitación total mensual, en mm) y Temperatura min (Temperatura media mínima mensual, en °C).

La ciudad de Madrid se ubica entre los ríos Manzanares y Jarama. La cercanía a los ríos favorece la aparición de cucarachas por lo que se tuvo en cuenta la distancia al curso de agua más cercano. Se utilizó la cartografía disponible en el geoportal de Infraestructuras de Datos Espaciales de España (IDEE), del Consejo Superior Geográfico, dentro de la Confederación hidrográfica del Tago. Con la herramienta *Point distance* de ArcGIS 9.3 (ESRI 1999 a 2009) se distinguió cuál era el río más cercano a cada punto y con la herramienta *Near* se calculó la distancia de cada observación al río más cercano.

Análisis estadísticos.

Con el fin de estudiar la evolución de la tasa de infección del parásito a lo largo de los años, se realizó un Modelo General Linerizado (GLZ), con distribución binomial y transformación logit, en el que se utilizó como variable dependiente la presencia o ausencia de placas de material necrótico producidas por el parásito en los autillos (1/0),

frente al año, como variable independiente. Se comprobó que la tasa de infección no varía significativamente entre años, por lo que no se tuvo en cuenta en el resto del análisis.

Asimismo, se analizó mediante regresión simple la evolución del número de avisos de presencia de cucarachas a lo largo de los años y se realizaron ANOVAS de una vía para conocer si el momento del año en el que se avisa de la presencia de cucaracha, la humedad, la temperatura mínima y distancia a las alcantarillas varían a lo largo de los años. Además, también mediante regresión simple, se examinó la variación del número de avisos de presencia de cucarachas con respecto al momento del año, la humedad, la temperatura mínima y la distancia a las alcantarillas para considerar la biología y preferencias de hábitat de la cucaracha negra en la ciudad de Madrid.

Para predecir los determinantes ambientales que influyen sobre la presencia de autillos infectados por *Gongylonema sp.* en la ciudad de Madrid, se realizó un GLZ en el que se utilizó como variable dependiente la presencia o ausencia de placas de material necrótico producidas por el parásito en los autillos y como variables exploratorias el momento del año en el que ingresaron los pollos, la proporción de zonas verdes y el número de alcantarillas en cada área de campeo, la humedad, la precipitación, la temperatura mínima y máxima mensual y la distancia al río. Se siguieron procedimientos tanto hacia delante (Forward stepwise) como hacia atrás (Backward stepwise) para determinar el modelo más adecuado que revele los factores más influyentes sobre la infección.

El análisis de los datos obtenidos se llevó a cabo con el paquete estadístico Statistica 8,0 software (StatSoft Inc. 2007). Inicialmente se realizó un estudio preliminar de todas las variables a través de una matriz de correlaciones y se comprobó que todas siguieran una distribución normal. Para todos los análisis, los valores de probabilidad inferior a 0.05 se consideraron significativos.

Resultados.

Como primera aproximación descriptiva del problema, se representó la distribución de los puntos georreferenciados en los que se recogieron los autillos desde 1997 a 2015 en la ciudad de Madrid, que sumaron un total de 477 casos, de los cuales 286 fueron pollos con presencia de placas de material necrótico en sus cavidades orales (infectados) y 191 sin síntomas de la enfermedad (no infectados) (Imagen 1).

