



**Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza**



Trabajo Fin de

Autor/es

Director/es

Facultad de Veterinaria



Índice

Resumen / Summary	2
1. Introducción	4
1.1. Biología de los mosquitos	4
1.1.1. Ovoposición	4
1.1.2. Desarrollo embrionario y eclosión	5
1.1.3. Larva	5
1.1.4. Pupa	5
1.1.5. Adulto	6
1.2. Importancia de los mosquitos en Salud Pública	7
1.3. Morfología de los mosquitos	8
1.3.1. Adulto	8
1.3.2. Larva y pupa	9
2. Justificación y objetivos	10
3. Metodología	10
3.1. Área de estudio	10
3.2. Captura de mosquitos	12
3.3. Montaje de machos	12
3.4. Variables del estudio	13
3.5. Análisis estadístico	15
4. Resultados y discusión	15
4.1. Especies capturadas de ambos sexos en las tres zonas de muestreo	15
4.2. Estudio de <i>An. algeriensis</i> en función de la zona	18
4.3. Estudio de <i>An. claviger</i> s.l. en función de la zona	19
4.4. Estudio de <i>Ae. caspius</i> en función de la zona	20
4.5 Estudio de <i>Cq. richiardii</i> en función de la zona	20
4.6. Estudio de <i>Cx. pipiens</i> en función de la zona	21
4.7. Estudio de <i>Cx. modestus</i> en función de la zona	22
4.8. Correlación entre las especies de mosquitos capturadas con mayor frecuencia	22
4.9. Características climáticas de las zonas de estudio	23
4.10. Influencia de las variables climáticas en la abundancia de mosquitos	24
5. Conclusiones / Conclusions	28
6. Valoración personal	29
7. Bibliografía	30
8. Anexo	32

Resumen

Estudio bioecológico de las poblaciones de culícidos en dos humedales del valle medio del Ebro

Este Trabajo de Fin de Grado presenta un estudio analítico observacional de los mosquitos (Diptera: Culicidae) adultos capturados en tres zonas situadas en la periferia de la ciudad de Logroño, desde julio de 2016 hasta septiembre de 2017.

En el periodo de estudio se identificaron 19 especies de culícidos, correspondientes a seis géneros distintos: *Aedes*, *Anopheles*, *Coquillettidia*, *Culex*, *Culiseta* y *Uranotaenia*.

De las especies identificadas, *Anopheles algeriensis*, *Anopheles claviger sensu lato* (s.l.), *Aedes caspius*, *Coquillettidia richiardii*, *Culex pipiens* y *Culex modestus* fueron las más abundantes en el recuento total de individuos de las tres zonas de muestreo, lo cual tiene implicaciones en el ámbito de la Salud Pública por el carácter antropófilo y capacidad vectorial de estas especies.

Se analizaron las posibles relaciones entre cada una de las especies más abundantes y su presencia en cada zona de muestreo, así como las diferencias en la presencia de cada sexo en cada humedal y en el río. A partir del estudio de la proporción del sexo en cada zona, se evidenció la predominancia de hembras frente a machos.

En cuanto al estudio de cada especie en función de la zona muestrada, *An. algeriensis*, *An. claviger* s.l. y *Cq. richiardii* aparecieron en mayor proporción en el humedal de La Grajera. En el embalse de Las Cañas destacaron las capturas de *Ae. caspius* y *Cx. modestus*. *Culex pipiens* se capturó en las tres zonas en cantidad similar. Se estudió también la posible correlación existente entre las especies de mosquitos más frecuentes, siendo ésta significativa entre *An. algeriensis*, *An. claviger* s.l. y *Cq. richiardii*. Por último, se analizó la influencia de las variables climáticas en la abundancia de mosquitos, viendo correlación entre las variables climáticas (incluidas las generadas por nosotros) que afectaban positiva y/o negativamente a la abundancia de los culícidos y a sus tolerancias ambientales.

Summary

Bioecological study of culicida populations in two wetlands of the middle Ebro valley

This work presents an observational analytical study of the mosquitoes (Diptera: Culicidae) adults captured in three wetlands located in the periphery of the city of Logroño, from July 2016 to September 2017.

In the study period, 19 species of mosquitos were identified, corresponding to six different genera: *Aedes*, *Anopheles*, *Coquillettidia*, *Culex*, *Culiseta* and *Uranotaenia*.

Of the species identified, *Anopheles algeriensis*, *Anopheles claviger sensu lato* (s.l.), *Aedes caspius*, *Coquillettidia richiardii*, *Culex pipiens* and *Culex modestus* were the most abundant in the total count of individuals of the three sampling points, which it has implications in public health because of the anthropic character and vector capacity of these species.

We analyzed the possible relationships between each of the most abundant species and their presence at each sampling point, as well as the differences in the presence of each sex in each wetland and in the river. From the study of the proportion of sex in each sampling zone, the predominance of female mosquitoes against males was demonstrated.

For the study of each species according to the wetland, *An. algeriensis*, *An. claviger* s.l. and *Cq. richiardii* appeared in greater proportion in the wetland of La Grajera. The reservoir of Las Cañas highlighted the captures of *Ae. caspius* and *Cx. modestus*. *Culex pipiens* was captured in the three zones in similar amount. We also studied the possible correlation between the most frequent species of mosquitoes, being significant between *An. algeriensis*, *An. claviger* s.l. and *Cq. richiardii*. Finally, we analyzed the influences of climatic variables in the abundance of mosquitoes, seeing correlation between climatic variables (including those generated by us) that affected positively and/or negatively in the abundance of mosquitos and their environmental tolerances.

1. Introducción

1.1. Biología de los mosquitos

Es de todos conocida la estrecha asociación que tiene la presencia de mosquitos con lugares donde hay acúmulo de agua, debido a que en estos hábitats acuáticos realizan su ciclo larvario. Esto se debe a que son insectos con metamorfosis holometábolas y durante su evolución pasan por una serie de estadios que ocupan distintos hábitats. Mientras que los individuos adultos son voladores, y por lo tanto aéreos, los otros estadios (huevo, larva y pupa) son acuáticos.

Gracias a los mecanismos de adaptación, los mosquitos son capaces de sobrevivir y desarrollarse en una gran variedad de ambientes, y es difícil encontrar un hábitat acuático en cualquier lugar del mundo que no permita la alimentación y crecimiento de los mismos.

Los mosquitos colonizan permanentemente o de manera temporal grandes y pequeñas zonas de agua, independientemente de lo limpias o contaminadas que estén. Además, su capacidad para adaptarse a varios factores climáticos o a los cambios en condiciones ambientales es inmensa. Esta habilidad permite que numerosas especies sobrevivan exitosamente incluso en condiciones climáticas adversas (Becker *et al.*, 2010).

1.1.1. Ovoposición

Las hembras de mosquito ponen entre 50 y 500 huevos en 2-4 días (incluso más en buenas condiciones de temperatura) después de la ingesta de sangre (Becker *et al.*, 2010). En general, los mosquitos se pueden dividir en dos grupos dependiendo de su comportamiento de puesta y de si los embriones entran o no en un periodo de hibernación (condicionado por el exterior) o diapausa (periodo de descanso determinado genéticamente).

En el primer grupo, las hembras ponen sus huevos en la superficie del agua, ya sean de forma independiente (*Anopheles*) o en lotes (*Culex*, *Uranotaenia*, *Coquillettidia* y *Culiseta* entre otras). Los embriones del primer grupo no entran en diapausa y emergen del huevo cuando el desarrollo embrionario se ha completado. Sus estadios de desarrollo se dan en su mayoría en aguas más permanentes o en ligero movimiento, donde tiene lugar su alimentación. El segundo grupo pone huevos que no eclosionan inmediatamente tras la ovoposición. El comportamiento de puesta de estos mosquitos consiste en poner sus huevos de forma independiente en sustratos húmedos que se suelen inundar cuando los niveles de agua aumentan. Como norma general, la gran mayoría realiza la puesta en aguas estancadas o aguas corrientes pero con apenas movimiento.

1.1.2. Desarrollo embrionario y eclosión

El desarrollo embrionario comienza casi inmediatamente tras la puesta de los huevos. Dependiendo de la temperatura, el periodo varía entre 2 y 7 días o más hasta que el desarrollo es completado (Clements, 1992).

El tiempo necesario depende en gran medida de la temperatura; por ejemplo, la larva del mosquito *Cx. pipiens* eclosiona un día después de la puesta con 30°C de temperatura, mientras que tarda 3 y 10 días a temperaturas de 20°C y 10°C respectivamente (Horsfall *et al.*, 1973; Becker, 1989).

El desarrollo embrionario lento de las especies que ponen huevos en diapausa se debe a que hay pocos factores ecológicos que determinen su rápido desarrollo (Becker, 1989).

1.1.3. Larva

La alimentación de las larvas consiste en microorganismos, algas, protozoos, invertebrados y detritus. En base a su comportamiento alimenticio, se podrían clasificar entre larvas filtradoras, navegantes y depredadoras (Dahl *et al.*, 1988). Las filtradoras obtienen partículas de alimento suspendidas en el agua, que normalmente tienen un tamaño inferior a los 50 µm. Por otra parte, las “navegantes” toman el alimento por re-suspensión de partículas, microorganismos, algas y protozoos que están en la superficie de sustratos sumergidos o bien en films microbianos de la interfaz aire-agua. Las larvas depredadoras pueden ingerir pequeños insectos o larvas de otros mosquitos. El desarrollo de las larvas depende en gran medida de la temperatura. Algunas especies de mosquitos pueden completar su desarrollo a temperaturas tan bajas como los 10°C, mientras que los mosquitos que eclosionan en verano se desarrollan a temperaturas más elevadas, que pueden alcanzar los 30°C (Becker *et al.*, 2010).

1.1.4. Pupa

El estadio de pupa suele prolongarse aproximadamente 2 días, pero puede reducirse o extenderse dependiendo de si las temperaturas son mayores o menores. Durante esta etapa tiene lugar el proceso de metamorfosis.

