



Universidad de Valladolid
Grado en Enfermería
Facultad de Enfermería de Valladolid

UVa

Curso 2020-2021
Trabajo de Fin de Grado

**Correlación entre el brote de la Fiebre
del Nilo Occidental en Andalucía en el
verano de 2020 y el cambio
climático: un estudio ecológico**

Laura de Frutos de Blas

Tutor/a: Juan Pablo Torres Andrés

Agradecimientos

A Jordi Figuerola (CSIC) y Alejandro Onrubia (Fundación Migres) por la información relevante proporcionada incluida en este estudio.

RESUMEN

El pasado verano de 2020 se declaró en España un brote de la enfermedad provocada por el VNO. Se notificaron 77 casos, de los cuáles 73 precisaron hospitalización debido a la gravedad que presentaban. La comunidad autónoma más afectada fue Andalucía, con 71 casos, por lo que el estudio se centró en esta población. De estos, la mayoría se dedicaban al cultivo de arrozales, explotaciones equinas o se encontraban en las inmediaciones de las marismas del Guadalquivir. Tras una revisión de la bibliografía existente y conocer las condiciones favorables para el ciclo vital del VNO, se planteó una hipótesis que relacionaba el brote con el cambio climático. El diseño empleado ha sido un estudio ecológico exploratorio para abordar el tema desde un punto de vista epidemiológico y de Salud Pública. Para ello, se analizaron las variables posiblemente afectadas por el cambio climático, la afectación al ciclo vital del virus, la evolución climatológica en la comunidad autónoma y las similitudes entre los ríos Nilo y Guadalquivir. También se atendieron a las predicciones climatológicas para cerciorarse de la gravedad del asunto. Como conclusión, puede afirmarse que existe relación entre el brote de la fiebre del Nilo Occidental y el cambio climático. Es importante abordar el tema desde la prevención para evitar un rebrote el próximo verano, así como concienciar a la población de la gravedad del efecto del cambio climático, en la medida de lo posible.

Palabras clave: cambio climático; virus del Nilo Occidental; factores ambientales; movimientos migratorios aviares; Sur de Europa.

ABSTRACT

Last summer of 2020, an outbreak of the disease caused by WNV was declared in Spain. 77 cases were reported, of which 73 were hospitalized due to their severity. The Autonomous Community most affected was Andalusia, with 71 cases. The study was therefore focused on the population within this region. Of these, the majority were dedicated to the cultivation of rice fields, equine farms or were in the vicinity of the Guadalquivir marshes. After a review of the existing literature and knowledge of the favorable conditions for the WNV life cycle, an hypothesis was raised that related the outbreak to climate change. The design used was an exploratory ecological study

brought forward to address the issue from an epidemiological and Public Health point of view. For this, it was necessary to analyze the variables possibly affected by climate change, the impact on the life cycle of the virus, the climatological evolution in the autonomous community and the similarities between the Nile and Guadalquivir rivers. Weather forecasts were also used to determine the seriousness of the matter. In conclusion, it can be said that there is a relationship between the West Nile fever outbreak and climate change. It is important to address the issue from the start, in order to avoid a regrowth next summer, as well as to make the population aware of the severity of the effect of climate change.

Keywords: climate change; West Nile virus; environmental factors; avian migratory movements; South of Europe.

ÍNDICES

Índice de contenido

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
3. METODOLOGÍA	3
3.1 Diseño	3
3.2 Fuentes de datos y estrategia de búsqueda	3
3.3 Selección de la población de estudio	5
3.4 Criterios de inclusión de la muestra.....	5
3.5 Criterios de exclusión de la muestra	5
3.6 Muestra.....	5
3.7 Recuperación de datos estadísticos sobre la incidencia de casos	6
3.8 Descripción de las variables de estudio	6
4. RESULTADOS	7
4.1 Epidemiología de la fiebre del Nilo en Andalucía.....	7
4.2 Condiciones óptimas de la proliferación del vector	10
4.2.1 Factores climatológicos.....	10
4.2.2 Características paisajísticas y explotación del suelo	12
4.2.3 Corrientes de aire.....	13
4.2.4 Ocupación profesional	13
4.2.5 Huéspedes del VNO: las aves	13
4.3 Evolución de la climatología en Andalucía.....	14
4.4 Características hidrográficas y geográficas del Guadalquivir y Nilo	17
4.4.1 Río Guadalquivir	17
4.4.2 Río Nilo.....	17
4.5 Los movimientos migratorios en relación con el cambio climático	18
4.5.1 Adelanto, acortamiento y reducción de migraciones.....	19

4.5.2	Desplazamiento septentrional de las áreas de invernada	20
4.5.3	Disminución en el tamaño.....	20
5.	DISCUSIÓN	21
5.1	Fortalezas del estudio.....	25
5.2	Debilidades del estudio	26
5.3	Posibles futuras líneas de investigación.....	26
5.4	Limitaciones	26
6.	CONCLUSIÓN	27
7.	BIBLIOGRAFÍA	29

ANEXOS

Anexo 1. Entrevista a Alejandro Onrubia: coordinador de proyectos científicos de la Fundación Migres

Anexo 2. Mapas evolución climatología Andalucía

Anexo 3. Curiosidades acerca del cambio climático

Índice de tablas

Tabla 1.	Total de casos de Enfermedad por VNO en España hasta el 30 de noviembre de 2020	6
Tabla 2.	Total de casos en función del sexo y edad, hasta el 30 de noviembre de 2020.....	6
Tabla 3.	Variables descritas para la investigación	7
Tabla 4.	Avance climatológico en Sevilla y Cádiz 2018.....	14
Tabla 5.	Avance climatológico en Sevilla y Cádiz 2019.....	14
Tabla 6.	Avance climatológico en Sevilla y Cádiz 2020.....	15
Tabla 7.	Características hidrográficas y geográficas del río Guadalquivir	19
Tabla 8.	Características hidrográficas y geográficas del río Nilo.....	19

Índice de figuras

Figura 1.	Ciclo de transmisión del VNO.....	1
Figura 2.	Diagrama de flujo del estudio bibliográfico previo.....	5

Figura 3. Focos equinos y casos humanos detectados mediante vigilancia en España, 2010-2020	8
Figura 4. Curva epidémica de los casos asociados a los brotes de fiebre del Nilo Occidental.	9
Figura 5. Distribución según grupo de edad y sexo.	9
Figura 6. Desviación de la temperatura media en el período de los años 2015, 2016, 2018, 2019, 2020, respecto a la media del periodo 1971- 2000.....	16
Figura 7. Desviación de las precipitaciones totales en el período de los años 2015, 2016, 2018, 2019, 2020, respecto a la media del periodo 1971- 2000.....	17
Figura 8. Gráfica sobre el IESP en Andalucía. Detalle de los últimos 5 años	17
Figura 9. Regionalización AR5-IPCC. Gráficos de evolución del Valle del Guadalquivir.....	18
Figura 10. Mapa de las rutas migratorias pertenecientes al Paleártico Occidental.....	20
Figura 11. Distribución geográfica de las especies que ganan y pierden con el cambio climático en Europa (anexo 3)	
Figura 12. Diseño del Bosque Metropolitano sobre la ciudad de Madrid (anexo 3)	
Figuras 13 y 14. Exposición Bosque Metropolitano en el parque del Retiro de Madrid (anexo 3)	

Índice de abreviaturas

- **VNO:** virus del Nilo Occidental
- **CDC:** Centers for Disease Control and Prevention (Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades).
- **Test ELISA:** Enziyme-Linked ImmunoSorbent Assay (ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas)
- **RT-PCR:** reacción en cadena de la polimerasa con transcripción inversa
- **ECDC:** European Centre for Disease Prevention and Control (Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades)
- **OMM:** Organización Meteorológica Mundial
- **UNEP:** United Nations Environment Programme (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente)
- **EDO:** Enfermedad de Declaración Obligatoria
- **SICUE:** Sistema de Intercambio entre Centros Universitarios Españoles
- **CCAES:** Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias
- **AEMET:** Agencia Estatal de Meteorología

- **CSIC:** Consejo Superior de Investigaciones Científicas
- **CNE:** Centro Nacional de Epidemiología
- **CIMA:** Centro Internacional de Migración de Aves
- **RENAVE:** Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica
- **CNM:** Centro Nacional de Microbiología
- **T^a:** temperatura
- **PP:** precipitaciones
- **Extr.:** extremadamente
- **IESP:** Índice Estandarizado de la Sequía Pluviométrica
- **REDIAM:** Red de Información Ambiental de Andalucía
- **AR5-IPCC:** Quinto Informe de Evaluación del IPCC
- **IPCC:** Intergovernmental Panel on Climate Change (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático)

1. INTRODUCCIÓN

La fiebre del Nilo es una enfermedad causada por el virus del Nilo Occidental. Éste es un virus ARN que pertenece al género *Flavivirus*. Es un arbovirus zoonótico, lo que implica que se transmite al ser humano desde su reservorio animal, las aves, mediante vectores, en este caso mosquitos, principalmente del género *Culex* (figura 1). Los mamíferos, fundamentalmente el ser humano y los equinos, son hospedadores accidentales y fondos de saco epidemiológico, sin capacidad de transmitir el virus a mosquitos, denominados “dead end host”.

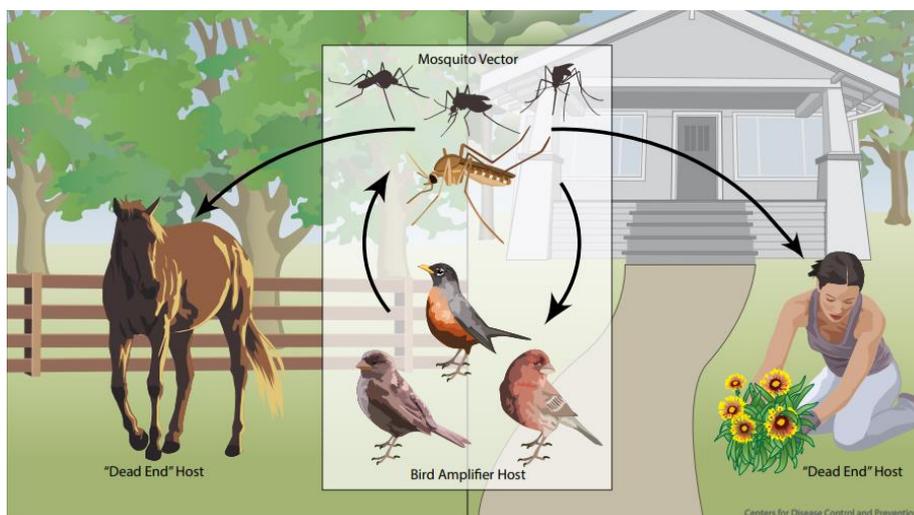


Figura 1. Ciclo de transmisión del VNO. Fuente: CDC

Hasta un 80% de las infecciones por VNO en los seres humanos son asintomáticas. Tan sólo entre un 20% y un 40% de los casos desarrollan manifestaciones clínicas, un síndrome pseudogripal con síntomas inespecíficos como fiebre, mialgia, fatiga, malestar general, náuseas y vómitos. No obstante, un mínimo porcentaje (<1%) de los casos manifiestan enfermedad neuroinvasiva (1). Los síntomas de afección grave se manifiestan con una encefalitis, meningitis, meningoencefalitis o poliomielitis cursando dolores de cabeza, fiebre elevada, rigidez de nuca, estupor, desorientación, coma, temblores, convulsiones, debilidad muscular y parálisis. Existen factores de riesgo como la inmunosupresión (personas trasplantadas, SIDA), niños, personas de edades avanzadas y embarazadas cuya susceptibilidad hace que se presenten cuadros clínicos con complicaciones (2).

El periodo de incubación es de 3-15 días, aunque puede extenderse hasta 21 días. La enfermedad dura entre 2 y 5 días. La máxima viremia aparece a los 4-8 días post-

infección y es de corta duración y escasa intensidad. La recuperación suele ser completa y la infección confiere inmunidad duradera (1).

El diagnóstico de esta enfermedad se puede realizar mediante enzimo-inmunoanálisis (test ELISA) cuyo procedimiento es la seroconversión de anticuerpos IgG y captación de anticuerpo IgM; pruebas de neutralización; RT-PCR; y aislamiento del virus en cultivo celular.

El tratamiento es sintomático. Actualmente no existe vacuna para los seres humanos (3).

De acuerdo con el ECDC, las enfermedades transmitidas por vectores están vinculadas a cambios climáticos y oscilaciones meteorológicas. Y desde la OMM ya se confirma un calentamiento global. Las variables geográficas son esenciales para la transmisión de esta enfermedad, dado que depende de la densidad espacial de humanos y vectores (4).