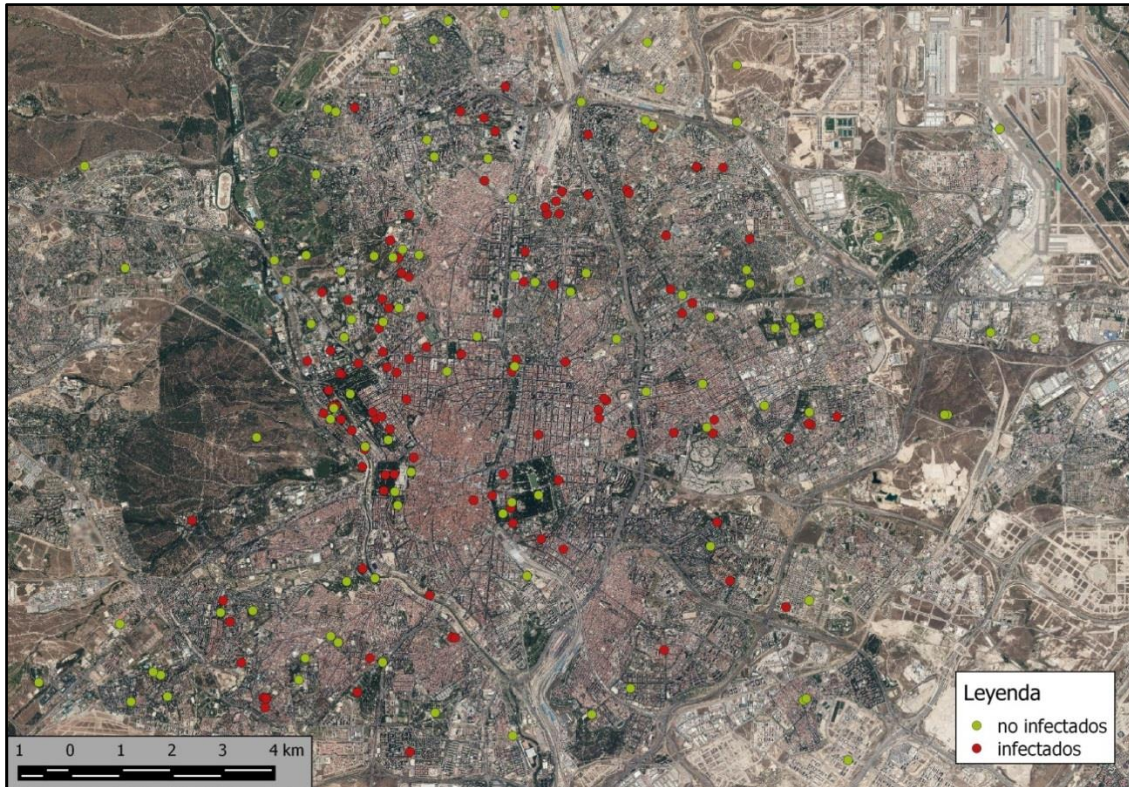


Imagen 1. Visualización espacial del total de autillos ingresados en el Centro de Recuperación de Brinzal desde 1997 a 2015 en la ciudad de Madrid. En rojo se representan los pollos infectados por el parásito y en verde los que no presentaron síntomas de la enfermedad.

Tal y como muestran los resultados estadísticos correspondientes a la tasa de infección, el número de autillos infectados con respecto al total de autillos que entran en el centro de recuperación no varía significativamente entre los diferentes años (Wald= 19.705; $p=0.350$), por lo que el año en el que los autillos ingresaron en Brinzal no se tuvo en cuenta en el resto del análisis.

En la figura 1 se puede observar que la tasa de infección no ha aumentado sino que fluctúa a lo largo de la serie temporal (1997-2015). Únicamente dos años se diferencian del resto, el año 1998 (Wald=3.946; $p=0.047$), con más casos de autillos infectados y 2013 (Wald=10.514; $p=0.001$), con muchos menos casos respecto a los demás años.

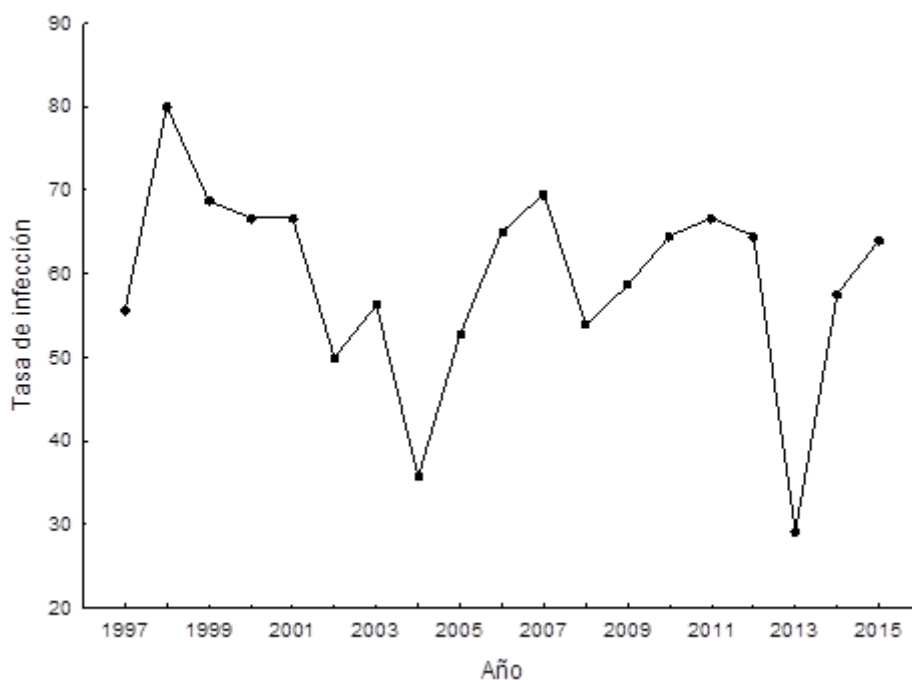


Figura 1. Evolución de la tasa de infección (infectados/total autillos*100) a lo largo de los años.

Los resultados pertenecientes a la evolución del número de avisos de presencia de cucarachas muestran diferencias significativas a lo largo de los años ($r^2=0.817$; $p=0.014$), de tal manera que desde 2010 hasta el 2015 ha disminuido la cantidad de cucarachas detectadas. Además, al examinar la variación de las diferentes variables a lo largo de los años, sólo la distancia a las alcantarillas a la que se avistaron las cucarachas se mantiene constante ($F_{5,6794}=2.159$; $p=0.056$).

La caracterización de la presencia de cucarachas se representa por medio de la Tabla 1, que muestra los valores que toman las variables que se estudiaron en cada localización donde se alertó de presencia de estos insectos: humedad relativa mensual, temperatura media mínima mensual, época de nacimiento de los pollos y distancia a la alcantarilla más próxima.

A la vista de los resultados, las cucarachas se detectan en mayor proporción en zonas más cercanas a alcantarillas ($r^2=0.852$; $p=0.009$). Asimismo, se analizaron las frecuencias de aparición de cucarachas a lo largo de la temporada de cría del Autillo (junio a noviembre), pudiéndose apreciar el momento del año en el que se produce la mayor explosión de adultos de Cucaracha negra (Figura 2), con picos más altos desde mediados de junio a mediados de julio (juliano 160-200) y va disminuyendo progresivamente a medida que avanza el verano. Lo que coincide con el momento de mayor infección por *Gongylonema sp.* en los autillos.

