

FACULTAD DE FARMACIA

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FARMACIA



LOS CERATOPOGÓNIDOS Y SU IMPORTANCIA EN SANIDAD HUMANA Y ANIMAL.

MARÍA JOSÉ GONZÁLEZ CARRASCO

Curso 2019/2020

Fecha de presentación: 8 julio de 2020

Departamento de Microbiología y Parasitología.

Tutor: Manuel de Rojas Álvarez.

Revisión bibliográfica.

RESUMEN

Los ceratopogónidos son dípteros nematóceros muy numerosos y ampliamente distribuidos por todo el mundo. Estos nematóceros presentan una importante relevancia en la propagación de enfermedades tanto en humanos como en animales, y a pesar de ello es una familia de insectos que no ha suscitado demasiado interés entre los entomólogos. Son capaces de transmitir enfermedades como la mansonelosis en humanos y el virus de la lengua azul en animales. La mansonelosis, provocada principalmente por *Mansonella ozzardi*, es una enfermedad que prácticamente se va a desarrollar solo en zonas endémicas y, actualmente, no existen demasiados trabajos al respecto, a pesar de las grandes discapacidades que produce. No ocurre lo mismo con el virus de la lengua azul, cuya enfermedad afecta a los animales y está clasificada entre las enfermedades de la categoría “A”, notificables a la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE).

Conocer el ciclo biológico de estos nematóceros, así como las manifestaciones clínicas y síntomas que presentan las enfermedades que transmiten y/o producen, serán esenciales para un diagnóstico precoz y para su prevención y control, pudiendo así actuar más rápidamente y evitar mayores complicaciones.

En la actualidad, los factores climáticos y los cambios que producen sus efectos, afectan a la distribución de muchos artrópodos vectores, como las especies del género *Culicoides* de la familia Ceratopogonidae, vector del virus de la lengua azul que ya se ha distribuido prácticamente por todo el mundo. Esto se debe principalmente a que se han creado zonas favorables para el desarrollo de este género, el que tiene una mayor capacidad vectorial, dentro de los ceratopogónidos. La investigación sobre estos determinantes ambientales, que favorecen el desarrollo y la actividad de estos insectos, será clave para prevenir y controlar el virus de la lengua azul y otras enfermedades transmitidas por especies de *Culicoides*. En este trabajo se contemplan estos factores para prever cómo podría cambiar la distribución y abundancia de este género en un futuro. Además, se incluye una breve revisión de esta enfermedad en Europa, cómo apareció y cómo se distribuyó a lo largo de los años.

Palabras claves: Ceratopogonidae, *Culicoides*, climate change, Bluetongue.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	Pág. 5
2. OBJETIVOS.....	Pág. 5
3. METODOLOGÍA.....	Pág. 6
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	Pág. 7
4.1.GENERALIDADES <i>CULICOIDES SPP</i>	Pág. 7
4.1.1. Aspectos morfológicos.....	Pág. 7
4.1.2. Identificación de las especies de <i>Culicoides</i>	Pág. 9
4.1.3. Ciclo biológico.....	Pág. 11
4.1.4. Métodos de captura y estudio.....	Pág. 12
4.2.IMPORTANCIA SANITARA.....	Pág. 13
4.2.1. Importancia en la sanidad humana.....	Pág. 14
4.2.1.1. Picaduras y alergia.....	Pág. 14
4.2.1.2.Enfermedades transmisibles. Mansonelosis.....	Pág. 15
4.2.1.3.Ciclo de transmisión.....	Pág. 15
4.2.1.4.Sintomatología.....	Pág. 15
4.2.1.5.Tratamiento.....	Pág. 16
4.2.1.6.Diagnóstico.....	Pág. 16
4.2.1.7.Prevenición y control.....	Pág. 17
4.2.1.8.Otros patógenos transmitidos por <i>Culicoides</i>	Pág. 17
4.2.2. Importancia de la sanidad animal.....	Pág. 18
4.2.2.1.Enfermedad por virus de la lengua azul.....	Pág. 18
4.2.2.2.Ciclo de transmisión del virus.....	Pág. 19
4.2.2.3.Signos clínicos.....	Pág. 21
4.2.2.4.Diagnóstico.....	Pág. 22

4.2.2.5.Prevencción y control.....	Pág. 23
4.3.CAMBIO CLIMÁTICO.....	Pág. 24
4.3.1. Repercusiones del cambio climático en la transmisión de virus de la lengua azul.....	Pág. 25
4.3.2. Repercusión del cambio climático en la propagación del virus en Europa.....	Pág. 30
5. CONCLUSIONES.....	Pág. 32
6. BIBLIOGRAFÍA.....	Pág. 33

1. INTRODUCCIÓN

Los Ceratopogonidae son dípteros nematóceros que se conocen comúnmente como mosquitos mordedores. Son un grupo diverso y con distribución mundial y que incluye más de 5500 especies distribuidas en 103 géneros y en cuatro subfamilias. De estas cuatro subfamilias, Leptoconopinae, Forcipomyiinae, Dasyheleinae y Ceratopogoninae, sólo 34 géneros se alimentan de sangre de vertebrados, siendo el más implicado en sanidad humana y animal el género *Culicoides* con 1270 especies descritas en todo el mundo. El resto de ceratopogónidos se alimentan de los fluidos de pequeños insectos de su tamaño.

Se desarrollan en una amplia gama de hábitats donde debe existir algo de humedad y materia orgánica en descomposición como vegetación o estiércol. También pueden completar su ciclo en hábitats totalmente acuáticos y semiacuáticos. La importancia sanitaria de algunos géneros de esta familia, radica no sólo en las desagradables picaduras que molestan a los humanos y animales domésticos sino también que en algunos casos actúan como vectores de enfermedades de etiologías víricas, bacterianas o parasitarias.

Debido a su tamaño, generalmente pequeño, algunas especies pueden atravesar telas mosquiteras y mallas con los consiguientes riesgos para la salud. Pero estos dípteros nematóceros, también brindan servicios importantes en los sistemas ecológicos siendo algunas especies los principales polinizadores de plantas como el cacao o los árboles de caucho. Además, muchas de sus larvas son importantes depredadores de otros organismos en hábitats acuáticos.

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es conocer la importancia, distribución e incidencia de un grupo de grupo de Ceratopogónidos, aportando datos sobre diferentes aspectos para contribuir a su control.

Para ello se han planteado los siguientes objetivos:

1. Conocimiento sobre aspectos morfológicos del género *Culicoides* (Ceratopogónidos), ya que es el que presenta mayor importancia sanitaria.

2. Conocimiento del ciclo biológico de este género, lo cual facilitará las actuaciones profilácticas.
3. Conocimiento de las manifestaciones clínicas y síntomas que provocan las enfermedades transmitidas y/o producidas por *Culicoides*.
4. Revisión de los principales efectos del cambio climático sobre estos insectos.

3. METODOLOGÍA

La obtención de información de libros, artículos o tesis doctorales nos ha permitido realizar una búsqueda con la que se ha elaborado el presente estudio bibliográfico. Para ello se ha seguido una serie de pasos.

En primer lugar, se ha definido un periodo de búsqueda y/o el tipo de documento, esto ha hecho que el número de artículos no sea tan elevado, y se ha ido obteniendo información general sobre el tema y los aspectos más relevantes. Posteriormente, de las fuentes primeras que han sido de mayor interés se han escogido las que permitían el acceso al texto completo.

Las bases de datos usadas han sido Pubmed e ISI Web of Sciences. Mediante el empleo de palabras claves se ha obtenido información general del tema de estudio en estas fuentes, para luego poder conseguir artículos que tuvieran información más especializada. Entre estas palabras claves encontramos “*Culicoides*”, “*Ceratopogonidae*”, “*Mansonella*”, “Bluetongue”. Otro método de búsqueda es la combinación de palabras claves como puede ser “*Culicoides* and climate changes” o “*Culicoides* and bluetongue”.

El empleo de fuentes secundarias, como es el catálogo “Fama” en este caso, ha aportado monografías y libros especializados.

Una vez obtenida la información suficiente se procede a la lectura y análisis de los artículos seleccionados. En este caso se han escogido unos 30 artículos, y además se ha consultado en páginas oficiales como la Organización Mundial de la Salud para conseguir más información.

Con todas las fuentes de información nombradas se ha conseguido realizar el estudio que se presenta a continuación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a que el principal género que interviene en la transmisión de enfermedades a humanos y animales es, con gran diferencia, el género *Culicoides*, en el presente trabajo nos centraremos en su estudio y el de las principales enfermedades que transmite.

4.1. GENERALIDADES *CULICOIDES* SPP

Los *Culicoides* son insectos que pertenecen al Orden Díptera, suborden Nematóceras y están incluidos dentro de la familia Ceratopogonidae. Estos insectos son muy numerosos y están ampliamente distribuidos por todo el mundo (Lucientes et al., 2019). Pueden encontrarse en regiones intensivas o extensivas, en bosques y áreas periurbanas con excepción de las zonas polares. Estas especies presentan diferentes nombres entre ellos “jejenes”, “polvorines”, “manta blanca” (Borkent, 2014; Purse et al., 2015).

4.1.1 Aspectos morfológicos

Los *Culicoides* tienen un tamaño pequeño que puede variar entre 1 y 6 mm de longitud. Junto con los flebotómidos son los mosquitos más pequeños que atacan al ser humano (Lehane, 2005). Los adultos de *Culicoides* presentan un color negro o marrón oscuro. Se pueden dividir en 3 partes bien diferenciadas: cabeza, tórax y abdomen.

En la cabeza se encuentra un par de ojos grandes, contiguos y separados. Las antenas son relativamente largas, y presentan dimorfismo sexual. Las antenas de las hembras son pilosas y las de los machos son plumosas. Se dividen en 3 partes. El primer segmento se denomina basal y presenta forma de anillo. El segundo segmento es el escapo y presenta forma de pedicelo. El último segmento es el flagelo, y este a su vez se divide en 13 segmentos denominados flagelómeros. En la cabeza, también se van a encontrar una serie de quimiorreceptores, que servirán para la búsqueda de hospedadores (Braverman et al., 2012; Estrada et al., 2011; Purse et al., 2015).

