

/G Salud 2024

Informe de Impacto y Vulnerabilidad al **Cambio Climático** en Gipuzkoa



Salud

2024

Informe de Impacto
y Vulnerabilidad al
Cambio Climático
en Gipuzkoa

ÍNDICE

Parte I

El clima desde la escala global a la local

| | |
|---------------------------|-----------|
| en 2023 | 09 |
| 0. Resumen ejecutivo..... | 10 |
| 1. Introducción..... | 11 |
| 2. Contexto Global..... | 12 |
| 3. Gipuzkoa en 2023..... | 25 |

Parte II

Análisis de los efectos del cambio climático

en la salud..... **41**

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Introducción..... | 43 |
| 1. Impactos del cambio climático sobre la salud humana..... | 45 |
| 2. Vulnerabilidad y Riesgo: Metodología de análisis..... | 59 |
| 3. Vulnerabilidad y riesgo para la salud de la población por incremento de la temperaturas..... | 66 |
| 3.1. Amenazas del cambio climático: calor. Tendencias observadas y proyecciones en escenarios de cambio climático de indicadores climáticos..... | 66 |
| 3.2. Vulnerabilidad y Riesgo para la salud de la población por incremento de la temperatura..... | 87 |
| 4. Vulnerabilidad y riesgo para la salud de la población por enfermedades transmitidas por vectores..... | 96 |
| 4.1. Amenaza del cambio climático: cambios en la distribución de vectores..... | 96 |
| 4.2. Vulnerabilidad y Riesgo para la salud de la población guipuzcoana a las enfermedades transmitidas por vectores..... | 110 |
| 5. Adaptación para proteger la salud..... | 125 |
| 6. Conclusiones..... | 131 |

Anexos..... **135**

| | |
|------------------|-----|
| Anexo I..... | 136 |
| Anexo II..... | 144 |
| Anexo III..... | 145 |
| Anexo IV..... | 146 |
| Anexo V..... | 148 |
| Anexo VI..... | 156 |
| Glosario..... | 164 |
| Referencias..... | 168 |



Naturklima

Aldaketa Klimatikoaren | Fundación de Cambio
Gipuzkoako Fundazioa | Climático de Gipuzkoa



Jasangarritasuna · Sostenibilidad



Informe de Impacto
y Vulnerabilidad al
Cambio Climático
en Gipuzkoa



José Ignacio Asensio Bazterra

Presidente de Naturklima
y diputado de Sostenibilidad

El cambio climático es sin lugar a dudas el principal desafío al que nos enfrentamos en nuestro tiempo. Sus efectos se extienden más allá de las fronteras, afectan a todos los sectores e influyen en las principales políticas que llevamos a cabo. No olvidemos, que el origen del calentamiento global es consecuencia directa de la acción del ser humano y por tanto, la solución, también depende de nosotras y nosotros.

A medida que aumenta nuestro conocimiento sobre los efectos del cambio climático, el impacto directo e indirecto que tiene sobre la salud ha emergido como un área de creciente preocupación. Las noticias sobre el aumento de las olas de calor se intensifican verano tras verano, y con ello, las cifras de defunciones que se le atribuyen a las temperaturas extremas. En Europa, se estima un incremento de la mortalidad de un 2% de media por cada grado que aumente la temperatura.

Esta interconexión crucial entre el clima y la salud humana ha sido reconocida a nivel mundial y de manera oficial en julio de 2023, cuando la 77ª Asamblea Mundial de la Organización Mundial de la Salud (OMS) elevó el cambio climático al primer nivel de prioridad en la agenda sanitaria mundial. 194 miembros de la OMS adquirieron el compromiso de integrar las consideraciones climáticas en las políticas nacionales de salud.

En este contexto de urgencia global, este quinto Informe de Análisis de la Vulnerabilidad y Riesgo elaborado por la Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa – Naturklima, se centra en analizar el impacto del cambio climático sobre la salud en el territorio de Gipuzkoa. Por el análisis de evolución de los

indicadores climáticos que ya disponemos, sabemos que el territorio de Gipuzkoa es altamente vulnerable a los riesgos relacionados con el cambio climático. Y lo es también, a los impactos que afectan a la salud humana, por el alto índice de envejecimiento progresivo de la población, por la alta densidad poblacional en las zonas urbanas y por la gran línea de costa que nos caracteriza.

Es nuestra responsabilidad intensificar las políticas de mitigación y adaptación para poder aumentar nuestra resiliencia, y así se recoge en la Estrategia Guipuzcoana de Lucha Contra el Cambio Climático - Klima 2050. En esta planificación a medio plazo, se especifica la necesidad de analizar los efectos del cambio climático sobre la salud, con especial atención sobre el impacto de las olas de calor en la mortalidad y el aumento de enfermedades infecciosas transmitidas por vectores que comienzan a proliferar como consecuencia de la modificación de las condiciones climáticas. Es precisamente en estos dos aspectos en los que se centra el presente análisis.

En las siguientes páginas, se explora cómo los cambios en los patrones climáticos están afectando y podrían afectar en el futuro la salud de los habitantes de Gipuzkoa. Es una herramienta crucial para la toma de decisiones en políticas estratégicas y coordinadas de cambio climático y de salud. Porque comprender las amenazas específicas a las que nos enfrentamos nos permitirá diseñar respuestas más efectivas y adaptadas a nuestra coyuntura específica. La salud es un elemento prioritario de cualquier sociedad; y salvarla, debe ser una prioridad irrefutable.



/G

Informe de Impacto
y Vulnerabilidad al

**Cambio Climático
en Gipuzkoa**



**El clima desde
la escala global
a la local en 2023**

TEMPERATURA

- 2023 fue el año más cálido registrado a escala global, con una temperatura media $+1,45 \pm 0,12$ °C superior a la de la época preindustrial (1850–1900).
- La temperatura media en las estaciones meteorológicas de Gipuzkoa fue de 14,2 °C; $+0,67$ °C por encima de la media 1991–2020 y $+0,75$ °C respecto al periodo 1981–2010. Es el segundo año más cálido registrado, superado en $+0,3$ °C por el año 2022.
- Las temperaturas máxima y mínima medias fueron ligeramente inferiores a las máximas registradas en 2022, siendo las segundas más cálidas registradas ($+1,5$ °C y $+0,8$ °C superiores respecto al periodo 1981–2010, respectivamente).
- La última década (2014–2023) en Gipuzkoa ha sido de media $+0,93$ °C más cálida que el periodo 1991–2020.