La UNEP describe el cambio climático como “tema ambiental principal y predominante, y el único gran reto al que se enfrentan los reguladores ambientales”. (5)

Justificación

El Virus del Nilo Occidental circula en España desde hace 20 años. Se realiza vigilancia en animales desde el año 2001 y en humanos desde 2007. En Andalucía concretamente, el único caso de fiebre del Nilo se detectó en 2016, en las inmediaciones de las marismas del Guadalquivir, hasta el brote que hubo el verano pasado.

En lo concerniente al ámbito legislativo, la fiebre del Nilo Occidental es una EDO, según el Real Decreto 526/2014, de 20 de junio, por el que se establece la lista de las enfermedades de los animales de declaración obligatoria y se regula su notificación. Asimismo, la meningoencefalitis provocada por el virus del Nilo occidental en España es una alerta en Salud Pública Activa (6).

Por ello, dada su gravedad potencialmente mortal, su elevada incidencia de casos en este último verano y el rigor legislativo que atañe a esta enfermedad en nuestro país, se estima oportuno realizar este trabajo.

Cabe destacar el interés que he mostrado por este tema debido a que estoy realizando una movilidad SICUE en Andalucía y esto me ayuda a obtener información de primera mano ante la situación.

2. OBJETIVOS

Principal:

Estudiar la relación directa entre el aumento de casos de la enfermedad causada por el Virus del Nilo Occidental en Andalucía y el cambio climático.

Específicos:

1. Describir la epidemiología de la fiebre del Nilo en Andalucía.
2. Analizar los factores de riesgo para la proliferación óptima del vector.
3. Determinar si las características geográficas, hidrográficas y climatológicas influyen en la casuística andaluza.

3. METODOLOGÍA

3.1 Diseño

Se realizó un estudio epidemiológico descriptivo de tipo ecológico exploratorio en el cual se estableció una hipótesis cuya base era el cambio climático como factor desencadenante del brote de la fiebre del Nilo Occidental en Andalucía en el verano de 2020, planteándose la siguiente pregunta de investigación: “¿existe una correlación entre el brote de la fiebre del Nilo Occidental en Andalucía en el verano de 2020 y el cambio climático?”

En él se describe la frecuencia del evento relacionado con la salud a nivel poblacional y su tendencia a nivel espacio-temporal, analizando las características de los individuos de sexo, edad, ocupación profesional y lugar de residencia. Se utilizó este diseño para abordar el tema desde el campo de la Salud Pública y así poder medir la magnitud de las variables identificadas.

3.2 Fuentes de datos y estrategia de búsqueda

Se utilizó el documento emitido desde CCAES publicado en el Ministerio de Sanidad: “Evaluación rápida de riesgo: Meningoencefalitis por el virus del Nilo occidental en España (2ª actualización-cierre de temporada), 3 de diciembre 2020”, como punto de partida para conocer el nivel de gravedad que este brote estaba ocasionando. El período de estudio del brote comprende desde el 12 de junio de 2020, la fecha de inicio de síntomas del primer caso, hasta el 5 de noviembre, fecha del reporte del último caso.

En primer lugar se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos PubMed (MEDLINE), Scopus (Elsevier), Movebank, Research Gate y SciELO. El motor de

búsqueda fue Google, con los descriptores *climate change*, *West Nile Virus*, *environmental factors*, *avian migratory movements*, *Southern of Europe*. Como operadores booleanos se utilizó *AND* y los filtros para seleccionar los artículos fueron: tiempo: 10 años; idiomas: inglés y español. También se obtuvo información a través de AEMET, el portal de la Junta de Andalucía, el Ministerio de Sanidad, Fundación Migres, CSIC, CNE y CCAES.

La obtención e información recogida en el trabajo, se obtuvo de la siguiente manera, distinguiéndose tres etapas (figura 2):

- Se realizó una primera búsqueda sobre los factores climatológicos en relación con el vector del VNO, utilizando los descriptores, operadores booleanos y filtros citados anteriormente. Además, se seleccionaron los artículos que estudiaran los factores en Europa, Asia y África. Por el contrario, se excluyeron artículos con un rango mayor a 10 años, en idiomas diferentes a inglés o español, y que fuesen estudios realizados en América u Oceanía.
- La segunda etapa del trabajo se centró en observar cómo afecta el cambio climático al reservorio del VNO, las aves. Para ello, se analizaron las rutas migratorias de las aves pertenecientes al Paleártico Occidental con la base de datos Movebank.

La obtención de datos sobre rutas migratorias a nivel nacional se obtuvo través de la Fundación Migres. Concretamente se estableció contacto con Alejandro Onrubia, coordinador de proyectos de investigación de la fundación. Proporcionó 4 documentos: un libro, un capítulo de libro y dos artículos científicos publicados en revistas de impacto internacional, los cuáles se incluyeron en el trabajo.

Además, se concertó una cita con él en CIMA, en el municipio de Tarifa (anexo 1), en la cual alertaba sobre el grado de afectación del cambio climático a la biodiversidad en general, y a las aves, en particular.

- Como tercera y última etapa de la investigación, se obtuvo información mediante el CSIC, a través de Jordi Figuerola, investigador en el Consejo y especialista en VNO. Proporcionó 4 artículos científicos, de los cuáles se incluyó al estudio una revisión sistemática.

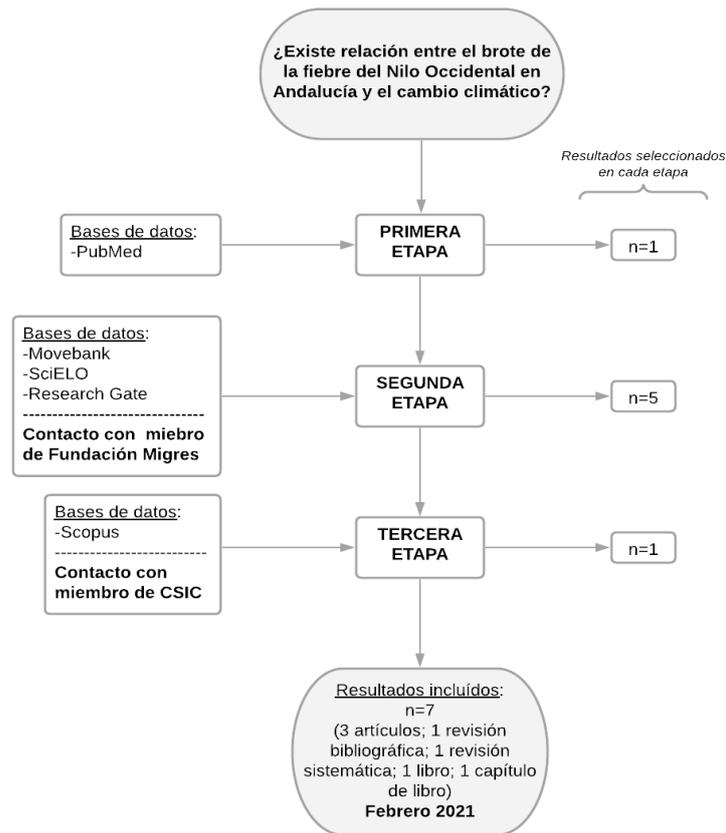


Figura 2. Diagrama de flujo del estudio bibliográfico previo.

3.3 Selección de la población de estudio

La Comunidad Autónoma de Andalucía está compuesta por 8 provincias, de las cuáles se seleccionaron dos a objeto de estudio, Sevilla y Cádiz, dado que fueron las que más casos reportaron.

3.4 Criterios de inclusión de la muestra

La muestra seleccionada comprendía la población andaluza, con residencia actual en las provincias de Cádiz y Sevilla, o cuyo trabajo se desarrollase cerca de las Marismas del Guadalquivir, arrozales, o en explotaciones equinas (se mostró particular interés sobre la población residente en los municipios de La Puebla del Río, Coria del Río, Dos hermanas, Jerez de la Frontera y la comarca de la Janda).

3.5 Criterios de exclusión de la muestra

Población andaluza no residente en Cádiz ni Sevilla, así como el resto de la población española.

3.6 Muestra

Acorde con los datos obtenidos de CCAES, se obtuvo una muestra total de 77 casos de la fiebre del Nilo Occidental en toda España (tabla 1), de los cuáles se incluyeron en el

estudio los 71 casos notificados en Andalucía y se excluyeron los del resto de España (6 casos). De los 71 casos, 57 corresponden a la provincia de Sevilla y 14 a Cádiz.

Tabla 1. Total de casos de Enfermedad por VNO en España hasta el 30 de noviembre de 2020

Provincias	n	%
Sevilla	57	74,01
Cádiz	14	18,18
Badajoz	6	7,79
Total casos	77	

Fuente: elaboración propia con datos de RENAVE

3.7 Recuperación de datos estadísticos sobre la incidencia de casos

Los datos sobre la incidencia de casos y la gravedad de la enfermedad provocada por el VNO se recuperaron a partir de la evaluación rápida de riesgo que realizó el Ministerio de Sanidad, que a su vez fueron obtenidos de RENAVE (tabla 2). La muestra se analizó en función de las variables edad y sexo.

Tabla 2. Total de casos en función del sexo y edad, hasta el 30 de noviembre de 2020

Intervalos de edad (en años)	Hombres		Mujeres		Total	
	n	%	n	%	n	%
0 - 14	4	5,19	2	2,6	6	7,78
15 - 24	5	6,49	1	1,3	6	7,78
35 - 54	7	9,09	5	6,49	12	15,57
55 - 64	7	9,09	7	9,09	14	18,17
65 - 74	10	12,99	7	9,09	17	22
+ 75	13	16,88	9	11,68	22	28,57
Total	46	59,7	31	40,3	77	100

Fuente: elaboración propia con datos de RENAVE

3.8 Descripción de las variables de estudio (tabla 3):

Tabla 3. Variables descritas para la investigación

INDEPENDIENTES	DEPENDIENTES
Cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> · Temperatura · Precipitación · Corrientes de aire · Humedad relativa · Explotación del suelo · Ocupación profesional · Movimientos migratorios aviares

4. RESULTADOS

4.1 Epidemiología de la fiebre del Nilo en Andalucía

El 6 de agosto de 2020 se identificó en Andalucía una agrupación de casos de meningoencefalitis linfocitaria sin etiología conocida en ese momento. Se trataba de 5 casos con residencia habitual en La Puebla del Río y Coria del Río, municipios colindantes de la provincia de Sevilla, en una zona de las marismas del río Guadalquivir y próxima a arrozales. El 11 de agosto se comunicó el evento al CCAES, contando en ese momento con 15 casos en total, 13 ingresados y 4 en la Unidad de Cuidados Intensivos. Las fechas de inicio de los síntomas de los casos (confirmados y probables) oscilaban entre el 25 de julio y el 1 de agosto. La edad media de los casos era de 67 años. El 73,3% eran hombres. Los casos no estaban relacionados, 4 realizaban actividades por las marismas, 1 trabajaba en una zona cercana a un arrozal, 2 tenían contacto con animales de granja y 2 habían vivido en el último mes en otros pueblos a 70-80 km de La Puebla del Río y Coria del Río. Simultáneamente, se notificaron 4 focos de VNO en dos explotaciones equinas en Andalucía, en poblaciones distantes entre 30 y 100 Km a La Puebla y Coria del Río: uno en Cádiz (Jerez de la Frontera), dos en Huelva (Gibraleón y San Bartolomé de la Torre) y otro en Sevilla, en el pueblo de Dos Hermanas. El 11 de septiembre se notificaron otra serie de casos humanos en la comarca de la Janda, en la provincia de Cádiz, y el 22 de septiembre el CNM confirmó un caso en la provincia de Badajoz.

Hasta el 30 de noviembre, se han notificado al CNE 77 casos de enfermedad por VNO (40 confirmados y 37 probables): 71 casos son de Andalucía (57 corresponden a la provincia de Sevilla y 14 a la de Cádiz) y 6 casos de Extremadura (Badajoz). De los 57 casos en la provincia de Sevilla, 38 (66,7%) han correspondido a los municipios de Coria del Río (24; 42,1%) o La Puebla del Río (14; 24,6%) (figura 3).