La pupa de la mayoría de los mosquitos suele tolerar bien la desecación y los adultos puedenemerger exitosamente incluso cuando el agua se ha evaporado por completo. Además, a diferencia de las larvas, las pupas no se alimentan (Becker *et al.*, 2010).

1.1.5. Adulto

Una vez emerge el adulto, aumenta la presión de la hemolinfa, lo que produce el estrechamiento de las alas y patas. En pocos minutos es capaz de volar, pero el ajuste del metabolismo de los machos conlleva más tiempo que el de las hembras, entre 1-1,5 días. Los machos no han madurado tras su emergencia y tienen que rotar su hipopigio 180°, lo cual ocurre generalmente tras un día (Gillett, 1983). Además, los machos suelen emerger 1 o 2 días antes que las hembras para alcanzar la madurez sexual al mismo tiempo que se produce la emergencia de éstas. En cuanto al tamaño, los machos adultos tienen un tamaño más pequeño que las hembras de la misma especie. Nada más emerger, los adultos están preparados para comenzar su ciclo de vida aérea, lo que implica acciones como la reproducción, alimentación y ovoposición (Becker *et al.*, 2010).

Reproducción

Normalmente los machos y hembras copulan cara a cara y en menos de medio minuto el macho deposita los espermatozoides en la bolsa copulatoria de la hembra (Clements, 1963), los cuales se desplazan a la espermateca. Las secreciones de la glándula accesoria del macho contienen una sustancia que convierte a la hembra en no receptiva para el resto de su vida, mientras que ellos pueden reproducirse con otras hembras varias veces. Después de la inseminación el siguiente paso es la búsqueda de un hospedador para ingerir su sangre, fundamental para la maduración de los huevos (Becker *et al.*, 2010).

Búsqueda del hospedador y alimentación

En la mayoría de especies de mosquito, la ovogénesis sólo puede completarse cuando las hembras toman sangre de un hospedador. Para ello, han desarrollado un comportamiento complejo de búsqueda de un hospedador potencial; la localización de este hospedador se basa en el olfato así como en estímulos térmicos y visuales.

La hembra comienza con un comportamiento disperso, sin orientación, que mejora la probabilidad de contactar con estímulos derivados de un huésped potencial. Una vez ha contactado con un estímulo del hospedador, la hembra cambia su comportamiento, orientándose a la búsqueda del hospedador para dirigirse a él cuando lo identifica en su proximidad (Sutcliffe, 1987). En esta cercanía con el hospedador, es igualmente importante el olor y la temperatura corporal. Los mosquitos pueden detectar fácilmente diferencias de 0,2°C. El vapor de agua en un rango pequeño de orientación puede jugar un rol importante (Lehane, 1991). En cuanto a la alimentación, ambos sexos requieren de la ingesta de

sustancias azucaradas como el néctar para obtener energía durante la vida adulta (Briegel y Kaiser, 1973).

1.2. Importancia de los mosquitos en Salud Pública

Los mosquitos son responsables de la transmisión de numerosos patógenos como virus, bacterias, protozoos y nematodos que causan graves enfermedades como la malaria, dengue, fiebre amarilla, encefalitis y filariasis (Lehane, 1991; Kettle, 1995; Beaty y Marquardt, 1996; Eldridge y Edman, 2000).

La transmisión puede ser mecánica o biológica, siendo ésta última más compleja porque conlleva un periodo de replicación y/o desarrollo obligatorio del patógeno en el mosquito. Debido a su comportamiento succionador, los mosquitos son capaces de adquirir los patógenos y parásitos del hospedador vertebrado y transmitirlos a otro hospedador si la fisiología y ecología del vector es apropiada para la transmisión. En cuanto a la morbilidad y mortalidad producida por enfermedades de transmisión vectorial, los mosquitos son los animales más peligrosos a los que se enfrenta la humanidad; amenazan a más de 3 millones de personas en regiones tropicales y subtropicales e influencian el desarrollo de los seres humanos tanto desde un punto de vista socio-económico como político. Sin duda, los patógenos transmitidos por insectos ligados a epidemias y pandemias han sido un instrumento en el desarrollo y caída de imperios como el griego y el romano; la malaria fue el problema de salud dominante en los últimos tiempos del imperio romano (Bruce-Chwatt y de Zulueta, 1980).

En algunas áreas, el número de personas en riesgo de padecer enfermedades de este tipo ha aumentado como resultado de la expansión de los vectores y patógenos, así como por los movimientos de las personas o los cambios en el medio ambiente. De la misma manera, el aumento en la incidencia de estas enfermedades transmitidas por insectos podría deberse a un detrimiento en la efectividad de los programas de control, bien por cambios políticos, resistencia a insecticidas o incluso conflictos bélicos, que provocan desplazamientos humanos, daños en infraestructuras, pobreza y el hacinamiento de personas desplazadas en campos de refugiados, donde el riesgo es muy elevado (Becker *et al.*, 2010).

En resumen, el incremento de los viajes internacionales, la globalización, la creciente urbanización, el cambio climático y su consiguiente aumento en las temperaturas y las lluvias son los principales responsables de la gran extensión en el rango de vectores mosquitos y las enfermedades que transmiten, así como de su mayor grado de complejidad (Roiz *et al.*, 2008).

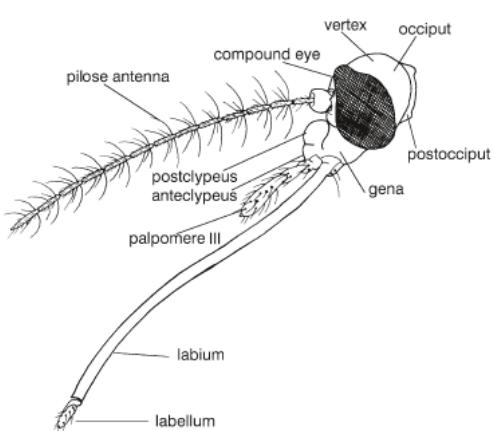
1.3. Morfología de los mosquitos

Los mosquitos adultos tienen el cuerpo dividido en tres regiones, cabeza, tórax y abdomen, y sólo poseen un par de alas funcionales. Durante su desarrollo pasan por distintos estadios (larva y pupa), morfológicamente diferentes a los adultos (Becker *et al.*, 2010).

1.3.1. Adulto

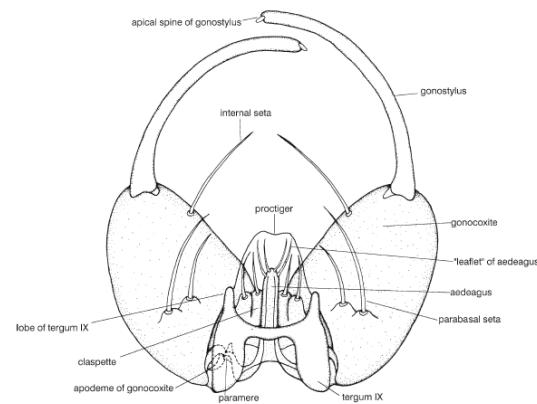
Los mosquitos adultos difieren de los otros miembros del suborden Nematocera por la presencia de un apéndice bucal, la probóscide, más larga que el tórax. A su vez, la cabeza, tórax y abdomen están recubiertos por escamas y setas. En los culícidos, el cuerpo es delgado y provisto de largas patas, con la cabeza pequeña, globosa y provista de ojos compuestos bien desarrollados y desprovistos de ocelos. La probóscide engloba parte de las piezas bucales alargadas que sirven para perforar la piel de sus hospedadores, y que en su conjunto recibe el nombre de estilete (Figura 1). También presentan dos palpos divididos en cinco segmentos (Becker *et al.*, 2010).

Figura 1. Cabeza de una hembra de culícido



Fuente: Becker *et al.*, 2010

Figura 2. Genitalia de un macho de *Anopheles*



Fuente: Becker *et al.*, 2010

Poseen dos antenas largas y filiformes, compuestas por quince artejos provistos de setas. En los machos las antenas tienen setas largas, dándoles un aspecto plumoso, mientras que en las hembras las setas son cortas y escasas. A parte de las alas mesotorácicas funcionales para el vuelo, el otro par de alas características de los dípteros ha sido modificado para formar pequeños órganos vibradores, los balancines, que controlan el equilibrio durante el vuelo (Becker *et al.*, 2010).

El abdomen del mosquito consta de once segmentos. Cada segmento abdominal está formado por el tergo esclerotizado y el externo unidos por membranas. En el abdomen podemos encontrar numerosas fusiones de segmentos, sobre todo en los últimos, con las funciones de

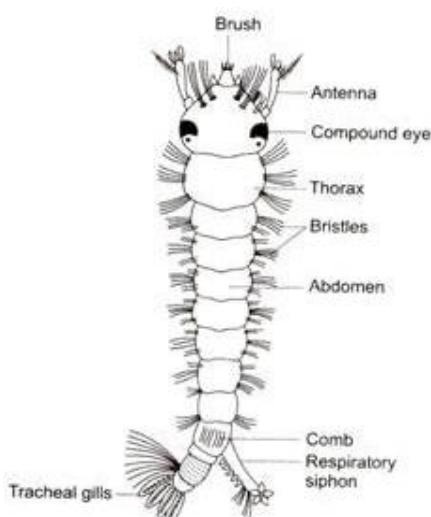
reproducción, puesta de huevos y eliminación de heces. La genitalia de los insectos de ambos sexos se deriva de apéndices abdominales, presentes en otros artrópodos y se utiliza para el apareamiento y la puesta de huevos (Figura 2). En los machos, cada apéndice genital ha sido considerado como un miembro base, el gonocoxito, el cual se apoya en un apéndice apical, el gonostilo, y un proceso medio, la gonapófisis, derivada de su región basal (Becker *et al.*, 2010).

