



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

Gestión de los vectores en el ámbito sanitario; importancia y costes de la mosca negra en salud

Vector management in the healthcare sector; importance
and costs of black flies in health

Autor/es

Laura Blanco Sierra

Graduada en Veterinaria.

Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza.

Director/es

Dr. Ignacio de Blas Giral

Departamento de Patología Animal

Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza.

Dr. Ignacio Ruiz Arrondo

Centro de Investigación Biomédica de la Rioja (CIBIR)

Facultad de Medicina, Universidad de Zaragoza

2019

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero dar las gracias a mis directores, Dr. Ignacio de Blas Giral y Dr. Ignacio Ruiz Arrondo. Gracias por haber aceptado guiarme en este trabajo, al igual que en anteriores ocasiones, por la confianza que tenéis en mí y vuestro apoyo. Ambos me habéis enseñado mucho de entomología y estadística, pero también me habéis inspirado con vuestra dedicación y vuestra motivación en todo lo que hacéis. Espero seguir avanzando junto a vosotros, infinitas gracias.

Gracias a la Dirección General de Salud Pública del Gobierno de Aragón, por cederme los datos sobre atenciones por picadura de insectos en Aragón, y a D. Emilio Martínez del Ayuntamiento de Zaragoza por facilitarme los datos sobre los tratamientos realizados en el río Ebro en la ciudad de Zaragoza.

Gracias también a mis compañeros y profesores del Máster de Salud Pública, por su ayuda en este año, las tardes infinitas de clases y los buenos ratos. Ha sido un placer poder conocer a tan buenas personas, y poder contar con su amistad.

A mis padres, nunca tendré suficientes palabras para agradecerlos lo que hacéis por mí cada día, y especialmente este año tan duro. Gracias por haber sido mis alas este curso, y, sobre todo, gracias por haberme apoyado cada minuto y no haber permitido que me rindiera en los días malos. Gracias a ti también, pequeño Nico, por traerme tus juguetes mientras estudiaba y tus interminables sesiones de lametones, eres el perro más maravilloso que alguien puede incorporar a una familia, y soy afortunada de que me hayas tocado a mí.

Gracias también a mi tío Carlos, por tus llamadas, tus visitas desde Barcelona y por interesarte siempre por todos mis proyectos y motivarme a llevarlos a cabo.

A mis amigos de siempre, que han sido mi sombra este año y me han ayudado en todo. Gracias Vero, Eva, Raquel, Marta, Pilar, Paula, Alex, Dani... por enseñarme que pueden ocurrirnos mil cosas, pero todas ellas se sobrellevan mejor con una sonrisa... y un café! Es increíble el efecto que tenéis en las personas, transmitiendo alegría, paz cuando el alma lo necesita, y siendo auténticos torbellinos cuando procede también. Gracias por los años que llevamos, nuestros viajes, cenas, y todo lo que vendrá. Y también a mis amigas de Veterinaria, Águeda y Noelia, por demostrar que la distancia en kilómetros no tiene por qué equivaler a distancia de corazón.

Gracias a Marco, por tu amor y apoyo constante, y por aguantar todas mis chapas sobre mis estudios. Soy consciente de que este año ha sido duro también para ti, pero tienes esa capacidad maravillosa de sacar luz de cada sombra que se ha puesto en el camino. Gracias por tu paciencia infinita y tu apoyo.

Por último, a ti lector, gracias por tu paciencia y tu interés por este trabajo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	3
ÍNDICE	5
RESUMEN	7
SUMMARY	8
1. JUSTIFICACIÓN	9
2. INTRODUCCIÓN	11
2.1. Distribución y antecedentes en España	11
2.1.1. Distribución de especies en España	11
2.1.2. Antecedentes de estudios en España	11
2.2. Biología	12
2.2.1. Ciclo biológico	12
2.2.2. Capacidad de vuelo, alimentación y lugares de reposo	13
2.2.3. Actividad de picadura	13
2.3. Importancia en Salud Pública	14
2.3.1. Picaduras y molestias	14
2.3.2. Transmisión de enfermedades	14
2.4. Impacto económico	15
2.5. Control y prevención	15
2.5.1. Gestión ambiental	15
2.5.2. Control químico y biológico	16
2.5.3. Control cultural	16
2.5.4. Control en España	16
3. OBJETIVOS	19
4. METODOLOGÍA	21
4.1. Área de estudio	21
4.1.1. Ciudad de Zaragoza	21
4.1.2. Río Ebro	22
4.2. Obtención de datos sobre AP por picaduras	22
4.3. Variables del estudio	22
4.3.1. Datos del sistema OMI-AP sobre consultas en AP	22
4.3.2. Costes de consultas en AP	24

4.4. Control de mosca negra	24
4.4.1. Monitorización de las poblaciones larvarias	25
4.4.2. Aplicación del <i>Bti</i> y valoración de la eficacia	25
4.4.3. Costes del control del río Ebro en la ciudad de Zaragoza	26
4.5. Análisis estadístico	27
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
5.1. Comparación de la evolución de AP por picaduras de insecto en el área de la ciudad de Zaragoza en el periodo 2009-2018	29
5.2. Comparación de la evolución de las picaduras asociadas a mosca negra en el área de la ciudad de Zaragoza en el periodo 2009-2018	35
5.3. Estimación del coste del aumento de consultas por picadura de insecto en AP ...	40
5.4. Costes del tratamiento con <i>Bti</i> en el río Ebro en la ciudad de Zaragoza	42
5.5. Limitaciones del estudio	45
6. CONCLUSIONES	47
7. BIBLIOGRAFÍA	49

RESUMEN

En los últimos años se ha producido un incremento en el número de picaduras y molestias relacionadas con la presencia de simúlidos (Diptera: Simuliidae). Estos insectos tienen carácter hematófago y gran capacidad de expansión; concretamente la especie *Simulium erythrocephalum*, especie muy abundante en los cursos bajos de los ríos, tiene preferencia por alimentarse sobre los mamíferos, incluido el ser humano, lo que la convierte en la principal especie plaga en España teniendo un impacto importante en Salud Pública y Sanidad Animal. Históricamente se había estudiado esta familia de dípteros en España desde el punto de vista limnológico, pero en los últimos años, debido a su creciente presencia en numerosos ríos españoles y a los problemas que ocasionan sus picaduras se ha comenzado a estudiar esta plaga como un problema para la salud de personas y animales.

En la ciudad de Zaragoza se ha producido un gran aumento de las notificaciones debido a las molestias derivadas de sus picaduras, que de forma general suponen una disminución del bienestar, desembocando en ocasiones en alergias que incrementan las atenciones médicas en Atención Primaria y hospitales, suponiendo un aumento del gasto público y la saturación del sistema sanitario. En ganadería, además, también se producen pérdidas en la condición corporal de los animales e intranquilidad. Todo esto tiene un impacto económico negativo, y en este Trabajo Fin de Máster se estiman las picaduras de insecto atribuidas a los simúlidos en Zaragoza, así como el incremento del número de atenciones por picadura de insecto debido a la presencia de mosca negra en la ciudad. El estudio de estas variables, así como el conocimiento de las medidas de control existentes, su eficacia y coste, puede ayudar a corregir y/o mejorar las medidas de control para lograr una disminución de la población de simúlidos y un ahorro en el gasto sanitario y una mejora del bienestar de las personas.

SUMMARY

In recent years there has been an increase in the number of bites and discomforts related to the presence of black flies (Diptera: Simuliidae). These insects have a hematophagous character and great capacity for expansion; specifically, the *Simulium erythrocephalum* species, a very abundant species in the lower course of the rivers, have a preference for feeding on mammals, including humans, which makes it the main pest species in Spain having an important impact on Public Health and Animal Health. Historically, this family of dipterans had been studied in Spain from a limnological point of view, but in recent years, due to its growing presence in numerous Spanish rivers and the problems caused by their bites, this pest has begun to be studied as a problem for the health of people and animals.

In the city of Zaragoza there has been a large increase in notifications due to the discomfort derived from their bites, which generally involve a decrease in well-being, sometimes leading to allergies that increase medical care in Primary Care and hospitals, assuming an increase in public spending and saturation of the health system. In livestock, there are also losses in the body condition of animals and restlessness. All this has a negative economic impact, and in this Master's Final Project, insect bites attributed to black flies in Zaragoza are estimated, as well as the increase in the number of insect bite attenuations due to the presence of black flies in the city. The study of these variables, as well as the knowledge of the existing control measures, their effectiveness and cost, can help correct and/or improve the control measures to achieve a decrease in the population of black flies and savings in health spending and an improvement in people's well-being.

1. Justificación

A lo largo del siglo XXI, el calentamiento global, la destrucción de hábitats naturales y la globalización han influido en cambios en la dinámica poblacional y en el comportamiento de diferentes especies de artrópodos, provocando su expansión y la dispersión de ciertas especies tanto invasoras como autóctonas. Esta interacción entre artrópodos, animales y seres humanos está incrementando los problemas en Salud Pública y Sanidad Animal¹.

Los simúlidos son pequeños dípteros hematófagos que tienen impacto en Salud Pública debido a sus picaduras y reacciones alérgicas que de ellas derivan, además de ser potenciales vectores de enfermedades, como la oncocercosis en determinadas zonas tropicales.

En la ciudad de Zaragoza (España) se ha observado un importante incremento en el número de atenciones por picaduras de artrópodos en los últimos años, asociadas concretamente al aumento de la población de simúlidos, siendo *Simulium erythrocephalum* la especie responsable de las picaduras en seres humanos^{2,3}.

El ciclo biológico de los simúlidos se compone de dos fases: la primera acuática, donde se desarrollan las formas inmaduras, y la segunda terrestre donde se desarrolla la fase de vida del adulto. Las variables meteorológicas e hidrológicas tienen una influencia importante en la dinámica poblacional de los simúlidos en cada zona geográfica; produciendo, cuando las condiciones son óptimas, la aparición masiva de adultos que se comportan como plaga con el consiguiente impacto en la Salud Pública⁴.

Estos dípteros también tienen un importante impacto económico. En aquellos países de clima templado, las personas que residen en áreas afectadas por esta plaga sufren pérdidas en la calidad de vida por sus dolorosas picaduras, lo que se traduce en una reducción de las actividades al aire libre y a su vez en una merma de la actividad hostelera y actividades deportivas^{5,6}. En consecuencia, las molestias que producen estos insectos pueden llegar a suponer un freno en el desarrollo turístico de áreas afectadas por la presencia de los simúlidos. En industrias y otras actividades profesionales también pueden provocar una reducción de la eficiencia y la productividad como consecuencia de la baja moral de los trabajadores expuestos a picaduras constantes⁴. En España, por ejemplo, la recogida de fruta y otras tareas agrícolas se ven muy afectadas por este problema. Además, las picaduras pueden producir problemas de hipersensibilidad que conllevan la visita a centros de Atención Primaria (AP) y hospitales, elevando el gasto público y provocando saturaciones en el sistema sanitario^{7,8}.

En el valle medio del Ebro, los simúlidos están causando problemas sobre el ganado cercano a las riberas de los ríos. Las molestias descritas en los rebaños en esta zona están teniendo un impacto económico negativo sobre los ganaderos. En las ovejas se

observa una pérdida del estado general y corporal del rebaño como resultado de la anorexia e intranquilidad. En el caso de los animales que pastorean, debido a la ausencia de productos repelentes efectivos, los ganaderos incrementan el aporte alimenticio, con el gasto económico extra que esto supone, para intentar compensar la pérdida de condición corporal de los animales. En otras ocasiones se opta por cambiar los horarios de pastoreo, sacando a los animales durante la noche y permaneciendo en cuadras durante el día⁶.

Ninguna de estas opciones mejora la molestia que los animales sufren en las granjas, ya que siguen sufriendo picaduras de simúlidos. Algunos propietarios de ovejas y caballos, cansados de esta situación, han trasladado sus animales a zonas libres de estos insectos, con el gasto adicional que supone tanto el traslado como el arrendamiento de nuevos pastos⁶.

Estos inconvenientes demuestran la importancia de aproximar la Salud Pública y la Sanidad Animal con este creciente problema sanitario de una forma más estrecha. Con el fin de buscar actuaciones para prevenir y paliar la plaga de la mosca negra y reducir su impacto negativo en la salud y la economía, se ha evaluado el gasto económico que suponen las atenciones sanitarias por picadura de insecto en AP en la ciudad de Zaragoza desde la aparición de esta plaga. También se ha realizado una estimación del coste del control llevado a cabo mediante el tratamiento del río Ebro con el fin de compararlo con el gasto sanitario. Además, se deberían tener en cuenta otros gastos como el impacto social que tiene la presencia de estos insectos, debido a la pérdida de calidad de vida.

2. INTRODUCCIÓN

A continuación, se describen de manera resumida diferentes aspectos de la vida de los simúlidos (también conocidos con la denominación genérica de moscas negras), que tienen interés en el desarrollo de este Trabajo Fin de Máster como son: su distribución, su biología, el impacto en Salud Pública y en la economía y finalmente las alternativas de control.

2.1. Distribución y antecedentes en España

2.1.1. Distribución de especies en España

Han sido descritas más de 2000 especies de simúlidos en todo el mundo, siendo el género *Simulium* el más numeroso³. Según la *checklist* de Adler y Crosskey, actualmente hay en España 55 especies citadas: 51 de ellas se encuentran en la Península Ibérica (algunas de ellas también en las islas), 3 especies endémicas de las Islas Canarias y una especie que tan sólo se encuentra en las Islas Baleares. La distribución y presencia de simúlidos en España varía por el registro de nuevas especies y por los estudios taxonómicos, cada vez más rigurosos, que muestran la ausencia o presencia de algunas especies⁶.

La identificación morfológica de simúlidos adultos no se ha realizado de manera frecuente en España, salvo mediante la identificación de la genitalia de las pupas maduras, siendo más habitual actualmente la identificación de las formas preimaginales⁹. La taxonomía de los simúlidos adultos se ha empleado para realizar, sobre todo, trabajos de índole faunística, mostrando las especies que habitan en ciertas cuencas. Hasta la fecha, sin embargo, no se están identificando las especies en estadio de adulto que causan molestias.

2.1.2. Antecedentes de estudios en España

Los primeros estudios de estos dípteros datan de 1800, con la descripción del género *Melusina* por Meigen. Sin embargo, el estudio moderno de los simúlidos en España se inició con la tesis de la doctora Gloria González, donde se identificaron 38 especies sólo en la Península Ibérica, siendo el principio de las primeras y únicas claves taxonómicas sobre esta familia en nuestro país¹⁰.