Año	Humedad	Temperatura	Juliano	Dist.alcantarilla
2010	40.87 (62-32)	17.36 (20.7-5.4)	195 (326-151)	12.91 (235.56-0.19)
2011	44.21 (77-39)	16.78 (19.2-8.2)	198 (330-151)	14.54 (1564.99-0.83)
2012	39.31 (75-34)	18.12 (20.3-6.9)	186 (329-151)	13.82 (157.56-0.49)
2013	39.51 (61-34)	16.72 (20.5-5.1)	196 (328-151)	14.85 (218.5-0.53)
2014	44.98 (77-40)	16.93 (19.2-8.1)	203 (327-152)	15.2 (333.7-0.05)
2015	42.6 (70-37)	19.13 (22.9-7.7)	195 (330-151)	15.63 (107.53-0.59)

Tabla 1. Media de las variables que caracterizan la presencia de Cucaracha negra (*Blatta orientalis*): humedad relativa mensual, temperatura media mínima mensual, época de nacimiento de los pollos y distancia a la alcantarilla más próxima. Entre paréntesis el valor máximo y mínimo.

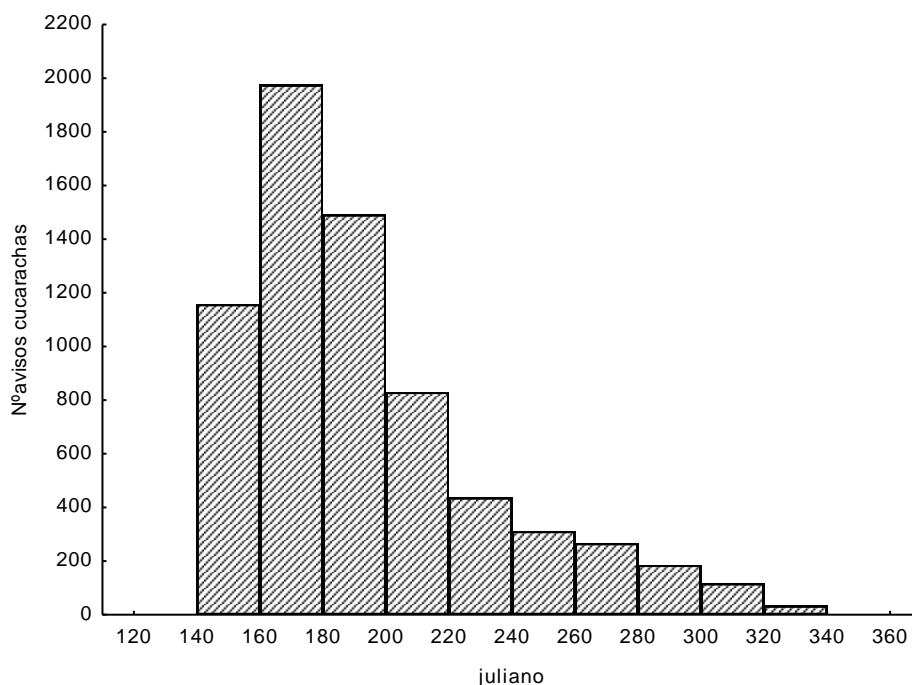


Figura 2. Evolución del número de avisos de Cucaracha negra (*Blatta orientalis*) desde 2010 a 2015, a lo largo de la época de cría de los autillos.

El modelo resultante al realizar el Modelo General Linearizado para conocer qué variables están determinando la presencia de placas de material necrótico producidas por el parásito en los autillos, reveló como significativas el momento del año en el que nacen los pollos (Wald=4.726; p=0.030) y la proporción de zonas verdes dentro del área de campeo de cada pareja reproductora (Wald=20.134; p=0.000008).

Las demás variables no se mostraron significativas. La variable que tiene en cuenta la cantidad de alcantarillas dentro de cada área de campeo de cada pareja reproductora de autillos no ha entrado en el modelo, lo que puede ser debido a la distribución homogénea de las tapas y rejillas del sistema de alcantarillado de Madrid. Asimismo, la humedad, temperatura y cercanía al río tampoco resultaron significativas y la variable de precipitación no se incluyó en el modelo al estar altamente correlacionada con la humedad.

Al representar la influencia de las variables exploratorias que resultaron significativas, se demuestra que hay más autillos infectados por *Gongylonema sp.* en la etapa inicial de la época de cría (Figura 3) y en zonas con mayor proporción de espacios verdes (Figura 4).

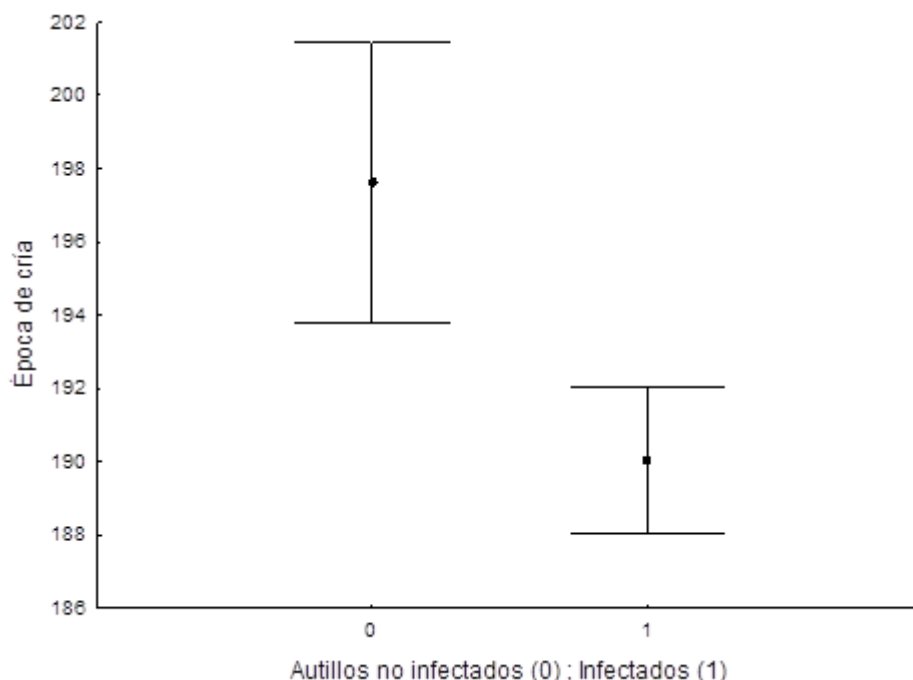


Figura 3. Proporción de autillos infectados y no infectados por *Gongylonema sp.* con respecto al momento de la época de cría en el que nacen los pollos.