Los adultos poseen un aparato picador de tipo cortador chupador que tiene una longitud similar a la de la cabeza (Lucientes et al., 2019). Este aparato picador permite que se alimenten de néctar, polen y azúcar de las flores. Además, las hembras son hematófagas, ya que necesitan ingerir la sangre para que maduren los ovarios y los huevos se desarrollen (Lucientes et al., 2019; Mellor et al., 2000; Ronderos et al., 2011). Las piezas bucales son las que forman la trompa. A ambos lados de la trompa, se encuentra un par de palpos dividido en 5 segmentos. Estos palpos al igual que las antenas presentan dimorfismo sexual. En las hembras el tercer segmento es más grande y está más desarrollado (Estrada et al., 2011; Purse et al., 2015).

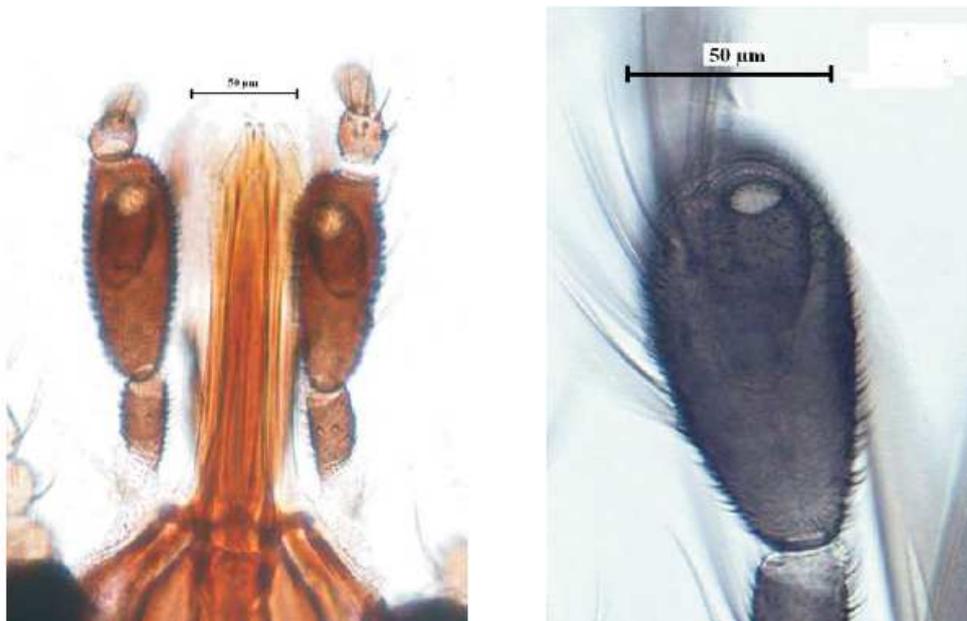


Figura 1. Morfología aparato bucal *Culicoides* (Estrada et al., 2011).

El tórax se divide en 3 segmentos: protórax, mesotórax y metatórax. Del tórax salen 3 pares de patas, y un par de alas, que se insertan en el mesotórax, y sirven para la identificación y clasificación de las diferentes especies de *Culicoides*. Las patas están divididas en 6 segmentos. Uno de ellos se denomina tarso, y también se encuentra segmentado. En el último segmento del tarso se encuentran un par de garras (Perruolo, 2009; Spinelli et al., 2005).

El abdomen se encuentra dividido en 10 segmentos. La expansión abdominal durante la alimentación y la ovogénesis es posible gracias a que la región pleural es membranosa. En el abdomen, también se encuentran una serie de quimiorreceptores,

que ayudarán a la localización del hospedador y a la ovogénesis. La parte posterior del abdomen presenta diferencias en hembras y machos. En hembras, el abdomen es más o menos redondeado mientras que en machos se puede observar un par de apéndices articulados, que sirven para sujetar a la hembra durante la cópula. Además, en la parte terminal del abdomen se encuentran las estructuras genitales (Sollai et al., 2010; Spinelli et al., 2005; Swanson, 2012).

En las hembras, dependiendo de la especie puede existir de 1 a 3 espermatecas. Estas espermatecas corresponden con los ovarios de la hembra. Presentan un cuello esclerotizado, y su longitud y grosor puede servir para identificar a la especie. Los conductos de cada espermatecas convergen en uno común. En algunas especies, estos conductos están esclerotizados (Spinelli et al., 2005; Swanson, 2012).

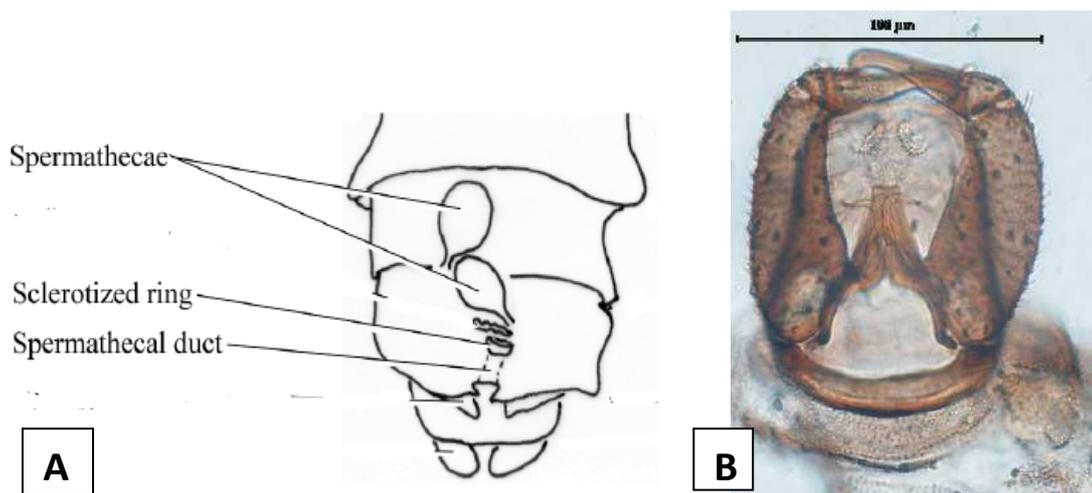


Figura 2A. Morfología parte terminal *Culicoides* modificado (Swanson, 2012). Figura 2B. Vista ventral parte terminal (Estrada et al., 2011).

4.1.2. Identificación de las especies de *Culicoides*

Para la identificación de estas especies se ha utilizado especialmente el patrón de las alas (Borkent, 2014; Harrup et al., 2015). Las alas son estrechas y redondeadas en su extremo distal. La disposición de las nervaduras y las celdillas van a permitir distinguir a este género (Borkent, 2014; Lucientes et al., 2019; Swanson, 2012). En las alas se pueden diferenciar una vena transversal radio-mediana “r-m”, dos celdas radiales

desarrolladas, una vena anterior M bifurcada y una vena cubital CuA también bifurcada en CuA1 y CuA2 (Estrada et al., 2011; Perruolo, 2009).

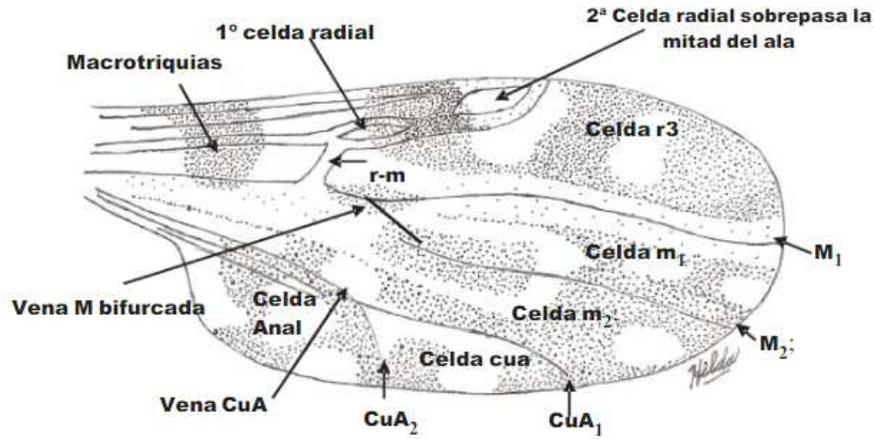


Figura 3. Morfología alas *Culicoides* (Perruolo, 2009).

Las alas también poseen una serie de pelos de diferentes tamaños. Los microtrichias son pelos de diminuto tamaño mientras que las macrotrichias son pelos más largos, que se encuentran a lo largo de las alas. La longitud y la pigmentación de las macrotrichias van a formar patrones con los que se puede identificar y clasificar a estas especies (Spinelli et al., 2005).

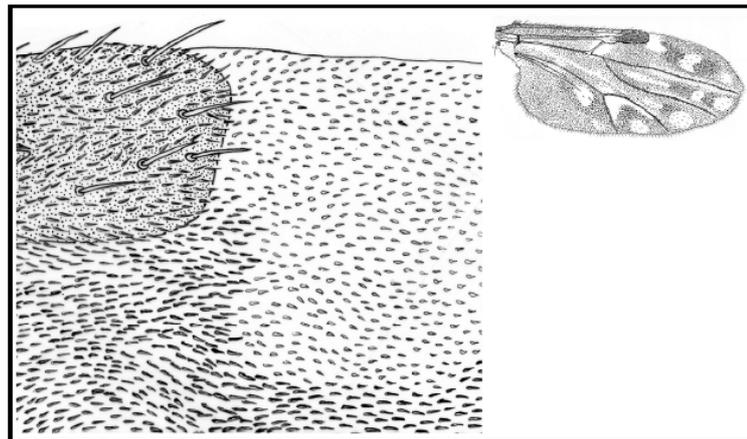


Figura 4. Microtrichias y macrotrichias de las alas de *Culicoides* (Perruolo, 2009).

4.1.3. Ciclo biológico

El ciclo de vida de *Culicoides* es holometábolo, es decir, el desarrollo comprende las etapas de larva, pupa e imago. También puede recibir el nombre de metamorfosis completa. El tiempo de desarrollo del ciclo dependerá de la temperatura (Lucientes et al., 2019; Sick et al., 2019). En zonas con climas templados, a finales de la primavera y principios de verano es cuando comienza a existir un aumento en el número de esta especie (Sick et al., 2019). La mayoría de los adultos de *Culicoides* pican al aire libre. Suelen picar en zonas poco gruesas ya que sus piezas bucales son cortas. Estos insectos suelen ser activos en horas nocturnas y crepusculares, ya que a estas horas aumenta la humedad y por lo tanto la actividad de estos (Lehane, 2005; Sick et al., 2019).