El primer trabajo donde se reportaron picaduras y otras molestias sobre la población lo realizó Gallego *et al.* en Cataluña, en 1994¹¹. La situación ha evolucionado y ahora hay otras regiones afectadas, entre ellas Aragón. En esta comunidad autónoma, los problemas empezaron también a finales de la década de los 90 en la comarca de Los Monegros en Huesca, en el río Flumen y en canales de riego próximos, lo cual generó numerosas afecciones en varias poblaciones de la comarca. Posteriormente, en el año 2005, aparecieron los primeros problemas en el río Ebro en la comarca del Baix Ebre (Tarragona), con un incremento de las atenciones médicas por picaduras en varias

poblaciones de la ribera, según otro estudio de Valle Trujillo y Escosa en 2009⁶; sin embargo, las investigaciones centradas en simúlidos en nuestro país son escasas y limitadas a estudios parciales de carácter taxonómico⁶.

2.2. Biología

2.2.1. Ciclo biológico

Los simúlidos son insectos de 1-5 mm de longitud, pertenecientes al orden Diptera y familia Simuliidae. Las formas inmaduras pueden encontrarse prácticamente en cualquier curso de agua corriente, como ríos, riachuelos, canales, etc. El ciclo de vida de los simúlidos tiene varias etapas: huevo, larva, pupa y adulto (Figura 1); comienza con la puesta de los huevos por la hembra, los cuales se depositan en plantas y rocas en contacto con el agua. A los pocos días (1-4) eclosionan en el agua, pasando de esta manera al estadio de larva la cual necesita de 1 a 2 semanas, e incluso varios meses, para completar su desarrollo. El periodo de pupa se inicia una vez que la larva ha tejido un capullo sedoso que le da protección durante esta fase. En el momento de la metamorfosis, la pupa toma mucho oxígeno del agua hasta formar una burbuja entre su cuerpo y su cobertura externa. De esta manera, los individuos ascienden hasta la superficie donde el adulto, con las alas secas y listas para volar, inicia su vida aérea¹².

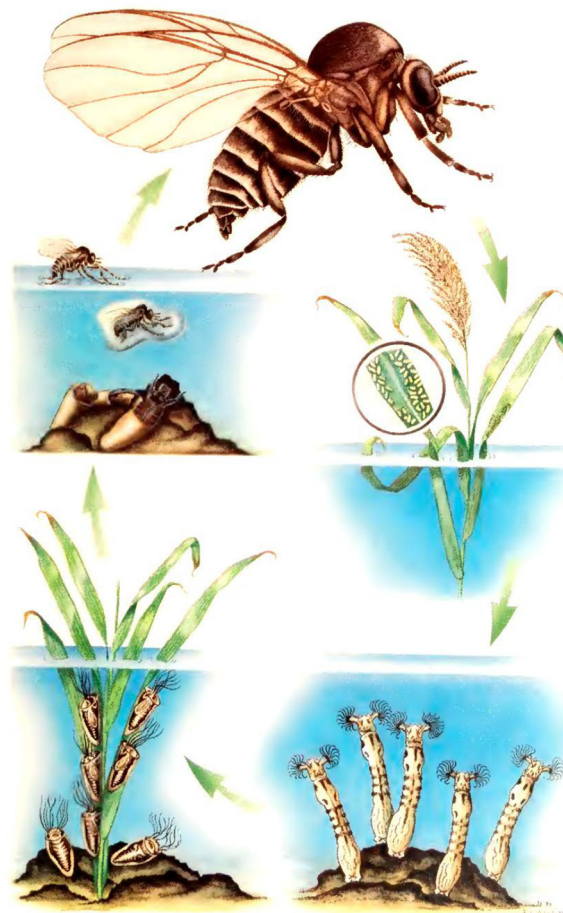


Figura 1. Ciclo biológico de la mosca negra¹²

2.2.2. Capacidad de vuelo, alimentación y lugares de reposo

Los simúlidos adultos vuelan para realizar tareas vitales como alimentarse, dispersarse tras la emergencia, formar enjambres de cópula, localizar a los hospedadores y buscar lugares para la ovoposición en el caso de las hembras. Las hembras de *S. erythrocephalum* pueden desplazarse grandes distancias desde los lugares de cría, pudiendo alcanzar 5 km, e incluso más con la ayuda del viento¹³.

Tanto hembras como machos se alimentan de sustancias azucaradas como sustancia energética para su actividad vital¹⁴. Además, las hembras de mosca negra, al igual que otros artrópodos hematófagos, necesitan ingerir sangre para la maduración de los huevos. Dependiendo de la especie se pueden distinguir dos grupos según los hospedadores preferidos: ornitófilos y mamófilos. Dentro de estos últimos se encuentran algunas especies, como *S. erythrocephalum* con especial tropismo por la especie humana⁴.

Los lugares de reposo varían en función de los lugares disponibles, aunque la vegetación parece ser el lugar favorito dependiendo de la ecorregión. Sin embargo, también se han registrado moscas reposando dentro de refugios artificiales, grietas, etc.⁴

2.2.3. Actividad de picadura

La mayoría de las especies de simúlido tienen piezas bucales adaptadas para cortar la piel e ingerir sangre de sus hospedadores a los que parasita (telmófagos)⁵. La mayoría de especies son hematófagas, aunque también hay algunas especies que habitan regiones remotas que son no hematófagas⁴.

Los simúlidos pican a nivel del suelo principalmente, ya que es donde los hospedadores suelen estar, aunque muchas especies se alimentan de aves, las cuales se suelen localizar en zona de altura, como árboles. Pican durante el día y al aire libre, es decir, en presencia de luz natural, y no suelen entrar dentro de las construcciones para picar⁴. Además, las picaduras se concentran en unas horas determinadas, existiendo picos de actividad alternados con momentos de calma. En nuestro entorno, por ejemplo, los picos de actividad se dan al amanecer y al atardecer². Estos comportamientos se pueden ver modificados puntualmente por cambios ambientales, como por ejemplo un incremento de la actividad después de una tormenta, o una actividad sostenida en días nublados y húmedos⁴.

En cuanto a la tasa de picadura, ésta es muy variable y está condicionada por diversos factores como la estación de emergencia de los adultos, la proporción de hembras hambrientas en una población con hospedadores cercanos a la zona de cría o a la capacidad de vuelo para buscar a los hospedadores. La tasa de picadura se estima de diferentes maneras según la unidad de tiempo utilizada; moscas/individuo/hora, moscas/individuo/día, moscas/individuo/mes, etc⁴. En Zaragoza, la tasa de picadura es

de 34 picaduras por persona y día, lo cual indica que *S. erythrocephalum* es una especie muy antropófila⁹.

2.3. Importancia en Salud Pública

2.3.1. Picaduras y molestias

Las hembras adultas rasgan la piel produciendo una pequeña herida de la que ingieren sangre. La ropa con manga larga evita la picadura de los simúlidos porque las piezas bucales de éstos no pueden atravesar los tejidos. Mientras que los repelentes formulados con dietil toluamida parecen no ser eficaces, comportándose, en ocasiones, como atractivos¹⁵.

En el transcurso de la picadura se inyecta parte de la saliva del insecto, que contiene sustancias anestésicas, vasodilatadoras y anticoagulantes. Los componentes de la saliva son los principales responsables de las reacciones alérgicas que aparecen en muchos afectados, y una vez transcurrido el efecto anestésico las picaduras se vuelven dolorosas, con un punto central de color rojo, sangrado eventual, incremento de la temperatura en la zona afectada e inflamación⁴.

La sensibilidad personal y el número de picaduras pueden complicar la picadura produciéndose una reacción alérgica conocida como simulotoxicosis, síndrome caracterizado por hemorragia, edema, inflamación y picor¹⁶; el cuadro puede verse acompañado por agotamiento, fiebre, dolor de cabeza, náuseas, temblor y letargia^{4,16,17}.

2.3.2. Transmisión de enfermedades

Numerosas especies de simúlidos son vectores de *Onchocerca volvulus*, agente causal de la oncocercosis (o ceguera de los ríos), localizada en África, América Central, América del Sur y la península arábiga¹⁸. Ocasiona lesiones cutáneas como atrofia cutánea o paquidermia (piel de elefante), despigmentación, nódulos u oncocercomas, afectación linfática y afectación ocular. La enfermedad muestra un amplio espectro clínico entre los infectados, dependiendo del grado de exposición al vector, la inmunidad, enfermedades concomitantes, etc.¹⁹

Otra filariosis transmitida al ser humano es la mansonellosis o filariosis de Ozzard, producida por *Mansonella ozzardi* y localizada en áreas selváticas del continente americano. Esta nematodosis puede causar fiebre, dolores musculares, cefalea, linfadenitis, exantemas cutáneos eritematosos y síntomas pulmonares²⁰.

Los simúlidos también están implicados como vectores mecánicos de tularemia en EE.UU. y Rusia. Además, se han aislado ejemplares de varias especies con los virus de la encefalitis equina del Este en EE.UU. y el de la encefalitis equina venezolana en Colombia¹⁶.

Aunque hasta ahora estas enfermedades en las que los simúlidos son vectores afectan a los seres humanos sólo en zonas tropicales, es posible que pueda producirse un cambio epidemiológico debido al cambio climático, la globalización y cambios sociales y demográficos⁶.

2.4. Impacto económico

Además de su importancia sanitaria, los simúlidos provocan también pérdidas económicas significativas.

Las molestias producidas por estos insectos al ser humano limitan el desarrollo turístico de zonas con abundantes poblaciones de insectos^{4,5,6}, así como la industria y actividades profesionales. En Quebec (Canadá) la especie *Simulium venustum* s.l. tiene un gran impacto en la industria papelera, por las molestias de los trabajadores expuestos a las picaduras constantes⁴. En España, la recogida de fruta y otras tareas agrícolas también se ven afectadas, y se incrementan y concentran las atenciones sanitarias en centros de salud y hospitales^{7,8}.

En relación con la ganadería, esta plaga puede tener gran impacto económico por las mortalidades del ganado, principalmente por simuliotoxicosis^{4,5}. La oncocercosis bovina provoca pérdidas económicas relacionadas con la pérdida de calidad de la piel, y la leucocitoozoonosis afecta también a la producción avícola por pérdidas en la producción y coste del control en las áreas afectadas¹⁶. Otras consecuencias del impacto de los simúlidos en ganadería son la pérdida de animales de abasto y alteraciones en la reproducción. La falta de repelentes efectivos no permite la mejora de la situación. Se ha observado en varios rebaños ovinos del valle medio del Ebro una pérdida de la condición corporal, anorexia e intranquilidad en ganado ovino. Como ya se ha mencionado anteriormente, como el cambio en los horarios de pastoreo, tampoco mejoran la situación, ya que los animales siguen sufriendo picaduras, y los ganaderos gastan más dinero en alimento para compensar la pérdida de peso de sus animales⁶.

2.5. Control y prevención

El control de los simúlidos tiene como objetivo principal las formas larvarias, ya que es durante esta fase cuando los insectos están concentrados en áreas delimitadas (ríos y canales), mientras que los adultos al ser aéreos se encuentran en zonas más amplias.

2.5.1. Gestión ambiental

Consiste en la eliminación de los sustratos sobre los que se desarrollan las formas inmaduras de los simúlidos. Este control se restringe normalmente a tramos pequeños de los ríos o zonas concretas¹⁶. La limpieza de la vegetación de acequias y canales constituye también una de las herramientas de control más eficaces, así como el manejo de los caudales de los ríos, manipulando su nivel de manera artificial para hacer más complicado el desarrollo de larvas y pupas y favorecer su predación²¹.

2.5.2. Control químico y biológico

Para el control químico, se incluyen los insecticidas, tanto larvicidas como adulticidas en situaciones de emergencia sanitaria concretas, como ocurrió en la ciudad de Zaragoza en 2011, donde se aplicaron piretroides (deltametrinas) en piscinas municipales. Este tipo de control se aplica en ocasiones en España debido al desconocimiento del insecto y de su gestión²². Actualmente los productos químicos más utilizados para gestionar los adultos de simúlidos son los repelentes, y dentro de la protección personal con productos químicos se encontrarían los insecticidas de aplicación tópica¹⁶.

En cuanto al control biológico, el más recomendado y utilizado en todo el mundo es el uso de esporas de la bacteria *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (*Bti*) serotipo H14^{23,24}. Su actividad biocida se debe a los cristales proteicos que se producen durante la esporulación de la bacteria. Estos cristales, una vez ingeridos por la larva, se disuelven por el pH alcalino del estómago de ésta, liberándose su endotoxina, que producen la parálisis y muerte de la larva²¹. El *Bti* tiene actividad específica contra larvas de algunos dípteros (culícidos, simúlidos y algunos quironómidos), pero es totalmente inocuo sobre el resto de fauna. Se vierte en el cauce del río a tratar, calculando la dosis en función del caudal y de las características del agua, de manera que la propia corriente se encarga de distribuirlo de forma homogénea aguas abajo. En cuanto a su seguridad, el *Bti* no tiene toxicidad en vertebrados ni es activa frente a insectos no nematóceros (en algunos casos se observa toxicidad, pero se requieren concentraciones elevadas).

También existen infinidad de predadores vertebrados e invertebrados de larvas y adultos de simúlidos que pueden reducir las poblaciones; dentro de los enemigos naturales, los nematodos mermítidos pueden ser utilizados como control biológico²⁵, aunque actualmente no se utilizan debido a su coste y a la complejidad de su aplicación.

2.5.3. Control cultural

El último pilar del control es la acción cultural, que incluye conceptos como información, comunicación y educación. La sensibilización ciudadana a través de folletos informativos sobre los problemas que puede ocasionar la picadura de este insecto, además de recomendaciones para evitar sus afecciones ha demostrado ser eficaz en Aragón y Cataluña⁶.

2.5.4. Control en España

En España existen varios programas de control en las zonas donde la plaga de mosca negra supone un problema para la Salud Pública. La creación de estos programas se ha ido sucediendo conforme se incrementaban las molestias, y la mayoría de las actuaciones se basan en el uso de *Bti* contra las larvas.

En Zaragoza, sin embargo, a pesar del gran número de molestias anuales que se producen desde 2011, no se ha puesto en marcha una estrategia de control global que abarque parte del valle medio del Ebro. Se realiza control larvario y adulticida en los ríos

Ebro y Gállego en algunos tramos dentro del término municipal de Zaragoza por parte del Ayuntamiento de esta ciudad, pero resulta insuficiente porque los focos de cría más importantes se encuentran aguas abajo del azud de Vadorrey, zona donde no se realiza control. En el verano de 2012, por ejemplo, se realizó una prueba eliminando de manera mecánica los macrófitos en el río Ebro a su paso por la ciudad, sin demasiado éxito⁶.

El control de los simúlidos requiere la elaboración de estudios para conocer la magnitud del problema e implementar estrategias óptimas para la vigilancia y el control acordes a cada área afectada, ya que es un problema médico y veterinario que requiere de soluciones globales y tempranas que eliminen esta plaga⁶.

3. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es la evaluación del gasto sanitario atribuible a la presencia de *S. erythrocephalum* en el entorno de Zaragoza y sus posibles repercusiones sobre la salud de las personas.

Como objetivos específicos, encontramos los siguientes:

- Estimar el gasto sanitario que tiene el impacto de la mosca negra en el entorno de la ciudad de Zaragoza a partir de las consultas por picadura en AP.
- Evaluar y discutir el coste del control de la mosca negra vs impacto económico en el sistema sanitario.

4. METODOLOGÍA

4.1. Área de estudio

4.1.1. Ciudad de Zaragoza

Zaragoza es la capital de la provincia homónima y de la Comunidad Autónoma de Aragón. Tiene una población de 666.880 habitantes y es la quinta ciudad más poblada de España. Está situada a orillas de los ríos Ebro, Huerva y Gállego y del Canal Imperial de Aragón, en el centro del valle del Ebro. En la ribera y en el área urbana, el terreno es llano, sobre todo en la zona norte de la ciudad, mientras que al sur, conforme se aleja del Ebro, tiene una inclinación más pronunciada. La ribera está rodeada de escarpes y cornisas, que dan lugar a relieves abruptos con desniveles²⁶.



Figura 2. Imagen aérea de la ciudad de Zaragoza

En cuanto al clima, Zaragoza tiene un clima semiárido frío. Los inviernos son fríos, con mínimas medias de 2°C, siendo normales las heladas nocturnas; las máximas suelen situarse alrededor de los 10°C. Los veranos son cálidos, las máximas se sitúan casi siempre por encima de los 30°C y las mínimas suelen bajar de los 20°C por la continentalidad de la ciudad. Las lluvias se concentran en primavera y en otoño en menor medida (6-7 días de lluvia por mes), ocurriendo sequías estivales todos los años, aunque en ocasiones en verano puedan ocurrir fuertes tormentas a veces incluso con granizo. En invierno, las precipitaciones son también bastante escasas, aunque ocurren

en mayor medida que en verano. En cuanto al viento, la velocidad media es de 19 km/h. El cierzo sopla con frecuencia durante el invierno y a comienzos de primavera²⁷.

4.1.2. Río Ebro

El río Ebro es el más caudaloso de España, con una media de 600 m³/s, aunque de carácter irregular, y una longitud de 930 km. A finales de verano presenta fuertes estiajes, pudiendo llevar una décima parte de su caudal. Durante el invierno presenta un estiaje secundario, producto de las nevadas de gran parte de su cuenca. En la estación fría es cuando el río sufre sus crecidas más frecuentes, afectando con intensidad a las riberas de Zaragoza. El curso bajo está regulado por los pantanos de Ribarroja y Mequinena²⁸.

4.2. Obtención de datos sobre AP por picaduras

Zaragoza es una ciudad especialmente afectada por la mosca negra, por lo que es importante analizar las consultas por picadura de insecto registradas, a partir de los datos registrados en la aplicación OMI-AP, donde se recogen y gestionan las historias clínicas de los pacientes del sistema público sanitario de la Comunidad Autónoma de Aragón. Los distintos procesos de salud se codifican según la Clasificación Internacional de Enfermedades de AP dentro de este sistema, incluyendo el de visitas por picadura de insecto (aunque en realidad son artrópodos). En el presente estudio hemos utilizado los datos procedentes del sistema OMI-AP para describir el aumento en la demanda de asistencia sanitaria por picaduras de insectos en Zaragoza y su repercusión económica además de sanitaria.

Los datos se solicitaron a la Dirección General de Salud Pública del Gobierno de Aragón, utilizando un modelo de compromiso de adecuación a la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LODP), los siguientes datos pertenecientes al año 2018:

- Consultas de AP por cualquier motivo en las Zonas Básicas de Salud (ZBS).
- Consultas de picadura de insecto en AP en las ZBS.

Los datos correspondientes al periodo 2009-2017 se obtuvieron de dos estudios previos^{28,32}, siendo los datos solicitados siguiendo el mismo procedimiento.

4.3. Variables del estudio

La organización y modificación de los datos, así como la recodificación y creación de nuevas variables se llevó a cabo con el programa informático Microsoft Excel 2016.

4.3.1. Datos del sistema OMI-AP sobre consultas en AP

El Servicio Aragonés de Salud se estructura en ocho sectores sanitarios incluidos en cinco áreas de salud²⁸. Cada sector está constituido por distintas Zonas Básicas de Salud (ZBS); Acorde con nuestros objetivos se seleccionaron los sectores sanitarios Zaragoza I,

II y III, donde se engloban las ZBS de la zona urbana de la ciudad, en las que nos hemos centrado (Tabla 1).

Los datos sobre consultas en AP por cualquier motivo y por picadura de insecto se obtuvieron de la historia clínica electrónica a partir de la herramienta informática OMI-AP referidos a la zona urbana de la ciudad de Zaragoza entre los años 2009 y 2018.

Estos datos recibidos contenían las atenciones primarias ordinarias y continuadas (tanto en el centro de salud como atención domiciliaria) de los tres sectores sanitarios de interés para el estudio (Zaragoza I, II y III), desglosadas por mes y por ZBS.

Para la obtención de los datos que necesitábamos, se realizó la suma de las ZBS correspondientes al área urbana de Zaragoza y se compiló el total de AP por mes y año. Se incluyeron también los datos de 2009, aunque no son del todo válidos ya que en este año se puso en marcha el sistema OMI-AP y los registros son incompletos.

Tabla 1. Zonas Básicas de Salud de los tres sectores sanitarios correspondientes al área urbana de la ciudad de Zaragoza

Zaragoza I	Zaragoza II	Zaragoza III
Actur Norte	Almozara	Bombarda
Actur Oeste	Casablanca	Delicias Norte
Actur Sur	Fernando El Católico	Delicias Sur
Arrabal	Hernán Cortes	Miralbueno-Garrapinillos
Avenida Cataluña	Puerta del Carmen	Oliver
Parque Goya	Las Fuentes Norte	Universitas
Santa Isabel	Madre Vedruna-Miraflores	Valdefierro
Zalfonada	Sagasta-Ruiseñores	
	Rebolería	
	Romareda - Seminario	
	San José Centro	
	San José Norte	
	San José Sur	
	Venecia	
	San Pablo	
	Torre Ramona	
	Torrero La Paz	
	Valdespartera	

En relación con las AP correspondientes a “picadura de insecto” (código S12) los datos obtenidos para cada año fueron el total de AP por picadura desglosados por provincia, sector sanitario, ZBS y semana.

Como el análisis se realizó con frecuencia mensual previamente hubo que transformar los datos semanales a mensuales, para lo que se distribuyeron de forma proporcional los casos semanales en los meses según el número de días de cada semana que

correspondían a cada mes. A partir de estos datos se calcularon las picaduras relativas (AP por picaduras por cada 10.000 AP).

Las AP con código S12 no discriminan el insecto responsable de la picadura por lo que consideramos necesario establecer una línea basal de picaduras que correspondería a los casos esperados atribuidos a picaduras por otros artrópodos diferentes de mosca negra (ej. abejas, avispas, garrapatas, mosquitos...). Debido a la importante variación estacional de las poblaciones de los distintos artrópodos el cálculo de los casos basales se realizó con carácter mensual.

El cálculo de las picaduras basales se realizó con dos métodos para cada estimador (nº de AP por picaduras y AP por picaduras por cada 10.000 AP), tomando en primer lugar las AP mínimas mensuales (tanto relativas como absolutas) y por otra parte el decil 3 (D3) para picaduras relativas y el decil 4 (D4), para las absolutas.

Estas picaduras basales para cada mes se utilizaron para calcular las AP atribuidas a picaduras de mosca negra restando al total de AP de cada mes los valores basales calculados para ese mes.

4.3.2. Costes de consultas en AP

Debido a la escasez de información, los datos referidos a los costes de las consultas de AP se obtuvieron de distintas fuentes de prensa de diversas provincias, donde se observaron unos precios muy similares entre ellas, oscilando entre los 45 y los 65€ en su mayoría.

Tabla 2. Costes de una consulta de AP en distintas regiones de España

Región	Año	Coste de AP	Referencia
Cantabria	2005	48,16€	BOC Cantabria ³³
Zamora	2008	65€	La Opinión de Zamora ³⁴
Asturias	2009	47,17€	Web Gobierno del Principado de Asturias ³⁵
Extremadura	2010	60€	El Periódico de Extremadura ³⁶
Madrid	2017	45€	El Confidencial ³⁷
Navarra	2018	92,99€	Diario de Navarra ³⁸
Bilbao	2019	57€	El Mundo ³⁹

4.4. Control de mosca negra

A continuación, se explica la estrategia de control que planteamos realizar en el río Ebro en la ciudad de Zaragoza para reducir el número de picaduras de simúlido y por consiguiente el de atenciones por picadura de insecto en AP. Posteriormente estimamos el coste anual de este control.

El área de control de mosca negra se sitúa en el cauce y en inmediaciones de la ribera del río Ebro, desde el Galacho de Juslibol hasta La Cartuja. Estos tratamientos conllevan

una inspección meticulosa de las zonas de cría de las larvas de mosca negra, su identificación, la aplicación de larvicida en el río Ebro y posteriormente la evaluación de la eficacia de los mismos.

4.4.1. Monitorización de las poblaciones larvarias

Toda campaña de control de plagas debe acompañarse de un seguimiento técnico, que nos aporta información sobre cuál es el momento idóneo para realizar las aplicaciones del tratamiento y sus posteriores resultados²⁹.

La monitorización de formas inmaduras de simúlidos nos permite identificar la localización de las poblaciones larvarias, así como determinar los puntos del río donde aplicar el tratamiento. En función de la densidad y tamaño de las larvas se determina también el momento adecuado de la aplicación de *Bti*. Nosotros planteamos una periodicidad de monitorización semanal desde mayo a septiembre²⁹.

4.4.2. Aplicación del *Bti* y valoración de la eficacia

Los tratamientos larvicidas son la base de cualquier plan de control de mosca negra y el método de control de referencia; en este caso, el producto de elección es el *Bti*. La formulación comercial de este producto es Vectobac 12 AS, con número de registro ES/RM-2016-18-00388. Vectobac 12AS es un producto líquido que se pulveriza con ayuda de una mochila u otros medios directamente en el cauce del río, siendo la propia corriente la que lo distribuye aguas abajo del punto de aplicación. El cálculo de la dosis necesaria depende de varios parámetros, como la velocidad de la corriente, el caudal y la turbidez, así como la correcta elección de los puntos de aplicación y la frecuencia de las aplicaciones, claves en la eficacia del tratamiento.

En este estudio, nos hemos basado en los puntos de tratamiento determinados por la Universidad de Zaragoza durante las actuaciones llevadas a cabo en 2011²⁹, además de contar con la experiencia actual de control por parte del Ayuntamiento de Zaragoza. Se han determinado tres puntos de control totales y tres puntos de control parciales en el cauce del río Ebro. En los puntos de control totales se vierte el producto en función del caudal total del río, ya que se quiere tratar todo el ancho del río. En los parciales, sin embargo, se realiza el control sobre una pequeña parte del cauce. Para las estimaciones del cálculo de volumen de *Bti* se ha tenido en cuenta que los tres tratamientos parciales son equivalentes a un tratamiento completo.

Los tratamientos totales se realizarían aguas abajo del azud de Vadorrey, mientras que los tratamientos parciales se realizarían en el Galacho de Juslibol, Pasarela de Manterola y en Helios-Puente de Piedra. El número de tratamientos es una estimación *a priori* basada en la experiencia de control llevada a cabo en el río Ebro en 2011²⁹ y en el río Gállego en 2018 y 2019³⁰.



Figura 3. Localización de los puntos de aplicación de los tratamientos

Posteriormente a las aplicaciones del *Bti* es conveniente realizar una evaluación del funcionamiento del producto. Para ello, se realizarían muestreos de las zonas tratadas a las 24-48 h del tratamiento (control de la eficacia) para verificar la efectividad y determinar la frecuencia de la siguiente aplicación. De esta forma calculamos la mortalidad larvaria en cada uno de los puntos aguas debajo de la aplicación del *Bti*, de tal forma que evaluamos como se ha realizado el control.

4.4.3. Costes del control del río Ebro en la ciudad de Zaragoza

La estimación del volumen de Vectobac 12 AS para realizar los tratamientos es compleja sin tener previamente datos de la evolución de las poblaciones larvarias en el río en años anteriores, ya que las zonas de cría varían en el tiempo, aumentando los tamos a tratar y con ello el volumen del producto. Para calcular el volumen de Vectobac 12 AS hay que conocer el caudal del río el mismo día de la aplicación, lo que también complica la previsión del producto que se necesita. Las estimaciones del volumen de producto que realizamos a continuación están basadas en los datos históricos de aforo para el Ebro a su paso por Zaragoza (Estación de aforo A011 del Río Ebro en Zaragoza)³¹.

Para realizar el cálculo de producto a utilizar se han tenido en cuenta los caudales mínimos y promedios, registrados en m³/s para los años 2009-2018, que nos permitirán conocer el volumen de Vectobac 12 AS necesario aplicar en los diferentes puntos de tratamiento. Los datos del caudal los hemos incluido en la siguiente fórmula, que nos permite calcular el volumen de producto necesario para cada una de las aplicaciones.

$$\text{Volumen de VectoBac 12 AS (ml)} = 600 * \text{tiempo (min)} * \text{caudal (m}^3/\text{s)} * \text{concentración (ppm)}$$

Se ha estimado que el precio de mercado de Vectobac 12 AS es de 13,70 €/l.

4.5. Análisis estadístico

Se realizó un estudio de los datos de picaduras de insecto en AP con periodicidad mensual y anual, analizando tanto las consultas por picaduras totales o referidas a 10.000 AP. Fueron agrupadas con criterio temporal (mensual y anual) y espacial, tomando sólo las ZBS de la zona urbana de la ciudad de Zaragoza. De igual manera se hizo con los datos de picaduras de insecto en AP atribuidas a mosca negra; se realizó un sumatorio de las AP atribuidas a mosca negra utilizando finalmente como valores basales los obtenidos utilizando el D3 de los datos relativos.

Para describir las variables cuantitativas se utilizaron la media y la desviación típica (s) (válidas para variables distribuidas normalmente) y la mediana (Q2) y los cuartiles (Q1 y Q3) (para todas las variables). También se incluyeron los valores mínimo y máximo.

En primer lugar, se evaluó si las variables cuantitativas seguían una distribución normal inter e intra-anualmente utilizando la prueba de Shapiro-Wilk, ya que el número de datos en cada categoría era inferior a 50⁴⁰.