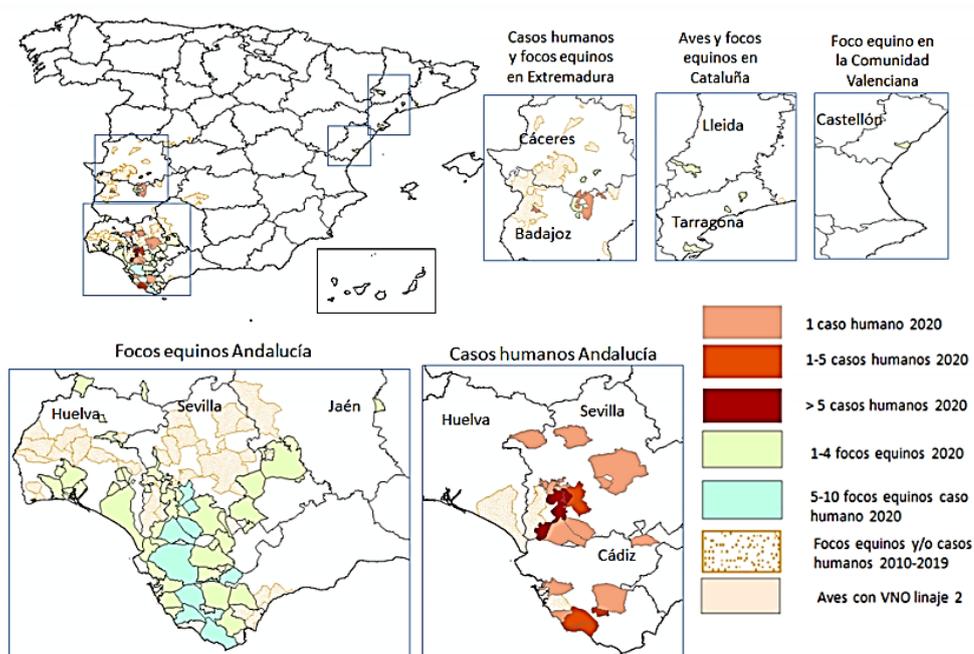


Figura 3. Focos equinos y casos humanos detectados mediante vigilancia en España, 2010-2020 (30 de noviembre 2020). Fuente: CCAES

Según la fecha de inicio de síntomas, los casos de Sevilla han ocurrido entre el 12/06/2020 (caso probable, identificado en búsqueda activa retrospectiva) y el 15/09/2020. Los casos de Cádiz han iniciado síntomas entre el 24/08/2020 y el 18/09/2020, y los de Badajoz del 05/09/2020 al 23/09/2020. Del total de casos, el 65,3% corresponden al mes de agosto y el 22,7% al de septiembre. No se han notificado casos nuevos desde el 05/11/2020 (figura 4).

Del total de los casos, 46 (59,7%) son hombres y 31 mujeres (40,3%) (tabla 2). La mediana de edad es de 65,0 años, p25-75: 45,0 a 76,0 años, rango 4-88 años. El grupo más numeroso es el de los hombres de 75 y más años (13 casos; 16,9%). Ha habido 6 casos (8,0%) en niños/as de hasta 14 años de edad, mientras que 39 casos (50,6%) corresponden al grupo de 65 y más años (figura 5).

En cuanto a la presentación clínica, 72 casos (93,5%) han tenido clínica neurológica y 73 (94,8%) han requerido hospitalización. Ha habido 8 fallecidos (10,4%): 6 hombres y 2 mujeres entre 59 y 87 años.

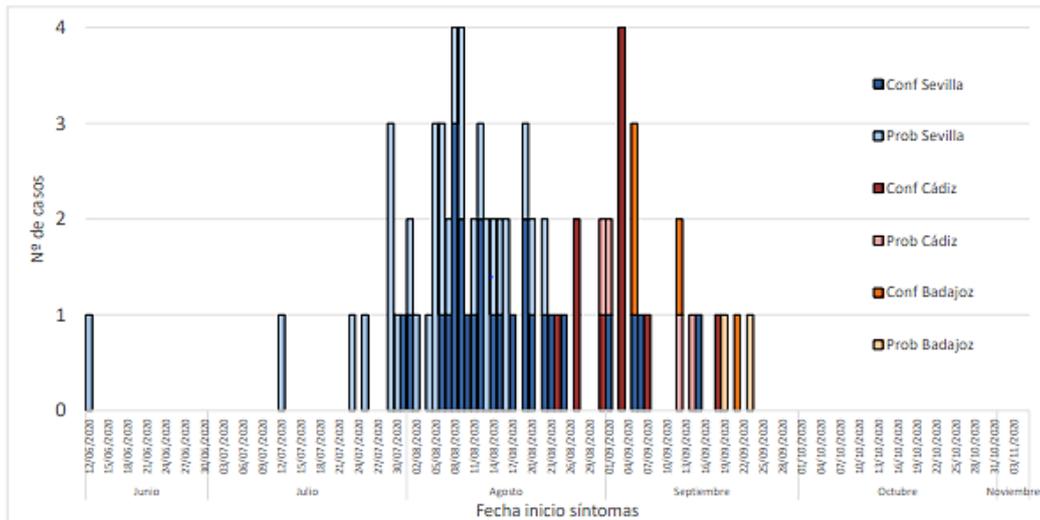


Figura 4. Curva epidémica de los casos asociados a los brotes de fiebre del Nilo Occidental. Fuente: RENAVE. Fecha de notificación del último caso el 05/11/2020.

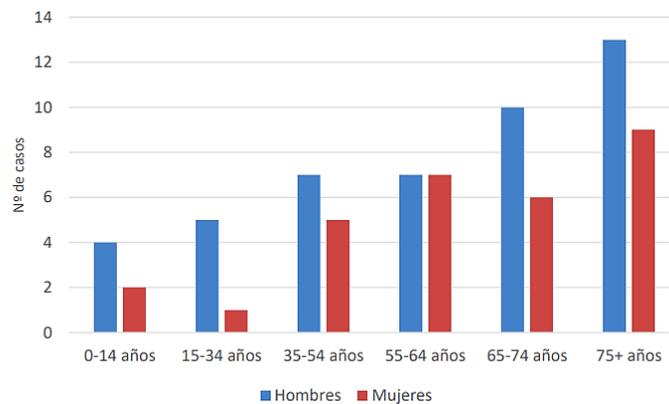


Figura 5. Distribución según grupo de edad y sexo. Fuente: RENAVE.

Hasta el 30 de noviembre, se han detectado mediante vigilancia pasiva y activa 139 focos equinos, mayoritariamente en Andalucía (125): Sevilla (58), Cádiz (49), Huelva (17) y Jaén (1).

Según entomólogos españoles, en las marismas del Guadalquivir, la actividad vectorial ha sido especialmente elevada en la temporada del verano de 2020, con una abundante presencia de *Culex perexiguus* en las zonas de cultivo del arroz, pero también en los alrededores de zonas habitadas. En las zonas urbanas se detectó la presencia de *Culex pipiens* aprovechando imbornales y otras estructuras con agua para reproducirse.

Teniendo en cuenta la probabilidad de transmisión y el impacto en la población de la enfermedad, se considera riesgo moderado en las zonas donde en el pasado verano se

han observado focos del virus en equinos, aves, mosquitos o humanos. El riesgo se mantiene en los períodos donde el vector es más activo, es decir, desde abril a noviembre, siendo su mayor actividad al final de verano y principios de otoño.

En cuanto al resto del territorio español, el riesgo se considera menor dado que aún no se ha detectado el VNO, aunque no se descarta la extensión de éste a nuevas áreas (1).

4.2 Condiciones óptimas de la proliferación del vector

El mosquito del género *Culex pipiens* se distribuye geográficamente por Europa, África, Asia, América (7). Su gran capacidad de adaptación a distintos nichos ecológicos en estado de larva (desde aguas limpias a aguas contaminadas con restos orgánicos) y su gran resistencia en estado adulto a las variaciones de temperatura, le hace ser uno de los mosquitos de más amplia distribución y abundancia, tanto en ambientes rurales como urbanos.

Según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, el cambio climático es la variación global del clima de la Tierra. Esta variación se debe a causas naturales y a la acción del hombre, y se produce sobre todos los parámetros climáticos como son la temperatura, precipitación, nubosidad, humedad relativa, etc., a muy diversas escalas de tiempo (8).

4.2.1 Factores climatológicos

- **Temperatura ambiental**

La temperatura es el factor meteorológico más importante en la distribución espacio-temporal del vector, afectando al período de incubación, a la fenología estacional del mosquito y a la variación geográfica en la incidencia humana. Existe una asociación positiva entre el aumento de la temperatura y la circulación, presencia, abundancia o tasa de incidencia del VNO. Temperaturas elevadas (aumento de 1.5-2.5°C respecto a la temperatura media 18.5-21.5°C, desde mediados de abril hasta junio) pueden alargar la estación del vector y producir mayor número de ejemplares del mosquito adulto, mientras que temperaturas más bajas (descenso de 1.5-2.5°C respecto a la temperatura media 9.6-13.4°C desde mediados de febrero hasta mayo) pueden reducir la duración estacional y por consiguiente el número de ejemplares. El óptimo de temperatura

del mosquito *Culex pipiens* es de 25 a 35°C, no pudiendo desarrollarse con temperaturas inferiores a 7°C (4).

Un estudio detectó que en mosquitos del género *Culex pipiens* mantenidos a 30°C, el VNO proliferó en casi todos ellos (en apenas 4 días post-inoculación del virus) mientras que en los mosquitos mantenidos a 18°C, no se detectó infección diseminada hasta 25° día post-infección. Además, se evidencia una asociación clara entre temperaturas extremas y los brotes del VNO en humanos.

Otro estudio mostró cómo la relación temperatura-transmisión del VNO en mosquitos se acelera no linealmente con la temperatura extrínseca de incubación (9).

- **Precipitaciones**

La precipitación es otro factor clave para la proliferación del vector. Un aumento de precipitaciones en la estación de primavera (desde mayo hasta septiembre) se asocia a un incremento en la población del mosquito adulto y en la incidencia de la fiebre del Nilo Occidental. Precipitaciones tempranas se relacionan con comienzos tardíos y duración menor de la actividad del mosquito adulto. Por el contrario, su actividad aumenta cuando las precipitaciones son más tardías. Un estudio reveló asociaciones positivas entre precipitaciones abundantes (>50 mm/día) y el aumento de la incidencia del VNO en Estados Unidos. Sin embargo, precipitaciones fuertes pueden afectar al desarrollo de las larvas del vector, inundando y drenando los nichos donde los mosquitos depositan sus huevos. Esto explica la interrupción del ciclo vital del mosquito y la disminución en el número de vectores y por ende, la indecencia de la enfermedad (9).

Por otro lado, escasas precipitaciones, sequías, etc., también pueden facilitar la proliferación de varias especies de mosquitos, en razón de que la desecación de zonas húmedas interrumpe la red alimentaria que limita a las larvas del mosquito, es decir, disminuye la exposición a sus depredadores. Cuando la sequía es notoria, el agua estancada se vuelve más eutrófica, y junto con los cambios en el medio ambiente que se producen, se amplía el abanico de condiciones favorables para la reproducción de *Culex pipiens*. Asimismo, las sequías favorecen el acercamiento de las aves y los mosquitos alrededor de las masas de agua. Esto facilita su ciclo epizoótico y la amplificación del VNO (9).

- **Humedad relativa**

La bibliografía e información sobre este factor ambiental en relación con el VNO es escasa. No obstante, existen correlaciones positivas significantes entre la humedad relativa en la zona metropolitana de Tel.Aviv y el incremento de casos de la enfermedad de la fiebre del Nilo Occidental notificados.

Un estudio posterior detectó correlaciones entre la morbilidad del VNO y la humedad relativa registrada en Europa. Ambos estudios apuntan a que un ambiente seco es más propicio frente a uno húmedo en relación con el aumento de casos de la enfermedad (9).

4.2.2 Características paisajísticas y explotación del suelo

La topografía, la humedad del suelo, la superficie y la calidad general del agua juegan un rol importante en la reproducción del vector y la endematización de virus.

El mosquito del género *Culex pipiens* se considera una especie urbana y su reproducción es notablemente exitosa en aguas ricas en contenido orgánico. En Europa, la circulación del VNO está delimitada en dos tipos de explotaciones de suelo:

- Áreas rurales, donde las reservas de agua son una fuente principal de alimento y zona de descanso para las aves, que proveen de condiciones ideales para el establecimiento endémico del VNO. Estos ecosistemas incluyen los deltas de los ríos y llanuras aluviales, donde los mosquitos prosperan, y el ciclo mosquito-ave se propaga. Muchos de los brotes de VNO en Europa han ocurrido en áreas de humedales (9).

La presencia de humedales o marismas, arrozales, etc. promueve áreas idóneas para mantener el ciclo enzoótico de la transmisión del VNO dado que allí las poblaciones migratorias aviares, vectores y más huéspedes del virus se concentran (4).