Los adultos de *Culicoides* se reúnen en determinados puntos, como pueden ser árboles, y realizan la cópula. Para la puesta de huevos es necesario que la hembra ingiera sangre de animales o humanos. La sangre hará que maduren los ovocitos y se formen los huevos (Lucientes et al., 2019). Puesto que la toma de sangre tiene ese fin, los adultos machos no la necesitan y pueden alimentarse simplemente del néctar de las plantas (Sick et al., 2019). Una vez los huevos hayan madurado, el tipo de ovoposición que realice la hembra dependerá de la especie (Lehane, 2005).

Los huevos presentan forma cilíndrica y miden entre 250 y 500 micrómetros. La puesta de huevos puede hacerse de forma aislada o en lotes de entre 30-200. Estos huevos necesitan humedad y materia orgánica animal o vegetal. Los lugares donde se realiza la puesta de huevo pasan por marismas, lagunas o zonas encharcadas hasta hojarasca en descomposición, madera podrida o estiércol animal. (Bakhoun et al., 2016; Lucientes et al., 2019; Sick et al., 2019). La eclosión del huevo dependerá de la temperatura y de la especie en concreto pero por lo general suele tardar entre 2 y 10 días (Lehane, 2005; Zimmer et al., 2014).

Cuando se produzca la eclosión del huevo, saldrá de este una larva de primer estadio que mudará a L2, L3 y finalmente L4. Las larvas deben encontrarse en lugares con abundante humedad y materia orgánica, es por ello que se alimentan de bacterias y otros invertebrados. El desarrollo larvario se completa en 6-12 días pero al igual que la eclosión de los huevos dependerá de la temperatura. La larva completamente

desarrollada es cilíndrica, blanquecina y mide aproximadamente 3-6mm (Lucientes et al., 2019; Zimmer et al., 2014).

Para la pupación las larvas en estadio 4 que se encuentran en zonas más húmedas van a emigrar, ya que prefieren lugares más secos para este proceso. Sin embargo, en algunas especies las pupas pueden incluso flotar en la superficie del agua. Esto pueden realizarlo debido a unos tubos respiratorios que están conectados a una cámara de aire. La larva realiza una reorganización tisular y se convierte en pupa. El periodo pupal dura generalmente 4-5 días. Durante este corto periodo, la pupa no se alimenta y tampoco se mueve, sino que esperan a que se produzca la rotura de la cubierta para que salga el insecto adulto (Lehane, 2005; Lucientes et al., 2019; Zimmer et al., 2014).

Pocos días después de la salida del adulto este ya puede ingerir sangre y realizar la cópula. Tras esto el ciclo volverá a empezar como se ha explicado anteriormente. Es importante destacar que el desarrollo de este ciclo, al igual que el de todos los insectos, está condicionado por la temperatura (Lucientes et al., 2019; Mullens et al., 2015). Por lo general, estos nematóceros adultos tienen un periodo de vida corto (10-20 días) pero durante este periodo las hembras pueden tomar sangre de los hospedadores varias veces (Sick et al., 2019).

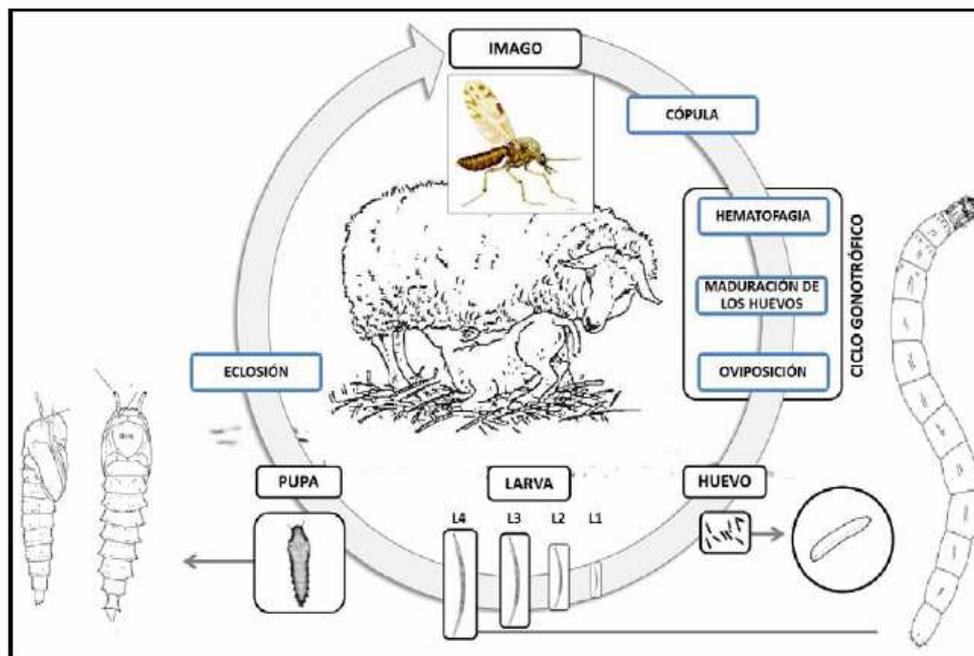


Figura 5. Ciclo de desarrollo *Culicoides* (Mullens et al., 2015).

4.1.4. Métodos de captura y estudio

La monitorización de mosquitos *Culicoides* puede realizarse mediante trampas de luz. Estas trampas estarán condicionadas por la actividad del vuelo de estos insectos (Lucientes et al., 2019).

Las trampas de luz son una buena herramienta para el control de los mosquitos y supone un ahorro en el trabajo humano. Existen diferentes tipos de trampas, entre ellas, se encuentran la de luz blanca y la de luz ultravioleta. Estas trampas pueden usarse conjuntamente con cebos olorosos y con CO₂ para atraer a los mosquitos (Venter et al., 2019).

Ambas constan de 3 partes. Presenta un cuerpo principal de metacrilato con un ventilador, que mantiene un flujo de aire de arriba hacia abajo. Gracias a este flujo se impide la salida del mosquito. En la parte superior se encuentra el foco que atraerá al mosquito. Por último, en la parte inferior se encuentra un sistema de contención, que consiste en un cilindro de tela (Estrada et al., 2011).



Figura 6. Trampa luminosa CDC.

4.2. IMPORTANCIA SANITARIA

El fenómeno de la globalización, la facilidad de viajar en pocas horas entre áreas muy distantes y sobre todo las conexiones entre zonas endémicas y libres de actividad,

suponen una gran preocupación, puesto que facilitará la propagación de enfermedades transmitidas por vectores.

Como se ha comentado anteriormente los ceratopogónidos del género *Culicoides* son vectores biológicos de patógenos que van a provocar enfermedades importantes en el ganado y producir grandes pérdidas en el ámbito económico (Mertens et al., 2009; Venter et al., 2019). Dentro de estas enfermedades pueden destacar las provocadas por el virus de la lengua azul, peste equina africana, enfermedad hemorrágica epizoótica, virus de Oropuche, virus de Schmallenberg o virus de Akabane (Sick et al., 2019; Venter et al., 2019).

En cuanto a la importancia sanitaria de los *Culicoides* se pueden considerar 2 aspectos principales.

4.2.1. Importancia en sanidad humana

4.2.1.1. Picaduras y Alergia

Es conocido el prurito y las eventuales reacciones alérgicas que provocan las picaduras de polvorines. A partir de las investigaciones de Parlato a fines de la década del 20', referidas por Hagan & Bruner (1952), quién dio a conocer el primer caso de coriza y asma producida por picaduras de jejenes, las publicaciones referidas a este tema se multiplicaron (Dampf, 1936; Dorsey, 1947; Dove et al., 1932; Forattini, 1957; Hase, 1933).

Las reacciones alérgicas pueden deberse a contacto o por inoculación. Antonetti (comunicación personal) constató cuadros asmáticos típicos en personas sin antecedentes alérgicos, luego de múltiples picaduras producidas por numerosos ejemplares de *Culicoides* sp., en la Argentina. En ninguno de los pacientes pudo detectarse la hiper IgE (Inmunoglobulina E), considerando que las manifestaciones clínicas obedecían a una dosis significativa de aminas vaso activas (fundamentalmente histamina), inyectadas con la saliva en cantidad suficiente para sobrepasar el umbral necesario para ocasionar manifestaciones sistémicas. A este fenómeno tóxico se lo ha denominado "Alergia Pasiva", ya que aunque clínicamente corresponde a procesos alérgicos, no involucran al sistema inmunocompetente (Ronderos et al., 2003).

A través de mecanismos de exposición o inyección repetida, puede obtenerse inmunidad o hipersensibilización. Se ha demostrado que en sujetos sensibilizados, la existencia de anticuerpos circulantes puede producir hiposensibilización (Ronderos et al., 2003).

4.2.1.2. Enfermedades transmisibles. Mansonelosis

Estos pequeños dípteros se hallan involucrados en la transmisión de nematodos, protozoos y virus. El rol de vector de los ceratopogónidos en países de Sudamérica es bien conocido hasta el presente por los casos de especies de *Mansonella*, una filaria parásita del hombre relativamente no patogénica (Holbrook, 1996).

Recientemente se determinó que en países como Argentina, *Culicoides lahillei* (Iches) se comporta como el vector principal, mientras que *C. paraensis* (junto con el simúlido *Simulium exiguum* Roubaud) lo hace como vector secundario (Shelley & Coscaron, 2001).

La mansonelosis tiene una baja mortalidad pero presenta consecuencias sociosanitarias muy importantes, ya que puede producir una gran discapacidad en los individuos que la padecen. Suele tener una mayor prevalencia e intensidad en la edad adulta (Díaz-Menéndez et al., 2011; Simonsen et al., 2011).

4.2.1.3. Ciclo de transmisión

Las filariasis tienen una fase parasitaria, que en el caso de la mansonelosis se trata tanto del adulto como de las microfilarias. Cuando el mosquito *Culicoides* encuentra un huésped infectado y toma su sangre para alimentarse, adquiere las larvas infectivas. Al llegar a otro huésped para volver a alimentarse transmitirá estas larvas. Estas se transformarán en adultos en un periodo de meses o incluso años. Los adultos suelen encontrarse en las cavidades serosas del cuerpo. Tras la cópula, se obtendrán las microfilarias, que permanecerán en la capa dérmica o en la capa de colágeno de la piel (Díaz-Menéndez et al., 2011; Raccurt et al., 2014; Simonsen et al., 2011).