1.3.2. Larva y pupa

El cuerpo de la larva de un mosquito se divide en tres partes principales: cabeza, tórax y abdomen (Figura 3). Pasan por cuatro estadios larvarios, durante los cuales se desarrollan sus estructuras. Las larvas de mosquito se distinguen de otros dípteros por la combinación de los siguientes caracteres: presencia de distintas brochas de pelos, tórax expandido y tubo de respiración tubular o cilíndrico, el sifón, que se localiza en la superficie dorsal del segmento abdominal VIII en todos los géneros excepto *Anopheles* (Becker *et al.*, 2010).

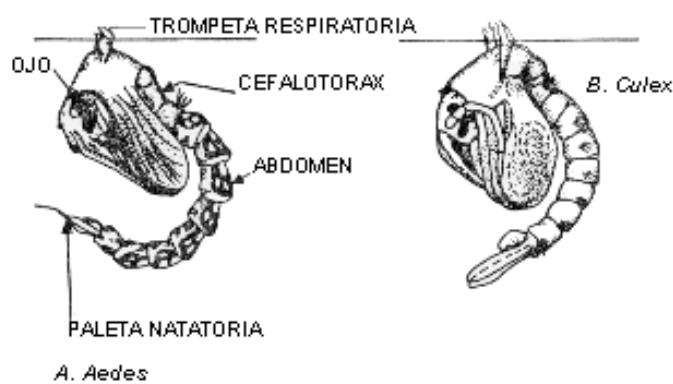
El cuerpo de la pupa se compone de una gran porción globular, el céfalo-tórax, y un abdomen estrecho articulado que se mantiene flexionado en el marco del céfalo-tórax (Figura 4). Carece de aparato bucal al no tener necesidad de alimentarse en esta etapa del desarrollo. El abdomen de la pupa es aplanado dorsoventralmente y consta de nueve segmentos, el último de los cuales es muy pequeño y lleva adheridos los remos terminales. Los segmentos están esclerotizados y conectados por las membranas intersegmentarias, posibilitando los movimientos de flexión y extensión, pero con poco o ningún movimiento lateral (Becker *et al.*, 2010).

Figura 3. Larva de mosquito



Fuente: Becker *et al.*, 2010

Figura 4. Pupa de mosquito



Fuente: Becker *et al.*, 2010

2. Justificación y objetivos

Dado el impacto que tienen los culícidos sobre el bienestar de las personas y animales, debido por una parte a las molestias que ocasionan sus picaduras, y por otra, por su potencial para transmitir enfermedades, nos planteamos llevar a cabo el estudio de estos insectos en un entorno urbano, así como el de los factores ambientales que condicionan tanto su presencia como su abundancia.

Los **objetivos** que se persiguen en el trabajo son:

- Identificar las distintas especies de mosquitos presentes en los dos humedales del área de estudio (embalse de Las Cañas en Navarra y parque de La Grajera en Logroño) así como en el río Iregua a su paso por Logroño, incidiendo en aquellas especies con interés en Salud Pública y Sanidad Animal.
- Describir la frecuencia y abundancia de las especies de mosquitos previamente identificadas.
- Estudiar la dinámica poblacional de los mosquitos a través de las variables ambientales en el área de estudio.
- Discutir el posible impacto en Salud Pública de las especies identificadas en función de su frecuencia, dinámica poblacional y capacidad vectorial.

3. Metodología

3.1. Área de estudio

Se analizaron tres sistemas acuáticos directamente relacionados con la ciudad de Logroño: los humedales de La Grajera y Las Cañas y el río Iregua dentro de la ciudad de Logroño.

Embalse de La Grajera

La Grajera es un parque urbano de 427 ha, distante 5 km del centro de la ciudad de Logroño. Dentro de este espacio se encuentra el humedal de La Grajera, que se construyó hace más de un siglo aprovechando la existencia de una pequeña laguna con el fin de servir de reserva de agua para regar las huertas de la ciudad. En las últimas décadas se ha acondicionado todo el entorno, y se ha convertido en un parque urbano semi naturalizado con diversas alternativas de ocio. El humedal, actualmente protegido, posee una zona húmeda de 50,56 ha (Figura 5) con una lámina de agua permanente abastecida por una única entrada. La biodiversidad biológica de este humedal es muy amplia, incluyendo numerosas especies de aves, muchas de ellas migratorias que siguen las rutas procedentes de África. Estas circunstancias convierten a este humedal en un punto de especial interés

en la vigilancia de la presencia de arbovirus como el virus del Oeste del Nilo (WNV), entre otros (Ruiz Arrondo *et al.*, 2017).

Embalse de Las Cañas

La Laguna de Las Cañas se localiza en el extremo occidental de Navarra (Figura 6), dentro del municipio de Viana y muy cerca de la provincia de Álava y la comunidad autónoma de La Rioja. Se trata de un humedal con una superficie de 101 ha ocupadas por agua libre, en el centro, y la vegetación característica de estos lugares (tamarizales, carrizales, prado-junciales y pastizales). Su profundidad máxima es de 3 m y actualmente tiene capacidad para embalsar cerca de 1,5 Hm³ de agua. La presencia de agua en el embalse es casi permanente aunque, en función del rigor del clima y de la necesidad de extracción de agua para riego, la lámina de agua puede fluctuar ostensiblemente. La temperatura media anual es de unos 13°C (Gobierno de Navarra, 2018).

Figura 5. Embalse de La Grajera (La Rioja)



Figura 6. Embalse de Las Cañas (Navarra)



Río Iregua

El río Iregua tiene una longitud de unos 64 km y recoge aguas de una cuenca vertiente de 692 km². Nace en Sierra Cebollera, a más de 2.000 msnm (metros sobre el nivel del mar). Presenta una dirección dominante sur-norte con afluentes de pequeña importancia y pertenece a la comunidad autónoma de La Rioja en el 95% de su territorio. Las precipitaciones más abundantes se producen en otoño y primavera y las menores en verano. Este régimen es atlántico con cierta continentalización. En la zona de cabecera la precipitación invernal suele presentarse en forma de nieve. Esta nieve permanece en la cumbre hasta el mes de mayo o junio (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2006). El punto seleccionado se localizó dentro de la ciudad de Logroño cerca de su desembocadura en el río Ebro.

3.2. Captura de mosquitos

Para la captura de mosquitos se utilizaron trampas BG-Sentinel (Biogents AG, Regensburg, Alemania) cebadas con CO₂ en forma de hielo seco y el atrayente BG-Lure (Biogents AG, Regensburg, Alemania). Salvo excepciones, se colocaron 5 trampas en los humedales (distribuidas a lo largo del perímetro de la zona húmeda del humedal) y 4 trampas en el río Iregua a lo largo de su curso en la ciudad de Logroño. Las trampas se colocaron al atardecer y se retiraron tras el amanecer del día siguiente. Los insectos son atraídos por el CO₂ y el cebo oloroso y al acercarse a la parte superior de la trampa, resultan aspirados por la corriente de succión creada por la hélice del ventilador y van a parar al interior de la bolsa. Mientras la hélice se mantiene en funcionamiento existe corriente de aire de fuera hacia el interior y los insectos no pueden escapar (Breyev, 1958).

En la recogida de las trampas, las bolsas de tul con los insectos capturados de cada trampa se guardaba con cuidado en una caja de poliespán y se transportaba al laboratorio donde los insectos capturados se eutanasian por frío para su posterior procesado e identificación. Las trampas se colocaron con una periodicidad de 2 semanas; en 2016 el periodo de captura fue del 21/07 al 30/09 y en 2017 del 09/05 al 29/09. Durante la colocación y retirada de las trampas se procedió a la captura de mosquitos hembra con la técnica de aspiración sobre cebo vivo.

3.3. Identificación de los ejemplares y montaje de machos

Todas las muestras fueron llevadas al laboratorio para su procesado e identificación. Estas muestras fueron introducidas en un congelador a -20°C para eutanasiar por frío a los mosquitos, de esta manera se evitaba dañar las muestras y permitía conservar todos los caracteres taxonómicos precisos para su clasificación. El siguiente paso fue seleccionar y separar, de entre todo el material recogido en las trampas, los ejemplares de culícidos. Para esta selección se empleó una lupa binocular con una fuente de luz fría, lo que además permitió diferenciar entre hembras y machos.

Las hembras fueron identificadas directamente bajo lupa binocular con la ayuda de claves taxonómicas de Schaffner *et al.* (2001) y Becker *et al.* (2010). Este trabajo fue realizado previamente por otro investigador, mientras que para la elaboración de esta memoria, me centré en el montaje e identificación de los machos. Proceso que se detalla a continuación.

Los machos de culícidos se introdujeron en placas de Petri hasta su montaje para conservación. Se trabajó con una lupa binocular (30x) iluminada con luz fría y se procedió a la separación de la genitalia. Después, se fijó la genitalia en alcohol de 70°C durante 3 días en un tubo Eppendorf. La preparación se realizó también bajo una lupa binocular, colocando una

gota de líquido de Hoyer sobre el portaobjetos. A continuación, se diseccionó la genitalia del macho con la ayuda de una aguja enmangada y de un pincel, y se depositó sobre la gota de líquido de montaje. La genitalia debía de colocarse de manera adecuada, dorsoventralmente, para realizar posteriormente una correcta observación bajo microscopio. Finalmente se colocó un cubreobjetos, procurando que no quedaran burbujas de aire en el interior. La preparación se mantuvo durante una semana a 37°C, periodo en el que la genitalia se aclaró suficientemente para poder observar las estructuras anatómicas que permitieran una correcta identificación taxonómica.

Pasados esos 7 días se selló con laca los bordes del cubreobjetos para impedir la rehidratación de la muestra. La identificación específica se realizó mediante la observación bajo el microscopio a 10x y 40x aumentos ayudándose de claves taxonómicas (Ruiz Arrondo, 2012).