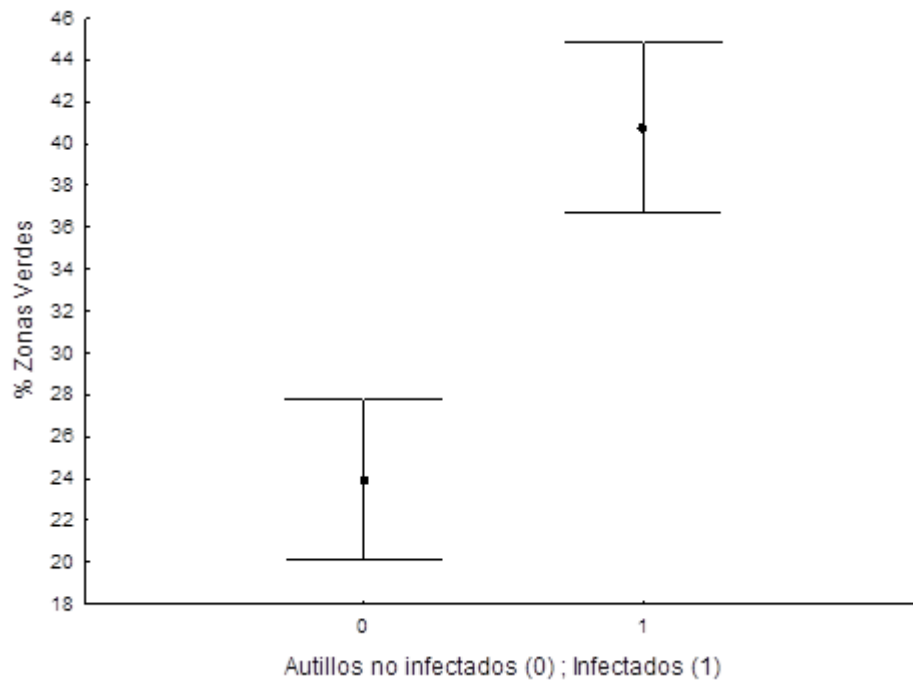


Figura 4. Proporción de autillos infectados y no infectados por *Gongylonema sp.* con respecto al porcentaje de zonas verdes dentro del área de campeo de los autillos (padres).

Discusión.

Este estudio demuestra la importancia del conocimiento de los efectos que provocan los procesos de urbanización sobre las especies, tanto en los depredadores (*Otus scops*) como en sus presas (*Blatta orientalis*). Los resultados revelan el ajuste del periodo reproductivo del Autillo en Madrid con el momento de mayor explosión de cucarachas, lo que estaría favoreciendo la infección por *Gongylonema sp.* Asimismo, se confirmó la potencialidad de las zonas verdes urbanas como reservorio de biodiversidad, no obstante, pueden llegar a actuar como trampas ecológicas para las especies que habitan las ciudades si no se mantiene la heterogeneidad dentro de ellas.

La incidencia de *Gongylonema sp* sobre los pollos de autillo de la ciudad de Madrid se ha mantenido desde la aparición del parásito (Figura 1). Las ciudades son ecosistemas intensamente homogéneos, que presentan condiciones climáticas, tanto de temperatura como de humedad, relativamente constantes a lo largo del tiempo y mantienen unos planes de gestión de infraestructuras y espacios verdes prácticamente invariables (McKinney, 2006; McNeill, 1999), lo que puede haber ayudado a mantener la infección. Además, el rápido e incontrolado crecimiento urbano acarrea infinidad de problemas como el sobrecalentamiento, la gestión de residuos, la contaminación o el hacinamiento (Manning, 2011), lo cual favorece la aparición de plagas asociadas, que pueden actuar tanto como vectores como hospedadores de infinidad de parásitos (Pedigo and Rice,

2014). Tan sólo dos años se diferenciaron significativamente del resto, el año 1998 representa el pico inicial tras la aparición de la enfermedad, con más casos de autillos infectados y 2013 manifiesta muchos menos casos respecto a los demás años, por lo que en estudios adicionales sería interesante analizar los factores que han influido en estos resultados.

Como se ha explicado anteriormente, la Enfermedad Necrótica Orofaringea es provocada por *Gongylonema sp.* (Nematoda: Spiruroidea) (Esperón et al., 2013). Aunque aún no se ha conseguido describir de qué especie concreta se trata, mediante pruebas genéticas se ha comprobado que el parásito es un 98% similar a *Gongylonema pulcrum* (Esperón et al., 2013), una especie que puede llegar a afectar a los humanos (Illescas-Gómez et al., 1988; Wilson et al., 2001; Haruki et al., 2005; Molavi et al., 2006), infectados por la ingestión accidental del insecto huésped o por tomar agua contaminada (Jelinek and Löscher, 1994). Por ello, hay que considerar esta similitud puesto que podría provocar graves problemas de salud pública.