4.2.1.4. Sintomatología

La mansonelosis suele presentarse de forma inespecífica, aunque puede presentar sintomatología que dependerá de la respuesta inmune del huésped y de la

carga parasitaria (Díaz-Menéndez et al., 2011; Raccurt et al., 2014). Dentro de las manifestaciones clínicas que puede presentar esta enfermedad se encuentran manifestaciones cutáneas como edema, erupciones, prurito; también se pueden observar afección articular como artralgias o afecciones cardíacas como miocarditis o pericarditis. Estos síntomas se consideran inespecíficos, ya que son una consecuencia de la acción de la respuesta inmune del huésped (Díaz-Menéndez et al., 2011). Otro síntoma muy frecuente que suelen presentar las filariasis y es importante indicar, es la eosinofilia que provocan (Simonsen et al., 2011).

4.2.1.5. Tratamiento

Mansonella spp. presenta una buena adaptación puesto que sin tratamiento las respuesta inflamatoria que produce suelen ser mínima. Solo una vez se ha instaurado un tratamiento comienzan a aparecer reacciones inflamatorias alrededor del parásito (Díaz-Menéndez et al., 2011).

Es importante tener en cuenta ciertas condiciones para poder elegir correctamente el tratamiento. Si se trata de una zona endémica o no, la carga parasitaria o la presencia de coinfecciones entre otros son factores que lo determinarán (Díaz-Menéndez et al., 2011).

En cuanto al tratamiento de la mansonelosis no existe una terapia simple y efectiva. Hay diferentes fármacos para el tratamiento dependiendo de la especie. En general, se suelen usar antihistamínicos y corticoides para reducir las reacciones alérgicas. Aparte se utilizan antihelmínticos como albendazol o ivermectina, y antifilariales como dietilcarbamacina (Díaz-Menéndez et al., 2011; Simonsen et al., 2011).

4.2.1.6. Diagnóstico

El método principal usado en el diagnóstico de la mansonelosis es visualizar la microfilarias en sangre o piel. Para esto es necesario conocer la periodicidad, ya que son distintas en las diversas filariasis. En el caso de la mansonelosis no existe periodicidad, es decir, la extracción de sangre puede hacerse a cualquier hora del día. Cuando existe una microfilaremia importante la identificación de la mansonelosis puede hacerse fácilmente con un frotis (Simonsen et al., 2011).

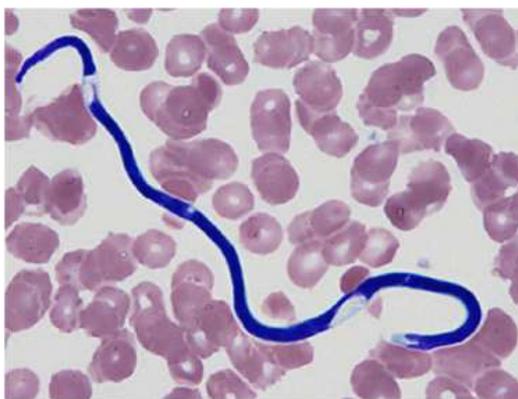


Figura 7. Frotis *Mansonella perstans*.

Para la visualización en la piel se realiza lo que se conoce como pellizcos cutáneos en diferentes zonas del cuerpo. Es una técnica de diagnóstico que presenta una alta especificidad pero no es buena cuando existe escasez de microfilarias (Simonsen et al., 2011).

4.2.1.7. Prevención y control

Los objetivos fundamentales para la prevención y el control de esta enfermedad son la interrupción de la transmisión mediante medicamentos eficaces, y mejorar las condiciones y prevenir las complicaciones de los que ya padecen la enfermedad. En cuanto a la interrupción de la transmisión solo se podrá conseguir si toda la población de riesgo es tratada en masa (Díaz-Menéndez et al., 2011).

4.2.1.8. Otros patógenos transmitidos por *Culicoides*

Entre los patógenos transmitidos al hombre por especies de *Culicoides* también se incluye el virus Oropuche, siendo su mayor vector biológico *Culicoides paraensis*. En este tipo de virus se puede diferenciar 2 ciclos, de los cuales uno es urbano y otro silvestre. En el caso del ciclo urbano, el hombre actúa como amplificador del virus, ya que desarrolla una viremia suficiente como para infectar al mosquito *Culicoides* cuando este tome sangre del hombre infectado. Los principales síntomas del virus Oropuche son artralgias, mialgias, escalofríos, y en algunas ocasiones náuseas, vómitos y diarrea (Ronderos et al., 2003). Aunque algunos estudios revelan la antropofilia de estas especies, pocas de ellas tienen realmente importancia para el hombre, ya que una gran mayoría presenta gran actividad en horas crepusculares y en ambientes alejados de los humanos (Lucientes et al., 2019).

4.2.2. Importancia en sanidad animal

4.2.2.1. Enfermedad por virus de la lengua azul

Otro de los problemas que pueden presentar los *Culicoides* es el que afecta a la población animal. Existen varios virus nombrados anteriormente que van a afectar a los animales pero se va a destacar uno en concreto. Se trata del “Catarro Epizoótico de las Ovejas” o como es conocido actualmente, virus de la Lengua Azul. Asociando a *Culicoides insignis* Lutz como una de las especie más relacionadas con el ganado (Mertens et al., 2009; Ronderos et al., 2003).

El virus de la lengua azul fue descubierto por primera vez en Sudáfrica. Este virus pertenece al género Orbivirus, familia Reoviridae, y cuenta con más de 24 serotipos diferentes (Mertens et al., 2009; Ronderos et al., 2003; Sick et al., 2019). El virus de la Lengua Azul presenta una amplia distribución geográfica, ya que este insecto está presente en numerosos lugares. Esta enfermedad no se produce a largo plazo a menos que sea en áreas donde el clima favorezca la supervivencia del mosquito. (Venter et al., 2019) Además, es una enfermedad que debe ser declarada a la Organización Mundial de la Sanidad Animal (OIE, 2018).

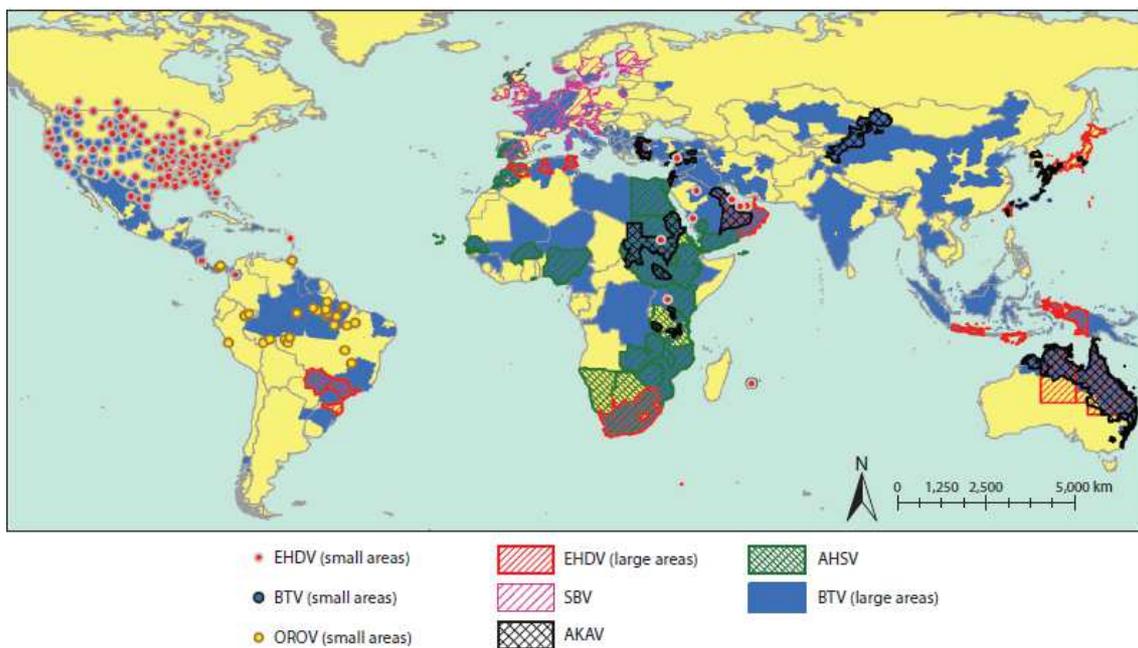


Figura 8. Zona donde se encuentran los diferentes orbivirus transmitidos por *Culicoides* (EHDV: virus de la enfermedad hemorrágica epizootica, SBV: virus Schmallenberg, AKAV: virus de akabane, AHSV: virus de la peste equina africana, BTV: virus de la lengua azul. Los focos están representados por los puntos de colores) (Purse et al., 2015).

La enfermedad que provoca este virus es transmitida por vectores, y como en todo este tipo de enfermedades la identificación del vector es fundamental. El virus de la lengua azul es una enfermedad viral no contagiosa y transmitida por la picadura de mosquitos *Culicoides*. Afecta a bovinos, caprinos, antílopes pero principalmente al ganado ovino y a rumiantes salvajes. Por lo tanto, la transmisión del virus es entre un hospedador vertebrado y un insecto (Mertens et al., 2009).

En los ciclos de transmisión entre virus-vector-huésped es muy importante que las condiciones ambientales sean favorables. En el caso del vector, el virus pasa a sangre pero no a los ovocitos ni a los huevos, y aunque la transmisión entre huéspedes por contacto directo no sea posible, no se descarta la posibilidad de que se pueda transmitir vía placenta o vía semen durante el periodo de viremia (Lucientes et al., 2019; Ronderos et al., 2003).

Como en cualquier enfermedad que se transmitida por vectores es importante tener en cuenta la competencia vectorial. Se conoce como competencia vectorial a la capacidad de adquirir y transmitir enfermedades. Es por tanto que la detección del virus no nos indica que el mosquito presente competencia vectorial. Puede ser que el mosquito adquiera el virus pero no tenga capacidad para transmitirlo (Sick et al., 2019)

Para analizar la competencia vectorial del mosquito, se debe realizar un análisis de la cabeza y las glándulas salivares, y otro análisis del resto del cuerpo. Esto es así porque la presencia del virus en el cuerpo no indica que el mosquito sea capaz de transmitir la enfermedad, puesto que ha podido ingerirlo y no llevar a sangre. La detección del virus en las glándulas salivares va a indicar una infección seguida de una diseminación, y será transmitido por la saliva. Por lo tanto, la detección en la glándulas salivares confirma una verdadera competencia vectorial (Ronderos et al., 2003; Sick et al., 2019).