3.4. Variables en el estudio

Los datos correspondientes a los mosquitos se recogieron inicialmente en una hoja de Microsoft Excel 2010, de forma que para cada especie de mosquito se recogió la información que figura en la Tabla 1. Posteriormente se exportaron los datos a la base de datos Microsoft Access 2010 para poder gestionar la información; además mediante el diseño de consultas en SQL (*Structured Query Language*) se generaron nuevas variables a partir de las ya existentes. En este estudio se calcularon de esta forma el total de mosquitos hembras y machos capturados en cada punto de muestreo y la suma total de ambos, y el promedio de capturas por trampa.

Tabla 1. Variables entomológicas correspondientes a cada trampa en el estudio

Variable	Tipo	Descripción
PUNTO	Nominal	Zona de muestreo (La Grajera, Las Cañas, Iregua)
DIA	Fecha	Día del muestreo
COD_TRAMPA	Nominal	Código de la trampa
[ESPECIE]_H	Entero	Ejemplares hembra de cada especie encontrada
[ESPECIE]_M	Entero	Ejemplares machos de cada especie encontrada

Por otra parte se obtuvieron los datos climáticos de la estación meteorológica más próxima a cada uno de las tres zonas de muestreo (Tabla 2) para el periodo de 01/01/2016 a 31/12/2017. Para ello accedimos a la información publicada por el Gobierno de La Rioja (2018) y la Comunidad Foral de Navarra (2018).

Se exportó toda la información climática a hojas de Microsoft Excel y luego las variables climáticas de interés se exportaron de forma unificada a Microsoft Access 2010 según se muestra en la Tabla 3. Posteriormente mediante consultas SQL se generaron nuevas variables correspondientes a valores acumulados o promedio en 1 o 2 semanas previas al momento de muestreo (Tabla 4) (ver Anexo).

Tabla 2. Estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio

Punto	Estación meteorológica	Altitud (msnm)	UTM X	UTM Y
La Grajera	La Grajera	465	540001	4698711
Iregua	SOS Rioja	408	543408	4700460
Las Cañas	Bargota MAPAMA	385	557918	4703671

Tabla 3. Variables climáticas recogidas para cada día

Variable	Unidades	Tipo	Descripción
PUNTO	-	Nominal	Estación meteorológica
DIA	-	Fecha	Día del muestreo
HR	%	Entero	Humedad relativa del aire
PRECIPITA	l/m ²	Decimal	Precipitación acumulada
RADIACION	w/m ²	Decimal	Radiación global media
T_MED	°C	Decimal	Temperatura media del aire
T_MIN	°C	Decimal	Temperatura mínima del aire
T_MAX	°C	Decimal	Temperatura máxima del aire
VEL_VIENTO	km/h	Decimal	Velocidad del viento

Tabla 4. Variables climáticas generadas mediante consulta SQL

Variable	Unidades	Descripción
SUM_PRECIPITA	l/m ²	Precipitación acumulada en la semana previa
SUM_PRECIPITA2	l/m ²	Precipitación acumulada en las 2 semanas previas
SUM_T_MED	°C	Temperatura media acumulada en la semana previa
SUM_T_MED2	°C	Temperatura media acumulada en las 2 semanas previas
MIN_T_MIN	°C	Mínima de temperaturas mínimas en la semana previa
AVG_T_MIN	°C	Media de temperaturas mínimas en la semana previa
AVG_T_MAX	°C	Media de temperaturas máximas en la semana previa
MAX_T_MAX	°C	Máxima de temperaturas máximas en la semana previa
T_VAR	°C	Variación de temperatura diaria (T_MAX-T_MIN)
AVG_T_VAR	°C	Media de variación de temperatura diaria en la semana previa

Finalmente se crearon diversas consultas para cruzar la información de la tabla con los datos entomológicos (MOSQUITOS_TRAMPA) y la tabla con los datos climáticos (CLIMA) y el resultado de las consultas se exportó a una hoja de Microsoft Excel para su análisis estadístico.

3.5. Análisis estadístico

Los datos recogidos en Microsoft Access 2010 se exportaron a hojas de cálculo de Microsoft Excel 2010, que se pueden importar desde el programa estadístico IBM SPSS 19.0 para Windows con el que se realizó el análisis estadístico. Para la elaboración de gráficas se utilizaron tanto este último como Microsoft Excel 2010.

Las variables cualitativas se describieron usando frecuencias absolutas y relativas, mientras que para describir las variables cuantitativas se utilizaron la media y la mediana como medidas de tendencia central, la desviación estándar (s) como medida de dispersión y el rango (Daniel, 2000). Para evaluar la asociación entre variables cuantitativas y cualitativas se determinó en primer lugar si las variables cuantitativas seguían una distribución normal en cada una de las categorías de la variable cualitativa mediante la prueba de Shapiro-Wilk (dado que el tamaño de muestra fue inferior a 50). En caso de que fuera normal en todas las categorías se utilizaron pruebas paramétricas (prueba t de Student para muestras independientes cuando la variable cualitativa fue dicotómica, o el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba *post hoc* de Duncan en el resto de casos), y cuando la variable cuantitativa no fue normal en al menos una de las categorías se emplearon las pruebas no paramétricas alternativas (prueba U de Mann-Whitney y prueba de Kruskal-Wallis, respectivamente) (Daniel, 2000).

La correlación entre dos variables cuantitativas se evaluó cuando ambas estaban distribuidas normalmente mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r), o con el coeficiente de correlación de Spearman (ρ) cuando al menos una de ellas no seguía una distribución normal.

El error alfa se estableció en 0,050 que corresponde a un nivel de confianza del 95% de forma que cuando los valores de p obtenidos en las pruebas de contraste fueron menores de 0,050 se determinó que existía asociación estadísticamente significativa.

4. Resultados y discusión

4.1. Especies capturadas de ambos sexos en las tres zonas de muestreo

Finalmente se realizaron un total de 47 muestreos (12 en el río Iregua, 18 en La Grajera y 17 en Las Cañas) en los que se capturaron un total de 6.658 individuos pertenecientes a 5 géneros y 19 especies distintas.

En la Tabla 5 podemos ver de modo general, y teniendo en cuenta los datos totales de las capturas en cada zona, que el 58% de los individuos se recogieron de las trampas situadas en La Grajera (3.702 culícidos de 18 especies), un 39% en las trampas de Las Cañas (2.525 culícidos de 16 especies) y sólo un 3% en el río Iregua (431 culícidos de 13 especies).

Tabla 5. Número de mosquitos capturados (según especie y sexo) y su distribución en las diferentes zonas de muestreo

Especie	n	%	H	M	Iregua	La Grajera	Las Cañas	
<i>An. algeriensis</i>	617	9,3%	613	4	0	0,0%	587 15,9%	30 1,2%
<i>An. claviger</i> s.l.	441	6,6%	440	1	9	2,1%	427 11,5%	5 0,2%
<i>An. maculipennis</i> s.l.	36	0,5%	19	17	2	0,5%	6 0,2%	28 1,1%
<i>An. plumbeus</i>	5	0,1%	4	1	4	0,9%	0 0,0%	1 0,0%
<i>An. spp</i>	33	0,5%	33	-	0	0,0%	32 0,9%	1 0,0%
<i>Ae. berlandi</i>	1	0,0%	1	0	0	0,0%	1 0,0%	0 0,0%
<i>Ae. caspius</i>	1.245	18,7%	1.245	0	6	1,4%	53 1,4%	1.186 47,0%
<i>Ae. detritus</i>	10	0,2%	10	0	0	0,0%	2 0,1%	8 0,3%
<i>Ae. vexans</i>	64	1,0%	44	20	0	0,0%	60 1,6%	4 0,2%
<i>Ae. spp</i>	40	0,6%	40	-	0	0,0%	0 0,0%	40 1,6%
<i>Cq. richiardii</i>	1.857	27,9%	1.814	43	8	1,9%	1.616 43,7%	233 9,2%
<i>Cx. pipiens</i>	1.504	22,6%	1.350	154	299	69,4%	625 16,9%	580 23,0%
<i>Cx. modestus</i>	348	5,2%	348	0	54	12,5%	77 2,1%	217 8,6%
<i>Cx. mimeticus</i>	4	0,1%	1	3	3	0,7%	1 0,0%	0 0,0%
<i>Cx. theileri</i>	160	2,4%	158	2	2	0,5%	77 2,1%	81 3,2%
<i>Cx. impudicus</i>	4	0,0%	4	0	0	0,0%	4 0,2%	0 0,0%
<i>Cx. spp</i>	96	1,4%	96	-	21	4,9%	33 0,9%	42 1,7%
<i>Cs. annulata</i>	40	0,6%	40	0	5	1,2%	27 0,7%	8 0,3%
<i>Cs. longiareolata</i>	29	0,4%	22	7	11	2,6%	18 0,5%	0 0,0%
<i>Cs. litorea</i>	30	0,5%	27	3	4	0,9%	17 0,5%	9 0,3%
<i>Cs. subochrea</i>	88	1,3%	88	0	3	0,7%	37 1,0%	48 1,9%
<i>Cs. spp</i>	1	0,0%	1	-	0	0,0%	1 0,0%	0 0,0%
<i>U. unguiculata</i>	5	0,1%	4	1	0	0,0%	1 0,0%	4 0,2%
Total	6.658		6.369	256	431		3.702	2.525

En primer lugar, se analizaron los resultados sobre los distintos tipos de especies capturadas en las tres zonas de captura y cuáles de éstas eran más abundantes.

El total de individuos capturados a lo largo de estudio fue de 6.658 individuos, de los cuales *Cq. richiardii* fue la especie más abundante (27,9%) seguida de *Cx. pipiens* (22,6%), *Ae. caspius* (18,7%), *An. algeriensis* (9,3%), *An. claviger* s.l. (6,6%) y *Cx. modestus* (5,2%).

Es reseñable también la distribución de las capturas en las tres zonas de estudio; los individuos de *Cq. richiardii* se encontraron en un elevado porcentaje en La Grajera (43,7%), mientras que apenas se capturaron ejemplares en Las Cañas (9,2%) ni en las trampas situadas en el río Iregua (1,9%). En *Ae. caspius* se observa una tendencia similar en su presencia en las trampas del río Iregua, mientras que a diferencia de *Cq. richiardii*, el mayor porcentaje se encuentra en Las Cañas (47,0%) y apenas en La Grajera (1,4%).