PRECIPITACIÓN

- 2023 fue normal en cuanto a la precipitación anual acumulada, llegando a húmedo en puntos del litoral y nordeste del territorio. La precipitación total anual fue un $-4,1$ % inferior respecto a la del periodo 1981–2010.
- Durante la última década (2014–2023) la precipitación anual acumulada en Gipuzkoa ha sido normal respecto al periodo 1981–2010. Los registros históricos de más largo plazo no muestran tendencias significativas.

OCÉANO

- En el golfo de Vizcaya se observa un calentamiento del mar a partir de los años 80, con tasas que oscilan entre $+0,26$ °C por década en las aguas superficiales frente al Aquarium de Donostia y $+0,20$ °C por década para toda la superficie del golfo.
- Se observa un incremento significativo del número de olas de calor marinas, de su duración media e intensidad media y máxima.
- El nivel del mar en el golfo de Vizcaya presenta una tasa de ascenso de entre $+1,1$ cm y $+2,5$ cm por década desde los años 90 (en promedio 2,5 cm por década).
- En las masas costeras (a 10 km de la costa) se observa un descenso del pH en el periodo 2002–2022, de entre $-0,05$ y $-0,07$ unidades de pH por década.

“

Los indicadores de cambio climático alcanzaron niveles sin precedentes en 2023.
(OMM, 2024)

”



1. INTRODUCCIÓN

Las características físicas y biogeoquímicas del sistema climático están cambiando en respuesta a las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antropogénico. Los indicadores climáticos globales proporcionan una visión global del estado del clima y de estos cambios. Los indicadores se pueden definir como un 'una medida, generalmente cuantitativa, que permite mostrar fenómenos complejos de manera sencilla incluyendo las tendencias y avances en el curso del tiempo'. Un indicador ofrece pistas para comprender una cuestión de mayor importancia, o permite percibir un fenómeno o tendencia que no es inmediatamente detectable' (AEMA). Por tanto, la evolución de estos indicadores permite conocer la variabilidad climática y los cambios en los ámbitos más relevantes relacionados con el cambio climático.

Los indicadores climáticos globales incluyen la temperatura media de la superficie global, el contenido en calor del océano global, la acidificación del océano, el nivel medio del mar global, el equilibrio de la masa de los glaciales, la extensión del hielo marino en el Ártico y Antártico y la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero (WMO). Esto es, un conjunto de indicadores físicos interconectados entre sí que conectan los cambios en la composición atmosférica con cambios en el contenido energético del sistema climático y estos con la respuesta (cambios) de los océanos y la criosfera.

Este informe ofrece un breve resumen del clima a lo largo del año 2023 junto con el contexto histórico de una serie de indicadores climáticos clave. Se presentan variaciones respecto a distintos periodos de referencia y tendencias basadas en los conjuntos de observaciones más actualizados posibles a escala global y a escala del T.H. de Gipuzkoa. Los periodos de referencia utilizados en el análisis suelen abarcar 30 o más años y se utilizan como referencia fija para comprender las condiciones actuales. El periodo de referencia empleado principalmente ha sido el periodo de 30 años anterior (1981-2010), por ser el periodo disponible para la climatología de Gipuzkoa (1971-2016). Cuando ha sido posible se ha utilizado también el periodo de referencia más reciente (1991-2020). También se ha utilizado la última década (2014-2023) que, aunque no es un periodo de referencia estándar, proporciona información

instantánea de 10 años del clima más reciente y como se compara con los registros históricos. Esto significa que las diferencias entre 2014 y 2023 y los periodos de referencia de 30 años pueden reflejar variaciones decadales de corto plazo, así como las tendencias a largo plazo.

El análisis de tendencias y variaciones en Gipuzkoa se basa en los escenarios climáticos en Euskadi y en series de datos elaborados por Neiker, Grupo de Meteorología de Santander (Universidad de Cantabria) y Predictia, para Ihobe-Gobierno Vasco, con financiación de los programas: KLIMATEK I+B+G del Gobierno Vasco (proyectos I+D, innovación y demostración en adaptación al cambio climático: "ESCENARIOS" y "ESCENARIOS II") y LIFE de la Unión Europea (LIFE18 IPC/ES/000001, "LIFE-IP URBAN KLIMA 2050"). Estos se acompañan con datos de los observatorios meteorológicos de Igeldo y Hondarribia-Malkarria ya que ambos proporcionan largas series temporales, de más de 30 años, comenzando en 1929 y 1956, respectivamente. Para el seguimiento de los indicadores anuales de los últimos 19 años se considera también la red de estaciones meteorológicas de la CAPV de la Agencia Vasca de Meteorología – Euskalmet.

Se incluye también un breve resumen de los principales cambios observados en la temperatura del agua, nivel medio del mar y pH en el golfo de Vizcaya. Un análisis más detallado de estas variables, junto con los cambios observados en el resto de los indicadores de cambio climático e impacto en la costa se publicarán en el 'Informe de Seguimiento y Análisis de Indicadores físicoquímicos y biológicos del cambio climático en el litoral de Gipuzkoa'.

Por último, en el Anexo I se incluye una actualización de los indicadores del cuadro de mando utilizado para la monitorización, seguimiento y evaluación de la situación y evolución de los efectos del cambio climático en Gipuzkoa, así como el efecto de las medidas de adaptación implementadas. Se incluye la serie histórica disponible para el periodo 2010-2023.