Los estudios científicos centrados en la biología y comportamiento de las cucarachas son tremendamente escasos, y casi la totalidad de ellos se remontan a hace varias décadas (Gunn, 1993; Gunn, 1940; Barth, 1970). Además, debido al estatus de plaga que toman estos insectos en entornos urbanos, la mayoría de la información existente se centra en estrategias para su control y manejo.

Las tasas de avisos de presencia de Cucaracha negra en Madrid han descendido a lo largo de los años, lo que puede ser debido en gran medida a la mejora de la eficiencia en las medidas de tratamiento contra las plagas urbanas. Por otro lado, la distancia a las alcantarillas a la que se avistaron las cucarachas no varía a lo largo de los años y los ciudadanos detectan siempre a estos insectos cerca de salidas del sistema de alcantarillado, debido a las condiciones de humedad, oscuridad y los recursos alimenticios disponibles (Robinson, 2005). A pesar de esta reducción en los avisos de cucarachas, la proporción de autillos infectados se mantiene en la serie temporal del estudio. Esto podría ser debido al comportamiento de escape de estos insectos frente a los plaguicidas (José María Cámara com.pers.), de tal manera que al centrarse los esfuerzos de control en zonas habitadas, en las que los avisos son más frecuentes, las cucarachas podrían estar desplazándose hacia zonas verdes, menos tratadas y donde los autillos las detectan de una manera más eficaz que los humanos.

Sobre los requerimientos y preferencias habituales de la Cucaracha negra se ha podido distinguir que, aunque en la ciudad de Madrid se puedan encontrar cucarachas a lo largo de todo el año, el mayor número de adultos aparece a comienzos de verano

(Figura 2), cuando las temperaturas mínimas son mayores (Robinson, 2005). Aunque prefieren lugares frescos, su explosión se ve favorecida en épocas cálidas, en la que las temperaturas mínimas no se convierten en un factor limitante. Por lo tanto, puesto que dichas cucarachas actúan como vector principal de transmisión del parásito *Gongylonema sp.*, se espera una mayor incidencia de la infección en los autillos en zonas con dichas características y en las fechas indicadas, debido a la mayor abundancia de estos insectos.

Esencialmente el Autillo es un migrante transahariano que se desplaza a sus territorios de reproducción en España en los meses de marzo y abril. La hembra incuba a los pollos durante unos 25 días y cuida de ellos durante 21-29 días, por lo que la gran mayoría abandonan el nido a principio de verano, entre la primera quincena de junio y mediados de julio, aunque hay parejas que pueden seguir criando hasta noviembre (Raúl Alonso com.pers.). Posteriormente, comienzan su migración postnupcial hacia los cuarteles de invernada en África subsahariana (Holt et al., 1999).

A la vista de los resultados obtenidos, aparecen más autillos infectados por *Gongylonema sp.* en la etapa inicial de la época de cría, en torno a la primera quincena de julio (Figura 3). Este periodo coincide precisamente con la fenología de la Cucaracha negra que, como se ha podido observar, presenta la mayor explosión de adultos en ese momento. Por tanto, parece que los autillos adaptan su periodo reproductivo al momento en el que disponen de más recursos alimenticios. Esto puede ocurrir gracias a que existe una alta fidelidad a las áreas de cría en adultos así como una alta filopatria en los jóvenes (Raúl Alonso com.pers.), por lo que año tras año crían en los mismos lugares y los jóvenes vuelven a las áreas en las que nacieron para criar por primera vez, por tanto aprenden a explotar los recursos en el momento más adecuado.

Aunque son pocos los estudios dedicados específicamente al Autillo europeo, se conocen ciertas pautas de alimentación y preferencias de la especie. En condiciones naturales presentan una dieta insectívora muy diversa, dominada por grandes ortópteros y lepidópteros, llegando a cazar arácnidos, miriápodos e incluso otras aves y micromamíferos (Mori et al., 2016; Latkovà et al., 2012; Marchesi and Sergio, 2005; Bavoux et al., 1993). Sin embargo, su comportamiento en entornos urbanos cambia drásticamente, de modo que cazan cucarachas casi de manera exclusiva al haber una menor disponibilidad de otros invertebrados (Raúl Alonso com.pers.). Además, la Cucaracha negra tiene hábitos nocturnos, al igual que los autillos, por lo que también por esta razón se incrementa su depredación. Al ser un recurso disponible y abundante, hacen un mayor uso de él y por consiguiente la Cucaracha negra se convierte en alimento cuantioso pero de mala calidad al actuar como vector del parásito causante de la Enfermedad Necrótica Orofaringea.

El rápido crecimiento poblacional de esta especie de cucaracha dificulta enormemente su control, por lo que para lidiar con la enfermedad sería imprescindible elaborar planes de manejo adaptados al vector de transmisión y realizar mayores esfuerzos en la época de mayor incidencia.

Asimismo, los resultados mostraron una influencia altamente significativa de las zonas verdes dentro de la ciudad de Madrid, de tal manera que aparecen más autillos infectados por *Gongylonema sp* en localizaciones con mayor proporción de espacios verdes dentro del área de campeo de los padres (Figura 4).