Con la especie *Cx. pipiens* ocurrió justamente lo contrario, ya que se trató de la especie más frecuente en las capturas en el río Iregua (69,4%), teniendo menor relevancia en los dos humedales (16,9% en La Grajera y 23,0% en Las Cañas). Otra especie del género *Culex*, *Cx. modestus*, se presentó con una proporción similar en el río Iregua y Las Cañas pero en una proporción notablemente inferior en La Grajera.

Las dos especies más representadas de *Anopheles* (*An. algeriensis* y *An. claviger* s.l.) siguieron una distribución similar en la zona de captura, destacando la presencia de éstas en La Grajera, y apenas algún ejemplar en los otros dos zonas del estudio.

Otro hallazgo a destacar es el contraste entre el número de machos y hembras de las especies capturadas; de los 6.658 individuos capturados, 6.369 fueron hembras (95,7%) y 256 (4,3%) machos. Analizando especie por especie, se puede observar que es norma la predominancia en el número de hembras frente al número de machos, salvo en *Cx. mimeticus*, excepción llamativa por la mayor presencia de machos.

Además la diversidad de especies fue mayor en hembras, ya que se encontraron hembras de las 19 especies, y sin embargo sólo se capturaron machos de 12 especies distintas.

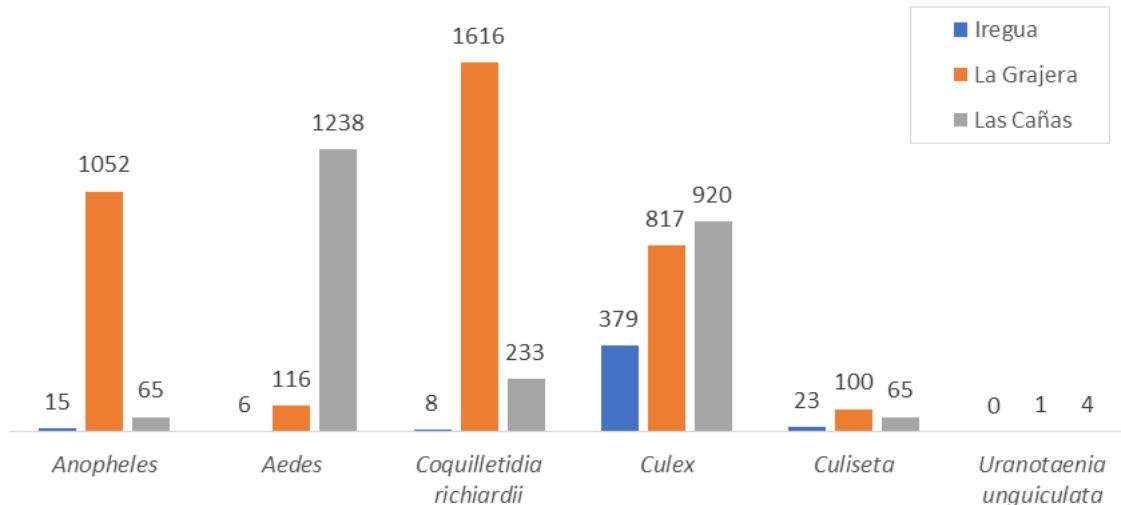
Si agrupamos los distintos culícidos por género (Tabla 6 y Figura 7) podemos ver globalmente el predominio de *Culex* spp. y *Coquillettidia* spp. como los géneros más abundantes capturados. Sin embargo al considerar la zona de muestreo este resultado cambia notablemente, ya que en el río Iregua el género predominante fue *Culex* (87,9%), mientras que en La Grajera fue *Coquillettidia* (43,7%) y *Anopheles* (28,4%) y en Las Cañas fueron *Aedes* (49,0%) y *Culex* (36,4%). Estos resultados nos indican que existen importantes diferencias en la composición de las poblaciones de mosquitos según las zonas, y podría deberse tanto a las características del medio acuático como a las condiciones ambientales. Hay que destacar que en La Grajera se mantiene una lámina de agua bastante estable, mientras que Las Cañas sufre importantes

oscilaciones del aforo. En el caso del río Iregua depende de los cambios estacionales del caudal y de las precipitaciones.

Tabla 6. Número de mosquitos capturados agrupados por género en las distintas zonas de muestreo

Género	n	%	H	M	Iregua	La Grajera	Las Cañas
<i>Anopheles</i>	1.132	17,0%	1.076	23	15	3,5%	1.052 28,4%
<i>Aedes</i>	1.360	20,4%	1.340	20	6	1,4%	116 3,1%
<i>Coquilletidia</i>	1.857	27,9%	1.814	43	8	1,9%	1.616 43,7%
<i>Culex</i>	2.116	31,8%	1.957	159	379	87,9%	817 22,1%
<i>Culiseta</i>	188	2,8%	178	10	23	5,3%	100 2,7%
<i>Uranotaenia</i>	5	0,1%	4	1	0	0,0%	1 0,0%
Total	6.658		6.369	256	431	3.702	2.525

Figura 7. Distribución de los distintos géneros según la zona



En relación con las especies capturadas con la técnica cebo vivo destacan *Ae. caspius* (n=2 en La Grajera y n=27 en Las Cañas) y *Cq. richiardii* (n=5 en La Grajera, n=2 en Las Cañas y n=1 en el río Iregua). También se capturaron de forma esporádica en el río Iregua: *An. plumbeus* (n=1) y *Cx. modestus* (n=2), en La Grajera *Ae. vexans* (n=1), y en Las Cañas, *Ae. detritus* (n=1) y *Cs. subochrea* (n=1). Estos resultados serían indicativos del carácter antropófilo de estas siete especies.

4.2. Estudio de *An. algeriensis* en función de la zona

Se trata de un mosquito ampliamente distribuido a lo largo del mediterráneo y el norte de África. En Europa central se han podido capturar ejemplares en Inglaterra, Alemania, norte de Francia, Hungría y Bulgaria. *Anopheles algeriensis* se considera un mosquito exófilo; los adultos

descansan en vegetación densa y atacan a sus hospedadores en zonas amplias y abiertas, evitando entrar en casas o establos. Aunque su capacidad vectorial es alta, es considerado un vector secundario debido a su escasa abundancia (Becker *et al.*, 2010).

A lo largo del estudio, se han observado diferencias significativas entre las capturas de *An. algeriensis* según el punto de muestreo ($p<0,001$). Se capturaron individuos de esta especie en La Grajera y Las Cañas, teniendo La Grajera una cantidad de capturas significativamente mayor (Tabla 7).

Hay que destacar que en el río Iregua no se capturó ningún ejemplar de esta especie, quizás porque los focos larvarios que se forman en la orilla del río no son los adecuados para su desarrollo. En el río Iregua sólo se produce esta circunstancia tras grandes avenidas o precipitaciones que inundan ciertas zonas, formando los hábitats adecuados para la cría de esta especie.

Tabla 7. Promedios de capturas por trampa de *An. algeriensis* realizadas en las distintas zonas de estudio

Zona	n	Media	s	Mediana
Iregua	12	0,000	-	-
La Grajera	18	6,526	7,147	4,0
Las Cañas	17	0,533	0,946	0,4
Total	35	2,692	5,344	0,4

Significación según la prueba de U de Mann-Whitney, $p<0,001$

4.3. Estudio de *An. claviger* s.l. en función de la zona

Anopheles claviger s.l. se distribuye ampliamente por la región de Escandinavia, Estonia y área de San Petersburgo (Rusia). También se ha encontrado desde zonas centrales de Suecia y Noruega hasta el norte de África, Cáucaso y área de Crimea. En las montañas de Asia central se ha llegado a capturar a altitudes superiores a los 2.000 msnm, y su rango se extiende también por Iraq, Irán y Pakistán (Becker *et al.*, 2010). En cuanto a su importancia médica, *An. claviger* s.l. es un vector potencial de malaria. Aunque su importancia epidemiológica no es significativa debido a su escasa presencia, se ha identificado como principal vector en la región este del Mediterráneo.

En el estudio hemos observado diferencias significativas entre las capturas de *An. claviger* s.l. según el punto de muestreo ($p<0,001$). Se han capturado ejemplares en las tres zonas de estudio, pero destaca La Grajera en cantidad de capturas por trampa (Tabla 8).

Tabla 8. Promedios de capturas por trampa de *An. claviger* s.l. realizadas en las distintas zonas de estudio

Zona	n	Media	s	Mediana
Iregua	12	0,187 ^a	0,355	0,0
La Grajera	18	4,757 ^b	4,618	2,8
Las Cañas	17	0,101 ^a	0,244	0,0
Total	35	1,907	3,618	0,2

Significación según la prueba de Kruskal-Wallis, p<0,001. Diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba U de Mann-Whitney aplicada por parejas

4.4. Estudio de *Ae. caspius* en función de la zona

Aedes caspius es una especie potencialmente autógena y exófila. Se trata de una especie muy agresiva para el ser humano y un buen número de campañas de control en el ámbito mediterráneo están particularmente centradas en esta especie: España, Francia, Italia, Grecia... (Schaffner *et al.*, 2001). Es vector de filariosis animales y de varios arbovirus (Tahyna, mixomatosis...), y puede encontrarse en la naturaleza infectado con virus de la fiebre del WNV y *Francisella tularensis* (agente etiológico de la tularemia) (Schaffner *et al.*, 2001).

En el estudio hemos observado diferencias significativas entre las capturas de *Ae. caspius* según el punto de muestreo (p<0,001) (Tabla 9). Se han capturado ejemplares en las tres zonas, pero destaca el embalse de Las Cañas en cantidad de capturas (media=69,76 capturas/trampa/día).