2. CONTEXTO GLOBAL

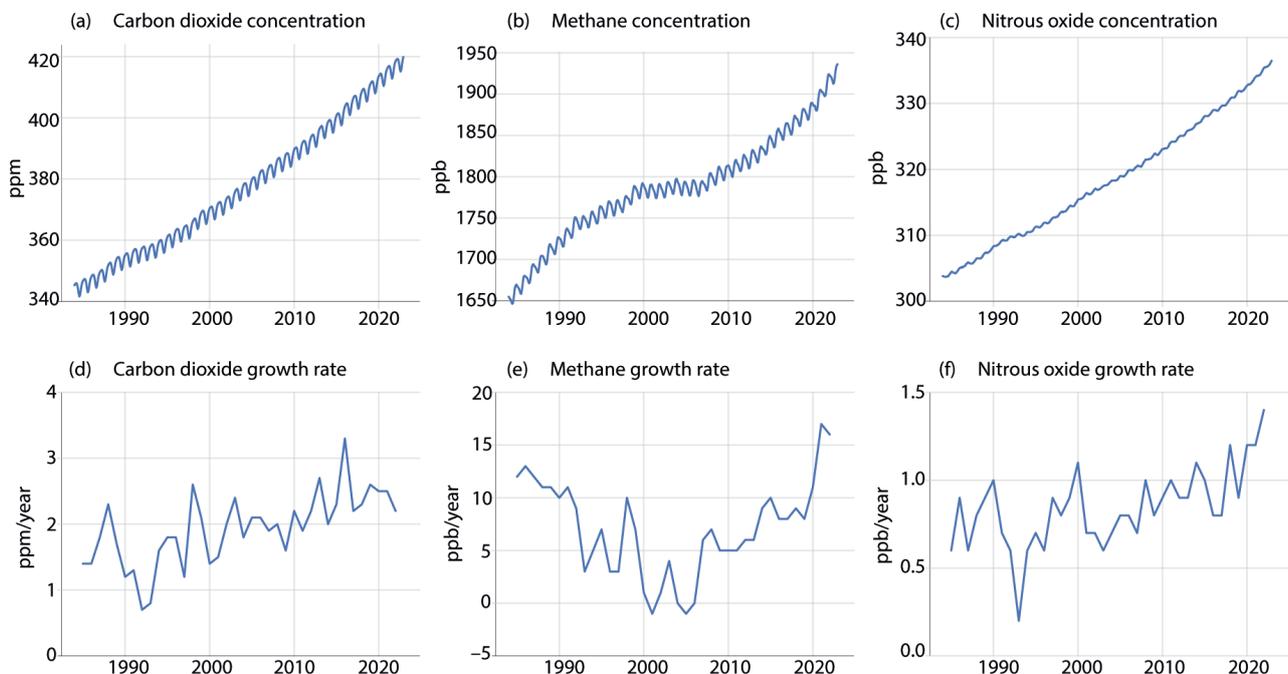
2.1. GASES DE EFECTO INVERNADERO

El incremento de los niveles atmosféricos de gases de efecto invernadero (GEI) originado por la actividad humana ha sido el principal motor del cambio climático. Desde el principio de la Revolución Industrial, la concentración de estos gases en la atmósfera ha ido incrementándose año tras año. Esta acumulación constante ha provocado desequilibrios en el balance energético de la capa superior de la atmósfera contribuyendo a un forzamiento radiativo positivo y, por tanto, al calentamiento observado (Matthews & Wynes, 2022).

Ciertos GEI surgen naturalmente, pero están influenciados directa o indirectamente por las actividades humanas, mientras que otros son totalmente antropogénicos. Las principales actividades humanas que generan emisiones de GEI son la combustión de combustibles fósiles para generación de energía, deforestación, uso de

fertilizantes en agricultura, ganadería y descomposición de material orgánico en vertederos. De todos los GEI de larga duración emitidos por actividades humanas, el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) tienen el mayor impacto en el clima.

Los datos preliminares indican que las emisiones globales de CO₂ en 2023 alcanzaron un nuevo máximo, superando en +1,1 % las emisiones de 2022 y en un +1,5 % a las de los años pre-pandemia. En total las emisiones en 2023 ascendieron a 37 billones de toneladas de CO₂ (GtCO₂) (Friedlingstein et al., 2023). Los incrementos continuados en las emisiones se traducen en incrementos de la concentración atmosférica, alcanzándose en 2023 un nuevo récord para los tres principales GEI, CO₂, CH₄ y N₂O.



1. Fig. (arriba) Concentración media global mensual de CO₂, CH₄ y N₂O 1984–2022. (abajo) La tasa de crecimiento anual correspondiente a cada uno de los gases para el periodo 1984–2022. Fuente: modificada de The State of Greenhouse gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2022. WMO (2024).



La concentración atmosférica de CO₂ en 2023 fue 419,3 ppm, la más alta registrada en los últimos 2.000.000 años, un +51 % superior a la de la época preindustrial (Friedlingstein et al., 2023). Esto supone un incremento respecto al año previo 2022 de $+2,5 \pm 0,4$ ppm, mayor que la tasa de incremento anual entre los años 2021 y 2022 e igualando el promedio de ascenso observado en el periodo 2011–2020 (Climate Change Service, C3S, 2024). Durante la década 2011–2020 la concentración media ha sido un +5,7 % superior a la de la década previa (2001–2010) (WMO, 2023).

La concentración atmosférica media de CH₄ en 2023 fue $1902 \pm 2,0$ ppb, la más alta registrada en los últimos 800.000 años y un +163,4 % mayor que en la época preindustrial. Esto supone un incremento de $+11 \pm 3$ ppb

respecto al año previo 2022. Este incremento anual es ligeramente inferior a la tasa de incremento anual de los últimos tres años (+11,8 ppb por año entre 2021 y 2022). En la década 2011–2020, la concentración media ha sido un +3,2 % superior a la de la década previa (2001–2010) (WMO, 2023).

La concentración atmosférica media de N₂O en 2023 fue de 336,66 ppb, un +0,25 % mayor que el año previo 2022 y un +24,6 % mayor que en la época preindustrial. Las emisiones de N₂O han ido aumentando a un ritmo de +1,01 ppb por año desde la época preindustrial. En la década 2011–2020 la concentración media fue un +3,2 % superior a la de la década previa (2001–2010) (WMO, 2023).

“

El cambio climático va mucho más allá de las temperaturas. Lo que presenciamos en 2023, sobre todo en relación con el calentamiento de los océanos, el retroceso de los glaciares y la pérdida de hielo marino antártico sin precedentes es motivo de especial preocupación.