4.2.2.2. Ciclo de transmisión del virus

Como toda enfermedad transmisible existen diferentes eslabones que forman una cadena epidemiológica. El primer eslabón de la cadena es el agente causal, en este caso se trata de un virus. Este agente buscará una persona o animal donde se llevará a cabo el proceso de multiplicación, en el caso del virus de la lengua azul, se trata del ganado. La

presencia de un vector adecuado permitirá que el virus pase de un huésped a otro, provocando la propagación de este (OIE, 2018).

La hembra de *Culicoides* va a tomar sangre del animal infectado, y el virus llegará al aparato digestivo. Previamente, este tiene que pasar por ciertas barreras que facilitarán o dificultarán la multiplicación. Una vez que ha llegado al intestino, el virus deberá seguir atravesando barreras. En este caso, si lo consigue, invadirá las células intestinales, produciéndose la multiplicación en la cavidad abdominal y pasando a sangre. A través de la sangre el virus llegará a la glándulas salivares, y podrá ser inoculado cuando la hembra vaya a tomar sangre en un nuevo huésped, pasando este último a estar infectado. Una vez que la hembra de *Culicoides* es infectante permanece así toda su vida (Lucientes et al., 2019; Sick et al., 2019).

La competencia vectorial, la densidad, el tiempo de vida y el tiempo de contacto del vector con el huésped, influirán en este tipo de enfermedad transmitidas por vectores (Purse et al., 2008).

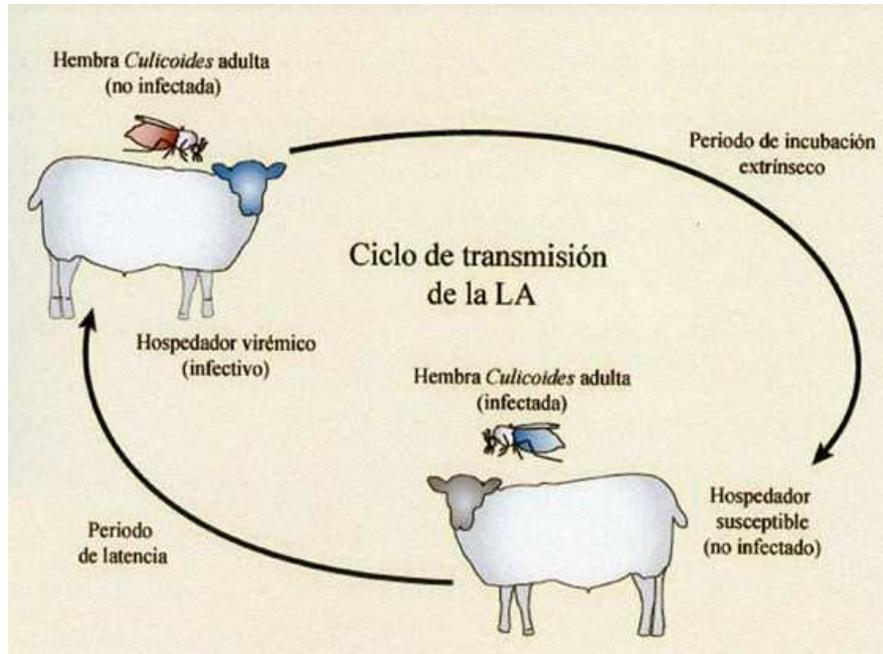


Figura 9. Ciclo de transmisión de la lengua azul. (Purse et al., 2005a).

4.2.2.3. Signos clínicos

Respecto a la gravedad de la enfermedad, esta varía según la especie. Una de las características más comunes de esta enfermedad son las graves hemorragias que produce. Los signos clínicos son muy variables y van a depender del animal. En ovejas se puede observar entre otros, fiebre, anorexia, excesiva salivación, malestar respiratorio, inflamación de la banda coronaria pudiendo llegar a desprenderse la pezuña, cojera, lengua hinchada y cianótica pero esta es poco común (Mertens et al., 2009; OIE, 2018; Ronderos et al., 2003). Las ovejas embarazadas pueden llegar a abortar. Además, en muchas de ellas se puede apreciar una interrupción en el crecimiento de la lana, que posteriormente puede revertirse. La infección en otras especies como caprinos, bovinos o la mayoría de rumiantes salvajes suele ser asintomática o subclínica. En el caso del ganado bovino, la infección está acompañada de una larga viremia, por lo tanto este ganado sirve como reservorio de la enfermedad (Mertens et al., 2009; OIE, 2018).



Figura 10. Foto A: exceso de salivación. Foto B: lengua hinchada y cianótica. (Veronesi et al., 2010).



Figura 11. Edema mandibular. (Veronesi et al., 2010).

Se pueden encontrar diferencias en ovejas y bovinos, a pesar de presentar una patogénesis de la enfermedad similar o prácticamente idéntica, debido a las diferencias en la susceptibilidad de las células endoteliales. Esto se debe a que en el ganado bovino la infección produce una activación de las células endoteliales, lo que conduce a un aumento de la transcripción de genes, que codifican mediadores inflamatorios. En el caso del ganado ovino una infección similar de las células endoteliales produjo una mínima activación de estas (Mertens et al., 2009).

Las lesiones post-mortem, que se encuentran en los animales son congestión vascular, edema pulmonar, hemorragias incluso en la arteria pulmonar, ulceraciones en el tracto gastrointestinal y cavidad nasal entre otras (Mertens et al., 2009).

4.2.2.4. Diagnóstico

Para el diagnóstico de la enfermedad se van a diferenciar zonas endémicas y zonas limpias de la enfermedad. En zonas endémicas, las sospechas por signos clínicos característicos y por la presencia de vectores, son más que suficientes para afirmar la presencia de la enfermedad. Por el contrario, en territorios no endémicos, siempre que haya sospechas por signos clínicos y presencia de vectores, se debe confirmar con pruebas de laboratorios (OIE, 2018).

Una de las pruebas diagnósticas consiste en la detección de anticuerpos en el ganado. La técnica más usada, por ser fácil y poco costosa, es la inmunodifusión en agar. El inconveniente de esta prueba es que es poco específica. Por lo tanto, se utiliza otra técnica que es mejor opción por ser más sensible y específica, y se trata del método ELISA (OIE, 2018).

4.2.2.5. Prevención y control

El objetivo del control es reducir la densidad de larvas y adultos (Bakhoum et al., 2016). Lo principal para la prevención y control es la creación y seguimiento de protocolos, donde se establezcan mecanismos de detección precoz reforzados con estrategias de vacunación. La vacunación es muy importante en países afectados y situaciones de riesgo, siendo el mecanismo de control más eficaz junto con la restricción del movimiento del ganado. Otra de las medidas fundamentales para prevenir y controlar la enfermedad, es notificarla. Actualmente, existe un sistema de notificación en línea de la Organización Mundial de la Sanidad Animal (Lucientes et al., 2019; OIE, 2018).

Dependiendo de la zona las medidas que se llevan a cabo son distintas, puesto que no se adoptan las mismas medidas en una zona endémica que en un territorio libre de la enfermedad o donde se ha producido un foco (OIE, 2018).

En países o zonas donde no existe la enfermedad lo más importante es impedir el acceso del virus. Para ello los animales que se importen o transiten tienen que ir acompañados de un certificado donde se demuestre la ausencia de manifestaciones clínicas desde el nacimiento o como mínimo en los últimos 100 días. Aun así, la importación de animales infecciosos está totalmente prohibida (OIE, 2018).

En zonas donde se haya producido un foco las medidas sanitarias que se adopten van a depender de la situación epidemiológica que hubiera previamente a la aparición del foco. Las medidas que se pueden llevar a cabo son: sacrificio de animales enfermos, control de vectores, control en el desplazamiento del ganado, a ser posible mantenerlos aislados. Otra de las medidas es recurrir a la vacunación de aquellos animales que aún no han sido infectados. Para la enfermedad de la lengua azul tenemos una vacuna viva

polivalente que contiene 14 serotipos, y es muy eficaz (Lucientes et al., 2019; OIE, 2018).

Para las zonas endémicas lo mejor es conseguir un saneamiento mediante la inmunización del ganado. La vacunación en ovejas gestantes no está recomendada, ya que produce abortos y malformaciones. Además, es esencial la lucha permanente contra los vectores, especialmente donde se encuentran el ganado. También es recomendable guardar al ganado en establos o recintos similares durante la noche. El uso de repelente químicos en los animales sería un buen método para repeler a los insectos (OIE, 2018).

Otra medida bastante importante es tener en cuenta la relación de la enfermedad con los efectos del cambio climático. El cambio climático va a tener importantes consecuencias en el desarrollo de la enfermedad. Por lo tanto, conocer cómo afectará el cambio climático será también una buena medida para prevenir y controlar la enfermedad.

4.3. CAMBIO CLIMÁTICO

Se puede definir el cambio climático como variaciones globales del clima del planeta. Las principales manifestaciones de este cambio climático son: aumento de la temperatura, cambios en las precipitaciones, elevaciones del nivel del mar, mayor incidencia en acontecimientos climáticos extremos (Useros Fernandez, 2013).

El cambio climático es considerado como una de las principales preocupaciones sociales. La actividad humana es la mayor responsable en la aceleración del cambio climático, ya que produce un aumento de los gases de efecto invernadero, y son estos gases (dióxido de carbono, vapor de agua, metano, productos halogenados) los que van a provocar un aumento de la temperatura global, produciendo aumento en el nivel del mar, disminución de las capas de hielo o tendencia a las precipitaciones entre otros. La aceleración de estos cambios representa una grave amenaza para los ecosistemas, induciendo cambios en la geografía y distribución de los seres vivos. La latitud geográfica, la altitud, la distancia del mar, el relieve, la dirección de los vientos son factores cuyas variaciones van a condicionar las características de los diferentes ecosistemas. Se estima que el cambio climático provoca un cambio latitudinal promedio de 16,9Km/década y un cambio altitudinal promedio de 11m/década, aproximadamente.

Estos cambios llegarán a ser más pronunciados cuanto más rápido se caliente el clima (Useros Fernandez, 2013).

Las variaciones en los componentes atmosféricos van a tener una importante relevancia en este tema, ya que determinarán las características del clima y los efectos que provocarán sobre los seres vivos y los humanos. El cambio de los componentes ligeros que forman la atmósfera por otros que no son tan ligeros, como gases volcánicos o dióxido de carbono, darán lugar a una atmósfera en la que los gases de efecto invernadero serán importantes generadores del calentamiento atmosférico (Useros Fernandez, 2013).