Tabla 9. Promedios de capturas por trampa de *Ae. caspius* realizadas en las distintas zonas de estudio

Zona	n	Media	s	Mediana
Iregua	12	0,500 ^a	0,674	0,0
La Grajera	18	2,940 ^b	3,764	1,0
Las Cañas	17	69,764 ^c	125,050	11,0
Total	47	26,490	80,806	2,0

Significación según la prueba de Kruskal-Wallis, p<0,001. Diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba U de Mann-Whitney aplicada por parejas

4.5. Estudio de *Cq. richiardii* en función de la zona

En Europa, *Cq. richiardii* está ampliamente distribuida por todo el continente. En cuanto a su importancia médica, se han detectado hembras infectadas con WNV y virus de la fiebre hemorrágica en poblaciones silvestres (Detinova y Smelova, 1973).

En nuestro estudio observamos diferencias significativas en la presencia de esta especie en los diferentes humedales, destacando la presencia en La Grajera casi en su totalidad (Tabla 10).

Cabe destacar que *Cq. richiardii* ha sido la especie más abundante en el estudio junto con *Cx. pipiens*, así como también es destacable su escasa presencia en el río Iregua respecto a los dos humedales.

Tabla 10. Promedios de capturas por trampa de *Cq. richiardii* realizadas en las distintas zonas de estudio

Zona	n	Media	s	Mediana
Iregua	12	0,666 ^a	0,984	0,0
La Grajera	18	89,777 ^c	74,797	89,0
Las Cañas	17	13,705 ^b	14,627	9,0
Total	47	39,510	61,406	9,0

Significación según la prueba de Kruskal-Wallis, p<0,001. Diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba U de Mann-Whitney aplicada por parejas

4.6. Estudio de *Cx. pipiens* en función de la zona

Es una especie cosmopolita, y por ello *Cx. pipiens* es desde hace mucho tiempo una de las especies más estudiadas. Diferentes poblaciones de mosquitos de esta especie presentan comportamientos reproductores y tróficos diversos que dependen aparentemente del biotopo del foco larvario.

Es una especie con escasa capacidad de vuelo, apenas unos pocos centenares de metros. Parece jugar un papel menor como vector de arbovirus en Europa. Sin embargo, está demostrada su capacidad para la transmisión de algunos arbovirus en la naturaleza (Becker *et al.*, 2010) y dirofilarias (Aranda *et al.*, 1998). Finalmente hay que tener en cuenta que *Cx. pipiens* es altamente susceptible a la infección por WNV y puede tener un papel relevante en ejercer como especie puente en la transmisión entre aves y personas (Turell *et al.*, 2000).

Tabla 11. Promedios de capturas por trampa de *Cx. pipiens* realizadas en las distintas zonas de estudio

Zona	n	Media	s	Mediana
Iregua	12	24,916	18,213	22,0
La Grajera	18	34,722	45,471	12,5
Las Cañas	17	34,117	21,479	31,0
Total	47	32,000	31,962	23,0

Significación según la prueba de Kruskal-Wallis, p=0,369

En este caso (Tabla 11), no se observaron diferencias significativas en la cantidad de individuos de esta especie en los humedales estudiados ($p=0,369$). Aunque como se explicó en la Tabla 5 esta especie es la más frecuentemente capturada en el río Iregua, donde hay una menor diversidad comparada con la encontrada en los otros dos humedales.

4.7. Estudio de *Cx. modestus* en función de la zona

Es un culícido de pequeño tamaño en comparación con otras especies del género *Culex*. Es agresivo, pudiendo causar considerables molestias en algunas regiones, especialmente a finales de verano cuando las especies de aedinos ligadas a inundaciones (*Aedes*, *Ochlerotatus*) ya han desaparecido (Becker *et al.*, 2010).

Culex modestus es un excelente vector, que ha sido implicado en la transmisión del WNV, el virus Tahyna y el de la mixomatosis. También se ha encontrado infectado por *Fr. tularensis*, los virus Sinbis y Ledvige y por *Dirofilaria immitis* (Schaffner *et al.*, 2001).

Durante el estudio de *Cx. modestus* se encontraron diferencias significativas según el punto de muestreo ($p=0,018$) (Tabla 12). Destaca la mayor cantidad de capturas en el embalse de Las Cañas, con respecto a las otras dos zonas.

Tabla 12. Promedios de capturas por trampa de *Cx. modestus* realizadas en las distintas zonas de estudio

Zona	n	Media	s	Mediana
Iregua	12	4,500 ^a	14,061	0,0
La Grajera	18	4,277 ^a	13,459	0,0
Las Cañas	17	12,764 ^b	17,111	5,00
Total	47	7,400	12,255	0,0

Significación según la prueba de Kruskal-Wallis, $p=0,018$. Diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba U de Mann-Whitney aplicada por parejas

4.8. Correlación entre las especies de mosquitos capturadas con mayor frecuencia

Cuando contrastamos la correlación entre las especies más frecuentemente capturadas en nuestro estudio observamos que existía una correlación moderada pero muy significativa entre tres especies: *An. algeriensis*, *An. claviger* s.l. y *Cq. richiardii* (Tabla 13), lo que podría indicar que tiene requerimientos climáticos y/o ambientales similares.

También se ha observado que la cantidad de capturas de *Cx. modestus* está relacionado con *Ae. caspius* y *Cx. pipiens* (aunque no se observa correlación entre estos dos últimos). En este caso la correlación fue baja.

En el resto de los casos no observamos ninguna correlación significativa de la cantidad de capturas con las variables climáticas recogidas.

Tabla 13. Coeficientes de correlación de Spearman de las capturas por trampa entre las especies más frecuentes (entre paréntesis se indica la significación estadística)

	<i>An. claviger s.l.</i>	<i>Ae. caspius</i>	<i>Cq. richiardii</i>	<i>Cx. pipiens</i>	<i>Cx. modestus</i>
<i>An. algeriensis</i>	0,687 (<0,001)	0,074 (0,623)	0,762 (<0,001)	0,065 (0,665)	0,018 (0,905)
<i>An. claviger s.l.</i>	-	-0,094 (0,529)	0,600 (<0,001)	-0,097 (0,516)	-0,269 (0,067)
<i>Ae. caspius</i>		-	0,256 (0,083)	0,158 (0,290)	0,302 (0,039)
<i>Cq. richiardii</i>			-	0,263 (0,075)	0,199 (0,179)
<i>Cx. pipiens</i>				-	0,362 (0,013)

4.9. Características climáticas de las zonas de estudio

Los datos climáticos de las tres zonas muestreadas se muestran en la Tabla 14, y son indicativos del periodo en el que se realizó el estudio (meses de mayo a septiembre). Al analizar su relación con la zona de estudio no se encontraron diferencias significativas excepto en el caso de la humedad relativa y la velocidad del viento durante los días en que se colocaron las trampas.

Tabla 14. Características climáticas globales de las zonas de estudio (n=47)

Variable	Media	s	Mediana	Mínimo	Máximo
Humedad relativa (%)	57,28	9,22	58,0	33,0	79,0
Precipitación (l/m ²)	0,53	1,77	0,0	0,0	9,9
Radiación solar (w/m ²)	260,38	73,44	256,6	65,3	387,0
Temperatura media (°C)	21,28	3,77	22,1	13,8	27,6
Temperatura mínima (°C)	14,72	3,62	15,3	3,8	20,2
Temperatura máxima (°C)	28,93	4,90	30,3	17,6	36,2
Velocidad del viento (km/h)	13,85	12,55	8,0	2,8	46,1

En las Tablas 15 y 16 se puede apreciar que la zona correspondiente al río Iregua presenta diferencias significativas con los dos humedales estudiados. Por una parte la humedad relativa es significativamente menor a la registrada en La Grajera y Las Cañas, lo que puede estar asociado con la mayor cantidad de vegetación en estas zonas.

No podemos explicar la mayor velocidad del viento observada en el río Iregua, y podría deberse a la ubicación de la estación meteorológica utilizada como referencia, por lo que los resultados correspondientes a esta variable serían cuestionables en esta zona de estudio.

Tabla 15. Humedad relativa (%) promedio estratificada según la zona de estudio

Zona	n	Media	s	Mediana	Mínimo	Máximo
Iregua	12	51,50 ^a	9,05	53,5	33,0	61,0
La Grajera	18	58,11 ^b	10,40	57,5	41,0	79,0
Las Cañas	17	60,47 ^b	6,03	60,0	50,0	69,0
Total	47	57,28	9,22	58,0	33,0	79,0

Significación según la prueba ANOVA, p=0,028. Diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba *post hoc* de Duncan

Tabla 16. Velocidad del viento (km/h) promedio estratificada según la zona de estudio

Zona	n	Media	s	Mediana	Mínimo	Máximo
Iregua	12	34,19 ^b	5,23	34,0	26,6	46,1
La Grajera	18	7,54 ^a	2,85	7,4	3,9	14,1
Las Cañas	17	6,17 ^a	2,82	4,9	2,8	11,5
Total	47	13,85	12,55	8,0	2,8	46,1

Significación según la prueba ANOVA, p<0,001. Diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba *post hoc* de Duncan

4.10. Influencia de las variables climáticas en la abundancia de mosquitos

Se analizaron en primer lugar las posibles correlaciones entre las variables climáticas recogidas y las capturas promedio por trampa de las seis especies más frecuentes (Tabla 17).

No se encontraron correlaciones significativas con la precipitación recogida el día de la captura, ni con la radiación solar.

En cuanto a la humedad relativa, se observó correlación positiva y baja con *An. algeriensis* ($\rho=0,295$); lo que indica que al aumentar la humedad relativa había mayor cantidad de capturas por trampa.

Las temperaturas estuvieron correlacionadas de forma positiva con la cantidad de *Cq. richiardii* y *Cx. pipiens*, no así en el resto de especies. Se observó una correlación positiva tanto en las temperaturas medias del día de muestreo como en las temperaturas máximas con ambas especies. Sin embargo la temperatura mínima registrada solo se correlacionó positivamente con la cantidad de capturas de *Cx. pipiens*.