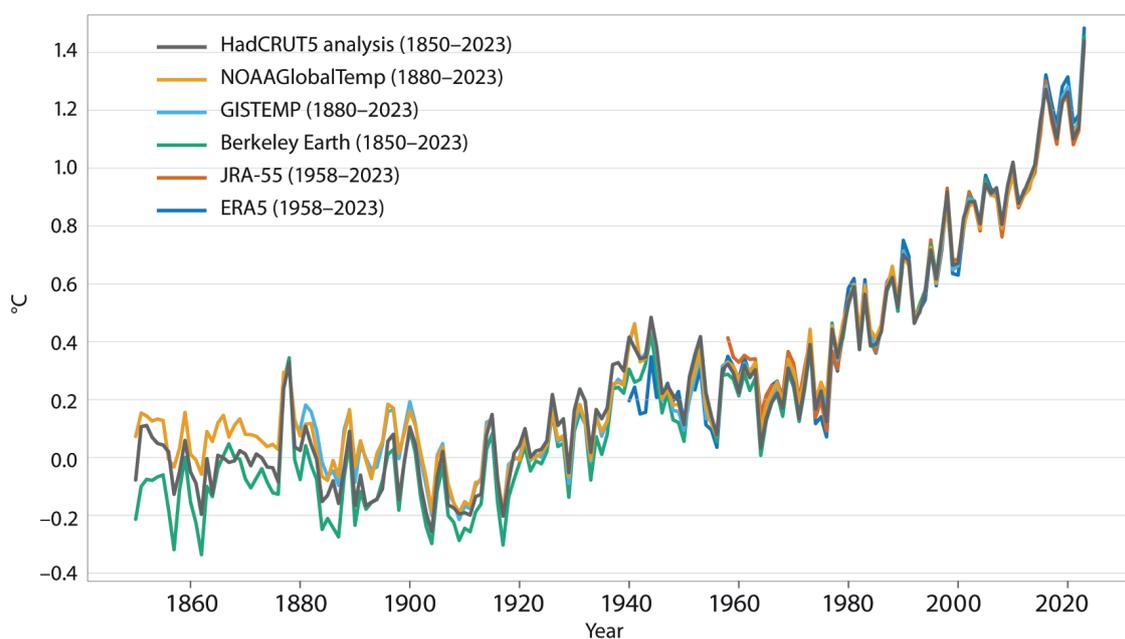
(Celeste Saulo, secretaria general de la OMM, 2024)

”

2.2. TEMPERATURA

La tendencia de la temperatura global es un indicador importante de la magnitud del cambio climático y sus posibles impactos. La temperatura superficial global presenta una tendencia creciente desde finales del siglo XIX, acelerándose significativamente desde 1970. Para la década 2011–2020, la anomalía de temperatura respecto

al periodo preindustrial se estima en $+1,09 [0,95-1,20]$ °C. Para la década 2014–2023 la anomalía estimada es de $+1,20 \pm 0,12$ °C, siendo la década más cálida registrada (WMO, 2024). Desde 1980, cada una de las décadas ha sido más cálida que la anterior, siendo los últimos 9 años (2015–2023) los más cálidos registrados.



2. Fig. Evolución de la anomalía de temperatura media global respecto al periodo 1850–1900 para distintas bases de datos. Fuente: WMO (2024).

En este escenario de tendencia ascendente, el 2023 fue el año más cálido registrado en el registro instrumental, esto es, en los últimos 174 años (WMO, 2024). La temperatura media global anual fue $+1,45 \pm 0,12$ °C superior a la de la época preindustrial (1850–1900). La temperatura media global en cada uno de los meses entre junio y diciembre marcó un nuevo récord de temperatura media para el mes correspondiente, siendo julio y agosto los meses más cálidos registrados.

La tendencia a largo plazo hacia temperaturas más cálidas está impulsada por el calentamiento global inducido por la acción humana, debido a las emisiones de GEI. Sin embargo, las variaciones anuales reflejan la variabilidad natural de corto plazo. El calentamiento y enfriamiento cíclico debido a El Niño y La Niña es una de las mayores fuentes de variabilidad interna de un año a otro. El año 2023 estuvo marcado por la transición de un

periodo de tres años de La Niña (2020–2022) a condiciones de El Niño. Los años más cálidos suelen registrarse coincidiendo con El Niño. Así, 2023 fue más cálido que los años anteriores 2021 y 2022. Sin embargo, el nivel de calentamiento registrado en 2023 superó en gran medida las expectativas, fue mucho más cálido de lo normal al comienzo del desarrollo de las condiciones de El Niño. Además, la temperatura media registrada fue mucho más elevada que la climatológica y habiendo considerado la tasa de calentamiento de 0,2 °C por década desde 1979 (tasa de ascenso media desde 1980). Se trata del mayor incremento anual registrado hasta el momento. Todo ello sugiere que el récord de temperatura en 2023 no se debe solo a El Niño y al cambio climático. Se está analizando la contribución de distintos factores como El Niño, fluctuaciones solares y una erupción volcánica masiva, aunque a día de hoy no se tiene todavía una explicación clara.