Para comparar los valores entre categorías temporales se utilizó la prueba ANOVA y las prueba *post hoc* de Duncan (cuando la distribución era normal) o la prueba de Kruskal-Wallis y la comparación por parejas con la prueba de Mann-Whitney como prueba *post hoc* (cuando la distribución de los datos no era normal)⁴⁰.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa IBM SPSS 19.0 para Windows. El error tipo I (error α) se estableció en 0,05. Complementariamente algunas gráficas se generaron con Microsoft Excel 2016.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Comparación de la evolución de AP por picaduras de insecto en el área de la ciudad de Zaragoza en el periodo 2009-2018

En primer lugar, se analizó el número total de consultas en AP por picadura atendidas cada mes durante el periodo 2009-2018, en términos absolutos (Figura 4). Se observa un máximo en los años 2011 y 2012, y posteriormente otro pico destacado en el año 2017. El año 2009 fue el que menos consultas registró, y posteriormente se van incrementando; este hecho puede ser debido a que en 2009 todavía no se encontraba implantado en su totalidad el registro electrónico de historias clínicas. Además, en esta Figura se pueden observar las dos líneas referentes a las picaduras basales en cada mes.

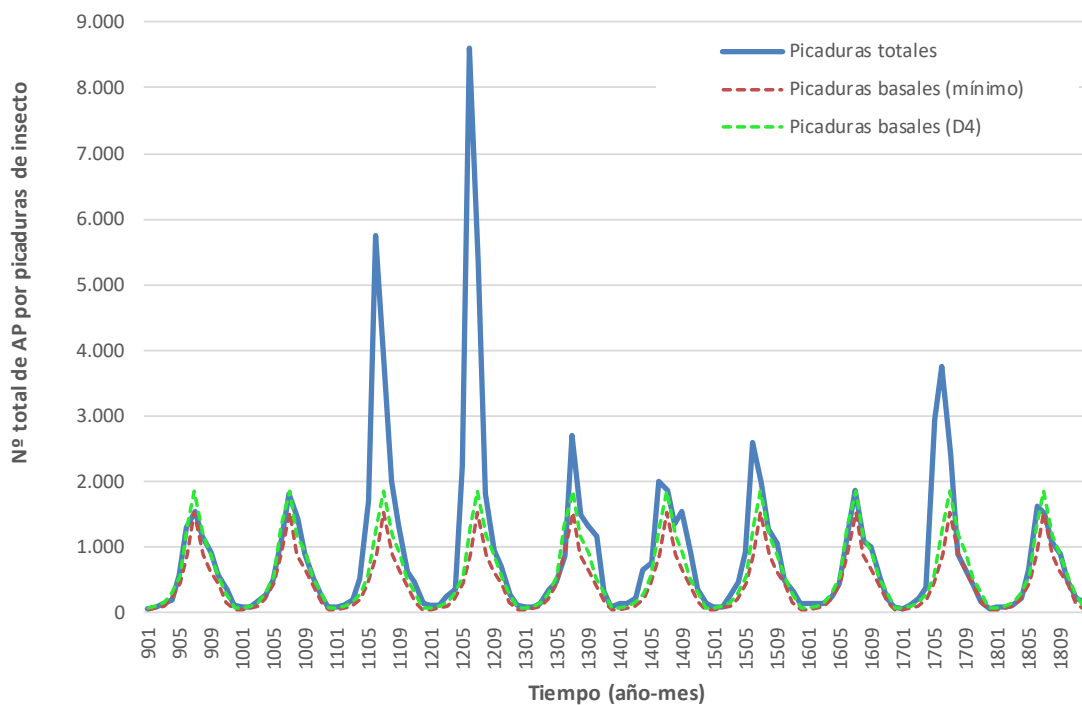


Figura 4. Evolución de las consultas por picaduras en AP en la ciudad de Zaragoza (2009-2018) en términos absolutos

Se estudió la evolución temporal de las AP por picadura anualmente (en términos absolutos). En la Tabla 3 observamos que los años 2011, 2012 y 2017 destacan por su alta incidencia en picaduras, valores atípicos que no se observan durante resto de años de estudio.

En la Tabla 4 se muestran las atenciones por picadura en AP con carácter mensual. En este análisis parece existir un marcado carácter estacional en la distribución de las atenciones por picaduras, sobre todo en el periodo comprendido entre mayo y septiembre. Los datos no están desagregados por año y no permiten valorar si esta estacionalidad es habitual en cada año de estudio o en particular los años con brotes.

Tabla 3. Descripción de consultas por picadura en AP (absolutas) en la ciudad de Zaragoza (2009-2018) estratificadas por años

Año	Media	s	Q1	Q2	Q3	min	Max
2009	588,75	524,25	129,50	455,50	1.108,75	65	1.544
2010	611,75	586,46	114,00	394,50	1.075,50	80	1.827
2011	1.382,50	1.735,99	154,00	569,00	1.929,00	83	5.739
2012	1.740,00	2.638,61	141,25	526,50	2.142,00	103	8.616
2013	760,67	798,39	107,00	408,50	1.280,00	82	2.715
2014	844,75	693,13	173,75	707,00	1.495,25	132	2.007
2015	809,00	804,42	173,25	477,50	1.223,50	86	2.606
2016	597,17	576,39	140,50	347,50	1.062,00	76	1.877
2017	1.003,92	1.281,61	123,75	400,50	2.027,50	49	3.759
2018	595,17	563,70	123,50	355,00	1.043,75	76	1.612

Significación según la prueba de Kruskal-Wallis, $p=0,958$.

Tabla 4. Descripción de consultas por picadura en AP (absolutas) en la ciudad de Zaragoza (2009-2018) estratificadas por meses

Mes	Media	s	Q1	Q2	Q3	min	Max
Enero	94,00	28,41	76,25	87,00 ^d	113,25	58	145
Febrero	106,60	24,71	89,00	99,50 ^d	123,25	76	155
Marzo	189,30	50,10	146,25	189,50 ^d	238,50	112	250
Abril	366,50	139,93	243,75	355,00 ^{cd}	468,25	199	647
Mayo	1.122,10	875,96	490,25	708,50 ^{bc}	1.850,00	444	2.937
Junio	2.891,60	2.504,49	1.220,75	1.809,50 ^a	4.254,00	881	8.616
Julio	2.476,00	1.199,08	1.756,25	1.923,50 ^a	2.955,25	1.531	5.351
Agosto	1.363,20	341,13	1.089,75	131,00 ^b	1.574,25	895	2.000
Septiembre	1.055,40	266,73	901,25	978,50 ^{bc}	1.322,25	631	1.540
Octubre	646,00	229,37	496,25	559,50 ^{bcd}	759,50	418	1.154
Noviembre	300,50	83,29	225,00	308,00 ^{cd}	350,50	165	453
Diciembre	109,20	35,77	80,50	112,00 ^d	139,50	49	158

Significación según la prueba de Kruskal-Wallis, $p<0,001$. Superíndices diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Mann-Whitney aplicada por pares ($p<0,050$)

Podemos ver que hay diferencias significativas en el número de AP por picaduras de insecto, siendo especialmente frecuentes en junio y julio, seguidos de los meses de mayo, agosto y septiembre. Por el contrario, los meses en los que las temperaturas eran mucho más bajas, la tasa de atención por picadura de insecto fue menor. Esto se debe a

que los artrópodos entran en diapausa durante los meses fríos, por lo que no presentan tanta actividad. España presenta un clima templado y cuatro estaciones del año bien diferenciadas, con presencia de diapausa en los adultos de simúlidos muy marcada durante el invierno según la latitud y la altitud. Por lo tanto, es esperable que en invierno el comportamiento agresivo de las especies disminuya³².

En la Figura 5 se puede observar la evolución temporal de las atenciones por picadura/10.000 AP. Se observan nuevamente dos picos correspondientes a 2011 y 2012, donde se produjo una elevada incidencia en consultas por picadura. Durante mayo de 2011, se registró un incremento de quejas por picadura de artrópodo en la ciudad de Zaragoza, y por ello la Universidad de Zaragoza realizó un estudio para identificar al insecto responsable. En el estudio se identificó una gran presencia de larvas y pupas de diversas especies de simúlido (*S. sergenti*, *S. equinum* y *S. erythrocephalum*) en los ríos Gállego y Ebro. Además, se observó que estos estadios inmaduros de simúlidos utilizaban los macrófitos de los ríos de la zona como sustrato para desarrollar su ciclo biológico. Se concluyó que el aumento de esta población de simúlidos se relacionaba con la presencia tan abundante de estos macrófitos²⁸.

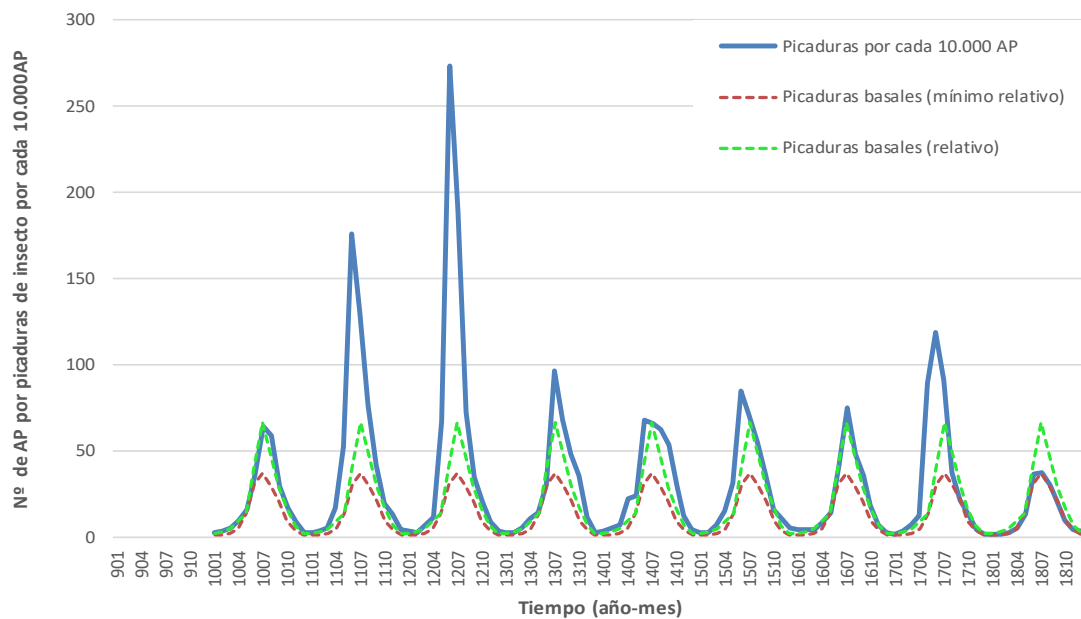


Figura 5. Evolución de las picaduras en AP en la ciudad de Zaragoza (2009-2018) ajustadas en términos relativos

Si comparamos esta gráfica con la anterior (Figura 4), observamos un patrón muy semejante, aunque con ligeras variaciones, ya que en la Figura 4 los años de 2013, 2014 y 2016 presentan picos con más irregularidades, siendo los repuntes más altos coincidentes con los meses de verano donde más incidencia de picaduras hay, mientras que las caídas bruscas posiblemente se deban a los meses de agosto, en los que hay menos consultas en AP porque disminuye sustancialmente la población en ese mes por vacaciones. También la población de *S. erythrocephalum* puede verse disminuida en ese mes, lo que favorece

la disminución del número de picaduras. En la Figura 5, sin embargo, se muestran unos picos por lo general más suaves tras hacer el ajuste por cada 10.000 AP, por lo que sería más adecuado utilizar estos valores para estimaciones posteriores.

Como se puede ver en la Figura 6, a partir de 2013 y hasta el 2016, la incidencia de picaduras fue mucho menor, porque la situación en el río Ebro cambió. No se detectó tanta presencia de macrófitos, y por tanto la población de mosca negra fue inferior. Esto pudo ser debido a que en estos cuatro años el caudal del río fue elevado en invierno y primavera, lo que afectó negativamente a los lugares de cría de los simúlidos, ya que el mantenimiento elevado del nivel del río dificulta la ovoposición y fijación de las larvas a los macrófitos. En el año 2017 se caracterizó por el estiaje del río Ebro y la ausencia de avenidas, lo que favoreció la proliferación de los macrófitos para el desarrollo de la mosca negra, lo que provocó otro máximo importante de picaduras, que no fue tan marcado como en 2011 y 2012; sin embargo, el inicio de la actividad de los simúlidos ese año se adelantó con respecto a 2011 y 2012, por lo que el número de picaduras en proporción es semejante en los tres años (Tabla 3). Sin embargo, en 2018 hubo otro descenso en el número de picaduras, similar al periodo de 2013-2016. Curiosamente, los picos máximos de cada año coinciden en la misma semana de junio (salvo 2009, 2010 y 2013, donde parece que el momento de máxima incidencia de picaduras tuvo lugar unas semanas más tarde, en julio). Esto puede ser debido a que las poblaciones de hembras adultas de mosca negra alcanzan su máximo poblacional durante el mes de junio; en los resultados del estudio de Ruiz-Arrondo³², *S. erythrocephalum* sería capaz de desarrollar cinco generaciones poblacionales en Zaragoza, que corresponderían con los picos observados desde principios de mayo hasta finales de julio.

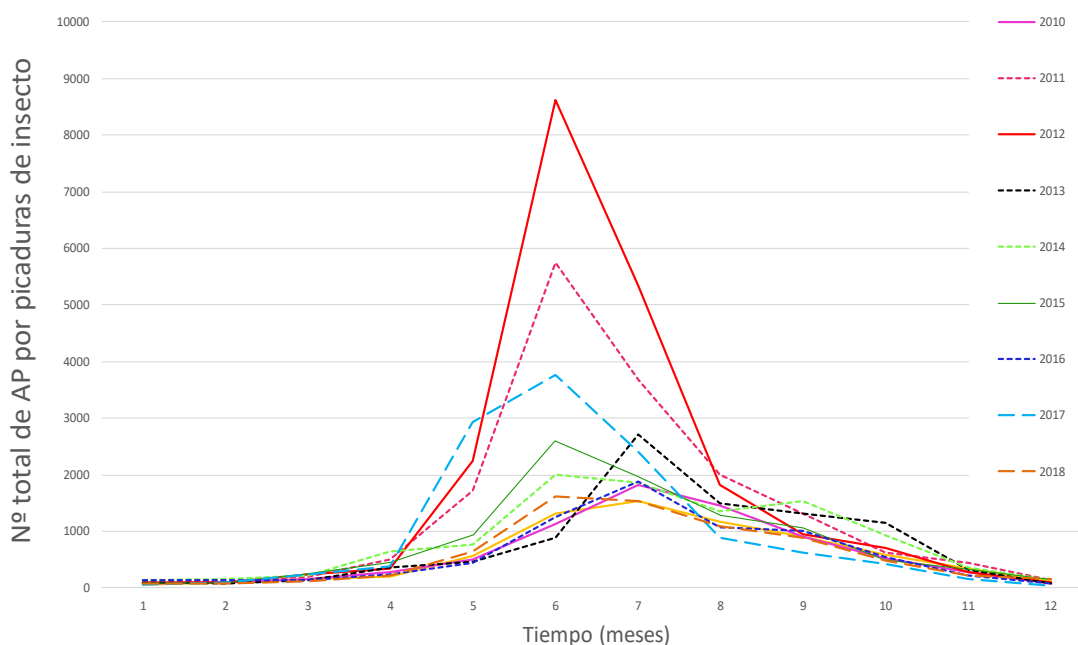


Figura 6. Comparación de la evolución mensual de las AP por picadura de insecto en la ciudad de Zaragoza durante 2009-2018

En la Tabla 5 se muestran las consultas por picadura en AP ajustadas cada 10.000 AP y estratificada por años. Se observa un patrón anual semejante que cuando se analizaba el número de consultas por picadura en AP en términos absolutos.