Las variaciones de temperatura afectarán a la presión atmosférica. La diferencia de presión provocará vientos y transportará humedad y nubes, repartiendo de forma irregular las precipitaciones. La evolución de las precipitaciones dependerá de la zona. En algunas zonas las precipitaciones aumentarán, mientras que en otras disminuirá y se verá mayor cantidad de superficies afectadas por sequías o periodos de escasez de lluvias (Useros Fernandez, 2013).

Es muy probable, que debido al cambio climático y a su ritmo de crecimiento, se reduzca la frecuencia de los días y las noches frías y de escarcha pero por el contrario que aumenten los días de calor. Además, es probable también que aumente la proporción de precipitaciones intensas en latitudes altas mientras que esta proporción se reduzca en regiones subtropicales (Useros Fernandez, 2013).

Los cambios del clima, por lo tanto, van a tener importantes repercusiones en fenómenos biológicos de ritmo periódico. Uno de los ejemplos más claro puede ser el adelanto de los procesos que comienzan en primavera por acortamiento del periodo de invierno. También hay que tener en cuenta que la magnitud de la respuesta, según las variaciones del clima, va a depender de la especie (Useros Fernandez, 2013).

4.3.1. Repercusiones del cambio climático en la transmisión del virus de la lengua azul

Los *Culicoides*, al igual que la gran mayoría de los insectos, van a estar condicionados por factores abióticos y bióticos. Considerándose como factores bióticos

la fauna y flora, y sus interacciones, y como factores abióticos la temperatura, la humedad, la luminosidad, la presión. Todos estos factores afectarán la interacción vector-patógeno-hospedador, y promoverán o obstaculizarán el desarrollo de *Culicoides* y la transmisión del virus de la lengua azul (Brand and Keeling, 2017; Sanders et al., 2019).

Como se ha descrito anteriormente, el cambio climático va a afectar tanto a factores bióticos como a factores abióticos. La modificación de dichos factores provocará modificaciones en los ecosistemas, y por consecuencia en los seres vivos que lo habitan (Brand and Keeling, 2017).

La variación del clima o el ecosistema va a provocar cambios en la distribución de insectos *Culicoides*. La geografía del virus de la lengua azul, como se ha podido comprobar en varios estudios, estaba limitada a un rango de 40° N y 35° S, aproximadamente (Samy and Peterson, 2016). Actualmente, esto ha cambiado puesto que su extensión es prácticamente mundial, observándose un potencial de expansión notable en África central, EEUU o el oeste de Rusia. Esta expansión es debida al cambio de los ecosistemas, que se ven afectados por el cambio climático. La combinación del clima, la presencia de un huésped susceptible y de un vector competente podrán permitir que el virus de la lengua azul circule durante largos periodos entre el ganado (Baylis et al., 2017; Samy and Peterson, 2016).

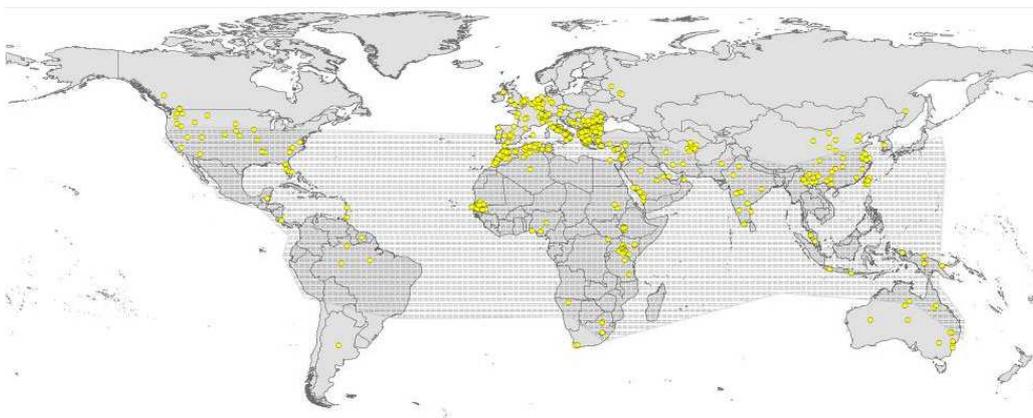


Figura 12. Rango geográfico del virus de la lengua azul. (Samy and Peterson, 2016)

La temperatura es uno de los factores con gran repercusión de los efectos del cambio climático. Como se ha descrito anteriormente el avance del cambio climático trae consigo un aumento de los días calurosos y una reducción de los días más fríos. La temperatura por tanto afectará a la duración del ciclo, a la actividad de los adultos, a la transmisión y propagación del virus (Brand and Keeling, 2017; Lucientes et al., 2019; Samy and Peterson, 2016).

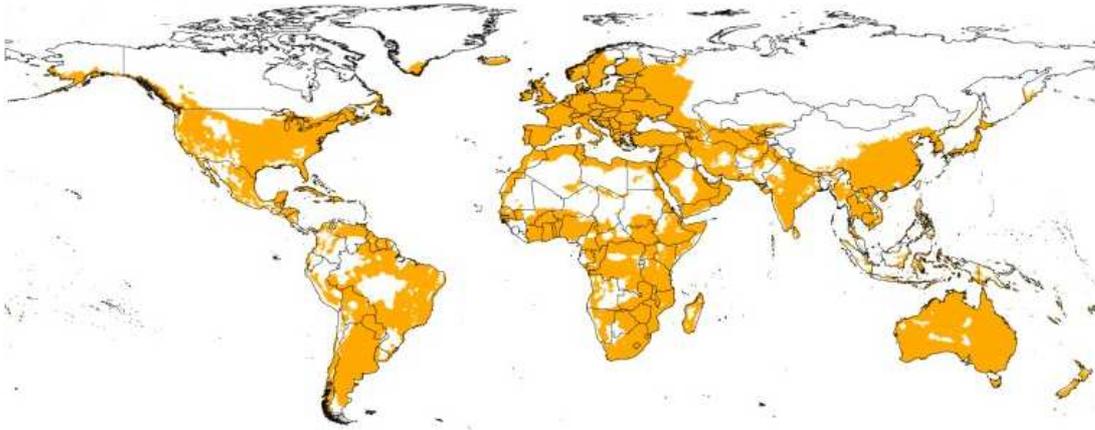


Figura 13. Rango geográfico del virus de la lengua azul tras sufrir los efectos del cambio climático. (Samy and Peterson, 2016).

Las condiciones más adecuadas para el desarrollo del ciclo se encuentran a temperaturas entre 20-30°C. Temperaturas inferiores a 20°C retrasarán el desarrollo por reducir el metabolismo del insecto. Las temperaturas superiores a 40°C o inferiores a 0°C provocarán la muerte de cualquier fase del ciclo. Es importante indicar que la temperatura ambiente y la temperatura de larvas y huevos no tiene por qué ser igual. Los huevos y las larvas se suelen encontrar hundidos en el barro, cerca del agua, entre restos orgánicos (Guis et al., 2012a; Lucientes et al., 2019). Por lo tanto, en lo que respecta al desarrollo del ciclo, este se completará con mayor rapidez cuanto más cálidas sean las temperaturas, acelerando por tanto el ciclo y aumentando el número de generaciones completas. Al completarse antes existirá una mayor cantidad de *Culicoides* adultos.

En cuanto a la actividad de los adultos presentan un pico al anochecer y al amanecer. Estos mueren si los fríos son continuados o si las temperaturas son extremadamente altas (superiores a 40°C). Las temperaturas óptimas para alcanzar un

pico en su actividad se encuentran comprendidas entre los 18-30°C. Las temperaturas inferiores a 13°C los van a mantener vivos pero sin apenas actividad (Venter et al., 2019). El cambio climático provocará la reducción del periodo de días fríos aumentando la duración de la temporada de vuelo de los adultos. Esto hará que los mosquitos tengan la capacidad de ser activos durante más tiempo, aumentando así la probabilidad de transmisión de la enfermedad.

Tener en cuenta los datos climáticos en los modelos de transmisión será beneficioso para la predicción de enfermedades transmitidas por vectores. Como en los casos anteriores la temperatura vuelve a tener un papel importante en la transmisión, debiendo tener en cuenta también la lluvia o la velocidad del viento entre todos. Los efectos del cambio climático pueden crear ambientes más o menos adecuados para los vectores, influyendo esto en su abundancia, en su relación con otros seres vivos o incluso en la velocidad de incubación del virus (Brand and Keeling, 2017; Guis et al., 2012b; Zuliani et al., 2015).

Es importante aclarar que las temperaturas indicadas son orientativas, pues estas dependen de la humedad del ambiente. Tanto si la humedad es alta como si es baja va a tener repercusiones sobre la temperatura (Lucientes et al., 2019).

Aparte de la temperatura, existen otros factores abióticos relacionados con el cambio climático, que también pueden influir en el desarrollo de *Culicoides*. Por ejemplo, el tipo de suelo y la humedad son los que hacen idóneos los hábitats larvales. Pueden existir hábitats larvales efímeros que lleguen a secarse más rápidamente debido a los efectos del cambio climático. Aquellos hábitats cuya idoneidad dependa de las precipitaciones se verán afectados, limitando la población de *Culicoides* (Samy and Peterson, 2016; Venter et al., 2019). Aún así el aumento de precipitaciones no indica un aumento en la población de estos mosquitos pero si va a afectar al desarrollo y migración de *Culicoides*.

Como se ha visto la actividad y la abundancia de *Culicoides* están muy influenciadas por factores abióticos pero cabe destacar que la densidad del ganado también se conoce como un factor clave en la abundancia de estos insectos.

Otro aspecto importante a tener en cuenta por su influencia en *Culicoides* es el viento. Gracias al viento estos insectos pueden recorrer decenas de kilómetros y cambiar su dirección y distancias a recorrer. Cuando existe ausencia de viento o la velocidad de este es poca, estos insectos pueden volar a lugares para realizar la ovoposición o buscar alimento o refugio (Lucientes et al., 2019; Sick et al., 2019).

Se distinguen dos movimientos y ambos van a facilitar la propagación de la enfermedad. Se produce uno u otro, raramente se dan los dos movimientos a la vez. El primer movimiento es aquel que realiza el insecto sin salir de su hábitat natural. Este tipo de movimiento está dirigido principalmente a buscar alimento, refugio, aparearse, y ocurre dentro de la capa límite de vuelo, donde la velocidad del viento es baja. Por lo tanto, estos mosquitos no necesitan la ayuda del viento para realizar este tipo de movimiento. El otro movimiento es aquel que aleja al insecto de forma permanente o por largos periodos de su hábitat natural. Este tipo de movimiento puede ser pasivo, es decir, los fuertes vientos transportarán enjambres de mosquitos a otros lugares pero en determinadas ocasiones, el mosquito aprovechará estos vientos para ser transportados a mayores distancias (Elbers et al., 2015; Purse et al., 2008).