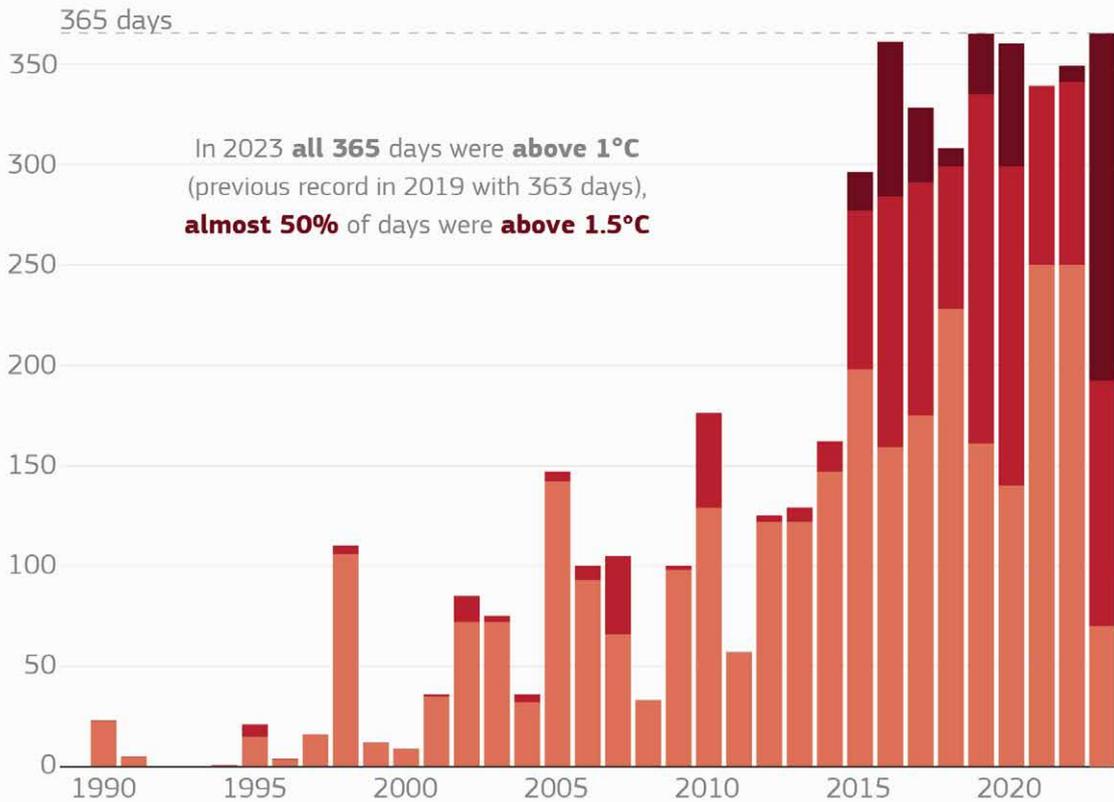


RECORD NUMBER OF DAYS ABOVE 1.5°C IN 2023



Number of days with temperature increase above pre-industrial level (1850-1900) within the following ranges:

■ 1 to 1.25°C ■ 1.25 to 1.5°C ■ 1.5°C or more



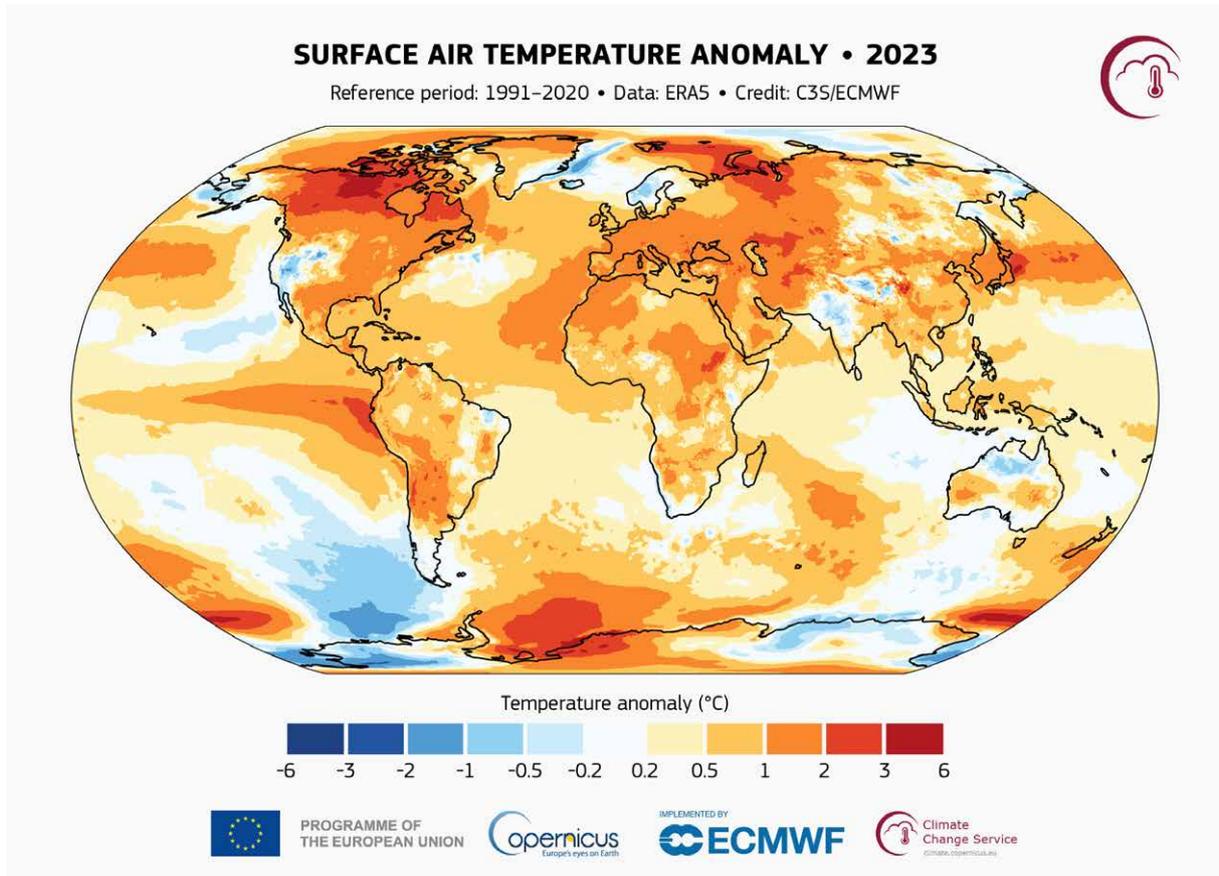
Data: ERA5 • Credit: C3S/ECMWF



3. Fig. Número de días durante los cuales la temperatura media global superó la media del periodo preindustrial (1850–1900) en más de 1°C en el periodo 1990–2023. Fuente: C3S/ECMWF.

Durante todos los días de 2023, la temperatura media global fue +1°C superior a la del periodo preindustrial (1850–1900). Casi la mitad de los días la anomalía fue superior a +1,5 °C e incluso en dos días se superó la temperatura de referencia en +2 °C, la primera vez que se superaba dicho umbral (C3S, 2024). A pesar de haber sobrepasado

estos límites, esto no quiere decir que ya hayamos sobrepasado los límites establecidos en el Acuerdo de París ya que este hace referencia al calentamiento a largo plazo y no a un año individual. Sin embargo, estos datos nos indican que nos vamos acercando a estos umbrales.