Tabla 5. Descripción consultas por picadura en AP por cada 10.000 AP (relativas) en la ciudad de Zaragoza (2009-2018) estratificadas por años

Año	Media	s	Q1	Q2	Q3	min	Max
2010	21,24	21,78	3,72	12,95	34,64	2,76	64,69
2011	45,41	56,15	4,85	18,18	71,05	2,49	176,11
2012	57,96	86,24	4,72	16,29	70,90	3,02	273,22
2013	27,44	29,97	3,60	12,88	44,95	2,80	96,51
2014	30,04	25,62	5,65	23,28	60,74	4,11	67,58
2015	28,26	28,00	5,84	15,83	50,98	2,72	84,54
2016	22,19	23,09	4,52	11,58	40,57	2,69	75,17
2017	33,64	41,80	3,74	13,27	76,14	1,64	119,12
2018	14,05	13,83	2,90	7,38	28,16	1,68	37,24

Significación según la prueba de Kruskal-Wallis, $p=0,788$.

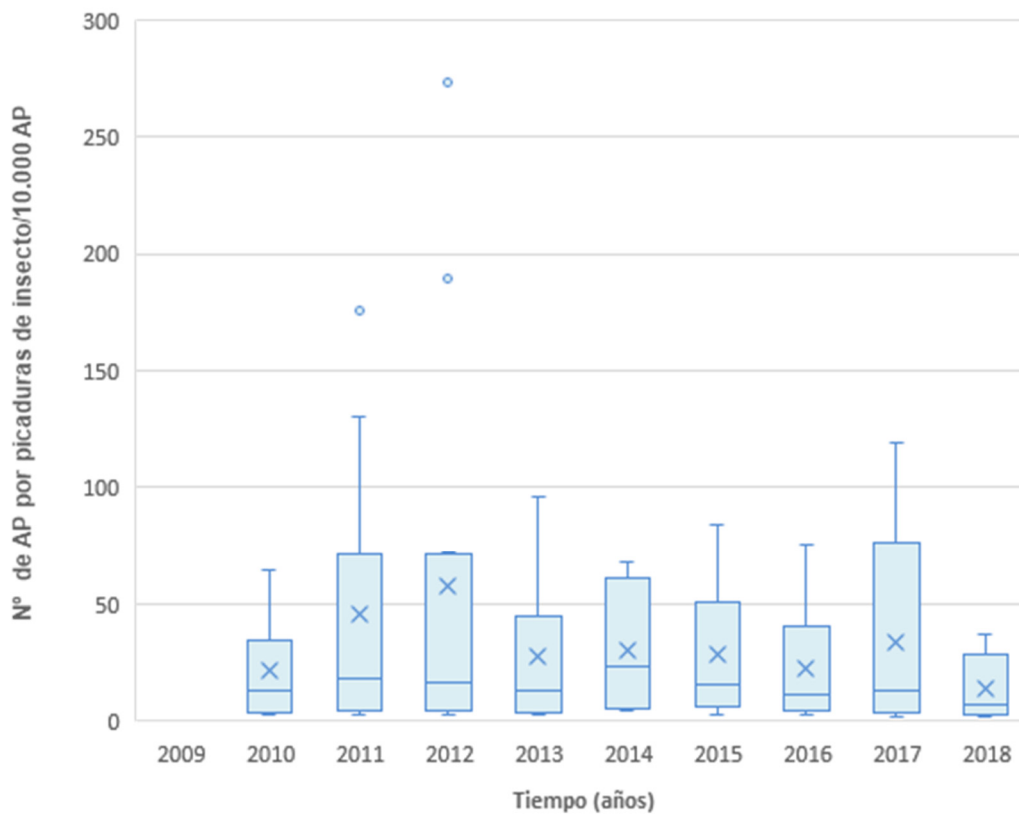


Figura 7. Consultas por picaduras en AP por cada 10.000 AP (relativas) en la ciudad de Zaragoza (2009-2018) estratificadas por años (la cruz indica el valor de la media)

La Figura 7 muestra de manera clara que 2011, 2012 y 2017 fueron los años donde más incidencia de picaduras hubo, como ya se ha comentado. Sin embargo, aunque a simple vista parezca que estos tres años presentaron incidencias casi iguales en el número de picaduras, la media de 2017 es menor que en los otros dos años mencionados. Se observan valores atípicos, que corresponden con los meses de junio de 2011 y 2012, y julio de este último, que coincide con los meses de mayor incidencia comentados en el análisis anterior.

A continuación, se realizó un análisis de las consultas por picadura atendidas en AP de forma mensual durante 2009-2018, ajustando el número de atenciones por picaduras/10.000 AP.

En la Tabla 6 se observa como los valores más elevados de consultas por picadura de insecto se producen durante el periodo entre mayo y septiembre, alcanzando los máximos en junio y julio, que muestran diferencias significativas con el resto de los meses del año. Si la comparamos con la Tabla 4, vemos que junio y julio presentaban un 20% de variación de picaduras entre ellas, mientras que, al ajustar, la variación se reduce a un 5% en la Tabla 6. Además, en la Tabla 4 el mes de mayo tiene mayor número de AP por picaduras que septiembre con el método absoluto, mientras que al ajustar en la Tabla 6, observamos mayor número de atenciones en septiembre que en mayo.

Tabla 6. Descripción de consultas por picadura en AP por cada 10.000 AP (relativas) en la ciudad de Zaragoza (2009-2018) estratificadas por meses

Mes	Media	s	Q1	Q2	Q3	min	Max
Enero	3,01	1,01	2,18	2,83 ^d	3,73	1,72	4,92
Febrero	3,33	0,99	2,76	3,23 ^d	4,06	1,68	5,10
Marzo	5,74	1,67	4,62	5,81 ^{cd}	7,32	2,55	7,37
Abril	12,73	5,01	9,37	11,95 ^{cd}	16,13	5,08	22,35
Mayo	35,75	27,50	14,13	24,21 ^{bc}	59,68	13,73	89,08
Junio	96,25	81,82	36,54	67,58 ^a	147,60	30,59	273,22
Julio	91,28	44,91	65,44	75,17 ^a	113,46	37,24	189,38
Agosto	56,75	15,70	42,72	59,19 ^b	69,91	30,28	77,21
Septiembre	35,93	11,01	25,51	36,16 ^{bc}	44,91	21,21	54,06
Octubre	20,00	8,04	14,88	18,57 ^{cd}	24,89	9,70	36,05
Noviembre	9,27	3,38	5,95	9,05 ^{cd}	12,24	4,30	13,84
Diciembre	3,63	1,17	2,73	3,84 ^d	4,64	1,64	5,35

Significación según la prueba de Kruskal-Wallis, $p < 0,001$. Superíndices diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Mann-Whitney aplicada por pares ($p < 0,050$)

Estos resultados se pueden ver de forma más gráfica en la Figura 8, donde una vez ajustados los valores por el número de AP totales, se confirma el aumento en las consultas atendidas por picadura de insecto entre los meses de mayo y septiembre, destacando de forma notable los meses de junio y julio. En este último mes se observa un valor atípico, que corresponde con julio de 2012, cuya gran incidencia de picaduras ya se ha descrito anteriormente.

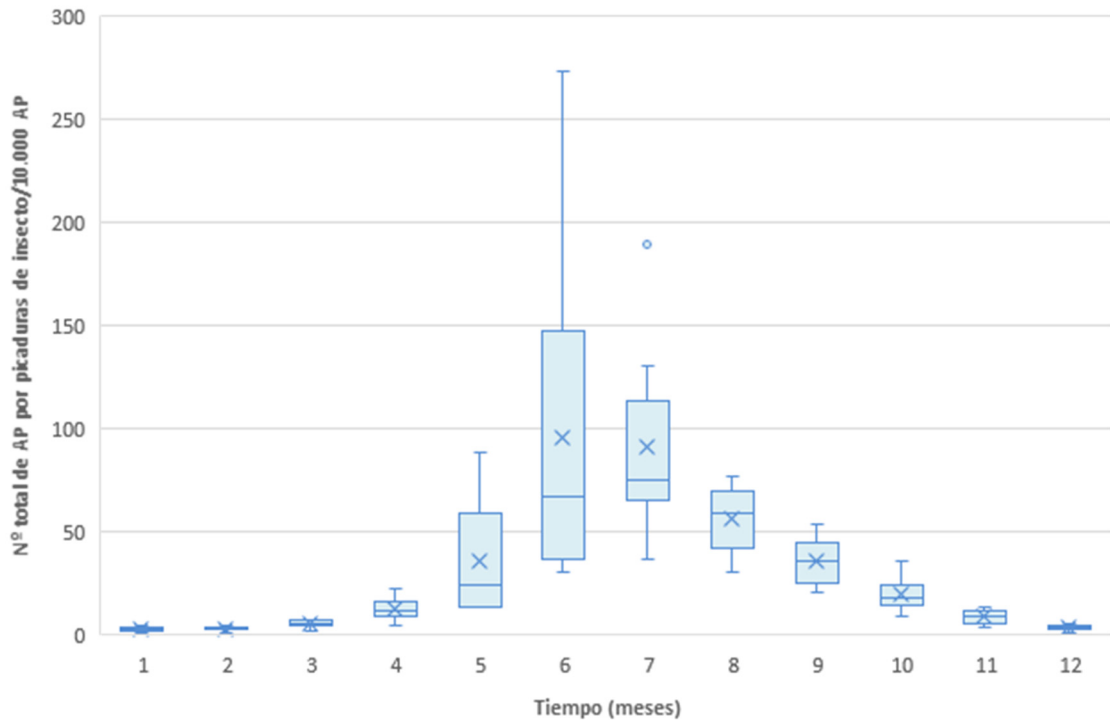


Figura 8. Consultas por picaduras en AP por cada /10.000 AP (relativos) en la ciudad de Zaragoza (2009-2018) estratificadas por meses (la cruz indica el valor de la media)

Debido a las variaciones de población a lo largo del año (ej. la disminución en verano debido a movimientos de los habitantes de Zaragoza por vacaciones) consideramos que lo más adecuado es analizar las consultas por picaduras en AP/10.000 AP en los siguientes apartados.

5.2. Comparación de la evolución de las picaduras asociadas a mosca negra en el área de la ciudad de Zaragoza en el periodo 2009-2018

Con el fin de manifestar el impacto de las poblaciones de mosca negra en atención por picadura de insecto en AP se realizaron de nuevo dos ajustes. El primero consistió en calcular las diferencias en términos absolutos de las atenciones. El segundo ajuste se realizó calculando la variación relativa de las atenciones por picadura de insecto en los años 2009-2018 y multiplicando por el total de AP atendidas cada mes.

En las Figuras 9 y 10 se realiza una comparación empleando los dos ajustes. En 2009, tal y como ocurría en la anterior comparación, no hay datos disponibles en el ajuste de forma relativa ya que apenas se hicieron registros y en ese año no había población

masiva de simúlidos, lo que implica que la asociación de las picaduras a mosca negra sea mínima. El patrón es casi idéntico en ambas figuras, con ciertas variaciones según el año; por ejemplo, en 2015 y 2018 se atribuyen más casos de mosca negra con del método absoluto. Se observa también que 2011 y 2012 presentan los picos más grandes, coincidentes con los años donde hubo más actividad de este insecto; 2017 vuelve a presentar un pico elevado en comparación con los cuatro años anteriores, pero más leve que el periodo 2011-2012. En 2018 son escasas las picaduras asociadas a mosca negra, como se puede ver en ambas gráficas por los dos ajustes, debido probablemente al elevado caudal del río ese año y la menor presencia de macrófitos²⁸. En ambas gráficas podemos observar que las líneas referentes a picaduras de mosca negra con los mínimos sobreestimarían los casos que se atribuyen a los simúlidos.

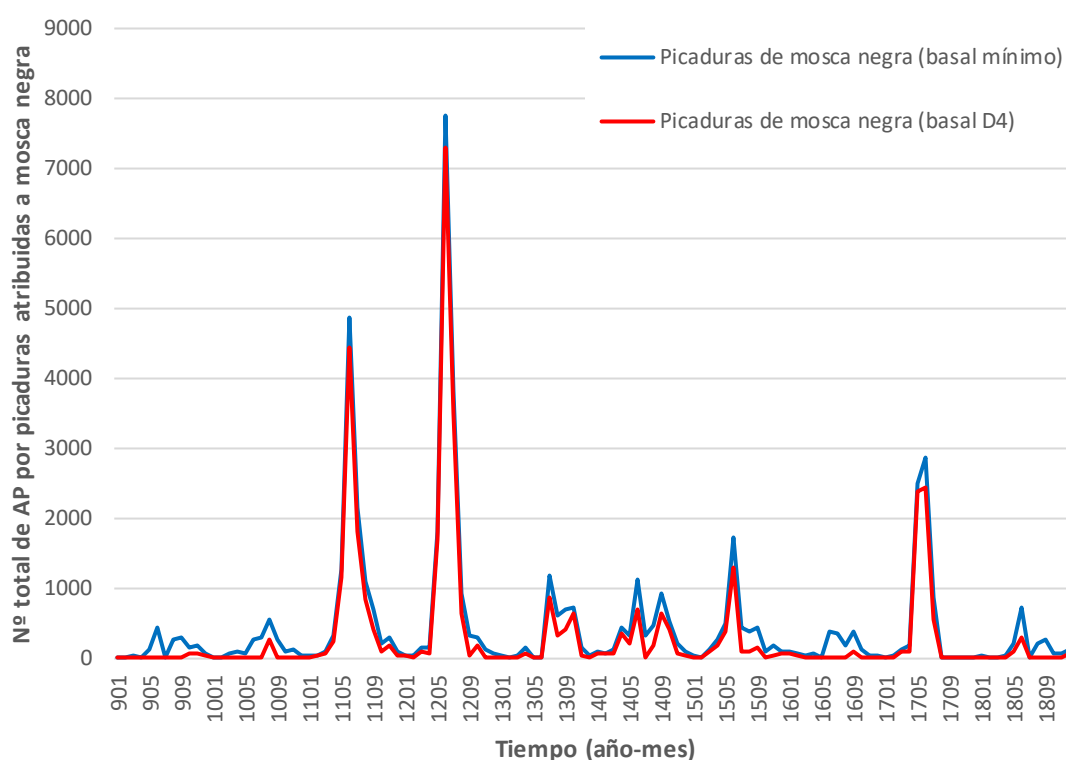


Figura 9. Comparación de la evolución de las picaduras asociadas a mosca negra en Zaragoza en el periodo 2009-2018 (calculadas a partir de los datos absolutos)

Al comparar la Figura 9 con la Figura 4, donde se observaba el número total de AP por picadura de insecto en términos absolutos, vemos que las picaduras asociadas a mosca negra (usando como nivel basal D4) son mínimas en los años 2009 y 2010, salvo un pequeño pico en este último, coincidente con los meses estivales. En los años 2011 y 2012, el número de AP por picadura asociadas a mosca negra es aproximadamente de 4.500 y 7.000 AP respectivamente, de las 5.000 y 8.500 que se observaban en la Figura 4; esto supone una elevada proporción del número total de las AP por picaduras.