- Áreas urbanas, donde los mosquitos se alimentan de la sangre humana y aviar, y se produce el vínculo vector-huésped. Es así que la actividad del hombre también influye. Existen asociaciones positivas entre el porcentaje de áreas explotadas, o la proximidad de arrozales, con la densidad poblacional de los vectores. Adicionalmente, factores antropogénicos, como la cantidad de contaminación atmosférica, viajes, migraciones y comercio internacional pueden generar nuevos hábitats para algunas especies de mosquitos (4).

El ciclo vital del VNO y el hábitat del mosquito están influidos por las características de la vegetación. Dado que la flora se rige por la temperatura y características del suelo de una determinada zona, ésta puede influir en la actividad del mosquito y el hábitat de sus larvas (9).

4.2.3 Corrientes de aire

Las corrientes de aire también pueden contribuir a la diseminación del virus, arrastrando a los mosquitos infectados hasta diferentes lugares (9).

Se encontró una noticia publicada el 20/06/2020 en el periódico *El Español* (datos recuperados a partir de AEMET) sobre una entrada de masa de aire muy cálido procedente de África que afectaba principalmente al suroeste y centro de la Península Ibérica, alcanzado temperaturas de hasta 42°C en el valle del Guadalquivir (10). Esta noticia encajaría con estudios realizados en China (9) sobre el desplazamiento de los vectores de unas regiones a otras empleando las corrientes de aire como método de migración. No obstante, la velocidad del viento presenta asociaciones negativas con el número de casos en humanos de la fiebre del Nilo Occidental y la presencia de mosquitos infectados con el VNO (4).

4.2.4 Ocupación profesional

La epidemiología del VNO depende también de las diferencias socio-demográficas de la población. Por ejemplo, zonas donde exista más pobreza, así como personas que sus trabajos requieran estar en el exterior (agricultores, ganaderos, explotación de arrozales, explotación equina), tienen mayor susceptibilidad a infectarse con el VNO (9).

4.2.5 Huéspedes del VNO: las aves

Las aves son posiblemente el factor más importante para la dispersión y transmisión del VNO. El cambio climático está influyendo de tal manera en las rutas migratorias aviares que se ha desarrollado más adelante un apartado únicamente para analizar los cambios que en ellas se producen.

4.3 Evolución de la climatología en Andalucía

En primer lugar, con información obtenida de AEMET (11), se han recogido en tablas los parámetros meteorológicos más afectados por el cambio climático -temperatura y precipitación-, de las provincias más afectadas con la fiebre del Nilo Occidental -Sevilla y Cádiz-.

Los resultados más significativos son (tabla 4), (tabla 5), (tabla 6):

- Temperatura media: en el año 2020, se aprecia un ascenso de la temperatura media en los meses julio, agosto y septiembre, en ambas provincias (el mes de julio de 2020 registró la temperatura máxima más alta de todos los meses analizados), con una anomalía (desviación de la media) de +1.9, 0.7 y 1.9°C, respectivamente. El carácter térmico, en general, fue *cálido* o *muy cálido*, destacando el mes de julio en Sevilla *extremadamente cálido* (alcanzando una temperatura media de 30.5°C), respecto a los años anteriores analizados, que tuvieron un carácter predominantemente *muy frío* y *normal*.

Destaca el mes de septiembre de 2018 con caracteres muy *cálidos* y *extremadamente cálidos*.

- Precipitación: el año 2020 tuvo, en general, precipitaciones más abundantes respecto al 2019, destacando el porcentaje de precipitación sobre la media de los meses de junio (Cádiz: 42%; Sevilla: 12%) y agosto (Cádiz: 75%; Sevilla: 19%) con caracteres pluviométricos *húmedo*, *normal*; *muy húmedo*, *húmedo*, respectivamente.

Tabla 4. Avance climatológico en Sevilla y Cádiz 2018

2018	T ^a (°C) media	Anomalía T ^a media	Carácter térmico	PP (mm)	% de PP sobre la media*	Carácter pluviométrico
SEVILLA						
Junio	23.7	-1.6	Muy frío	1.8	18	Normal
Julio	25.6	-2.7	Muy frío	0.1	4	Normal
Agosto	29.6	+1.5	Muy cálido	0.0	0	Normal
Septiembre	27.0	+1.9	Muy cálido	24.3	90	Normal
CÁDIZ						
Junio	21.2	-1.2	Muy frío	1.6	22	Normal/húmedo
Julio	23.1	-1.5	Muy frío	0.0	0	Normal
Agosto	26.2	+1.2	Muy cálido	0.1	6	Normal
Septiembre	25.5	+2.2	Extr. cálido	6.1	26	Seco

Fuente: elaboración propia con datos de AEMET.

Tabla 5. Avance climatológico en Sevilla y Cádiz 2019

2019	T ^a (C°) media	Anomalía T ^a media	Carácter térmico	PP (mm)	% de PP sobre la media*	Carácter pluviométrico
SEVILLA						
Junio	23.7	-1.4	Muy frío	0.0	0	Muy seco
Julio	26.8	-1.5	Muy frío	0.0	0	Muy seco
Agosto	28.3	+1.5	Normal	0.0	0	Muy seco
Septiembre	25.6	0.5	Cálido	—	—	Seco
CÁDIZ						
Junio	21.4	-1.0	Muy frío	0.9	12	Seco/normal
Julio	23.7	-0.9	Muy frío	0.0	0	Muy seco
Agosto	24.8	+0.2	Normal	0.0	0	Muy seco
Septiembre	23.6	+0.3	Normal	—	—	Seco

Fuente: elaboración propia con datos de AEMET.

Tabla 6. Avance climatológico en Sevilla y Cádiz 2020

2020	T ^a (°C) media	Anomalía T ^a media	Carácter térmico	PP (mm)	% de PP sobre la media*	Carácter pluviométrico
SEVILLA						
Junio	—	—	—	1.2	12	Normal
Julio	30.5	+2.2	Extr. cálido	0.9	38	Muy seco
Agosto	28.9	+0.8	Muy cálido	1.0	19	Húmedo
Septiembre	25.9	+0.8	Cálido	11.5	43	Seco
CÁDIZ						
Junio	22.3	-0.1	Normal	3.1	42	Húmedo
Julio	26.4	+1.8	Muy cálido	0.0	0	Muy seco
Agosto	25.5	+0.5	Cálido	1.2	75	Muy húmedo
Septiembre	24.5	+1.2	Cálido	6.2	27	Seco

*Porcentaje: Cociente entre la precipitación total del mes y la precipitación media del mismo mes para del periodo de referencia, expresada en %.

Carácter pluviométrico: “muy húmedo”, “húmedo”, “normal”, “seco” o “muy seco”, según los quintiles de las precipitaciones del periodo de referencia 1981-2010. “Extremadamente seco” cuando la precipitación total del mes sea inferior al valor mínimo registrado; “extremadamente húmedo” cuando la precipitación total del mes sea superior al valor máximo registrado, en ambos casos referidos al periodo de referencia 1981-2010.

Fuente: elaboración propia con datos de AEMET

Contrastando la información obtenida desde la plataforma AEMET, se buscó información en la Consejería de Agricultura, ganadería, pesca y desarrollo sostenible de la Junta de Andalucía (12). A continuación, se muestra el IESP (figura 8) de la comunidad autónoma de los últimos 5 años así como imágenes representativas (figura 6), (figura 7) sobre la evolución del clima, por trimestres, a lo largo del año hidrológico -se considera el periodo de verano: junio, julio y agosto, de los últimos 6 años [período

2015-2020, ambos inclusive] en relación con la desviación de la temperatura media y precipitación respecto al período 1971- 2000.

- Temperatura media: se observan mayores desviaciones en los veranos 2015 y 2016, con una respectiva bajada de la misma en los años posteriores. No obstante, se aprecia como en el verano de 2020 existe un aumento generalizado de la desviación de la temperatura media en toda Andalucía (figura 6).
- Precipitaciones: se observa una desviación generalizada negativa en los últimos 6 años (figura 7). Es decir, todos los años han tenido menos precipitaciones respecto al periodo 1971-2000, destacando el verano de 2016 y 2019, siendo la desviación de las precipitaciones *extremadamente negativa*.
- IESP (figura 8): muestra valores de la variación de sequía >-1 , en los años 2019 y 2020, respecto a los datos de precipitación media de esta comunidad, (con la serie histórica de referencia para distribución normal del periodo 1971–2000).

En cuanto a las predicciones de la evolución de la climatología relacionada con el cambio climático, un estudio abordó específicamente el cambio climático y la transmisión futura del VNO, el cual modeló y proyectó la prevalencia de la infección desde 2025 hasta 2050 en Europa. Las predicciones auguran una progresiva expansión de áreas con una probabilidad elevada para las infecciones del VNO (4).

Por otro lado, la utilización de conjuntos de evoluciones (ensamble multimodelo) (13) permite estimar las incertidumbres asociadas tanto con la evolución proporcionada por los modelos globales como por la regionalización calculada con los modelos regionales anidados (figura 9).

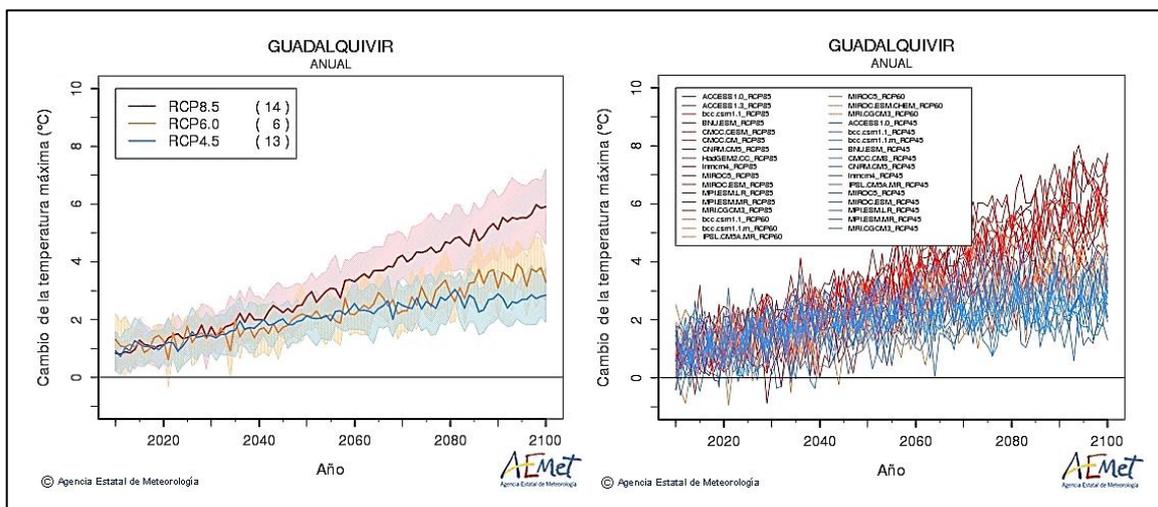


Figura 9. Regionalización AR5-IPCC. Gráficos de evolución Valle del Guadalquivir. Fuente: AEMET

4.4 Características hidrográficas y geográficas del Guadalquivir y Nilo

4.4.1 Río Guadalquivir

Las características del Guadalquivir (tabla 7) lo hacen ser uno de los ríos más importantes de España. En el curso bajo se encuentran Coria del Río y La Puebla del Río, dos de los municipios más afectados por el brote de la Fiebre del Nilo. Siguiendo su curso, el Guadalquivir forma zonas semipantanosas llamadas Marismas del Guadalquivir, concretamente ubicadas entre Sevilla y el estuario. Las marismas tienen una extensión aproximada de 2.000 km². Aquí, donde confluyen las corrientes provenientes del mar con las de río, permite el desarrollo de una gran biodiversidad. Además, gracias a la condición particular de no pertenecer ni al río ni al mar, reviste una especial importancia el papel de poder albergar a diferentes tipos de larvas que requieren pasar la primera etapa de su vida en un área donde puede evitarse la subsistencia de cualquier depredador marino o de agua dulce (14).

Tabla 7. Características hidrográficas y geográficas del río Guadalquivir

GUADALQUIVIR	
Ubicación	Europa: España
Nacimiento	Sierra de Cazorla (Cañada de las Fuentes), Jaén
Altitud (m)	1400
Recorrido (km)	657
Desembocadura	Almonte y Sanlúcar de Barrameda (Océano Atlántico)
Cuenca hidrográfica	Todas las provincias de Andalucía, y algunas comarcas de Murcia, Albacete, Ciudad Real y Badajoz.
Estuario/delta (km²)	2

Fuente: elaboración propia con datos de *Ríos del planeta*

4.4.2 Río Nilo

Las características del Nilo (tabla 8) le llevan a ser uno de los ríos más importantes del mundo.