A pesar de lo comentado anteriormente se analizó la velocidad del viento con la idea de saber si podía tener algún tipo de influencia en la actividad de los mosquitos, y sólo se encontró una correlación significativa negativa con *An. algeriensis*. Teniendo en cuenta que no se capturaron mosquitos de esta especie en el río Iregua (donde las mediciones de esta variable fueron elevadas), este resultado indicaría que el viento afecta a *An. algeriensis* probablemente por producir una mayor dificultad en el vuelo. Curiosamente no se observó este resultado con el resto de especies de mosquito.

Tabla 17. Coeficientes de correlación de Spearman de las capturas por trampa de las especies más frecuentes con las variables climáticas (entre paréntesis se indica la significación estadística)

	<i>An. algeriensis</i>	<i>An. claviger s.l.</i>	<i>Ae. caspius</i>	<i>Cq. richiardii</i>	<i>Cx. pipiens</i>	<i>Cx. modestus</i>
Humedad relativa (%)	0,295 (0,044)	-0,005 (0,972)	0,100 (0,504)	0,170 (0,253)	-0,114 (0,444)	0,183 (0,218)
Precipitación (l/m²)	0,050 (0,738)	0,080 (0,595)	0,024 (0,874)	-0,083 (0,581)	-0,232 (0,117)	-0,088 (0,555)
Radiación solar (w/m²)	-0,212 (0,152)	-0,046 (0,757)	-0,003 (0,987)	0,092 (0,538)	0,194 (0,191)	-0,124 (0,405)
Temperatura media (°C)	-0,001 (0,994)	0,051 (0,732)	0,257 (0,081)	0,329 (0,024)	0,361 (0,013)	0,228 (0,122)
Temperatura mínima (°C)	-0,002 (0,990)	0,129 (0,389)	0,155 (0,298)	0,284 (0,053)	0,309 (0,034)	0,239 (0,106)
Temperatura máxima (°C)	0,064 (0,667)	0,000 (0,998)	0,253 (0,086)	0,371 (0,010)	0,366 (0,011)	0,153 (0,305)
Velocidad del viento (km/h)	-0,415 (0,004)	-0,049 (0,743)	-0,213 (0,150)	-0,287 (0,051)	0,001 (0,995)	-0,200 (0,179)

A partir de las variables climáticas obtenidas de las estaciones meteorológicas de cada una de las zonas se generaron nuevas variables correspondientes al promedio, la suma, el mínimo y o el máximo de la semana previa (en ocasiones 2 semanas) al día del muestreo. En la Tabla 18 se muestran las correlaciones de estas nuevas variables climáticas generadas con las seis especies de mosquitos más frecuentemente capturados.

Las precipitaciones acumuladas en la semana anterior al día de muestreo se correlacionaron negativamente con *An. claviger s.l.* ($\rho = -0,005$) y *Cx. pipiens* ($\rho = -0,114$); es decir, un periodo de lluvias afecta negativamente a la aparición de estos individuos. Sin embargo, en el resto de especies no parece tener ninguna influencia.

Anteriormente vimos que la temperatura media diaria se correlacionaba positivamente con la cantidad de capturas de *Cq. richiardii* y *Cx. pipiens*. Sin embargo, observando la temperatura media acumulada en la semana anterior, observamos que en ambas especies y en

An. algeriensis esta correlación fue negativa, esto puede ser debido a la presencia de temperaturas máximas demasiado elevadas en los días previos al muestreo.

No obstante, si observamos la temperatura media acumulada dos semanas atrás, *Cx. pipiens* vuelve a presentar una correlación positiva, y podría deberse a la coincidencia con el periodo de emergencia.

Tabla 18. Coeficientes de correlación de Spearman de las capturas por trampa de las especies más frecuentes con las variables climáticas calculadas (entre paréntesis se indica significación estadística)

	<i>An. algeriensis</i>	<i>An. claviger s.l.</i>	<i>Ae. caspius</i>	<i>Cq. richiardii</i>	<i>Cx. pipiens</i>	<i>Cx. modestus</i>
Precipitaciones acumuladas en semana previa	0,020 (0,893)	0,291 (0,047)	0,239 (0,105)	0,154 (0,302)	-0,317 (0,030)	0,037 (0,805)
Precipitaciones acumuladas en 2 semanas previas	-0,028 (0,851)	0,130 (0,384)	0,285 (0,052)	0,027 (0,855)	-0,225 (0,128)	0,030 (0,841)
Temp. media acumulada en semana previa	-0,315 (0,031)	0,042 (0,781)	-0,089 (0,551)	-0,291 (0,047)	-0,491 (<0,001)	-0,063 (0,674)
Temp. media acumulada en 2 semanas previas	-0,144 (0,334)	-0,186 (0,210)	-0,001 (0,994)	0,091 (0,542)	0,391 (0,007)	0,283 (0,054)
Media de temp. mínimas en semana previa	-0,229 (0,122)	0,190 (0,200)	-0,648 (<0,001)	-0,274 (0,063)	-0,313 (0,032)	-0,330 (0,024)
Mínima de temp. mínimas en semana previa	0,141 (0,343)	0,027 (0,856)	-0,533 (<0,001)	0,015 (0,919)	0,308 (0,035)	-0,108 (0,469)
Media de temp. máximas en semana previa	-0,544 (<0,001)	-0,482 (0,001)	-0,045 (0,763)	-0,548 (<0,001)	-0,129 (0,388)	0,189 (0,203)
Máxima de temp. máximas en semana previa	-0,590 (<0,001)	-0,740 (<0,001)	0,400 (0,005)	-0,499 (0,001)	0,060 (0,691)	0,294 (0,045)
Variación diaria de temp.	0,052 (0,728)	-0,160 (0,282)	0,210 (0,157)	0,166 (0,265)	0,144 (0,335)	0,017 (0,911)
Promedio de variación diaria de temp.	-0,314 (0,031)	-0,497 (<0,001)	0,354 (0,015)	-0,325 (0,026)	-0,079 (0,599)	0,332 (0,022)

Al analizar el promedio de temperaturas mínimas la correlación es negativa, posiblemente porque la media de temperaturas mínimas sea más baja que la temperatura registrada ese día.

Este promedio de temperaturas mínimas afecta a las especies *Ae. caspius*, *Cx. pipiens* y *Cx. modestus*, de forma que aparentemente toleran mejor las temperaturas bajas. También se

observa algo similar con *Ae. caspius* que se correlaciona negativamente con la mínima de las temperaturas mínimas de la semana previa, aunque en *Cx. pipiens* ocurre lo contrario.

Se ha observado al estudiar el promedio de temperaturas máximas que existe una correlación negativas con especies como *An. algeriensis*, *An. claviger* s.l. y *Cq. richiardii* (posiblemente sensibles a temperaturas excesivamente elevadas).

Resultados similares para estas especies se encuentran al analizar el máximo valor de las temperaturas máximas registradas en los 7 días previos al muestreo, ya que observamos correlaciones significativas en todas las especies analizadas salvo en *Cx. pipiens*. Esta correlación sigue siendo negativa con *An. algeriensis*, *An. claviger* s.l. y *Cq. richiardii*, lo que encaja con lo comentado previamente sobre la sensibilidad de estas especies a las temperaturas altas.

Sin embargo, curiosamente esta correlación es positiva con *Ae. caspius* y *Cx. modestus*, lo que indicaría que su presencia se vería favorecida por temperaturas más elevadas.

Por último la variación de temperaturas registradas a lo largo del día de muestreo no parece afectar a ninguna de las especies. Sin embargo, el promedio de la variación de estas temperaturas afecta a casi todas las especies, a excepción de nuevo de *Cx. pipiens*. La correlación es positiva con *Ae. caspius* y *Cx. modestus*, y negativa con *An. algeriensis*, *An. claviger* s.l. y *Cq. richiardii*. Estos resultados indicarían que variaciones importantes a lo largo del día estarían relacionadas con la posibilidad de capturar *Ae. caspius* y *Cx. modestus*, mientras que reducirían la probabilidad de capturar *An. algeriensis*, *An. claviger* s.l. y *Cq. richiardii*.

5. Conclusiones

En base a las condiciones de nuestro estudio se han alcanzado las siguientes conclusiones:

PRIMERA: Se han identificado una amplia diversidad de especies de mosquitos pertenecientes a la familia Culicidae en el área cercana a la ciudad de Logroño lo largo de los años 2016 y 2017, especialmente en el embalse de Las Cañas y en La Grajera.

SEGUNDA: En dos de las especies más frecuentemente encontradas (*Cq. richiardii* y *Ae. caspius*) se ha constatado su carácter antropófilo al ser capturadas por la técnica de cebo vivo, lo que ha de tenerse en cuenta por las molestias que pueden producir especialmente en los visitantes de los humedales estudiados.

TERCERA: Existen abundantes poblaciones de mosquitos de seis especies en el área de estudio (*An. algeriensis*, *An. claviger* s.l., *Ae. caspius*, *Cq. richiardii*, *Cx. pipiens* y *Cx. modestus*), de las cuales *An. claviger* s.l. y *An. algeriensis* son potenciales vectores de malaria, y tanto estos dos anofelinos como el resto de especies pueden ser vectores de numerosos arbovirus. Esto implica un riesgo real de emergencia de las mismas y por tanto una amenaza contra la Salud Pública.

CUARTA: La abundancia de las poblaciones de mosquitos depende de una variedad de factores climáticos difíciles de interpretar, por lo que se necesita realizar estudios entomológicos más amplios para conocer las especies implicadas e implementar estrategias óptimas para vigilar y controlar las zonas afectadas.

Conclusions

Based on the conditions of our study, the following conclusions have been reached:

FIRST: We have identified a wide variety of mosquitoes belonging to the subfamily Culicidae in the area close to the city of Logroño over the years 2016 and 2017, especially in the reservoirs of Las Cañas and La Grajera.