Por otra parte, al comparar la Figura 10 con la Figura 5, en la que se estudiaba la evolución del número de picaduras en Zaragoza en términos relativos, la atribución de

las picaduras a mosca negra es mínima en los años 2010, 2016 y 2018, del total de picaduras visto en la Figura 5. El cálculo usando D3 como valor basal nos da un valor más conservador que el estudio con los valores mínimos mensuales, que atribuyen mayor número de picaduras a mosca negra. Por eso, hemos preferido el estudio con deciles a los mínimos, ya que consideramos se ajustan mejor a la realidad.

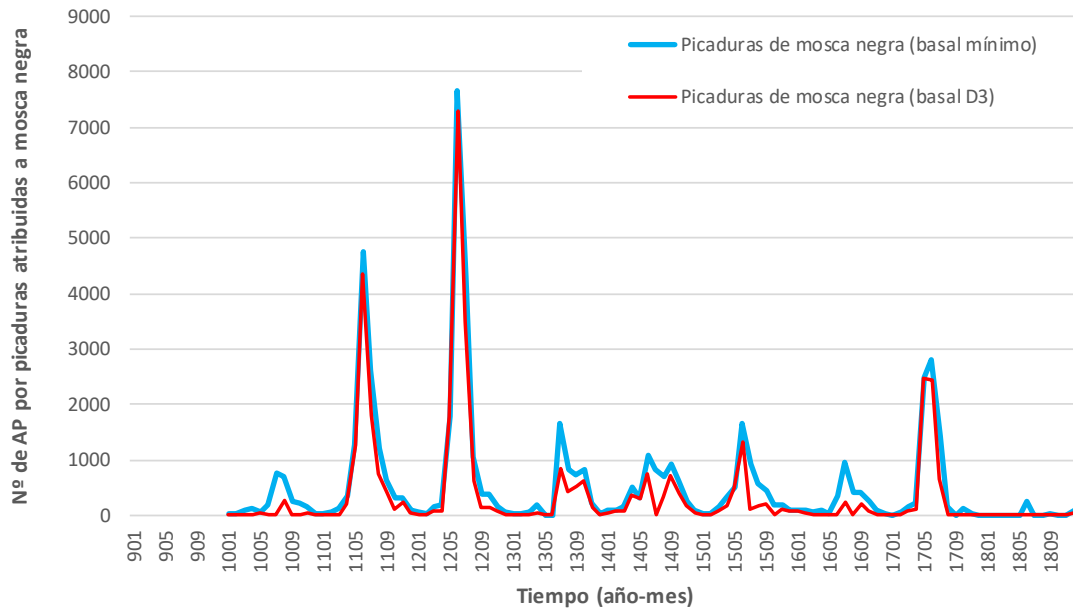


Figura 10. Comparación de la evolución de las picaduras asociadas a mosca negra en Zaragoza en el periodo 2009-2018 (calculadas a partir de los datos relativos)

En la Tabla 7 se ha estudiado la evolución temporal de las AP por picaduras que se atribuyen a mosca negra, utilizando como valores basales el D3 de los datos relativos, que como se ha comentado anteriormente, se ajusta más a la realidad por ser más conservador que el mínimo, el cual atribuye en exceso el número de picaduras a la mosca negra. Los años 2011 y 2012, seguidos de 2017, fueron los más afectados por la presencia de los simúlidos, y vemos que existen diferencias significativas en el número de atenciones por picadura de insecto atribuidas a la mosca negra.

Los años 2010, 2016 y 2018 tienen las menores tasas de atenciones por mosca negra; tal y como Ruiz-Arrondo describe en su estudio ³², los años anteriores a 2011 y 2012 (cuando se produjo el brote), denominados también como la etapa “pre-brote” (2009 y 2010) presentan unos registros muy bajos porque no se había detectado presencia masiva de simúlidos. Los años posteriores al brote, de 2013 a 2017, muestran una menor incidencia, pero no llegan a tener una presencia de mosca negra tan baja como en la etapa pre-brote, salvo en 2018. 2017 destaca por tener unos valores muy similares a los observados en 2011 y 2012, y también hay más consultas atribuidas a mosca negra en ese año.

En la Figura 11 se puede observar de forma gráfica esta información, viéndose claramente los años correspondientes a una mayor presencia de mosca negra y el

consecuente aumento de las consultas de AP atribuidas a este insecto. Se observan valores atípicos en varios años, correspondientes a los meses estivales, donde se produjeron grandes incrementos en el número de picaduras por mosca negra.

Tabla 7. Descripción de consultas por picaduras en AP atribuidas a mosca negra (calculadas a partir de datos relativos y nivel basal D3) en la ciudad de Zaragoza (2010-2018) estratificada por años

Año	Media	s	Q1	Q2	Q3	min	Max
2010	35,87	77,40	0,00	7,08 ^b	47,73	0,00	271,55
2011	770,11	1.266,90	35,48	219,86 ^{ab}	1.127,61	0,00	4.368,96
2012	1.143,32	2.198,00	37,60	113,86 ^a	1.481,21	7,45	7.290,19
2013	219,26	305,01	0,00	27,18 ^b	494,80	0,00	852,32
2014	274,82	255,77	58,68	241,55 ^b	400,36	0,00	758,41
2015	230,91	365,99	29,17	119,48 ^b	204,02	0,00	1.310,07
2016	50,59	79,26	0,00	0,00 ^b	70,67	0,00	223,70
2017	478,78	939,83	0,00	8,86 ^{ab}	524,25	0,00	2.468,42
2018	4,02	13,92	0,00	0,00 ^b	0,00	0,00	48,25

Significación según la prueba de Kruskal-Wallis, $p < 0,001$. Superíndices diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Mann-Whitney aplicada por pares ($p < 0,050$)

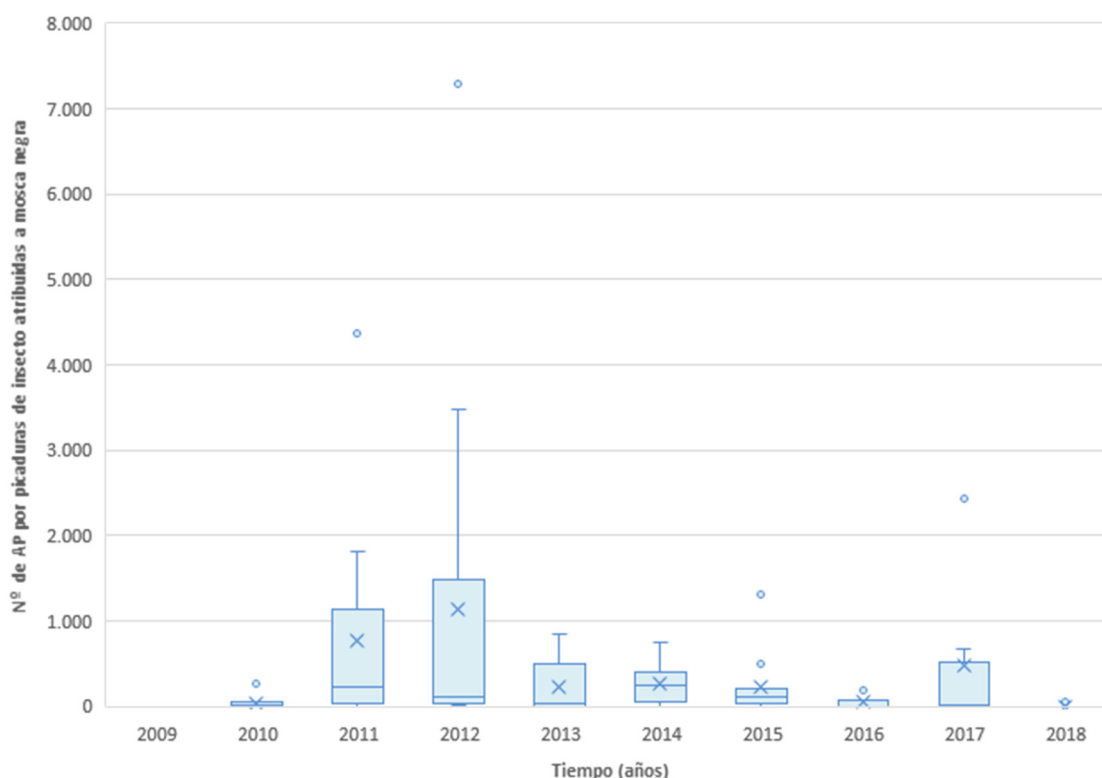


Figura 11. Consultas por picaduras en AP atribuidas a mosca negra (calculadas a partir de datos relativos y nivel basal D3) estratificadas por años

Si comparamos la Figura 11 con la Figura 7, en la que se estudiaba el número de AP por picadura de insecto/10.000 AP, vemos que en ambas las medias de 2011 y 2012 son muy superiores al resto de años, por lo que una buena parte de las picaduras se atribuye a la presencia de mosca negra.

En la Tabla 8 se describen las atenciones por picaduras que se atribuyen a mosca negra, utilizando los datos relativos y el D3 como nivel basal y estratificando por meses. Como se ha visto anteriormente, los meses en los que las temperaturas son más altas coinciden con el periodo de mayor actividad de picadura, lo que provoca un incremento en las consultas de AP por picadura de insecto. Los meses de mayo, junio y julio son los que muestran un mayor pico, como se puede ver en la Figura 12, y aunque no sean estadísticamente significativas (Tabla 8).

Estos resultados son lógicos, ya que los insectos tienen mayor actividad durante la época de primavera y verano. Sin embargo, la incidencia durante junio y julio es mucho mayor que en agosto y septiembre, que son meses calurosos también. Esto es debido a que *S. erythrocephalum* tiene mayor actividad durante los meses de mayo a julio (con el máximo en junio) y sus poblaciones declinan en agosto y septiembre. De hecho, Ruiz-Arrondo³² observó como el patrón de atenciones por picadura de insecto cambió con los brotes de mosca negra, donde se pasó de observar el máximo de atenciones por picadura de insecto durante el mes de agosto (años 2009 y 2010) a junio (2011 en adelante).

Tabla 8. Descripción de consultas por picaduras en AP atribuidas a mosca negra (calculadas a partir de datos relativos y nivel basal D3) en la ciudad de Zaragoza (2010-2018) estratificadas por meses

Mes	Media	s	Q1	Q2	Q3	min	Max
Enero	20,87	25,75	0,00	10,33	40,73	0,000	71,60
Febrero	20,84	24,73	0,00	12,80	39,92	0,00	69,80
Marzo	36,07	36,33	0,00	27,99	74,05	0,00	79,43
Abril	105,13	122,99	0,00	63,60	189,91	0,00	363,53
Mayo	708,06	911,62	0,00	316,87	1.512,44	0,00	2.468,42
Junio	1.795,53	2.535,40	0,00	758,41	3.400,53	0,00	7.290,19
Julio	794,20	1169,65	0,00	223,70	1.331,01	0,00	3.480,17
Agosto	284,57	274,26	0,00	271,54	518,56	0,00	754,36
Septiembre	242,21	251,22	0,00	193,72	458,51	0,00	707,73
Octubre	153,37	223,10	0,00	67,89	280,80	0,00	633,79
Noviembre	86,36	81,35	0,00	66,47	150,17	0,00	225,65
Diciembre	29,70	28,30	0,00	28,94	54,07	0,00	72,40

Significación según la prueba de Kruskal-Wallis, p=0,281.

Además, en la Tabla 8 no se observa una gran diferencia en el número de picaduras atribuidas a mosca negra en los meses de mayo y julio con el ajuste D3 (708,06 vs. 794,20 respectivamente), mientras que en la Tabla 6, donde se describen consultas por picaduras en AP, la diferencia entre estos dos meses es muy superior (35,75 en mayo vs. 91,28 en julio).

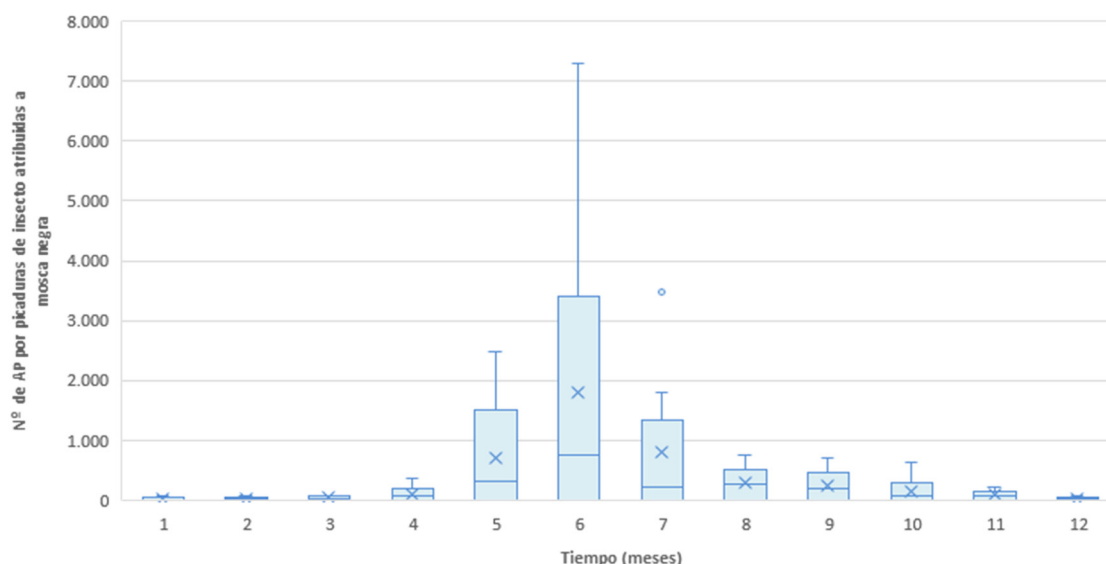


Figura 12. Consultas por picaduras en AP atribuidas a mosca negra (calculadas a partir de datos relativos y nivel basal D3) estratificadas por meses

Si comparamos la Figura 12 con la Figura 8, donde se analizaban las AP por picaduras/10.000 AP estratificadas por meses, vemos en ambas que los meses de mayo, junio y julio destacan por encima del resto, por lo que el número de AP que se atribuyen a mosca negra del total de picaduras es bastante significativo. Esta incidencia de picaduras tan elevada en junio ya se observaba claramente en la Figura 6, donde se repetían los picos máximos de picaduras de todos los años (salvo excepciones ya señaladas) en la misma semana de este mes.