En los ecosistemas urbanos, los parques representan verdaderas islas de hábitat natural inmersas en una gran matriz urbana (Fernández-Juricic and Jokimäki, 2001), por lo que estas zonas verdes se convierten en elementos imprescindibles para el mantenimiento de la biodiversidad en las ciudades (Savard et al., 2000). Asimismo, la existencia de estos espacios verdes es primordial por su capacidad de generar importantes servicios ecosistémicos, como la compensación de emisiones de carbono, la eliminación de los contaminantes del aire, la regulación del microclima, incluso la recreación de sus habitantes, lo que contribuye a la mejora de la calidad ambiental y la calidad de vida (Jim and Chen, 2009). El problema surge cuando estos espacios verdes se ajardinan, provocando un elevado grado de homogenización que, unido a la contaminación, el uso de pesticidas, la impermeabilidad del suelo, la cantidad de la luz, etc. hace que las poblaciones de insectos se vean limitadas (Hunter and Hunter, 2008). Por lo tanto, uno de los principales motivos de la falta de diversidad de artrópodos en los parques urbanos se debe al hecho de que la gestión habitual que se lleva a cabo destruye con frecuencia los hábitats óptimos o primarios de los insectos más especialista (Penone et al., 2012).

En esta situación, aunque los parques pueden ser aparentemente ecosistemas favorables, cuando estos espacios se gestionan intensamente, sólo los artrópodos generalista, tales como las cucarachas, son capaces de subsistir (Jones and Leather, 2012). En este caso, las áreas verdes dentro de las ciudades estarían actuando como trampas ecológicas para los autillos. Una trampa ecológica se produce cuando un hábitat de baja calidad es más atractivo que un hábitat más beneficioso (Patten and Kelly, 2010), de tal manera que los autillos seleccionan activamente hábitats con abundantes recursos alimenticios pero de mala calidad, por encima de mejores alternativas (Delibes et al., 2001), lo que les lleva a una reducción de su supervivencia y de la productividad, influyendo directamente sobre la capacidad de la población para alcanzar su tamaño umbral (Gilroy and Sutherland, 2007) y reduciendo su éxito reproductivo (Leston and Rodewald, 2006). Estas situaciones podrían ser cada vez más frecuentes a medida que las comunidades naturales se aclimatan a la intensa perturbación humana dentro de las zonas verdes urbanas (Gilroy and Sutherland, 2007).

A pesar de que muchos estudios informan sobre los numerosos impactos que tiene sobre determinadas especies el proceso de urbanización, centrándose en los patrones generales de diversidad y estructura de la comunidad dentro de los hábitats urbanos, (Miller et al., 2003), pocos han evaluado si estos hábitats constituyen trampas ecológicas para ellas. En este caso, aunque aún no se tiene una clara comprensión de lo que constituye una trampa ecológica y son difíciles de detectar (Robertson and Hutto, 2006), podría ser anulada por el aumento de la calidad del hábitat (Patten and Kelly, 2010). La heterogeneidad es indicativa del número de nichos ecológicos disponibles (Sattler et al., 2010), de modo que cuanto más diversa sea un área, más especies se espera encontrar. Por lo tanto, se necesita promover cambios en la gestión del hábitat que aumenten la heterogeneidad espacial y estructural de las zonas verdes urbanas para que así se puedan contrarrestar los efectos perjudiciales sobre biodiversidad (Sattler et al., 2010). Manteniendo acumulaciones orgánicas, troncos muertos, abundancia de las plantas nutritivas, etc. (Hunter and Hunter, 2008), e incluyendo un manejo adecuado de fumigación, poda y siembra (Jones and Leather, 2012), se ampliaría eficazmente la diversidad de insectos en las ciudades (Sattler et al., 2010). Esto sugiere que al favorecer la diversidad de artrópodos en las zonas verdes, gestionando los parques de manera adecuada para que actúen como reservorios, se evitaría la sobreexplotación de cucarachas por parte de los autillos y se podría llegar a reducir considerablemente la transmisión de la enfermedad a la especie.

Nuestros resultados muestran que la tasa de infección se mantiene constante a lo largo de los años, por lo que unas medidas de gestión adecuadas tanto de los hospedadores intermediarios como de los hábitats en los que se pueden encontrar, pueden favorecer la reducción de la incidencia del parásito a niveles compatibles con el mantenimiento de efectivos poblacionales viables de autillos en la ciudad de Madrid y controlar el paso del parásito a otras especies, incluida la humana.

Conclusiones e implicaciones para la conservación.

A la vista de la preocupante situación de declive que está sufriendo el Autillo europeo (*Otus scops*) en la ciudad de Madrid debido a la infección provocada por *Gongylonema sp.* en los pollos de pocas semanas de vida, es importante remarcar que la incidencia de este parásito no ha aumentado a lo largo de los años. Esto alienta a la hora de desarrollar acciones eficaces para lograr la erradicación de la enfermedad y contribuir así en la conservación de este migrante transahariano de elevado valor ecológico, además de evitar posibles problemas de salud pública.

De esta manera, en un plan de gestión y manejo urbanístico compatible con la conservación del Autillo europeo en este contexto, se debe considerar la importancia de realizar un control selectivo sobre la Cucaracha negra (*Blatta orientalis*) y una aplicación de mayores esfuerzos a principios de verano para que se de la menor interacción posible entre ambas especies. Asimismo, se debe tener en cuenta la potencialidad de las zonas verdes urbanas para favorecer la diversidad de insectos siempre y cuando se evite la homogenización dentro de ellas. Por tanto, resulta esencial contemplar la importancia de mantener una heterogeneidad espacial y estructural de estos espacios verdes para evitar que actúen como trampas ecológicas para los autillos.

La desaparición de las especies nos plantea un doble reto: informarnos de lo que ocurre y asumir la responsabilidad de intentar evitarlo (Tellería, 2012). Por tanto, ante el imponente crecimiento urbanístico actual, este estudio no pretende más que advertir sobre la situación del Autillo europeo en la ciudad de Madrid y proporcionar a los organismos de decisión una herramienta de gestión adecuada para poder llevar a cabo una planificación urbana responsable a favor de la conservación de la biodiversidad.