Entre los años 1959 y 1970 se construyó la Presa de Asuán (enclavada en el margen derecho del Nilo, junto a la primera catarata), que permitió dotar de hidroelectricidad a la población, cesando las inundaciones estivales y la renovación del suelo fértil. A partir de esta presa, se generó el Lago Nasser, una masa de agua artificial donde se concentran multitud de especies. Si bien es verdad que la construcción de la presa tuvo muchas ventajas, también generó repercusiones negativas sobre el Nilo y los lugares cercanos a él, tales como la filtración y evaporación de las aguas del embalse; ausencia de sedimentos de limo; aumento de la salinidad de las aguas; y aumento del riesgo de

enfermedades, puesto que los canales de riego agrícola y los márgenes del lago Nasser son el hábitat perfecto para animales que transmiten enfermedades (15).

Tabla 8. Características hidrográficas y geográficas del río Nilo

NILO	
Ubicación	África: Egipto, Burundi, Ruanda, Tanzania, Uganda, Kenia, República Democrática del Congo, Sudán del Sur, Sudán y Etiopía
Nacimiento	Burundi
Altitud (m)	2700 (Río Kagera); 1134 (Lago Victoria)
Recorrido (km)	6653
Desembocadura	Mar Mediterráneo
Cuenca hidrográfica	3 254 555 km ² *
Estuario/delta (km²)	2000

*10% de la superficie total de África

Fuente: elaboración propia con datos de UPCommons

4.5 Los movimientos migratorios en relación con el cambio climático

Los movimientos migratorios son un suceso fenológico natural que ocurre anualmente en determinadas especies de aves. Se producen unos cuarteles o áreas de cría en primavera, donde las aves se reproducen y buscan alimento en zonas septentrionales; y unos cuarteles de invernada, donde pasan el invierno y buscan refugio de las bajas temperaturas, en zonas meridionales. Cuando migran, realizan descansos en zonas estratégicas denominadas áreas de reposo, generalmente cerca de masas de agua (orillas de ríos, marismas, embalses...) (16).

Es fundamental tener presente el término de *fenología*, dado que es la ciencia que estudia la relación entre los factores climáticos y los ciclos vitales de los seres vivos, y está considerada como uno de los bioindicadores más sensibles y fiables del impacto del cambio climático.

Para analizar los movimientos migratorios, se ha tomado como referencia la superficie del planeta. Ésta se divide en 8 ecozonas. La ecozona estudiada en este trabajo ha sido la del Paleártico Occidental (figura 10), que incluye Europa, África del Norte, la parte septentrional y central de Arabia, y la parte de Asia templada aproximadamente hasta los Montes Urales (17).

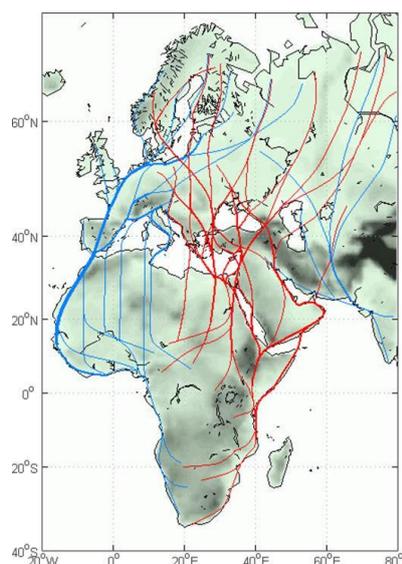


Figura 10. Mapa de las rutas migratorias del Paleártico Occidental. Fuente: Fundación Migres

El estrecho de Gibraltar representa una situación estratégica para el estudio científico de la migración aviar, al ser el punto de confluencia de las rutas migratorias entre Europa y África. Varios millones de aves lo utilizan como puerta de paso cada año en un viaje de entrada y de salida al mar Mediterráneo. Además, la cuenca mediterránea destaca por ser uno de los lugares del planeta con mayor biodiversidad dada su heterogeneidad de ambientes, su historia geológica compleja y ser la encrucijada de tres continentes, conviviendo allí infinidad de especies (16, 18).

4.5.1 Adelanto, acortamiento y reducción de migraciones

Aunque no exista un patrón claro de cambio para la migración otoñal, sí es evidente el cambio en el cuartel de primavera. Por ejemplo, la cigüeña ha adelantado un mes desde los años 80 su llegada a la zona de cría en la Península Ibérica. Este cambio en la fenología se debe a que en la zona del Sahel (principales cuarteles de invernada de las poblaciones aviares ibéricas) ha habido graves sequías, provocando una severa mortalidad en estas aves y haciendo ese cuartel inhabitable. A ello se le suma que en la Península Ibérica han aumentado los vertederos que las cigüeñas utilizan como fuente de alimento en períodos invernales. Debida a esta causa, cada vez más cigüeñas pasan todo el invierno en España y ya no migran a África (16, 19).

En un artículo donde se analiza el comportamiento del buitre común europeo relacionado con el cambio climático, se observó que la fecha de migración por el Estrecho de Gibraltar se ha adelantado significativamente (6-7 días), así como un descenso en el número de ejemplares que migraban (más de 100 ejemplares cruzaban el Estrecho de Gibraltar antes de 1980, mientras que menos de 10 han cruzado en los últimos años). Además, se confirmó el acortamiento en la distancia entre las áreas de cría y las áreas de invernada (20).

Otro artículo mostró evidencias en la zona de Portugal y Andalucía (>40% del total de hibernaciones de la Península Ibérica), que el número de haliatos, cuya hibernación es en la Península Ibérica, ha incrementado un 4% en los últimos 16 años debido al acortamiento en sus rutas migratorias (21).

4.5.2 Desplazamiento septentrional de las áreas de invernada

En cuanto a las distribuciones geográficas, se ha observado que el límite septentrional se ha desplazado hacia el norte unos 19 km para las especies nidificantes en Gran Bretaña y Finlandia, colonizando esos nuevos territorios. En zonas donde las temperaturas son más cálidas, los rangos impuestos por los límites de tolerancia térmica cambian, de manera que habrá poblaciones que podrán sobrevivir donde hasta ahora hacía demasiado frío, a la par que otras poblaciones se extinguirán donde hará ya demasiado calor (22).

4.5.3 Disminución en el tamaño

La temperatura influye sobre la anatomía de las aves. Aplicando la Regla de Bergman en aves endotermas, su tamaño disminuirá conforme aumenta la temperatura, dado que en aves de gran tamaño, la relación superficie/volumen es menor, reduciéndose así sus pérdidas de calor corporal (23). Existe una hipótesis en la que cabe esperar que un aumento sostenido de las temperaturas producido por el cambio climático influya en el tamaño de las aves, disminuyéndolo. Y así lo demostraron Murillo-García *et al.* realizando un análisis en 133 especies de colibríes en Colombia (24). En su estudio se confirma que la masa corporal de las aves aumenta conforme lo hace la altitud donde se encuentran.

5. DISCUSIÓN

Se puede afirmar que existe una relación clara entre el brote de la fiebre del Nilo en el verano de 2020 en Andalucía y el cambio climático.

Los resultados obtenidos en este trabajo apuntan a que las personas que realizan trabajos al aire libre, como arrozales, zonas agrícolas o cerca de las marismas del Guadalquivir, las que trabajan con población equina, así como las personas de mayores de 65 años (la media de edad de los casos es de 67 años) son más susceptibles a contagiarse por el VNO.

En cuanto al vector, existen evidencias de que los factores meteorológicos afectan a su desarrollo, siendo la temperatura el más importante en la transmisión del VNO, (óptimo de temperatura intervalo 25-35°C, no pudiendo desarrollarse con temperaturas inferiores a 7°C) (4). Por lo tanto, se puede confirmar que la proliferación del VNO incrementa conforme lo hace la temperatura. Además, lo hace de manera no lineal, es decir, un mero incremento de la temperatura ambiental tiene un impacto muy significativo en su transmisión.

Es razonable asumir que los incrementos en la temperatura ambiental en relación con el cambio climático contribuyen al proceso de endemización del VNO.

Los resultados obtenidos acerca de las precipitaciones son contrarios, pues escasas precipitaciones con altos niveles de polución y aguas eutróficas fomentan lugares propicios para los nichos de las larvas. Además, la desecación que se produce interrumpe la cadena alimentaria en la que la larva se ve implicada, y ya no tiene depredadores. Por otro lado, precipitaciones abundantes afectan negativamente a las larvas del mosquito dado que se inundan los nichos donde fueron depositadas y mueren. Sin embargo, precipitaciones fuertes pueden influir positivamente en el vector adulto, puesto que se producen zonas con agua estancada, donde se alimentan. Por lo tanto, abundantes precipitaciones dificultan el desarrollo de la larva pero a su vez fomenta los lugares donde el mosquito adulto puede alimentarse, no pudiendo obtener relaciones claras que puedan apoyar a la hipótesis planteada.

Los terrenos con abundante agua, como las marismas o el estuario del Guadalquivir, sirven como medio de reproducción y criadero para los mosquitos y, como resultado, aumenta el riesgo de la diseminación de la enfermedad. La monitorización de la epidemia del VNO en España (entre 2010 y 2011) mostró que áreas de humedales sirven como soporte de poblaciones aviares. La completa capacitación del vector indica que en Andalucía existen condiciones ideales para producir ciclos endémicos y re-introducción del VNO (25).

El huésped principal, las aves, son muy importantes en el ciclo vital del VNO. Tanto que conforme se iba desarrollando el estudio, se reparó en que había que añadir un último punto en el que se analizase si los movimientos migratorios se habían visto afectados por el cambio climático. En un primer momento se pensó en la idea de que el VNO hubiese llegado exclusivamente a las zonas afectadas de Andalucía a través de mosquitos infectados transportados por corrientes de aire (9). Idea que se descartó al descubrir que es una enfermedad endémica en España, que tiene una red alerta activa y que además existen reservorios del VNO en España durante todo el año, no sólo en verano. Si bien es cierto que las corrientes de aire pueden contribuir a la diseminación del virus, también se descartó la hipótesis de que el vector infectado llegase desde África a Andalucía por corrientes de aire, pues no sobrevivirían a las condiciones del trayecto. No obstante, la noticia sobre una llegada al sur de España de una masa de aire cálido procedente de África (10), publicada el 20 de junio de 2020, coincidiría con el inicio del brote en Andalucía.

En cuanto a la evolución de la meteorología, en un primer momento la búsqueda se acotó únicamente a la estación de verano (junio, julio, agosto y septiembre), en Cádiz y Sevilla, en los años 2018, 2019, 2020 (tabla 4), (tabla 5), (tabla 6). Pero conforme avanzaba la investigación, limitar la búsqueda a tan sólo dos provincias y tres años fue un error, pues para observar adecuadamente los efectos del cambio climático en la fenología es necesario analizar un rango mayor de tiempo y espacio.

Tras una primera búsqueda en AEMET, se observó que el verano de 2020 fue muy cálido [22.3-30.5°C] (tabla 6), registrando las máximas temperaturas respecto a los otros dos años analizados, que coinciden con la condición óptima [intervalo de temperatura de 25-35°C] (4) de la proliferación del vector y con el efecto del cambio climático. Las

precipitaciones presentaron resultados inconsistentes tanto en la proliferación del vector como en la evolución de la climatología.

Una segunda búsqueda más exhaustiva, ampliando el intervalo de tiempo a 6 años y recogiendo datos de toda la Comunidad autónoma de Andalucía, confirmó que efectivamente el verano de 2020 fue el más cálido de todos, presentando un aumento generalizado de la desviación de la temperatura media en toda Andalucía (figura 6). Según el IESP (figura 8), tanto el año 2019 como el 2020 presentaron valores de la variación de sequía por debajo de menos -1, siendo más secos respecto a años anteriores, datos que no concuerdan con la primera búsqueda, por lo que en cuanto al parámetro de precipitación se refiere, no se puede obtener ninguna conclusión clara.

La predicción que hace AEMET sobre el cambio de las temperaturas máximas en el Valle del Guadalquivir en el período 2000-2100 (13) muestra unos resultados alentadores, llegando a aumentar la temperatura media hasta 8°C en el año 2100. La junta de Andalucía también ofrece un apartado sobre la evolución prevista de variables climáticas para el periodo 2011-2100 (26), aportando datos similares. Una vez más se observan las consecuencias del cambio climático y teniendo una visión prospectiva, se prevén cambios graves que afectarán a todo el planeta.