5.3. Estimación del coste del aumento de consultas por picadura de insecto en AP

El incremento en la población de simúlidos en Zaragoza ha provocado un aumento de las visitas de los pacientes a las consultas de AP a causa de sus picaduras. Esto supone un aumento significativo del gasto público.

Debido a la escasez de información en el coste de una consulta de AP en Aragón, se tuvo que recurrir a la búsqueda de este dato en otras comunidades autónomas, donde se encontraron los costes de estas consultas en diferentes fuentes, oscilando la mayoría de ellas entre 45€ y 65€. Por ello, se tomaron estas cifras como los valores mínimo y máximo respectivamente, y se utilizaron ambos para estimar el coste anual de las consultas en AP por picadura de mosca negra en nuestra comunidad, con la intención de aproximarnos lo máximo posible a la realidad.

En la Tabla 8 podemos observar, para cada año, el número total de consultas en AP por picaduras, y, de todas ellas, cuántas se atribuyen a picadura de mosca negra. Los años 2011 y 2012 son los que más porcentaje de picaduras son atribuidas a mosca negra, seguido del 2017, ya que fueron los años en los que la población de simúlidos adultos fue mayor. Por el contrario, los años 2009, 2010, 2016 y 2018 no fueron tan favorables para el desarrollo de la mosca negra, con lo cual no hubo tanta presencia de la misma y no provocó gran cantidad de visitas en AP.

Tabla 9. Estimación del coste en AP de las consultas por picadura de mosca negra en la ciudad de Zaragoza durante el periodo 2009-2018

Año	AP totales por picaduras	AP por picaduras atribuidas a mosca negra		Coste de AP (euros)	
		n	%	min	Max
2009	7.065	149*	2,11%	6.705	9.685
2010	7.341	430	5,86 %	19.372	27.981
2011	16.590	9.241	55,70%	415.864	600.693
2012	20.880	13.720	65,71%	617.395	891.793
2013	9.128	2.631	28,82%	118.401	171.023
2014	10.137	3.298	32,53%	148.406	214.365
2015	9.708	2.771	28,54%	124.692	180.111
2016	7.166	607	8,47%	27.323	39.467
2017	12.047	5.745	47,69%	258.545	373.454
2018	7.142	48	0,68%	2.171	3.136

* Calculado con valores absolutos y nivel basal D4

Tanto con el coste mínimo (45€) como con el coste máximo (65€), se puede apreciar que desde 2009 el gasto aumenta de manera gradual, alcanzando su máximo en 2011 y 2012. También se producen una serie de descensos en el gasto anual en 2016 y 2018, por las condiciones desfavorables para el desarrollo de los simúlidos por las avenidas, que ayudaron a evitar que la población de mosca negra y por tanto las picaduras fuese menor. A pesar de que en algunos años el porcentaje de picaduras atribuidas a mosca negra es elevado, es posible que se esté infraestimando el número de picaduras al realizarse un ajuste conservador. En consecuencia, el coste sanitario por picadura de mosca negra sería superior al que reflejan estos resultados.

En la Figura 13 se puede ver de manera gráfica la fluctuación del gasto desde 2009 hasta 2018, donde se evidencian los picos en los años de mayor presencia de mosca negra. El gasto máximo se dio en 2012, y a partir de entonces ha ido descendiendo.

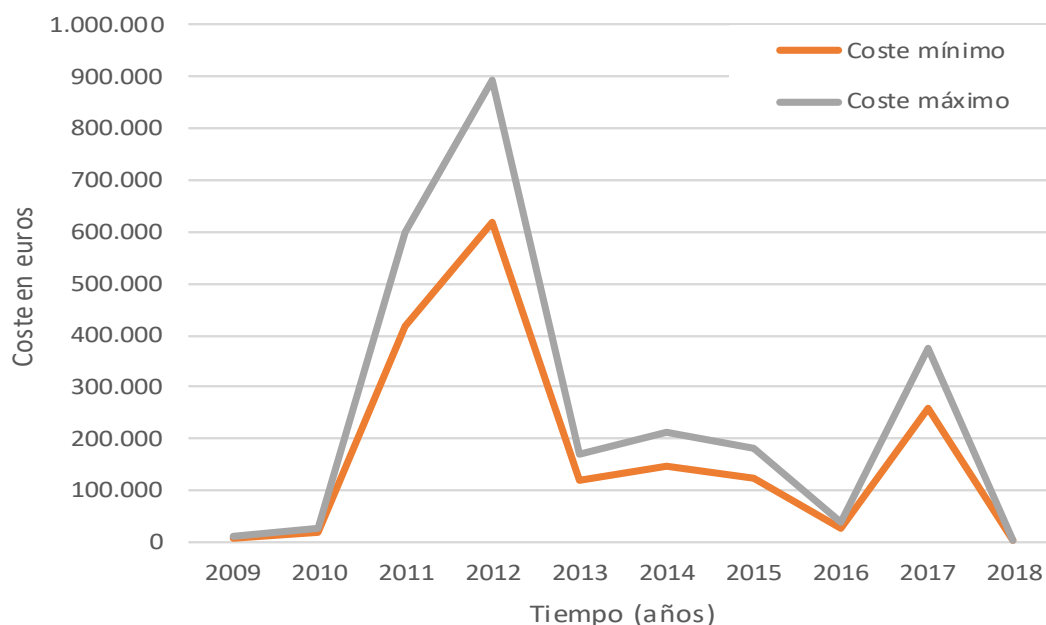


Figura 13. Evolución de los costes máximos y mínimos por consultas de AP en la ciudad de Zaragoza en el periodo 2009-2018

5.4. Costes del tratamiento con *Bti* en el río Ebro en la ciudad de Zaragoza

En este apartado se analizará el coste del tratamiento del Río Ebro con *Bti* en la ciudad de Zaragoza, teniendo en cuenta los caudales mínimos y medio, el número de tratamientos por mes, los puntos donde se realiza el tratamiento y el personal para llevarlos a cabo.

A la hora de estimar el coste de las aplicaciones, hay que tener en cuenta que el volumen de producto a aplicar depende en gran medida del caudal del río, ya que, a mayor caudal, más producto hay que utilizar y el coste se incrementa.

La importancia de la variación del caudal queda manifestada en el estudio de Peláez²⁸, donde se observa una clara relación entre el caudal y las AP por picaduras de mosca negra. Los años con crecidas prolongadas del caudal, normalmente en estación fría (de octubre a marzo, incluso hasta mayo), como los años 2009-2010 (pre-brote) y 2013-2016 (post-brote) se caracterizaron por menores atenciones por picaduras. Sin embargo, en los años 2011, 2012 y 2017 se produjeron brotes; el caudal esos años tuvo crecidas en primavera, pero de carácter puntual y no prolongadas. Las especies de simúlidos que habitan el Ebro en Zaragoza necesitan al menos 2 o 3 semanas para desarrollarse en el periodo estival, y una elevación puntual del caudal influirá sobre las formas inmaduras y ovoposición en ese momento. Cuando el caudal disminuye hay menos moscas negras durante las 2 o 3 semanas siguientes, hasta que emerjan nuevos adultos²⁸. Se puede observar este hecho en la Figura 14.

La fecha del primer control también es determinante. Tanto en 2011 como en 2012, el número de picaduras atribuidas a mosca negra alcanzó sus picos en el mes de junio. En 2017, sin embargo, se observa que la presencia de simúlidos se adelantó al mes de

mayo (Figura 6). Debido a esta estacionalidad en la aparición de la mosca negra y el inicio de picaduras, y también a la fecha aproximada de finalización en las crecidas del caudal, lo más conveniente sería empezar con los tratamientos en el mes de mayo.

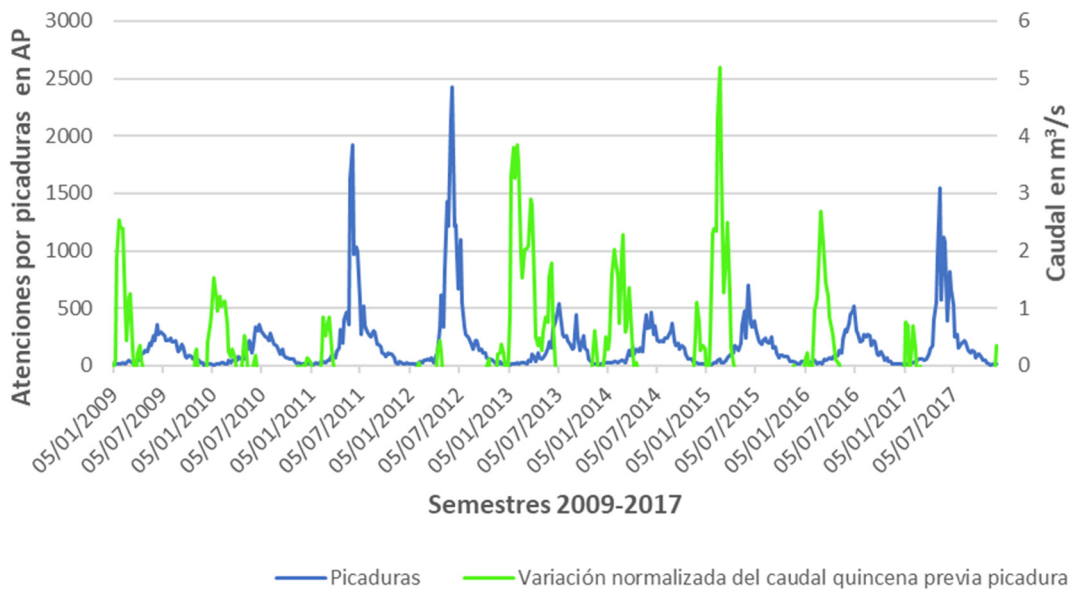


Figura 14. Evolución de las atenciones semanales por picaduras en AP y la variación semanal normalizada del caudal la quincena previa a la picadura²⁸

Tabla 10. Estimación del volumen de *Bti* (l) necesario y su coste para realizar el tratamiento en los distintos meses en tres puntos con tratamiento total y tres puntos con tratamiento parcial

Mes	Nº de tratamientos	Volumen <i>Bti</i> (l)/ tratamiento		Coste (euros)	
		Caudal min.	Caudal medio	Caudal min.	Caudal medio
Mayo	2*	194,40	1.175,04	2.663,28	16.098,04
Junio	2*	172,08	949,68	2.357,49	13.010,61
Julio	1	72,36	219,92	991,33	3.012,90
Agosto	1	78,84	168,48	1.080,10	2.308,18
Septiembre	1	102,60	216,72	1.405,62	2.969,06
Total	7	-	-	8.497,82	37.398,79

* Los tratamientos se harían con dos semanas de diferencia

Además del coste del *Bti*, hay que añadir los costes del personal que realiza el control. Hay cuatro tipos de jornada de trabajo, la monitorización, los días de aplicación del *Bti*, los muestreos posteriores en el control de la eficacia y las horas destinadas al análisis de las muestras y gestión de datos) (Tabla 11).

Por último, se debe tener en cuenta también el gasto de los desplazamientos, que se estima en 0,19€/km y supondría un incremento en los costes totales. Cada día de monitorización, control y control de la eficacia se realiza un desplazamiento de alrededor de 20 km.

Tabla 11. Estimación del coste de personal en el tratamiento con *Bti*

Actividad	Personal*	Horas de trabajo**	Coste (euros)
Monitorización	1 técnico + 1 peón	88	6.160
Aplicación del <i>Bti</i>	1 técnico + 2 peones	56	5.600
Control de eficacia	1 técnico + 1 peón	56	3.920
Análisis de muestras	1 técnico	56	2.240
Total	-	256	17.920

* 1 técnico = 40€/hora; 1 peón = 30€/hora.

** La monitorización requiere un trabajo semanal de 4 h desde mayo hasta septiembre, mientras que el resto de actividades son de jornadas de 8 horas por cada día de tratamiento realizado.

Teniendo en cuenta que la suma del coste del personal en el periodo de mayo-septiembre (Tabla 11) es de 17.920€ para el total de los tratamientos, el coste global en el periodo 2009-2017 oscilaría entre 26.417,82€ con caudales mínimos y 55.318,79€ con caudal promedio. Es evidente que lo más rentable sería realizar los tratamientos en los días en los que el caudal sea menor, ya que conforme el caudal aumenta, es necesario mayor volumen del producto, y el coste aumenta, aunque el momento idóneo de la realización del tratamiento lo va a determinar la densidad larvaria.

En la Tabla 12 se muestran por un lado los costes del control de mosca negra. Se ha tenido en cuenta para su cálculo el caudal real de cada uno de los meses en los que se realiza cada uno de los tratamientos. Por otro lado, se muestran los costes por picaduras atribuidas a mosca negra en AP, ya recogidos anteriormente en la Tabla 9. Curiosamente, los años en los que el coste de control es menor, el coste sanitario aumenta. Cuando los caudales son más bajos, el volumen de producto utilizado es menor y por ello el coste de control es más bajo; sin embargo, el hecho de que los caudales sean menores favorecen la presencia de mosca negra, lo que se traduce en un mayor número de picaduras y más atenciones médicas.

Aunque en los años de mayor incidencia (por ejemplo, 2011 y 2012) se aumentase el gasto en el control (mayor concentración de producto y/o mayor número de tratamientos), el coste seguiría siendo inferior al sanitario. Sin embargo, también es de esperar que al aumentar el control, disminuya la población de insectos y por tanto el número de atenciones, aunque estimar esa reducción es compleja.