Agradecimientos. Agradecer tanto a los investigadores del Centro de Investigación en Sanidad Animal (CISA-INIA), del Dpto. Zoología y Antropología Física (UCM) y del Centro de Recuperación de Rapaces Nocturnas de Brinzal, por su papel imprescindible en la revelación de los antecedentes que han sido claves para la realización del estudio. A los diferentes Departamentos del Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad del Ayuntamiento de Madrid, que facilitaron la información precisa que solicitamos. Y a Eva Banda, Beatriz Martínez Miranzo y José Ignacio Aguirre que contribuyeron en el diseño de las ideas y dirigieron el trabajo, por su apoyo científico, técnico y personal.

Bibliografía.

Alonso, R., Zuberogoitia, I. and Martínez, J.A. (2003). El Autillo Europeo (*Otus scops*). In: Martí, R. and del Moral, J.C. (eds.), Atlas Nacional de las Aves Reproductoras de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza–SEO/BirdLife, Madrid, 314-315.

Barth, R.H. (1970). The Mating Behavior of *Periplaneta americana* (Linnaeus) and *Blatta orientalis* Linnaeus (Blattaria, Blattinae), with Notes on 3 additional Species of *Periplaneta* and Interspecific Action of female Sex Pheromones¹. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 27(6):722-748.

Bavoux, C., Burneleau, G., Juillard, M. and Nicolau-Guillaumet, P. (1993). Le Hibou petit-duc, *Otus scops*, sur l'île d'Oleron (France). Régime alimentaire des poussins. *Nos oiseaux*, 42(3):159-170.

BirdLife International (2015). European Red List of Birds. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Birdlife International/European Bird Census Council. (2000) European Bird Populations: Estimates and Trends. Cambridge: Birdlife International.

Delibes, M., Ferreras, P. and Gaona, P. (2001). Attractive sinks, or how individual behavioural decisions determine source–sink dynamics. *Ecology Letters*, 4(5):401-403.

Díaz-Olalla, J., and Benítez-Robredo, T. (2015). Estudio de Salud de la Ciudad de Madrid 2014. Madrid: Madrid Salud. Ayuntamiento de Madrid.

Esperón, F., Martín, M.P., Lopes, F., Orejas, P., Carrero, L., Muñoz, M.J. and Alonso, R. (2013). *Gongylonema* sp. infection in the scops owl (*Otus scops*). *Parasitology international*, 62(6):502-504.

Faeth, S.H., Warren, P.S., Shochat, E. and Marussich, W.A. (2015). Trophic Dynamics in Urban Communities. *BioScience*, 55(5):399-407.

Fernández-Juricic, E. and Jokimäki, J. (2001). A habitat island approach to conserving birds in urban landscapes: case studies from southern and northern Europa. *Biodiversity and Conservation*, 10:2023-2043.

Fernández-Juricic, E. and Tellería, J.L. (2000). Effects of human disturbance on spatial and temporal feeding patterns of Blackbird *Turdus merula* in urban parks in Madrid, Spain. *Bird Study*, 47(1):13-21.

Fernández-Juricic, E., Jimenez, M.D. and Lucas, E. (2001). Bird tolerance to human disturbance in urban parks of Madrid (Spain): Management implications. In *Avian ecology and conservation in an urbanizing world*, 259-273. Springer US.

Gilroy, J.J. and Sutherland, W.J. (2007). Beyond ecological traps: perceptual errors and undervalued resources. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(7):351-356.

Gunn, D.L. (1933). The temperature and humidity relations of the cockroach (*Blatta orientalis*). *Journal of Experimental Biology*, 10(3):274-285.

Gunn, D.L. (1940). The daily rhythm of activity of the cockroach, *Blatta orientalis* L. *Journal of Experimental Biology*, 17(3):267-277.

Haruki, K., Furuya, H., Saito, S., Kamiya, S. and Kagei, N. (2005). *Gongylonema* infection in man: a first case of gongylonemosis in Japan. *Helminthologia*, 42(2):63.

Holt, D.W., Berkley, R., Deppe, C., Enríquez Rocha, P., Petersen, J.L., Rangel Salazar, J.L., Segars, K.P. and Wood, K.L. (1999). Eurasian Scops-owl (*Otus scops*). In: del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D.A. and de Juana, E. (eds.). *Handbook of the Birds of the World*. Lynx Edicions, Barcelona.

Hunter, M.R. and Hunter, M.D. (2008). Designing for conservation of insects in the built environment. *Insect Conservation and Diversity*, 1(4):189-196.