Tras los resultados obtenidos sobre las características de los ríos Nilo y Guadalquivir, es muy difícil encontrar unas relaciones claras que puedan respaldar la hipótesis, pues tanto la ubicación, recorrido, la cuenca hidrográfica a la que pertenecen, así como la extensión de sus respectivos deltas, son muy diferentes. El Nilo cuadruplica en longitud al Guadalquivir, bañando diez países a su paso, lo que hace muy complejo su análisis. Sin embargo, lo que sí se ha podido relacionar es el Lago Nasser, en el Nilo, y las marismas, en el Guadalquivir, cuyas aguas estancadas propician un lugar idóneo para la proliferación del vector (15), así como el bebedero de animales, conviviendo aquí una gran cantidad de especies, y generando una inmensa biodiversidad en sus alrededores (4).

Por último, y quizá el punto clave de la investigación, fue analizar si el cambio climático había afectado a los movimientos migratorios de las aves, determinándose así que las características geográficas, climatológicas e hidrográficas influyen en la casuística andaluza. Aquí, la temperatura vuelve a ser el factor ambiental más

importante. La variación en la fenología de las aves es una respuesta al evidente cambio climático.

Desde hace años, la enfermedad de la fiebre del Nilo se considera endémica en nuestro país, su nombre se debe a que el primer caso diagnosticado fue a orillas del Nilo. Por lo que la investigación se centró en encontrar el condicionante que propició el brote del verano de 2020 en Andalucía, descartando la posibilidad de que hubiese llegado desde fuera de España, como ya se expuso anteriormente.

España, bañada por el Mar Mediterráneo, presenta una gran biodiversidad, que junto con su ubicación estratégica perteneciente a Europa meridional, contribuye a la convivencia de muchas especies. Esto, desde una visión inicial, puede ser favorable, dado que una mayor biodiversidad es sinónimo a gran riqueza de un ecosistema. Ahora bien, si éste se modifica, pueden surgir fenómenos negativos, como es el caso de los movimientos migratorios. Englobando los resultados obtenidos tras el análisis de las rutas migratorias de ciertas especies relacionadas con el cambio climático, se observan variaciones en su fenología que de lejos pueden dar respuesta a la hipótesis planteada. Por un lado, el adelanto en el calendario de las migraciones al área de cría como consecuencia de las sequías en su área de invernada (16), sumado a la fuente de alimento artificial (vertederos) propiciada por la acción del hombre (19) que son capaces de encontrar en la Península Ibérica en invierno, ya no migran al área de invernada.

Por otro lado, la reducción en el número de ejemplares que cruza el Estrecho de Gibraltar para hibernar en África, evidencia que cada vez más aves hibernan en la Península Ibérica, concretamente en Andalucía (>40% del total de especies aviarias) (21). Hecho muy relacionado con el acortamiento de las rutas migratorias, pues mayores temperaturas en zonas de invernada y de cría hace que las aves no necesiten realizar distancias tan largas y busquen refugio en zonas donde antes era inviable. A ello se le suma el desplazamiento del límite septentrional del área de cría de hasta 19 km hacia el norte (22), en cuanto a distribuciones geográficas se refiere. Nos encontramos ante otro fenómeno modificado por el cambio climático.

Además, la disminución en el tamaño de ciertas especies de aves (24) conlleva a que no puedan recorrer largas distancias y realizar sus rutas migratorias exitosamente. Si lo

relacionamos con los movimientos migratorios del Paleártico Occidental, se traduce a la imposibilidad de cruzar el Estrecho de Gibraltar por la peligrosidad que esto supone.

En resumen, el cambio climático genera temperaturas más altas que propician un acortamiento en las rutas migratorias, un adelanto en el calendario, especies que ya no migran y la disminución de su tamaño. Esto conlleva a una gran cantidad de aves estacionadas al sur de la península, en Andalucía, aumentando masivamente el reservorio del VNO y de forma indirecta, el riesgo de la transmisión de la enfermedad.

La casuística andaluza se ve ampliamente afectada, pues dada su ubicación en la Península Ibérica y en el continente europeo, junto con la cercanía de la cuenca mediterránea, tiene los factores meteorológicos ideales no sólo para la proliferación del vector, sino también para albergar y dar cobijo al principal reservorio del VNO.

Por otro lado, países europeos como Reino Unido, Alemania, Suiza y Holanda ya han creado redes fenológicas como parte de la estrategia nacional de lucha contra el cambio climático (16). Una buena estrategia española sería potenciar la red fenológica presente en AEMET, para la adaptación al cambio climático del país. Además, a nivel local, ya se han puesto en marcha estrategias para acabar con el vector del VNO, liberando murciélagos en el municipio de Coria del Río (27).

5.1 Fortalezas del estudio

- Permite comparar frecuencias de la enfermedad de la fiebre del Nilo en una misma población en diferentes períodos de tiempo.
- Es un trabajo rápido y económico.
- Estudio de la salud en un contexto ambiental. La salud de un grupo es más importante que la suma de la salud de cada miembro del grupo.
- No existen limitaciones típicas de estudios individuales en cuanto a mediciones se refiere.
- Abordaje epidemiológico de la enfermedad dado que el análisis de la situación se dirige a un grupo, y no a un individuo. Importantes resultados obtenidos para la práctica en el ámbito de Salud Pública.
- Sirve como apoyo a actividades de planificación y gestión sanitarias.
- Es una fuente de hipótesis para estudios analíticos posteriores.

5.2 Debilidades del estudio

- No permite asociar con certeza la exposición-enfermedad. Asimismo, una falta de correlación puede no significar una falta de asociación entre la exposición y el evento adverso en objeto de estudio.
- No se puede controlar el efecto de potenciales confundentes o variables de confusión. Por lo tanto, existe mayor susceptibilidad de presentar sesgos como la “falacia ecológica” o “sesgo de agregación”.
- Dificultad de extrapolar los resultados obtenidos de un grupo a un individuo.

5.3 Posibles futuras líneas de investigación

Para verificar la hipótesis de las variables analizadas a nivel individual, se propone un estudio ecológico multinivel, donde se analiza tanto a nivel global como individual el impacto que genera la enfermedad de la fiebre del Nilo. Así se eliminaría el sesgo ecológico, principal limitación del análisis ecológico para hacer inferencias causales.

También se propone realizar un análisis multivariable para controlar los factores de confusión que pudieran presentarse en este estudio.

5.4 Limitaciones

- No se pudieron recoger datos de la temperatura en Sevilla en junio de 2020, ni ningún dato en el mes de septiembre de 2019. Tampoco se pudo recuperar información del año hidrográfico 2017.
- Existe escasa bibliografía acerca de migraciones en la cuenca mediterránea.
- Periodo de investigación limitado: quizá el brote no haya sido exclusivamente debido a factores meteorológicos en 2020, simplemente se han dado las condiciones idóneas y se han unido en ese verano.

6. CONCLUSIÓN

Tras el estudio epidemiológico realizado, se puede afirmar que el cambio climático ha sido uno de los factores desencadenantes del brote de la fiebre del Nilo en Andalucía. La elevación de la temperatura junto con la variación de las precipitaciones y de los demás factores climatológicos, han fomentado la proliferación del vector y el aumento masivo del reservorio, reunidos todos ellos en zonas idóneas de humedales, como son las marismas del Guadalquivir, arrozales y explotaciones equinas y agrícolas, donde se encuentran los huéspedes del VNO (aves, equinos y humanos). La respuesta de por qué ha afectado en gran medida a Andalucía se debe a su localización geográfica: inviernos muy templados (más aún con el cambio climático), punto más cercano del continente europeo respecto al africano y por consiguiente, puerta de entrada y salida a las migraciones aviares por el Estrecho de Gibraltar. Además hay que sumarle que está bañada por el Mar Mediterráneo, por lo que se convierte en una de las comunidades autónomas más ricas en biodiversidad. Estas características generan una explosión de vida a todos los niveles y en todas las especies. Si estos ecosistemas se desequilibran por factores externos, se producen proliferaciones indebidas de microorganismos.

Puede que actualmente el cambio climático no esté generando unas consecuencias graves, pero las predicciones auguran cambios muy drásticos en el futuro a nivel mundial. Y no estamos hablando de un brote de una enfermedad tropical en un país, sino de la destrucción de gran parte de la biosfera, el deshielo de los polos, el aumento en altitud del nivel del mar y el aumento de la temperatura en más de 2°C en toda la Tierra, son algunas consecuencias del cambio climático y calentamiento global. Esto se traduce a la extinción de especies y colonización de otras donde anteriormente no podían vivir. Llegará un punto en el que la Tierra sea un lugar inhabitable.

Varios organismos internacionales e instituciones nacionales están desarrollando y poniendo en marcha programas y planes de acción para frenar el cambio climático e intentar evitar llegar al extremo de no poder vivir en el planeta. Aunque no son pocos, los resultados que se están obteniendo son limitados y sin grandes cambios.

Por ello y a modo de conclusión, se propone abordar este tema desde Salud Pública, promocionando la salud y fomentando acciones que eviten la propagación del VNO, particularmente en personas susceptibles. En cuanto a acciones en la comunidad, se propone animar a la utilización de repelentes de mosquitos, mosquiteras en las ventanas

de las casas, especialmente en periodos donde el vector es más activo (verano), y liberación de dispositivos (murciélagos) que acaben con ellos. En personas de riesgo, realizar prevención secundaria con un cribado mediante análisis diagnóstico: seroconversión de anticuerpos, pruebas de neutralización y RT-PCR. Todas estas acciones están encaminadas a prevenir nuevos brotes de la fiebre del Nilo, para que no exista hospitalización de estos casos, generalmente con altos costes, y disminuir así la morbimortalidad de la enfermedad.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Meningoencefalitis por virus del Nilo occidental en España (2ª actualización). Evaluación rápida de riesgo [Internet]. Ministerio de Sanidad, Dirección General de Salud Pública. Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias Madrid; diciembre 2020 [citado el 9 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/2RvNX2f>
2. Pecor D, Potter A. West Nile Virus: Conus. Vector Hazard Report. [Internet]. Estados Unidos: WRBU; 2019 [citado 9 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://s.si.edu/3f0PLt1>
3. Organización Mundial de la Salud. Infección por el Virus del Nilo Occidental [Internet]. Ginebra: OMS; 2017 [citado 9 mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/west-nile-virus>
4. Brugueras S, Fernández-Martínez B, Martínez-de la Puente J, Figuerola J, Porro T, Rius C, et al. Environmental drivers, climate change and emergent diseases transmitted by mosquitoes and their vectors in southern Europe: A systematic review. Environ Res. [Internet]. 2020 [citado 9 de mayo de 2021]; 191 (110038): 1-17. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110038>
5. United Nations Environment Programme. Cambio climático. [Internet]. Kenia: UNEP; 2020 [citado 9 mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.unep.org/explore-topics/climate-change>
6. Alertas en Salud Pública de actualidad [Internet]. Ministerio de Sanidad, Dirección General de Salud Pública. Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias Madrid; 2021 [citado 9 mayo 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3owxdE5>
7. Walter Reed Biosystematics Unit. Culex pipiens Linnaeus, 1758 [Internet] Estados Unidos: WRBU; 2021 [citado 9 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.wrbu.si.edu/vectorspecies/mosquitoes/pipiens>
8. Qué es el cambio climático [Internet]. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. 2021 [citado 9 mayo 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3yojqEk>
9. Paz S, Semenza JC. Environmental drivers of the West Nile fever epidemiology in Europe and Western Asia -- A review. Int J Environ Res Public Health [Internet]. 2013; 10(8): 3543–62. doi: 10.3390/ijerph10083543
10. Llega el calor africano a España: temperaturas extremas en los próximos días. El Español [Internet]. 20 de junio de 2020. Sec: Meteorología [consultado 11 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3yjhO9>
11. Resúmenes climatológicos. Andalucía [Internet]. Agencia Estatal de Meteorología. 2020 [citado el 9 de mayo de 2021]. Disponible en: http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/resumenes?w=1&k=and
12. Información climatológica trimestral [Internet]. Junta de Andalucía. 2020 [citado 9 mayo de 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/2QB2n0G>
13. Proyecciones climáticas para el siglo XXI: resultados gráficos. Guadalquivir [Internet]. Agencia Estatal de Meteorología. 2021 [citado el 9 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3v1LN9h>
14. Guadalquivir: nacimiento, desembocadura, afluentes y más [Internet]. Ríos del planeta. 2020 [citado el 9 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://riosdelplaneta.com/guadalquivir/>
15. Presa de Asuán [Internet]. Wikipedia. 2021. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Presa_de_Asu%C3%A1n
16. Gordo O. Impactos del cambio climático en la migración de las aves ibéricas. En: Herrero A, Zavala MA, editores. Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España [Internet]. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente; 2015. p. 153–61. Disponible en: <https://bit.ly/3v2OIOU>
17. Paleártico Occidental [Internet]. Wikipedia. 2021. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Pale%C3%A1rtico_Occidental
18. Centro de la migración y cambio global [Internet]. Fundación Migres. 2021 [citado el 9 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.fundacionmigres.org/centro-de-la-migracion-y-cambio-global/>