El control que se realiza en la actualidad tiene ciertas deficiencias, ya que no abarca el tratamiento de tramos del río Ebro fuera del núcleo urbano, donde se concentran grandes focos larvarios, así como localidades próximas donde no se están realizando tratamientos. Esto es importante debido a la elevada capacidad de vuelo de la mosca negra, que podría alcanzar la ciudad desde otras zonas próximas.

Por ello es importante abordar un plan integral coordinado entre los ayuntamientos de los tramos de río afectados y otras instituciones.

Tabla 12. Comparación entre el coste del control de mosca negra y el coste de picaduras por mosca negra en AP

Año	Coste de control (euros)		Coste picaduras en AP (euros)	
	Caudal min	Caudal medio	min	Max
2009	36.502	48.374	6.705	9.685
2010	35.825	68.302	19.372	27.981
2011	28.158	39.215	415.864	600.693
2012	28.182	43.828	617.395	891.793
2013	62.987	115.524	118.401	171.023
2014	36.502	52.551	148.406	214.365
2015	35.220	48.822	124.692	180.111
2016	34.234	49.162	27.323	39.467
2017	27.063	32.005	258.545	373.454

En el estudio no hemos tenido en cuenta los costes que suponen las molestias de estos insectos en otras áreas, como la ganadería, agricultura, hostelería, etc., donde además de las pérdidas en producción, hay que sumar también el coste derivado de las bajas laborales. Por otra parte, otros sectores pueden verse beneficiados en parte por la presencia de esta plaga, como las farmacias (venta de medicamentos y repelentes), las empresas de control de plagas (realización de tratamientos adulticidas en comunidades de vecinos y espacios privados) y otras empresas fabricantes y distribuidoras de repelentes e insecticidas. La implantación de un control eficaz puede dar como resultado una mejoría en el bienestar de las personas y los animales, un aspecto también difícil de cuantificar, pero en esencia más importante que cualquier beneficio económico.

5.5. Limitaciones del estudio

La primera limitación del trabajo es identificar al artrópodo causante de la picadura atendida en AP. Algunas especies de artrópodos se pueden reconocer con facilidad (garrapatas, avispas...). Las picaduras causadas por mosca negra pueden ser identificadas al caracterizarse por un punto central rojo y sangrante a veces, aunque pueden influir otros factores, como la sensibilidad del paciente.

La segunda limitación es que no todas las picaduras requieren de asistencia médica, y si la requieren pueden no dejar constancia en el sistema OMI-AP (por ejemplo, en urgencias hospitalarias y en atención en sanidad privada). En este estudio no se tuvieron en cuenta las atenciones por picaduras atendidas en los servicios de urgencia de la ciudad de Zaragoza.

En tercer lugar, la historia clínica electrónica terminó de implantarse en los centros de Aragón a finales del año 2010, por lo tanto, los registros de atenciones en 2009 y 2010 podrían sufrir ligeras variaciones.

Además, no se encontraban disponibles los precios públicos referentes al coste de consultas de AP en Aragón actualmente, por lo que el cálculo del gasto sanitario se realizó de un modo aproximado, tomando dos datos obtenidos de comunidades autónomas vecinas.

Por último, existen ciertas limitaciones en el cálculo de consultas en AP por picadura de mosca negra y el cálculo del coste de control, ya que son estimaciones y es complicado ajustarse a la realidad; en ocasiones se han podido infraestimar las picaduras atribuidas a mosca negra y el coste que ello ha supuesto, aunque se ha preferido esto a sobreestimar las picaduras. Con el coste de control, es complicado ajustarse a la realidad ya que el río Ebro está sometido a una gran variación en su caudal.

6. CONCLUSIONES

A continuación, se enumeran las principales conclusiones de nuestro estudio:

PRIMERA: El incremento de la población de simúlidos, en concreto la especie *Simulium erythrocephalum*, es la responsable de un importante aumento de las consultas por picadura en atención primaria en la ciudad de Zaragoza en el periodo 2011-2018.

SEGUNDA: El coste sanitario en atención primaria por consultas debidas a picadura de insecto se ha visto incrementado por la presencia de los simúlidos en Zaragoza.

TERCERA: La implantación de un control eficaz de las poblaciones larvarias de simúlido mediante el tratamiento del río Ebro con *Bti* permite reducir el coste sanitario que supone esta plaga en la ciudad de Zaragoza.

CUARTA: Las hembras de *Simulium erythrocephalum* tienen gran capacidad de vuelo, por lo que el control no sólo se debería restringir al área urbana de Zaragoza, sino incluir otros tramos más alejados de la ciudad y poblaciones cercanas donde haya focos larvarios y no se esté realizando control.

QUINTA: El control de la plaga de simúlidos en la ciudad de Zaragoza reduciría su impacto en Salud Pública y Sanidad Animal y mejoraría sustancialmente el bienestar de los ciudadanos en la época estival.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Rosenberg R, Lindsey NP, Fischer M, Gregory CJ, Hinckley AF, Mead PS, et al. 2018. Vital Signs: Trends in Reported Vectorborne Disease Cases - United States and Territories, 2004-2016. *Morbidity and Mortality Weekly Report*. 67(17): 496-501.
2. Ruiz-Arrondo I, Garza-Hernández JA, Reyes-Villanueva F, Lucientes Curdi J, Rodríguez-Pérez MA. 2016a. Bionomics of *Simulium (Boophthora) erythrocephalum* in Zaragoza (Spain). En: Ruiz Arrondo I, de Blas Giral I (Eds), Book of abstracts of VII International Simuliidae Symposium. 5-8 septiembre 2016, Zaragoza. Universidad de Zaragoza-CIBIR. 44 pp.
3. Adler PH, Crosskey RW. 2018. World blackflies (Diptera: Simuliidae): a comprehensive revision of the taxonomic and geographical inventory. Disponible el 22/03/2018 en URL: <http://www.clemson.edu/cafls/departments/esps/biomia/pdfs/blackflyinventory.pdf>
4. Crosskey RW. 1990. *The Natural History of Black Flies*. John Wiley & Sons, Chichester. 722 pp.
5. Adler PH, Currie DC, Wood DM. 2004. *The black flies (Simuliidae) of North America*. Ithaca, New York. 941 pp.
6. Ruiz-Arrondo I, Alarcón-Elbal PM, Figueras L, Delacour-Estrella S, Muñoz A, Kotter H, Pinal R, Lucientes J. 2014a. Expansión de los Simúlidos (Diptera: Simuliidae) en España: Un nuevo reto para la Salud Pública y la Sanidad Animal. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*. 54: 193-200.
7. Giménez N, Barahona M, Casasa A, Domingo A, Gavagnach M, Martí C. 2007. Llegada de *Aedes albopictus* a España, un nuevo reto para la salud pública. *Gaceta Sanitaria*. 21: 25-28.
8. Gobierno de Aragón. 2017. Boletín Epidemiológico Semanal de Aragón. Semana 24/2017. 2 pp. Disponible el 28/12/2017 en URL: http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/SanidadBienestarSocialFamilia/Sanidad/Profesional/es/13_SaludPublica/18_Vigilancia_Epidemiologica/BOLETIN_ARAGON_201724.pdf
9. Ruiz-Arrondo I, Garza-Hernández JA, Reyes-Villanueva F, Lucientes-Curdi J, Rodríguez-Pérez MA. 2017a. Human-landing rate, gonotrophic cycle length, survivorship, and public health importance of *Simulium erythrocephalum* in Zaragoza, northeastern Spain. *Parasites & Vectors*. 10(1): 175.
10. González G. 1997. Claves para la identificación de las larvas y pupas de los simúlidos (Diptera) de la Península Ibérica. Asociación Española de Limnología, Barcelona. 77 pp.
11. Gállego J, Beaucournu-Saguez F, Portús M, Gállego M. 1994. [Aggressiveness of *Simulium* of the *ornatum* complex (Diptera: Simuliidae) in Catalonia (Spain). First observation]. *Parasite Paris Fr*. 1(3): 288.

12. Wood DM. 1985. Biting flies attacking man and livestock in Canada. Agriculture Canada, Ottawa. 40 pp.
13. Ignjatović-Ćupina A, Zgomba M, Vujanović LJ, Konjević A, Marinković D, Petrić D. 2006. An outbreak of *Simulium erythrocephalum* (De Geer, 1776) in the region of Novi Sad (Serbia) in 2006. Acta Entomologica Serbica. Suppl: 97-114.
14. Walsh JF. 1984. Aspects of the biology and control of *Simulium damnosum* s.l. (Diptera: Simuliidae) in West Africa. Tesis Doctoral. University of Salford. xxvi + 432 pp.
15. Butler JF, Hogsette JA. 1998. Black Flies, *Simulium* spp. (Insecta: Diptera: Simuliidae). University of Florida. 1-4pp.
16. Adler PH, McCreddie JW. 2002. Black flies (Simuliidae). En: Mullen G, Durde L (eds), Medical and veterinary entomology. Academic Press, San Diego. 185-202.
17. Hansford RG, Ladle M. 1979. The medical importance and behaviour of *Simulium austeni* Edwards (Diptera: Simuliidae) in England. Bulletin of Entomological Research. 69(1): 33-41.
18. WHO (World Health Organization). 2017. Oncocercosis. Nota descriptiva. Disponible el 1/2/2018 en URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs374/es/>
19. Moya Alonso L, Murdoch ME, Jofre-Bonet M. 2009. Evaluación psico-social y económica de la oncocercosis. Una revisión bibliográfica. Medicina Social. 4(Supl 5): 9-34.
20. Bartoloni A, Cancrini G, Bartalesi F, Marcolin D, Roselli M, Arce CC, Hall J. 1999. *Mansonella ozzardi* infection in Bolivia: prevalence and clinical associations in the Chaco region. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene. 61: 830-833.
21. Myburgh E, Nevill EM. 2003. Review of blackfly (Diptera: Simuliidae) control in South Africa. The Onderstepoort Journal of Veterinary Research. 70: 307-317.
22. Ballester L. 2012. La amenaza de la mosca negra. Levante, 28 octubre 2012. Disponible el 25/08/2019 en URL: <http://www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/2012/11/04/amenaza-mosca-negra/949019.html>
23. De Barjac H. 1978. Une nouvelle variété de *Bacillus thuringiensis* très toxique pour les moustiques: *B. thuringiensis* var *israelensis* sérotype H14. Comptes Rendus De l'Academie des Sciences. 286: 797-800.
24. Hougard JM, Back C. 1992. Perspectives on the bacteriological control of vectors in the tropics. Parasitology Today. 8: 364-366.
25. Ruiz-Arrondo I, Arcos SC, Soriano Ó, Oteo JA, Navas A. 2017b. Primer registro de *Isomermis lairdi* Mondet, Poinar & Bernadou, 1977 en España. Posible herramienta en el control de simúlidos (Diptera, Simuliidae). Libro de ponencias del X Congreso Nacional de Entomología Aplicada. Universidad de La Rioja y Sociedad Española de Entomología Aplicada. 16-20 octubre 2017. Logroño. 254 pp.

26. Es.wikipedia.org Zaragoza. 2019. Disponible el 22/08/2019 en URL: <https://es.wikipedia.org/wiki/Zaragoza>
27. Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Datos climatológicos Zaragoza Aeropuerto. Gobierno de España, Aemet.es. 2019 Disponible el 22/08/2019 en URL: <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos>
28. Peláez Guerra MA. 2018. Estudio observacional del número de atenciones por picaduras de insecto en la ciudad de Zaragoza en el periodo 2009-2017. Relación con determinados parámetros medioambientales. Trabajo Fin de Máster. Instituto de Salud Pública Carlos III.
29. Ruiz-Arrondo I, Lucientes J. 2011. Informe sobre los tratamientos realizados contra las larvas de mosca negra en Zaragoza en junio y julio 2011. Universidad de Zaragoza.
30. Muñoz Otero A, Oresanz Martínez I, Ruiz-Arrondo I. 2018. Informe sobre el control de simúlidos en la Mancomunidad del Bajo Gállego. Centro de Investigación Biomédica de La Rioja (CIBIR).
31. SAIH Ebro. Datos: Aforos en río. Saihebro.com. 2019. Disponible el 22/08/2019 en URL: <http://www.saihebro.com/saihebro/index.php?url=/datos/mapas/tipoestacion:A>
32. Ruiz Arrondo I. 2018. Estudio de *Simulium erythrocephalum* (De Geer, 1776) en Zaragoza: ecología e impacto en salud pública. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
33. Boletín Oficial de Cantabria. 2005. Anexo II. Precios de los servicios sanitarios en atención primaria. Disponible el 20/08/2019 en URL: <https://boc.cantabria.es/boces/verAnuncioAction.do?idAnuBlob=82845>
34. Gil C. El precio de la salud. La Opinión de Zamora. 2008. Disponible el 25/08/2019 en URL: <https://www.laopiniondezamora.es/zamora/2008/11/22/precio-salud/316428.html>
35. Boletín Oficial del Principado de Asturias. 2009. Decreto 87/2009, de 29 de julio, por el que se establecen los precios públicos a aplicar por el Servicio de Salud del Principado de Asturias por la prestación de servicios sanitarios. Disponible el 20/08/2019 en URL: <https://sede.asturias.es/bopa/2009/08/11/2009-19195.pdf>
36. Moral G. Visitar al médico de cabecera cuesta unos 60 euros y al especialista, 170. El Periódico de Extremadura. 2010. Disponible el 20/08/2019 en URL: https://www.elperiodicoextremadura.com/noticias/temadeldia/visitar-medico-cabecera-cuesta-60-euros-especialista-170_518690.html
37. Fernández D. 2017. Madrid dispara las tarifas sanitarias: infartos a 7.500 €, trasplantes a más de 100.000 €... El Confidencial Disponible el 25/08/2019 en URL: https://www.elconfidencial.com/espana/madrid/2017-07-10/madrid-precios-publicos-sanidad-tarifas_1411686/

38. Cordovilla J, Echeverría M. 2018. ¿Cuánto cuesta un día en un hospital en la red pública de Navarra? El Diario de Navarra. Disponible el 25/08/2019 en URL: <https://www.diariodenavarra.es/noticias/navarra/2018/04/22/cuanto-cuesta-dia-hospital-con-red-publica-navarra-selecciondn-587926-300.html>
39. Vega M. 2019. El coste 'real' de la atención sanitaria gratuita. El Mundo. Disponible el 25/08/2019 en URL: <https://www.elmundo.es/pais-vasco/2019/03/25/5c989ee9fdddf81828b459e.html>
40. Celis de la Rosa A, Labrada Martagón V- 2014. Bioestadística (3ª edición). Editorial El Manual Moderno, México. 337 pp.