Los movimientos de corta distancia van a estar relacionados con la disponibilidad y la distribución de los huéspedes y con los lugares de descanso para reponer energía. Por lo tanto, el rango de vuelo de *Culicoides* va a estar condicionado por su capacidad como voladores y por el atractivo del ganado (Lucientes et al., 2019).

Los movimientos de largas distancias están enfocados a la distribución y migración del insecto. Consiguen explorar nuevas áreas y localizar nuevos hábitats. Permanecerán en nuevos hábitats siempre que estos sean mejores que los anteriores o lo vayan a ser. Este tipo de movimiento se va a lograr con vientos rápidos, favorecidos por el mar, ya que en zona de tierra existen barreras físicas, que podrían producir turbulencias y por consiguiente la caída del mosquito. Para que los mosquitos sobrevivan estos vientos deben de ser cálidos, con temperaturas nocturnas de entre 15-20°C y temperaturas diurnas de entre 20-40°C (Beer et al., 2013; Elbers et al., 2015; Purse et al., 2008).

Vector-borne disease or pathogen	Year	Presumed country of origin	Country of destination	Travel distance (in km)
Ephemeral fever	1936	Australia (Darwin)	Australia (Victoria)	4,000
African horse sickness	1943	Senegal	Cape Verde Islands	700
Ephemeral fever	1955	Australia (Kimberley)	Australia (Victoria)	4,700
Bluetongue	1956	Morocco	Portugal	50
African horse sickness	1960	Turkey	Cyprus	120
Bluetongue	1964, 1966	Turkey, Syria, Lebanon, Iraq	Israel	100–1,500
African horse sickness	1966	Morocco	Spain	40
Ephemeral fever	1967	Australia (Darwin)	Australia (Victoria)	4,000
Thimiri virus	1974	Papua New Guinea	Australia (Northern Territories)	180
Bluetongue	1977	Cyprus	Turkey	120
Bluetongue	1977	Syria	Cyprus	200
Akabane	1979	Northern Syria	Turkey	700
Bluetongue	1982	Cuba	USA	500
Akabane	1983	Australia	Australia	130–200
EHDV and bluetongue	1987	USA	Canada	130
Bluetongue	1988	USA	Canada	130
Bluetongue	1989	Australia	Australia	>200
Bluetongue	1999	Bulgaria/Turkey	Greece	130
Bluetongue	1999	Israel	Greece (Island of Rhodes)	750
Bluetongue	2000	Algeria or Tunisia	Italy (Island of Sardinia)	225
Bluetongue	2000	Italy (Island of Sardinia)	Spain	370
Bluetongue	2001	Greece	Albania, Macedonia, Bulgaria, Kosovo and Croatia	700
EHDV	2006	Jordan	Israel	166
Bluetongue	2006	Belgium or the Netherlands	Germany and France	35–85
Bluetongue	2007	Belgium	United Kingdom	130
Bluetongue	2007–2008	Southern Spain	Northern Spain (Basque Country)	600
Bluetongue	2007–2012	Indonesia, Timor, Papua New Guinea	Australia	180–1,125
Bluetongue	2008	Denmark or Germany	Sweden	350–400

Tabla 1. Propagación del virus de la lengua azul por el viento (Elbers et al., 2015).

4.3.2 Repercusión del cambio climático en la propagación del virus en Europa

Un ejemplo que se puede nombrar donde se han encontrado los efectos del cambio climático es el caso de Europa. Baylis et al., 2017 comenta que en los estudios han encontrado que aproximadamente la mitad o dos tercios de las enfermedades infecciosas clínicamente importantes en Europa son sensibles a un rango de variables climáticas. Aún así indicar que el clima es de muchos factores que afectan al desarrollo de estas enfermedades.

La enfermedad provocada por el virus de la lengua azul fue devastadora en los rumiantes en Europa. Antes de este siglo solo existían casos breves y esporádicos en los márgenes de Europa, nunca a largo plazo. Se tiene constancia de que en 1998 la aparición de nuevas cepas del virus se extendió a numerosos países, incluyendo el norte de Europa (Guis et al., 2012a; Purse et al., 2005b). Los cambios producidos en el clima de Europa ha permitido una mayor persistencia del virus y un aumento en la transmisión por especies de *Culicoides* indígenas (Purse et al., 2005b).

En Europa se produjeron 2 importantes brotes. El primero de ellos se produjo en los años 50-60, y el segundo brote en los años 80. Los años posteriores se produjo una invasión en el sur de Europa por diferentes serotipos (Baylis et al., 2017). Esta aparición en el sur de Europa debe a la propagación del vector afrotropical *Culicoides imicola* hacia el norte (Guis et al., 2012a). Existen evidencias donde se observa que en el mismo lugar y al mismo tiempo que ocurría esta propagación se producía un calentamiento de esa región (Purse et al., 2008). Es importante mencionar que la expansión de *Culicoides imicola* procedente del norte de África no fue una introducción inicial de la enfermedad, puesto que existían *Culicoides* indígenas en la zona. Lo ocurrido es que estos *Culicoides* indígenas aumentaron también su capacidad vectorial. Por lo tanto, la entrada desde el norte de África de *Culicoides imicola* y el aumento de la capacidad vectorial de *Culicoides* indígenas provocó una expansión prácticamente por todo el continente europeo (Baylis et al., 2017).

A finales del anterior siglo y a principios del siglo actual se tiene constancia de la entrada de 6 nuevas cepas del virus de la lengua azul a través del norte de África. Además, en 2006, año de mayor riesgo por su extensión al noroeste, otra cepa africana se extendió rápidamente pero no tuvo graves consecuencias. Sin embargo, reapareció con mucha más fuerza afectando aún a más países (Purse et al., 2008).

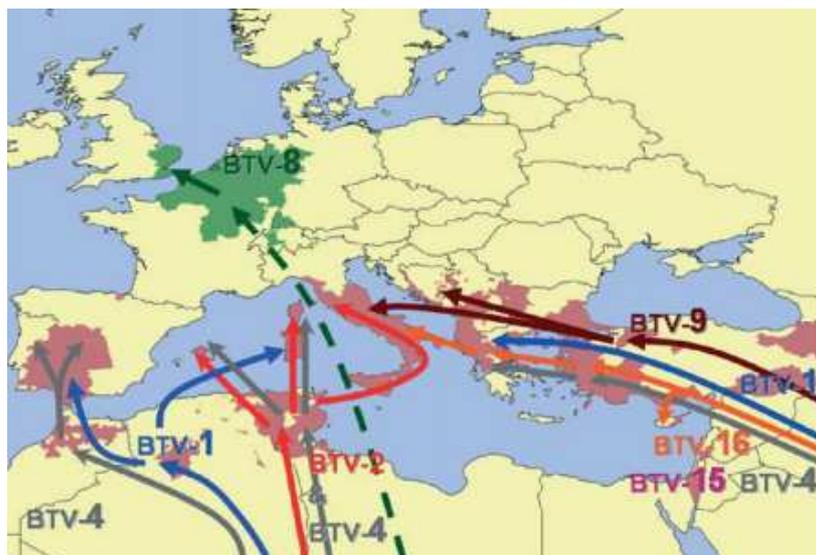


Figura 14. Propagación por el sur de Europa de diversos serotipos del virus de la lengua azul procedentes del norte de África. (Purse et al., 2008).

Se desarrolló un modelo para comprobar los posibles efectos del cambio climático en Europa donde se incluían variables sensibles al clima. Este modelo sugiere un aumento en el riesgo de transmisión en gran parte de Europa a medida que el clima va calentándose. La explicación más acertada sería que el aumento del riesgo en el suroeste europeo se debió al aumento de idoneidad de las zonas para *Culicoides imicola*, y el aumento del riesgo en el noroeste Europeo se debió a un aumento de la tasa de replicación del virus asociado con el aumento de la temperatura (Guis et al., 2012b; Purse et al., 2008).

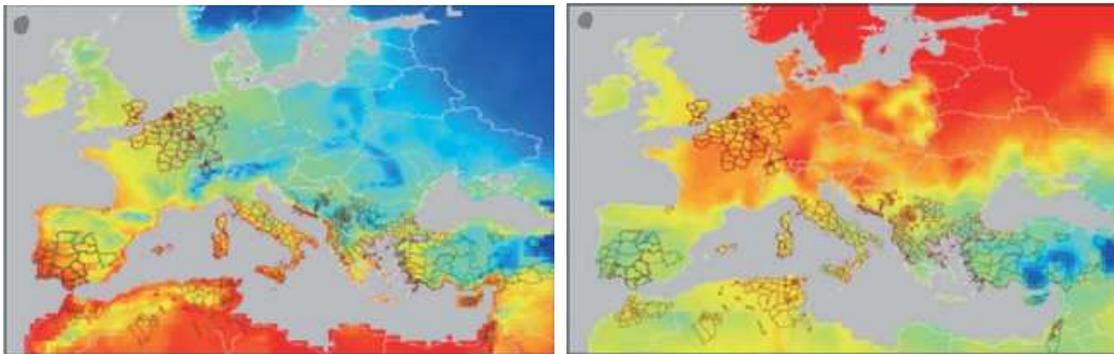


Figura 15. Representación del aumento de la temperatura en la zona europea (color amarillo aumento de 1°C, color naranja aumento de 1,5°C). (Baylis et al., 2017).

En el mapa de la izquierda se ve como las zonas donde la temperatura es más cálida corresponde con el sur de Europa, que fue la zona afectada en un principio. La expansión de la enfermedad que hubo posteriormente hacia el norte y centro de Europa guarda relación con el aumento de la temperatura que se observa en estas regiones en el mapa de la derecha (Baylis et al., 2017; Guis et al., 2012a; Purse et al., 2008).

4. CONCLUSIONES

1. Las especies del género *Culicoides* son las que presentan mayor importancia, tanto en sanidad humana como animal, dentro de la familia Ceratopogonidae
2. En sanidad humana, a pesar de que las enfermedades provocadas en humanos, como es el caso de la mansonelosis, no han sido objeto en la literatura de demasiados estudios no deben ignorarse, ya que pueden producir importantes discapacidades en humanos.