4. Fig. Anomalía de la temperatura del aire en superficie para 2023 en relación al periodo de referencia 1991-2020. Fuente: C3S/ECMWF.

| GLOBAL | NASA-GISS (°C) | HadCRUT4 (°C) | NOAA-Global Temp (°C) | ERA5 (°C) | JRA-55 (°C) |
|------------------------------|----------------|---------------|-----------------------|-----------|-------------|
| SUPERFICIE TERRESTRE | +0,40 | +0,30 | +0,49 | +0,41 | +0,34 |
| SUPERFICIE OCEÁNICA | +0,19 | +0,23 | +0,19 | +0,26 | +0,22 |
| SUPERFICIE (PROMEDIO) | +0,28 | +0,26 | +0,28 | +0,30 | +0,22 |

1. Tabla. Anomalía en el promedio de la temperatura (°C) en 2022 en la superficie terrestre, oceánica y combinada relativa al periodo 1991-2020. Fuente: Blunden, Boyer & Bartow-Gillies (2023).

“ Nunca hemos estado tan cerca, aunque de momento de forma temporal, del límite inferior de 1,5 °C del Acuerdo de París sobre el cambio climático. (Celeste Saulo, secretaria general de la OMM, 2024) ”



El incremento de temperatura media en Europa en las últimas cuatro décadas es mucho mayor que en cualquier otro continente, el doble que la tasa de ascenso global desde 1980. La tendencia al calentamiento en este continente se da tanto a escala anual como para las distintas estaciones del año. El valor promedio de los últimos cinco años es de aproximadamente +2,2 °C superior a la de la época preindustrial, +1,0 °C superior al correspondiente incremento medio global. Desde la década de 1910 la temperatura presenta una tasa de ascenso de +0,15 °C por década, tasa que se ha triplicado a +0,47 °C por década desde 1982 (NOAA, 2024).

2023 fue el segundo año más cálido registrado en el continente, con una temperatura media +2,48-2,58 °C superior a la del periodo preindustrial. La temperatura mensual fue superior a la de dicho periodo de referencia

en 11 de los meses del año, siendo los meses de enero y septiembre los correspondientes meses más cálidos registrados hasta el momento. Aunque en ninguna de las estaciones del año se superaron récords previos, todas ellas fueron más cálidas de lo normal. Las anomalías fueron positivas en prácticamente todas las regiones europeas (C3S, 2024).

En regiones peninsulares de España, 2023 fue extremadamente cálido, con una temperatura media de 15,2 °C, +1,3 °C por encima del periodo de referencia 1991-2020. Fue el segundo año más cálido desde 1960, solamente -0,2 °C inferior a la de 2022. Los nueve años más cálidos se han dado en el siglo XXI (AEMET, 2023). En total se registraron cuatro olas de calor durante los meses de verano.

“

En 2023 se registró el récord de días con estrés térmico extremo en Europa. El número de efectos adversos para la salud relacionados con fenómenos meteorológicos y climáticos extremos va en aumento.

(ESOTOC, 2024)

”

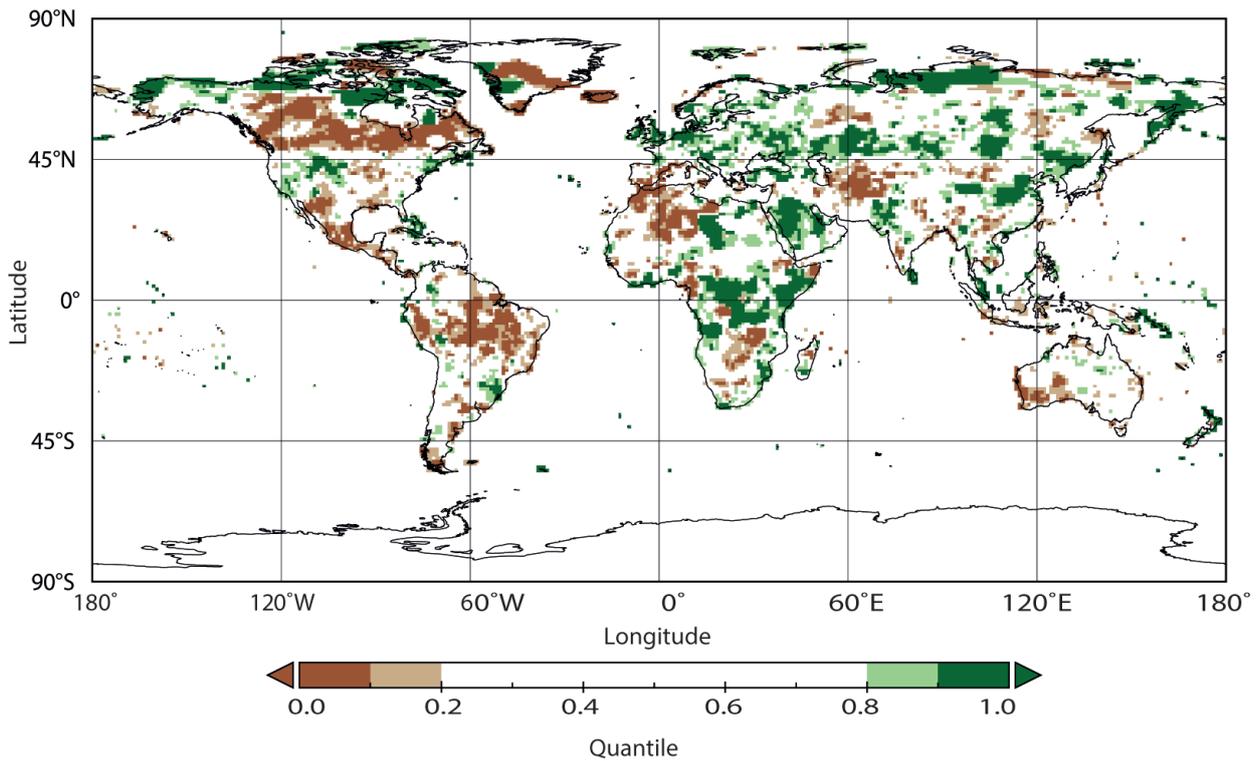
2.3. PRECIPITACIÓN

A pesar de que la precipitación no es considerada un indicador para la monitorización del cambio climático global, debido a las diferencias espaciales en la tendencia y al no tener una cobertura global de las observaciones, es importante al evaluar el cambio climático conocer la tendencia y cambios en la precipitación para comprender los cambios en el ciclo hidrológico.