19. SEO/BirdLife. Migra. Migración de las aves [Internet]. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. 2021 [citado el 9 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/pag-web/migra-migracion-aves.aspx>
20. Martín B, Onrubia A, Ferrer M. Effects of climate change on the migratory behavior of the common buzzard *Buteo buteo*. *Clim Res* [Internet]. 2014 [citado 9 de mayo de 2021];60(3):187-97. doi: 10.3354/cr01233
21. Martín B, Torralvo CA, Elias G, Tomás J, Onrubia A, Ferrer M. Are Western European ospreys (*Pandion haliaetus*) shortening their migration distances? Evidence from trends of the wintering population in the Iberian Peninsula. *Eur. J. Wildl. Res* [Internet]. 2019 [citado 9 mayo 2021]; 65(5). doi: [10.3354/cr01233](https://doi.org/10.3354/cr01233)
22. Gordo O. Climate change and birds in the Mediterranean. En: Barriocanal C, Varga D, Vila J, editores. *Canvi ambiental global: una perspectiva multiescalar* [Internet]. Girona: Documenta Universitaria; 2009. p. 67-89. Disponible en: <https://bit.ly/3whr4hD>
23. Sánchez SA. Regla de Bergmann: qué es y cómo describe a los animales [Internet]. *Psicología y mente*. 2020 [citado el 9 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://psicologiaymente.com/cultura/regla-bergmann>
24. Murillo-García OE, De la vega ME, Pérez-Castillo K. The Elevation does not strongly influence interspecific variation in body size of small Tropical endotherms. *Rev Biol Trop* [Internet]. 2020 [citado el 9 de mayo de 2021];68(4):1275–83. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v68n4/0034-7744-rbt-68-04-1275.pdf>
25. García-Bocanegra I, Jaén-Téllez JA, Napp S, Arenas-Montes A, Fernández-Morente M, Fernández-Molera V, et al. Monitoring of the West Nile virus epidemic in Spain between 2010 and 2011: West Nile Virus epidemic in Spain. *Transbound Emerg Dis*. 2012;59(5):448–55. doi: 10.1111/j.1865-1682.2011.01298.x
26. Red de Información Ambiental de Andalucía [Internet]. Portal Junta de Andalucía. 2021 [citado el 9 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3u5MTzk>
27. Mármol J. Un escuadrón de murciélagos para combatir el virus del Nilo en Coria del Río. *El correo de Andalucía*. 23 de enero de 2021 [Internet]. Disponible en: <https://elcorreoweb.es/provincia/un-escuadrón-de-murcielagos-para-combatir-el-virus-del-nilo-en-coria-del-rio-EL7085547>

ANEXOS

ANEXO 1. ENTREVISTA A ALEJANDRO ONRUBIA: COORDINADOR DE PROYECTOS CIENTÍFICOS DE LA FUNDACIÓN MIGRES

El 14 de abril de 2021 se concertó una cita con Alejandro Onrubia, coordinador de proyectos en la Fundación Migres. La entrevista se llevó a cabo en CIMA (Tarifa) donde desde 2008 se acondicionó un observatorio para el estudio de las aves migratorias de paso regular por el Estrecho de Gibraltar.

P.: ¿Qué es la Fundación Migres? ¿Para qué se creó y hace cuánto tiempo?

R.: Esta fundación se formó para seguir las rutas migratorias de las aves dado que el Estrecho de Gibraltar es un punto enclave para las aves que migran desde el área de cría de Centro y Norte Europa a África a hibernar, y del Mediterráneo al Atlántico, en el caso de las aves marinas.

Las aves son *bioindicadores* de un ecosistema. Esto se debe a que si se modifican los factores necesarios para las aves, se modificarán las rutas migratorias. Por lo tanto, con los cambios en sus movimientos migratorios pueden evaluarse los cambios que suceden en un ecosistema.

Las aves no es que sean los mejores indicadores para estudiar un ecosistema, pero sí son fáciles de estudiar. Con un número de ejemplares relativamente bajo (unas 300 especies) se puede hacer un estudio, porque son fáciles de ver y oír

Las aves son un grupo en las redes tróficas que se encuentran en una posición elevada (comen insectos, semillas...) por lo que eso nos indica que hay un ecosistema (cadena de alimento) debajo de ellas.

Los censos de las aves se hacen desde hace 100 años y esto se lleva a cabo porque hace 200 años, en el período de la Revolución Industrial se dispara la población mundial y su impacto fue tal, que se necesita realizar el conteo de aves, fundar parques naturales, programas de seguimiento... para observar el impacto que el hombre estaba ocasionando en los ecosistemas. Existen distintos programas de seguimiento anuales para ver la respuesta que tienen las aves.

Las migraciones comenzaron a estudiarse en los años 70. Más tarde, en los 80 y 90, se dejaron de estudiar, pero a partir de 1997 se retomaron los estudios de las migraciones. Por lo que se están comparando los datos de los 70 con los obtenidos desde 1997 hasta ahora para observar la evolución de las migraciones.

P.: ¿Cuáles son las aves que observan en la Fundación Migres?

R.: Hacemos el seguimiento de unas 30 especies de aves planeadoras; aves marinas unas 30 especies; y aves pequeñas o paseriformes unas 100-110 especies. Hacen un total de 180 especies que se estudian aquí.

Existe un inconveniente: el 70 % de la migración es nocturna y esto dificulta mucho su estudio. Se nos escapa lo que pasa de noche. También hay que tener en cuenta la falta de información de los migradores de gran altura (4000-5000 metros) que no existen instrumentos para poderlos estudiar. En estas especies se realiza un estudio indirecto de su migración.

El estudio se realiza con métodos directos (observatorio) y métodos indirectos (anillamiento y censos).

P.: ¿Cuántas especies de aves cruzan el Estrecho de Gibraltar cada año? ¿Lo hacen el mismo número para ir al área de cría como para volver al área de invernada?

R.: Casi unas 200 especies, en torno a 180. Si

P.: ¿Cómo afecta el cambio climático a las rutas migratorias?

R.: La migración es una respuesta de las aves para sobrevivir a la estacionalidad del clima. Se mueven por todo el planeta buscando una *primavera constante*.

Muchísimas son las especies que ya no migran. Las aves tienen unos óptimos climáticos. Si estos valores se modifican, el ave se mueve hacia el lugar donde su temperatura sea la confort. Y como consecuencia, las aves están cambiando sus áreas de distribución.

Existen dos tipos de migración:

- ***Migración a corriente:*** las realizan las aves veleras o planeadoras (cigüeñas, buitres y rapaces). Éstas, utilizan las corrientes de aire que se forman en la zona terrestre del planeta para coger altura, para después dejarse llevar hasta su destino. Estas aves necesitan buscar el punto de menor distancia entre el continente europeo y africano para poder lograrlo, y esto lo encuentran en el Estrecho. Dependen de las corrientes de aire y por tanto, de la superficie terrestre.
- ***Migración en vuelo batido:*** es una migración activa que requiere mucha más energía (hasta 30 veces más) pero no requiere de corrientes de aire para poder migrar. Las aves remeras tienen una migración en frente amplio, no necesitan venir al Estrecho.

Hay que entender las corrientes de aire para entender la migración. El mar Mediterráneo es una masa de agua que se calienta mucho, y ahora más con el cambio climático. Esto produce en la zona del Estrecho un levante muy fuerte. Las aves planeadoras que llegan aquí para cruzar, les cuesta mucho. Con un levante fuerte no pueden volver, porque les lleva al atlántico.

El viento es la “puerta” que abre o cierra el paso por el Estrecho (levante fuerte= puerta del Estrecho cerrada).

Las aves de gran tamaño, como los buitres, llegan aquí para cruzar, pero con un fuerte levante no pueden hacerlo (van buscando otro lugar para cruzar por toda la costa de la Península Ibérica, pero no lo hay). Esto les obliga a buscar nuevas áreas de distribución donde conseguir alimento, que encuentran en lugares modificados por la acción del hombre, como son los vertederos. Este aprendizaje de supervivencia se observa sobre todo en aves con alta esperanza de vida.

Con el calentamiento global, se está observando que el tamaño de las aves está cambiando.

P.: ¿Qué consecuencias depara al futuro el cambio climático relacionado con los movimientos migratorios?

R.: Cada vez más aves dejan de migrar. Se hacen *sedentarias*, y sus migraciones se acortan. El comportamiento migrador está regulado genéticamente desde hace miles de años (selección natural). En 40 años, ha aumentado 1°C la temperatura del planeta, y a las aves no les da tiempo a cambiar su comportamiento. El ave cuando llega aquí, la primavera ya ha ocurrido (menos insectos, alimentos) lo que conlleva un desajuste en su calendario.

La previsión es que hay aves que van a desaparecer porque no les va a dar tiempo a adaptarse lo suficiente rápido como para sobrevivir. Otras aves, por el contrario, no se extinguirán, pero tampoco migrarán

Por ejemplo, la zona de la tundra se la está *comiendo* la taiga por el aumento de la temperatura, perdiendo así su ecosistema y las especies que en él habitan desaparecerán, porque no tienen donde irse.

Por otro lado, es importante hablar de la colonización en Europa de aves saharianas (una treintena de especies), porque en el desierto del Sahara ya hace demasiado calor para vivir.

En el caso de las aves, podrán migrar, pero otro reino (plantas, anfibios, mamíferos...) se extinguirá. A no ser que se reintroduzcan, pero claro, quizás colonicen y estos extingan a los autóctonos.

P.: ¿Cómo cree usted que se podría solucionar/paliar este problema?

R.: Por un lado, crear corredores “puente” en el Estrecho para que las especies terrestres en peligro de extinción se desplacen hacia zonas más septentrionales donde ahora se encuentran sus óptimos.

Por otro lado, crear programas y estrategias para preservar las especies en peligro. La UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) cataloga de “muy preocupantes” las consecuencias que está provocando el cambio climático a todos los niveles. Tienen una “redlist” para evaluar cuantas especies están en peligro, que va en aumento.

La Unión Europea tiene activa una estrategia de conservación de la naturaleza llamada *Estrategia 2020, para frenar la pérdida de biodiversidad antes del 2030*.

Según Onrubia, como nos enfrentamos a un reto que también nos concierne a nosotros, los humanos, estas estrategias tienen un componente egoísta, dado que si no nos afectase, no se tomarían medidas para frenar el calentamiento global.

De hecho, ya existen personas afectadas por él, denominadas *refugiados climáticos*, que son aquellas personas que han tenido que huir del lugar donde vivían porque el cambio climático ha hecho insostenible por vivir y trabajar allí. Ejemplos como las sequías del Sahel, o el caso de la Isla Vanuatu, sus habitantes tuvieron que pedir refugio a Australia y Nueva Zelanda. Esto se debe a que el deshielo de los polos producido por el calentamiento global ha hecho que aumente 1 metro el nivel del agua del océano, e islas como las Vanuatu se hayan inundado y no se pueda vivir en ellas.

P.: ¿Qué efectos negativos se observan en los movimientos migratorios relacionados con el cambio climático?

R.: Sobre todo el aumento de enfermedades tropicales. Tales como la Fiebre Hemorrágica de Crimea-Congo, transmitida por garrapatas del género *Hyalomma* adheridas en las aves, etc. que están demostradas que las traen de laves desde África. Estas garrapatas sobreviven en zonas donde antes no podían gracias al aumento de las temperaturas.

Es necesario entender el papel que tienen las aves en los ecosistemas. Las aves migratorias tienen un papel fundamental en la dispersión de semillas y por ende, la variabilidad genética de especies de plantas, como ocurre con el acebuche (evitando así la endogamia). Por ejemplo, en aves frugívoras como son el zorzal o las currucas, (las que se alimentan de semillas), pueden transportar una semilla a 1500 km de distancia (se les cataloga como *dispersores de semillas*). Por esta razón y otras muchas son tan importantes las aves en los ecosistemas.