SECOND: Two of the most frequently encountered species (*Cq. richiardii* and *Ae. caspius*) have found their character antrophic to be captured by the technique of live bait, which must be taken into account for the inconvenience they can produce especially in visitors of the wetlands studied.

THIRD: There are large populations of mosquitoes of six species in the study area (*An. algeriensis*, *An. claviger s.l.*, *Ae. caspius*, *Cq. richiardii*, *Cx. pipiens* and *Cx. modestus*), of which *An. claviger s.l.* and *An. algeriensis* are potential vectors of malaria, and these two anophelins and the rest of species can be vectors of numerous arbovirus. This implies a real risk of emergency and therefore a serious threat to public health.

FOURTH: The abundance of mosquito populations depends on a variety of climatic factors that have difficult interpretation, so broader entomological studies would need to be carried out to know the species involved and implement strategies to monitor and control the affected area.

6. Valoración personal

A lo largo del Grado de Veterinaria, el personal docente se ha esmerado en enseñarnos un poco de cada área que todo veterinario debería conocer, desde la Agronomía a las Zoonosis, pasando por todas las disciplinas de formación básica común, clínica y sanidad animal, producción animal, e higiene, tecnología y seguridad alimentaria.

Mi elección de este tema de trabajo surgió en parte por el interés hacia la Parasitología y la idea de intentar el reto que para mí suponía sumergirme en la Bioestadística.

Gracias a todo el periodo de trabajo, he podido manejar ejemplares de culícidos en laboratorio, aprender a montarlos y a identificarlos, guiada por mis directores del trabajo; también su ayuda ha sido fundamental para aprender a manejar bases de datos.

Además de este aprendizaje, he adquirido conciencia de la importancia de estos vectores en Salud Pública, su rápida y enorme difusión y su capacidad de transmitir enfermedades tan importantes para las personas como la malaria, el dengue, la fiebre amarilla, etc., y de la responsabilidad de los seres humanos en esta rápida distribución debido a la globalización, el cambio climático y la inmigración.

Por último, pero no menos importante, el Trabajo de Final de Grado que he elegido me ha dado una importante lección sobre la constancia, el trabajo en equipo y la capacidad de llegar a un objetivo si de verdad uno se aplica a ello.

7. Bibliografía

- Aranda C, Panyella O, Eritja R, Castellá K. Canine filariasis: Importance and transmission in the Baix Llobregat área, Barcelona (Spain). *Veterinary Parasitology*. 1998;77:267-275.
- Beaty BJ, Marquardt WC. *The biology of disease vectors*. University Press of Colorado, Colorado, USA, 1996; 632 pp.
- Becker N. *Life strategies of mosquitoes as an adaptation to their habitats*. *Bulletin of the Society of Vector Ecology*. 1989;14(1):6-25.
- Becker N, Petrić D, Boase C, Lane J, Zgomba M, Dahl C et al. *Mosquitoes and Their Control*. Boston, MA: Springer US; 2010.
- Breyev KA. On the use of ultra-violet light-traps for determining the specific composition and numbers of mosquito populations. *Parazit Sborn*. 1958;18:219-238.
- Briegel H, Kaiser C. Life-span of mosquitoes (Culicidae, Diptera) under laboratory conditions. *Gerontologia* 1973; 19:240–249.
- Bruce-Chwatt LJ, Zulueta de J. *The rise and fall of malaria in Europe. A historico-epidemiological study*. University Press, Oxford, 1980; 240 pp.
- Clements AN. *The physiology of mosquitoes*, Pergamon Press, Oxford, 1963; 395 pp.
- Clements AN. *The biology of mosquitoes, Vol 1. Development, nutrition and reproduction*. Chapman & Hall, London, 1992; 509 pp.
- Comunidad Foral de Navarra. *Meteorología y climatología de Navarra*. Disponible el 28 de abril de 2018 en URL: <http://meteo.navarra.es/estaciones>.
- Confederación Hidrográfica del Ebro. *Plan hidrológico del río Iregua*. 2006; 112 pp.
- Dahl C, Widahl LE, Nilsson C. *Functional analysis of the suspension feeding system in mosquitoes (Diptera: Culicidae)*. *Annals of the Entomological Society of America*. 1988;81:105-127.
- Daniel WW. *Biostatistics: A Foundation for Analysis in the Health Sciences*, 7th edition. John Wiley & Sons, Inc. 2000; 755 pp.
- Detinova TS, Smelova VA. Kvoprosu o medicinskem znatcheniy komarov (Culicidae, Diptera) fauni Sovyetskogo Soyuza. *Meditinskaia Parazitologija*. 1973;42(4):455-471.
- Eldridge BF, Edman JD. *Medical Entomology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London. 2000; 659 pp.

Gillett JD. Abdominal pulses in newly emerged mosquitoes *Aedes aegypti*. *Mosquito News*. 1983;43:359-361.

Gobierno de Navarra. *Reserva Natural de Las Cañas (Viana)*. Disponible el 28 de abril de 2018 en URL: <http://www.lagunadeviana.es/info/localizacion-es-0-73/donde-esta-es.html>.

Gobierno de la Rioja. Información agroclimática. Disponible el 28 de abril de 2018 en URL: <http://www.larioja.org/agricultura/es/informacion-agroclimatica>.

Horsfall WR, Fowler HW, Moretti LJ, Larsen JR. *Bionomics and Embryology of the Inland Flood water Mosquito Aedes vexans*. University of Illinois Press, Urbana, 1973; 211 pp.

Kettle DS. *Medical and Veterinary Entomology*. 2nd edition. CAB International, Oxon, UK. 1995; 725 pp.

Lehane MJ. *Biology of blood-sucking insects*. Harper Collins Academic, London, UK. 1991; 288 pp.

Roiz D, Eritja R, Molina R, Melero-Alcibar R, Lucientes J. Initial Distribution Assessment of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in the Barcelona, Spain, Area. *Journal of Medical Entomology*. 2008;45(3):347-352.

Ruiz Arrondo I. *Estudio bioecológico de las poblaciones de mosquitos adultos (Diptera: Culicidae) en la ciudad de Zaragoza*. Tesina de Licenciatura. Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza; 2012.

Ruiz Arrondo I, Hernandez Triana L, Oteo Revuelta J. *Fauna de mosquitos (diptera, culicidae) presentes en el humedal de La Grajera (Logroño) y sus implicaciones en salud pública*. Centro de Rickettsiosis y Enfermedades Transmitidas por Artrópodos Vectores. Área de Enfermedades Infecciosas. 2017.

Schaffner F, Bouletreau B, Guillet B, Guilloteau J, Karch S. *Aedes albopictus* established in metropolitan France. *European Mosquito Bulletin*. 2001;9:1-3.

Sutcliffe JF. Distance orientation of biting flies to their hosts. *Insect Science and its Applications*. 1987; 8:611-616.

Turrel MJ, O'Guinn M, Oliver J. Potential for New York mosquitoes to transmit West Nile Virus. *The American Journal of Tropical Medicina and Hygiene*. 2000;62(3):413-414.

8. Anexo

Consulta SQL para generar las variables climáticas correspondientes a periodos previos

```

SELECT PUNTO, DIA, HUMEDAL, FECHA,
       HR,
       PRECIPITA,
       ( SELECT ROUND(SUM(PRECIPITA), 1) FROM CLIMA AS C2 WHERE C2.DIA<=C1.DIA AND
         (C1.DIA-C2.DIA)<PERIODO AND C2.PUNTO=C1.PUNTO ) AS SUM_PRECIPITA,
       ( SELECT ROUND(SUM(PRECIPITA), 1) FROM CLIMA AS C2 WHERE C2.DIA<=C1.DIA AND
         (C1.DIA-C2.DIA)<PERIODO*2 AND C2.PUNTO=C1.PUNTO ) AS SUM_PRECIPITA2,
       RADIACION,
       T_MED,
       ( SELECT ROUND(SUM(T_MED), 1) FROM CLIMA AS C2 WHERE C2.DIA<=C1.DIA AND
         (C1.DIA-C2.DIA)<PERIODO AND C2.PUNTO=C1.PUNTO ) AS SUM_T_MED,
       ( SELECT ROUND(SUM(T_MED), 1) FROM CLIMA AS C2 WHERE C2.DIA<=C1.DIA AND
         (C1.DIA-C2.DIA)<PERIODO*2 AND C2.PUNTO=C1.PUNTO ) AS SUM_T_MED2,
       T_MIN,
       ( SELECT ROUND(AVG(T_MIN), 3) FROM CLIMA AS C2 WHERE C2.DIA<=C1.DIA AND
         (C1.DIA-C2.DIA)<PERIODO AND C2.PUNTO=C1.PUNTO ) AS AVG_T_MIN,
       ( SELECT ROUND(MIN(T_MIN), 3) FROM CLIMA AS C2 WHERE C2.DIA<=C1.DIA AND
         (C1.DIA-C2.DIA)<PERIODO AND C2.PUNTO=C1.PUNTO ) AS MIN_T_MIN,
       T_MAX,
       ( SELECT ROUND(AVG(T_MAX), 3) FROM CLIMA AS C2 WHERE C2.DIA<=C1.DIA AND
         (C1.DIA-C2.DIA)<PERIODO AND C2.PUNTO=C1.PUNTO ) AS AVG_T_MAX,
       ( SELECT ROUND(MAX(T_MAX), 3) FROM CLIMA AS C2 WHERE C2.DIA<=C1.DIA AND
         (C1.DIA-C2.DIA)<PERIODO AND C2.PUNTO=C1.PUNTO ) AS MAX_T_MAX,
       (T_MAX - T_MIN) AS T_VAR,
       ( SELECT ROUND(AVG(T_VAR), 3) FROM CLIMA AS C2 WHERE C2.DIA<=C1.DIA AND
         (C1.DIA-C2.DIA)<PERIODO AND C2.PUNTO=C1.PUNTO ) AS AVG_T_VAR,
       VEL_VIENTO
FROM CLIMA AS C1
ORDER BY PUNTO, DIA;

```