Mientras que la temperatura media global presenta una clara tendencia ascendente, la precipitación global ha aumentado muy ligeramente en el periodo 1979–2023

(Gu & Adler, 2022), a una tasa de aproximadamente +1,5 % por década.

Un factor clave en la variabilidad anual de la precipitación global es el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur, con años de El Niño presentando una precipitación mayor a la media y menor durante La Niña. Para 2023, con condiciones de El Niño durante parte del año, la precipitación total diaria fue de 2,70 mm, ligeramente superior a la media, +0,1 mm por día (NOAA, 2024).



5. Fig. Precipitación total en 2023, expresada como una cantidad del periodo de referencia 1991–2020, para las zonas que hubieran estado en el 20 % más seco (marrón) y el 20% más húmedo (verde) de los años durante el periodo de referencia, con tonos más oscuros de marrón y verde indicando el más seco y más húmedo 10 %, respectivamente. Fuente: Global Rain Climatology Centre (GPCC), Deutscher Wetterdienst.



La precipitación anual fue superior a la media de largo plazo en Asia oriental, partes del norte de Asia, la región del monzón de verano del oeste de la India, el norte de Nueva Zelanda, el interior del norte de Australia, partes del oeste, centro y este de África, el sudeste de Europa y las regiones mediterráneas del este, el sur de Escandinavia, el noreste, suroeste y sureste de Norteamérica y partes del sureste de Sudamérica. En cambio, se produjeron déficits de precipitación respecto a la media en el sureste de Sudamérica, la cuenca del Amazonas, gran parte de Centroamérica, el sur de Canadá, la región del Mediterráneo occidental, central, oriental y meridional, Asia central, el este de la región del monzón de la India y partes del sudeste asiático (CS3, 2024).

En Europa, la precipitación fue en general mayor a la del periodo de referencia 1991–2020, salvo en regiones del sur del continente. De media, un +7,0 % superior al periodo de referencia (C3S, 2024). La precipitación fue ligeramente superior en Reino Unido, Irlanda, Finlandia, la costa norte de Francia, Bélgica, Holanda y Alemania, Dinamarca y la mayor parte de Italia. En cambio, condiciones más secas a las del periodo de referencia se registraron en Islandia, el sur de la península Ibérica, el sur de Francia, parte de los Alpes y el este de los Balcanes.

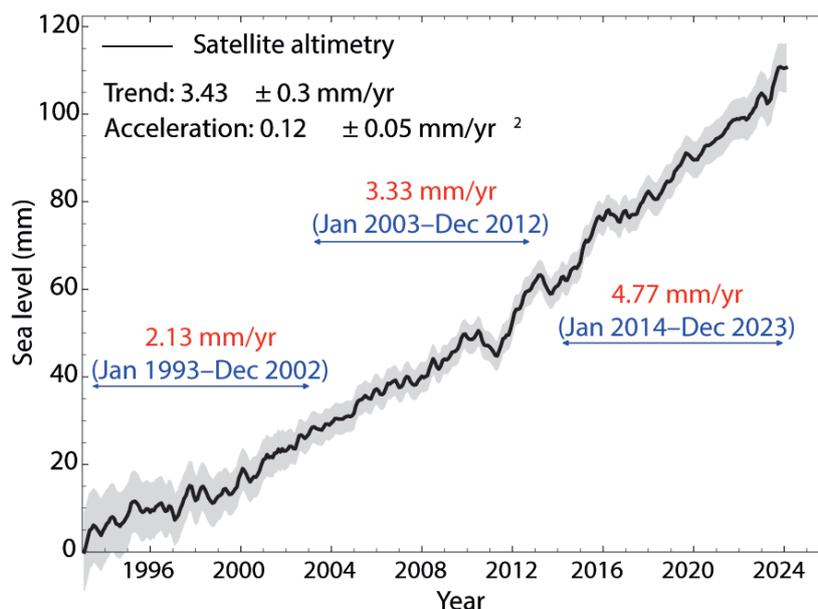
En España 2023 fue en su conjunto un año muy seco, con una precipitación media de 536,6 mm, un 84 % de la precipitación media en el periodo 1991–2020.

2.4. NIVEL DEL MAR

El nivel medio global del mar es una medida integrada del estado del sistema climático y es un indicador directo de los cambios en el clima. En concreto, es un indicador directo del calentamiento global (IPCC-AR6, 2021) ya que refleja tanto las pérdidas de los casquetes polares y las masas glaciares, como la expansión térmica del agua al calentarse. Alrededor del 30 % de este aumento en el periodo 1993-2018 se puede atribuir a la expansión térmica del océano y la contribución restante proviene principalmente del deshielo de glaciares y casquete polares (IPCC-AR6, 2021).

La tasa de ascenso del nivel del mar se duplicó en el periodo 2006-2018 (+3,69 [3,21-4,17] mm año⁻¹) con

respecto al periodo 1901-2018 (+1,73 [1,28-2,17] mm año⁻¹) (IPCC-AR6, 2021). Considerando la era de las medidas satelitales, desde 1993, la tasa de ascenso del mar a escala global en el periodo 1993-2023 se estima en +3,43 ± 0,3 mm año⁻¹. La tasa de ascenso a largo plazo se ha duplicado con creces desde el inicio del registro satelital, pasando de +2,13 mm por año entre 1993 y 2002 a +4,77 mm por año entre 2014 y 2023, siendo la tasa de aceleración desde 1993 de +0,12 ± 0,05 mm año⁻². La aceleración del aumento del nivel del mar desde la década de 1970 se debe a la combinación de la expansión térmica del océano y al aumento de la pérdida de masa de hielo de Groenlandia (Frederikse et al., 2020).



6.Fig. Evolución del nivel medio del mar entre enero de 1993 y agosto de 2022. Fuente: WMO (2024).