3. En sanidad animal, el virus de la lengua azul va a provocar importantes pérdidas económicas, y su expansión y evolución van a estar afectadas por los cambios climáticos.
4. Las enfermedades provocadas por *Culicoides*, podrán extenderse a nuevas localizaciones geográficas, que serán adecuadas a medida que cambien las condiciones climáticas en las próximas décadas, es decir, se expandirá a otras regiones donde estas enfermedades no son endémicas en respuesta a los cambios climáticos.
5. La temperatura y sus fluctuaciones juegan un papel fundamental dentro de los factores climáticos que pueden modificar la evolución de las enfermedades transmisibles por vectores, puesto que van a promover un desarrollo más rápido de estos insectos, mayor tiempo de actividad y mayor competencia vectorial.
6. Los efectos del resto de factores abióticos y bióticos también se verán reflejados en las variaciones de la temperatura, humedad, pluviometría, horas de insolación etc y por lo tanto afectarán a la distribución de los vectores, incluyendo las especies de *Culicoides*.

5. BIBLIOGRAFÍA

Bakhoum MT, Fall AG, Fall M, Bassene CK, Baldet T, Seck MT, et al. Insight on the larval habitat of Afrotropical *Culicoides* Latreille (Diptera: Ceratopogonidae) in the Niayes area of Senegal, West Africa. *Parasites and Vectors* 2016. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1749-1>.

Baylis M, Caminade C, Turner J, Jones AE. The role of climate change in a developing threat: The case of bluetongue in Europe. *OIE Rev Sci Tech* 2017. <https://doi.org/10.20506/rst.36.2.2667>.

Beer M, Conraths FJ, Van Der Poel WHM. “Schmallenberg virus” - A novel orthobunyavirus emerging in Europe. *Epidemiol Infect* 2013. <https://doi.org/10.1017/S0950268812002245>.

Borkent A. World catalog of extant and fossil Corethrellidae (Diptera). Zootaxa 2014. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3796.3.3>.

Brand SPC, Keeling MJ. The impact of temperature changes on vector-borne disease transmission: *Culicoides* midges and bluetongue virus. J R Soc Interface 2017. <https://doi.org/10.1098/rsif.2016.0481>.

Braverman Y, Frish K, Reis M, Mumcuoglu KY. Host preference of *Culicoides* spp from israel based on sensory organs and morphometry (diptera: Ceratopogonidae). Entomol Gen 2012. <https://doi.org/10.1127/entom.gen/34/2012/97>.

Díaz-Menéndez M, Norman F, Monge-Maillo B, Antonio Pérez-Molina J, López-Vélez R. Las filariasis en la práctica clínica. Enferm Infecc Microbiol Clin 2011. [https://doi.org/10.1016/S0213-005X\(11\)70041-6](https://doi.org/10.1016/S0213-005X(11)70041-6).

Elbers ARW, Koenraad CJM, Meiswinkel R. Mosquitoes and *Culicoides* biting midges: Vector range and the influence of climate change. OIE Rev Sci Tech 2015. <https://doi.org/10.20506/rst.34.1.2349>.

Estrada R, Carmona VJ, Alarcón-Elbal PM, Miranda MA, Borrás D, Roche ML, et al. Primera Cita De *Culicoides* Paolae Boorman, 1996 (Diptera, Ceratopogonidae) Para La Península Ibérica Y Aportaciones Sobre Su Distribución. Boletín La Soc Entomológica Aragon 2011.

Guis H, Caminade C, Calvete C, Morse AP, Tran A, Baylis M. Modelling the effects of past and future climate on the risk of bluetongue emergence in Europe. J R Soc Interface 2012a. <https://doi.org/10.1098/rsif.2011.0255>.

Harrup LE, Bellis GA, Balenghien T, Garros C. *Culicoides* Latreille (Diptera: Ceratopogonidae) taxonomy: Current challenges and future directions. Infect Genet Evol 2015;30:249–66. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2014.12.018>.

Lehane MJ. The biology of blood-sucking in insects, second edition. 2005. p. 222-226. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511610493>.

Lucientes J, Estrada R, Calvete C, Miranda MA, Borràs D, García de Francisco JM, et al. Lengua Azul. La importancia de los vectores en la transmisión de la Lengua Azul 2019.

Mellor PS, Boorman J, Baylis M. *Culicoides* Biting Midges: Their Role as Arbovirus Vectors . Annu Rev Entomol 2000;45:307–40. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.307>.

Mertens PS, Baylis M, Mellor PC. Signos y patología. Bluetongue. Elsevier Ltd. 2009. p. 285-293. [https://doi.org/10.1016/S1572-4271\(08\)X0001-0](https://doi.org/10.1016/S1572-4271(08)X0001-0).

Mertens PS, Baylis M, Mellor PC. Tasas de transmisión del virus de la lengua azul entre *Culicoides sonorensis* y ovejas. Bluetongue. Elsevier Ltd. 2009. p. 321-341. [https://doi.org/10.1016/S1572-4271\(08\)X0001-0](https://doi.org/10.1016/S1572-4271(08)X0001-0).

Mertens PS, Baylis M, Mellor PC. Virus de la lengua azul y el cambio climático. Bluetongue. Elsevier Ltd. 2009. p. 343-364. [https://doi.org/10.1016/S1572-4271\(08\)X0001-0](https://doi.org/10.1016/S1572-4271(08)X0001-0).

Mullens BA, McDermott EG, Gerry AC. Progress and knowledge gaps in *Culicoides* ecology and control. Vet Ital 2015. <https://doi.org/10.12834/VetIt.560.2675.1>.

OIE OM de SA. Lengua Azul (Infecciones por el Virus de Lengua Azul). Man. Terr. la OIE, 2018. [Consultado en abril 2020]. Disponible en: <https://www.oie.int/es/sanidad-animal-en-el-mundo/enfermedades-de-los-animales/lengua-azul/>

Perruolo GJ. Clave de las especies de *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) asociadas con la ganadería en la región neotropical. Rev Cient La Fac Ciencias Vet La Univ Del Zulia 2009.

Purse B V., Brown HE, Harrup L, Mertens PPC, Rogers DJ. Invasion of bluetongue and other arbovirus infections into Europe: The role of biological and climatic processes. OIE Rev Sci Tech 2008. <https://doi.org/10.20506/rst.27.2.1801>.

Purse B V., Mellor PS, Rogers DJ, Samuel AR, Mertens PPC, Baylis M. Climate change and the recent emergence of bluetongue in Europe. Nat Rev Microbiol 2005a. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1090>.

Purse B V., Mellor PS, Rogers DJ, Samuel AR, Mertens PPC, Baylis M. Climate change and the recent emergence of bluetongue in Europe. Nat Rev Microbiol 2005b;3:171–81. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1090>.

Purse BV, Carpenter S, Venter GJ, Bellis G, Mullens BA. Bionomics of Temperate and Tropical *Culicoides* Midges: Knowledge Gaps and Consequences for Transmission of *Culicoides* -Borne Viruses. *Annu Rev Entomol* 2015. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-020614>.

Raccurt CP, Brasseur P, Boncy J. Mansonelliasis, A neglected parasitic disease in Haiti. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2014. <https://doi.org/10.1590/0074-0276140107>.

Ronderos MM, Marino PI, Díaz F, Estévez AL. Biting midges (Diptera: Ceratopogonidae) from Martín García Island, Argentina. *Rev Biol Trop* 2011. <https://doi.org/10.15517/rbt.v0i0.3390>.

Ronderos MM, Spinelli GR, Lager I, Diaz F. The sanitary importance of the biting midges of the genus *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) in Argentina. *La Importancia Sanit Los Jejenes Del Genero Culicoides (Diptera Ceratopogonidae) En La Argentina* 2003.

Samy AM, Peterson AT. Climate change influences on the global potential distribution of bluetongue virus. *PLoS One* 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150489>.

Sanders CJ, Shortall CR, England M, Harrington R, Purse B, Burgin L, et al. Long-term shifts in the seasonal abundance of adult *Culicoides* biting midges and their impact on potential arbovirus outbreaks. *J Appl Ecol* 2019. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13415>.

Sick F, Beer M, Kampen H, Wernike K. *Culicoides* biting midges—underestimated vectors for arboviruses of public health and veterinary importance. *Viruses* 2019. <https://doi.org/10.3390/v11040376>.

Simonsen PE, Onapa AW, Asio SM. *Mansonella perstans* filariasis in Africa. *Acta Trop* 2011. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2010.01.014>.

Sollai G, Solari P, Loy F, Masala C, Crnjar R, Liscia A. Morpho-functional identification of abdominal olfactory receptors in the midge *Culicoides imicola*. *J Comp Physiol A Neuroethol Sensory, Neural, Behav Physiol* 2010. <https://doi.org/10.1007/s00359-010-0561-1>.

Spinelli GR, Ronderos MM, Díaz F, Marino PI. The bloodsucking biting midges of Argentina (Diptera: Ceratopogonidae). *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*. 2005. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762005000>.

Swanson D. Ecology and Phylogeny of the Biting-Midge Genus *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae). All Diss 2012.

Useros Fernandez JL. El cambio climático: sus causas y efectos medioambientales: An La Real Acad Med y Cir Valladolid 2013. [Consultado en abril 2020]. Disponible en: [file:///C:/Users/usuario/Downloads/Dialnet-ElCambioClimatico-4817473%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/Dialnet-ElCambioClimatico-4817473%20(1).pdf)

Venter GJ, Boikanyo SNB, De Beer CJ. The influence of temperature and humidity on the flight activity of *Culicoides imicola* both under laboratory and field conditions. *Parasites and Vectors* 2019. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-3272-z>.

Veronesi E, Darpel KE, Hamblin C, Carpenter S, Takamatsu HH, Anthony SJ, et al. Viraemia and clinical disease in Dorset Poll sheep following vaccination with live attenuated bluetongue virus vaccines serotypes 16 and 4. *Vaccine* 2010. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2009.10.107>.

Zimmer JY, Haubruge É, Francis F. Synthèse bibliographique: L'écologie larvaire des *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae). *Biotechnol Agron Soc Environ* 2014.

Zuliani A, Massolo A, Lysyk T, Johnson G, Marshall S, Berger K, et al. Modelling the northward expansion of *Culicoides sonorensis* (Diptera: Ceratopogonidae) under future climate scenarios. *PLoS One* 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130294>.