ANEXO 2. MAPAS EVOLUCIÓN CLIMATOLOGÍA ANDALUCÍA

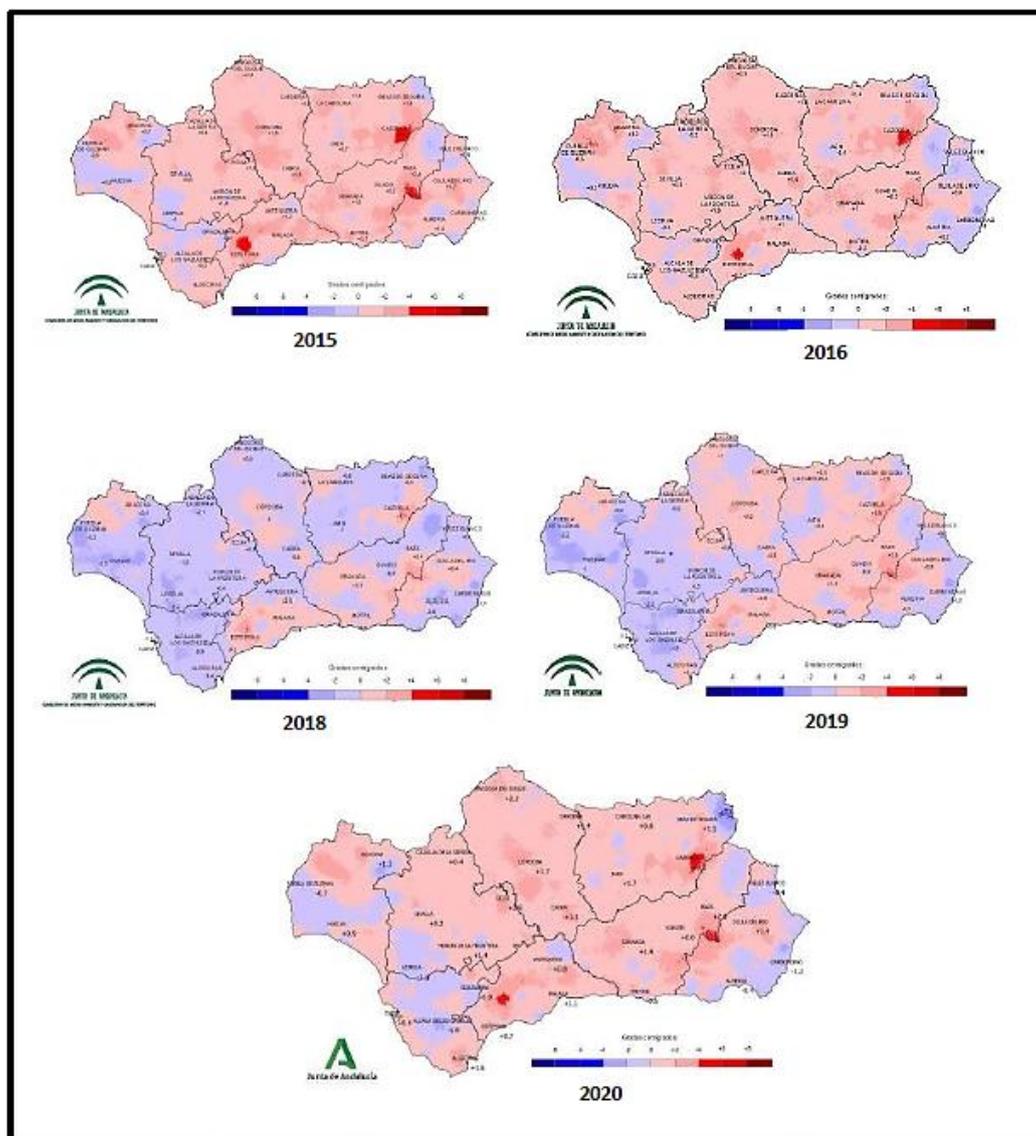


Figura 6. Desviación de la temperatura media de los años 2015, 2016, 2018, 2019, 2020, respecto a la media del periodo 1971- 2000. Fuente: elaboración propia con datos del Portal de la Junta de Andalucía

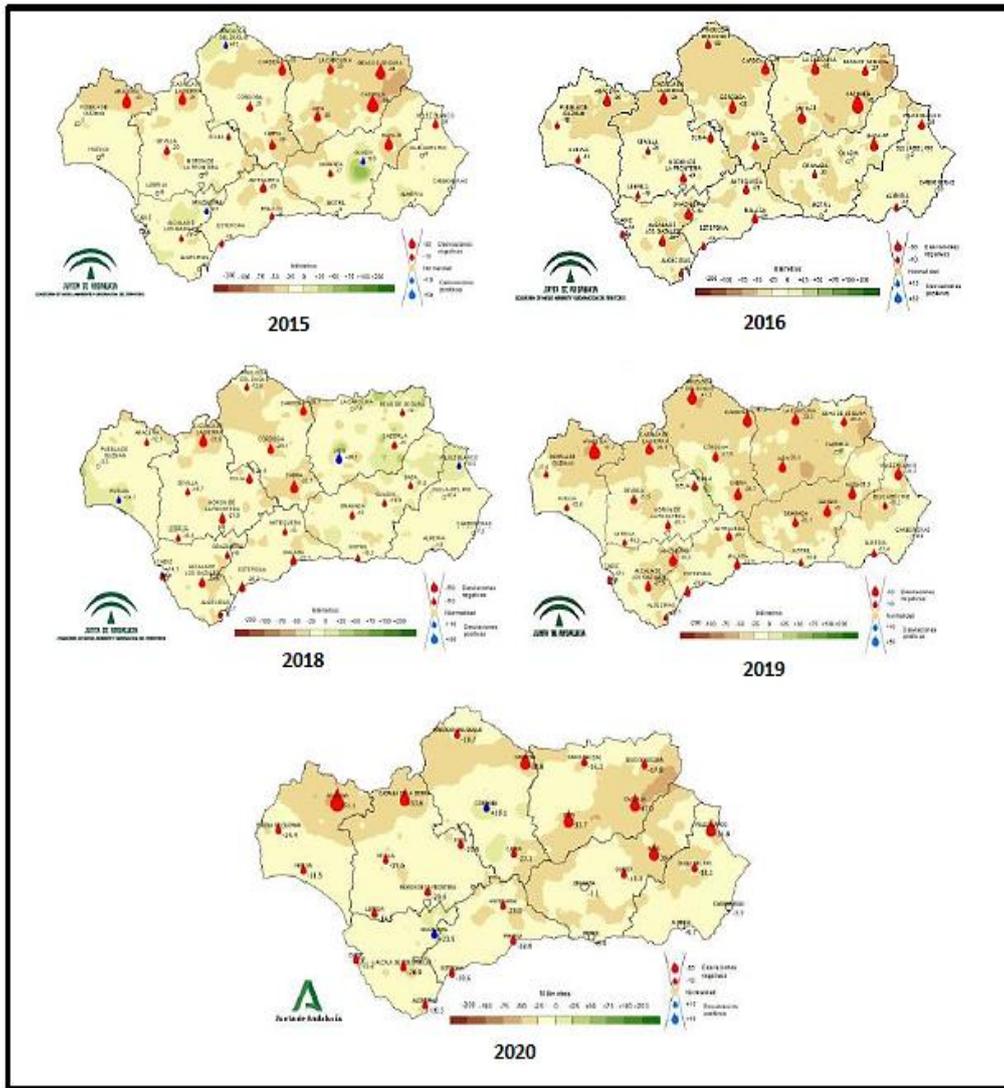


Figura 7. Desviación de las precipitaciones totales de los años 2015, 2016, 2018, 2019, 2020, respecto a la media del periodo 1971- 2000.

Fuente: elaboración propia con datos del Portal de la Junta de Andalucía

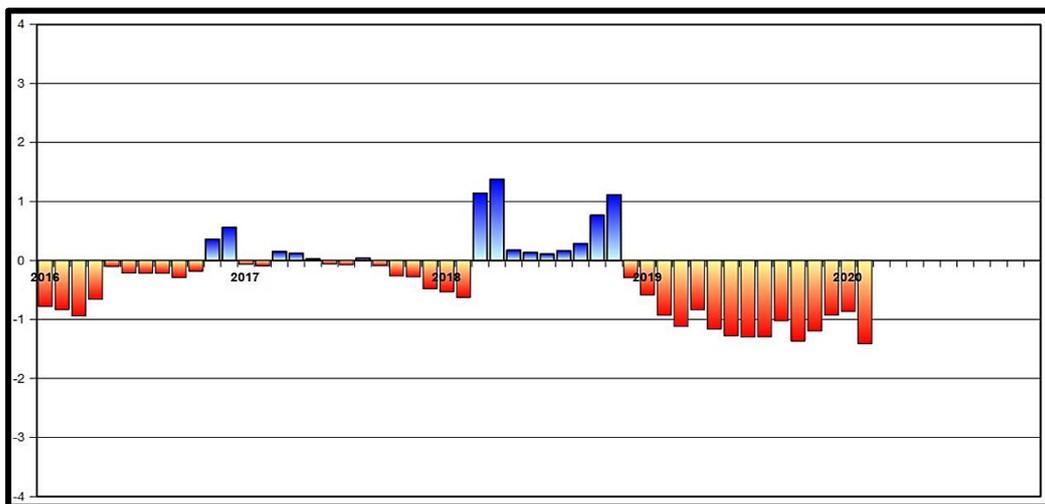


Figura 8. Gráfica sobre el IESP en Andalucía. Detalle de los últimos 5 años. Fuente: Portal de la Junta de Andalucía (REDIAM).

ANEXO 3. CURIOSIDADES ACERCA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Museo Nacional de las Ciencias Naturales (MNCN)

Existe una zona en el museo dedicada al cambio climático, su afectación a la fenología y distribución de las especies. Llama la atención la siguiente entrada:

“El cambio climático está afectando a la fenología y distribución de numerosas especies en todo el mundo, y las proyecciones para el siglo XXI predicen cambios aún mayores. Las especies han respondido a los cambios climáticos del pasado adaptándose, desplazándose o pereciendo. Teniendo en cuenta la velocidad a la que actualmente se están produciendo estos cambios, no es probable que la adaptación evolutiva se dé en muchas especies. La capacidad de colonizar nuevas áreas es más importante, pero varía en función de los taxones y regiones. Las especies con poca capacidad de dispersión, escasa abundancia, baja tasa de reproducción y restringidas a ciertos hábitats o tipos de alimentos, son menos propensas a adaptarse a las cambiantes condiciones climáticas. El reto también será muy significativo en paisajes fragmentados o degradados. Además, las amenazas impuestas por el cambio climático no actúan de manera aisladas, sino que aumenta cuando están asociadas a la degradación del hábitat, la contaminación, la caza furtiva y la propagación de especies exóticas invasoras.”



- Rojo: un incremento en la intensidad del color representa aumento en el número de especies que pierden condiciones climáticas favorables en áreas de la *Red Natura 2000*.

- Verde: incrementos en la intensidad del color representa aumenta en el número de especie que ganan condiciones favorables.

Figura 11. Distribución geográfica de las especies que ganan y pierden con el cambio climático en Europa.

Bosque Metropolitano

El ayuntamiento de Madrid está llevando a cabo una infraestructura de zonas verdes que rodea la ciudad con un perímetro aproximado de 75 km. Esta acción está encaminada a reducir el efecto del cambio climático, reducción de las emisiones de CO₂, restauración ecológica de zonas degradadas y a un incremento de lugares peatonales y ciclistas, beneficiando así la salud de la población y promocionando la misma.

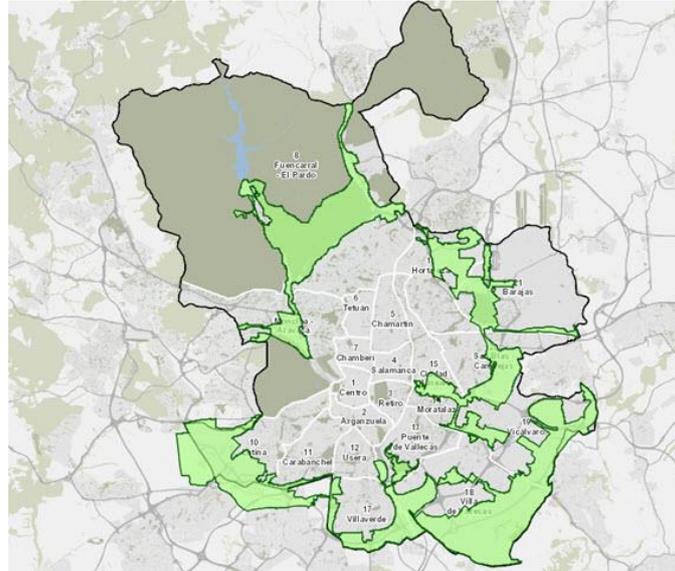


Figura 12. Diseño del Bosque Metropolitano sobre la ciudad de Madrid

En el parque del Retiro existe una exposición donde se da a conocer a la población este proyecto.



Figuras 13 y 14. Exposición bosque Metropolitano en el parque del Retiro (Madrid)