- Illescas-Gómez, M.P., Rodríguez Osorio, M., Gómez García, V. and Gómez Morales, M.A. (1988). Human Gongylonema infection in Spain. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 38(2):363-365.
- Jelinek, T. and Löscher, T. (1994). Human infection with *Gongylonema pulchrum*: a case report. *Tropical Medicine and Parasitology*, 45:329–30.
- Jim, C.Y. and Chen, W.Y. (2009). Ecosystem services and valuation of urban forests in China. *Cities*, 26(4):187-194.
- Jones, D.N. and Reynolds, S.J. (2008). Feeding birds in our towns and cities: a global research opportunity. *Journal of avian biology*, 39(3):265-271.
- Jones, E.L. and Leather, S.R. (2012). Invertebrates in urban areas: a review. *European Journal of Entomology*, 109(4):463.
- Latková, H., Sándor, A.K. and Krištin, A. (2012). Diet composition of the scops owl (*Otus scops*) in central Romania. *Slovak Raptor Journal*, 6:17–26.
- Leston, L.F. and Rodewald, A.D. (2006). Are urban forests ecological traps for understory birds? An examination using Northern cardinals. *Biological Conservation*, 131(4):566-574.
- Madrid salud. (2016). Control de plagas. Instituto de salud pública. Dpto. Salud Ambiental, Ayuntamiento de Madrid. Madrid.
- Manning, W.J. (2011). Urban environment: Defining its nature and problems and developing strategies to overcome obstacles to sustainability and quality of life. *Environmental Pollution*, 159(8-9):1963–1964.
- Marchesi, L. and Sergio, F. (2005). Distribution, density, diet and productivity of the scops owl *Otus scops* in the Italian Alps. *Ibis*, 147(1):176–187.
- Martínez, J.A., Zuberogoitia, I., Martínez, J.E., Zabala, J. and Calvo, J.F. (2007). Patterns of territory settlement by Eurasian scops-owls (*Otus scops*) in altered semi-arid landscapes. *Journal of Arid Environments*, 69:400–409.
- McIntyre, N.E. (2000). Ecology of Urban Arthropods: A Review and a Call to Action. *Entomological Society of America*, 93: 825-835.
- McKinney, M.L. (2008). Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. *Urban Ecosystems* 11:161–176.
- McKinney, M.L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127(3):247–260.
- McKinney, M.L. (2002). Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience*, 52:883-890.
- McNeill, D. (1999). Globalization and the European city. *Cities*, 16(3):143–148.

- Miller, J.R., Wiens, J.A., Hobbs, N.T. and Theobald, D.M. (2003). Effects of human settlement on bird communities in lowland riparian areas of Colorado (USA). *Ecological Applications*, 13(4):1041-1059.
- Molavi, G. H., Massoud, J. and Gutierrez, Y. (2006). Human Gongylonema infection in Iran. *Journal of helminthology*, 80(04): 425-428.
- Mori, E., Mazzetto, F., Menchetti, M., Bodino, N., Grasso, E. and Sposimo, P. (2016). Feeding ecology of the scops owl, *Otus scops* (Aves: Strigiformes), in the island of Pianosa (Tuscan Archipelago, Central Italy) outside the breeding period. *Italian Journal of Zoology*, 1-6.
- New, T.R. (2016). *Insect conservation and urban environments*. Springer International Publishing Switzerland.
- Niemelä, J., Saarela, S-R., Söderman, T., Kopperoinen, L., Yli-Pelkonen, V., Väre, S. and Kotze, D.J. (2010). Using the ecosystem services approach for better planning and conservation of urban green spaces: A Finland case study. *Biodiversity and Conservation*, 19:3225-3243.
- Palomino, D. and Carrascal, L.M. (2006). Urban influence on birds at a regional scale, A case study with the avifauna of northern Madrid province. *Landscape Urban Planning*, 77: 276–290.
- Panzeri, M., Menchetti, M. and Mori, E. (2014). Habitat use and diet of the Eurasian scops owl *Otus scops* in the breeding and wintering periods in Central Italy. *Ardeola*, 61:393–399.
- Patten, M.A. and Kelly, J.F. (2010). Habitat selection and the perceptual trap. *Ecological Applications*, 20(8):2148-2156.
- Pauchard, A., Aguayo, M., Pena, E. and Urrutia, R., (2006). Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: the case of a fast-growing metropolitan area (Concepción, Chile). *Biological Conservation*, 127(3):272–281.
- Pedigo L.P. and Rice, M.E. (2014). *Entomology and pest management*. Cap. Management with natural enemies, 311-332.
- Penone, C., Kerbiriou, C., Julien, J-F., Julliard, R., Machon, N. and Le Viol, I. (2012). Urbanisation effect on Orthoptera: which scale matters?. *Insect Conservation and Diversity*, 6:1–9.
- Robertson, B.A. and Hutto, R.L. (2006). A framework for understanding ecological traps and an evaluation of existing evidence. *Ecology*, 87(5):1075-1085.
- Robinson, W.H. (2005). *Urban insects and arachnids: A Handbook of Urban Entomology*. Cambridge University Press, London.
- Sattler, T., Duelli, P., Obrist, M. K., Arlettaz, R. and Moretti, M. (2010). Response of arthropod species richness and functional groups to urban habitat structure and management. *Landscape Ecology*, 25(6):941-954.

Savard, J.P. L., Clergeau, P. and Mennechez, G. (2000). Biodiversity concepts and urban ecosystems. *Landscape and urban planning*, 48(3):131-142.

Sergio, F., Marchesi, L. and Pedrini, P. 2009. Conservation of Scops Owl *Otus scops* in the Alps: relationships with grassland management, predation risk and wider biodiversity. *Ibis* 151(1): 40-50.

StatSoft Inc. (2007) STATISTICA (data analysis software system), version 8.0., www.statsoft.com

Tellería, T.J. (2012). Introducción a la conservación de las especies. V. J. Hernández (Ed.). Tundra.

Treggiari, A.A., Gagliardone, M., Pellegrino, I. and Cucco, M. (2013). Habitat selection in a changing environment: The relationship between habitat alteration and Scops Owl (Aves: Strigidae) territory occupancy. *Italian Journal of Zoology*, 80:574–585.

Wilson, M. E., Lorente, C. A., Allen, J. E. and Eberhard, M. L. (2001). *Gongylonema* infection of the mouth in a resident of Cambridge, Massachusetts. *Clinical Infectious Diseases*, 32(9): 1378-1380.