Durante el año 2023 el nivel medio del mar global alcanzó un nuevo récord, +10,4 ± 0,4 cm respecto a 1993, con un incremento relativamente grande respecto al año previo 2022, +0,76 cm, debido al desarrollo de El Niño y al calentamiento global. Es el décimo año consecutivo en el que se superó el nivel del año anterior.

El nivel del mar está ascendiendo en la mayor parte del océano global, pero a gran escala hay gran variación entre regiones. A estas escalas menores, las variaciones espaciales de los cambios en el nivel medio del mar están influidos por varios procesos, con diferentes escalas

espaciales y temporales, como forzamientos atmosféricos o cambios en la circulación oceánica y la consiguiente redistribución de calor, sal y masas de agua dentro del océano (Forget & Ponte, 2015; Meyssignac et al., 2017). Por ello, a pesar de que el incremento medio global en el periodo 1993-2023 es de unos +10,4 cm, en algunas regiones este incremento ha alcanzado valores de entre 15 y 20 cm. En Europa, en la mayoría de las regiones costeras la subida del nivel medio del mar se encuentra entre +2 y +4 mm por año (Nichols et al., 2021). En la región Irlanda-Golfo de Vizcaya la tasa de ascenso es de +3,9 ± 0,82 mm por año en el periodo 1993-2022.

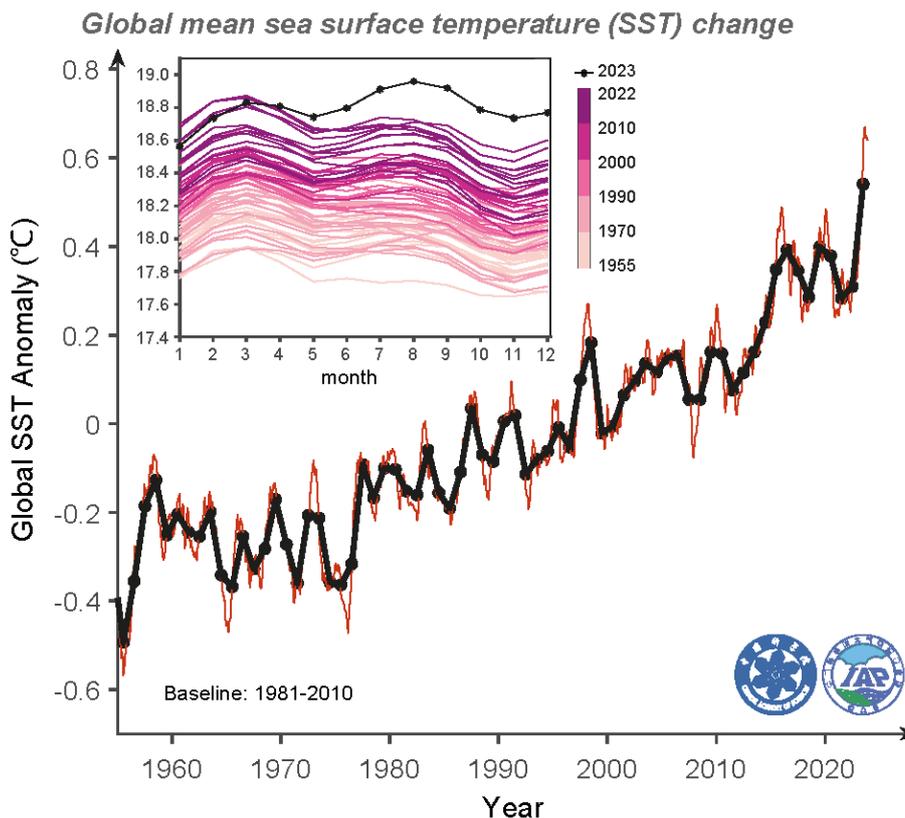


2.5. TEMPERATURA Y CALOR DEL OCÉANO

El incremento de la temperatura superficial de los océanos observada desde la década de 1950 es inequívoco. Esto se debe a la acción humana, al calor adicional generado por los GEI que se acumula principalmente en los océanos (más del 90 %). Debido a este calor acumulado, los océanos son la principal fuente de cambio en el calentamiento global (Trenberth et al., 2014; Cheng et al., 2017; von Schuckmann et al., 2020; Gulev et al., 2021).

Los datos de temperatura de la superficie oceánica global indican un incremento de +0,88 [0,68 a 1,01] °C desde principios del siglo XX y unos +0,6 °C en los últimos 40 años, a una tasa promedio de calentamiento de +0,08 °C por década desde 1880, duplicándose desde 1981 a +0,19-0,20 °C por década (IPCC-AR6, 2021).

En 2023 se registró la mayor temperatura superficial del océano global hasta el momento, +0,54 °C superior a la de la media 1981-2010 (Cheng et al., 2024). Respecto al periodo preindustrial (1850-1900) la anomalía fue de +1,1 °C (Berkeley Earth, 2024), superando por primera vez la anomalía de +1 °C. La temperatura media global fue persistentemente elevada, registrando anomalías positivas de récord de abril a diciembre. Así, mientras que en enero la anomalía respecto a 1981-2010 era de +0,35 °C, en septiembre fue de +0,67 °C, siendo desde abril la temperatura más elevada registrada hasta el momento en cada uno de los meses, siendo septiembre de 2023 el mes más cálido registrado hasta el momento (Cheng et al., 2024).



7. Fig. Anomalía de la temperatura superficial del mar global entre 1955 y 2023 respecto al periodo de referencia 1981-2010. La línea negra es el valor anual y el rojo el valor mensual. Fuente: Cheng et al. (2024).

| | REGIÓN | 2000–2022 (°C década ⁻¹) | 1950–2022 (°C década ⁻¹) |
|----------------|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| HADSST.4.0.1.0 | Global | 0,17 ± 0,06 | 0,12 ± 0,02 |
| DOISST V2.1 | Global | 0,19 ± 0,05 | N/A |
| ERSSTV5 | Global | 0,15 ± 0,06 | 0,10 ± 0,01 |
| ERSSTV5 | Atlántico Norte (30°–60°N) | 0,18 ± 0,09 | 0,12 ± 0,04 |

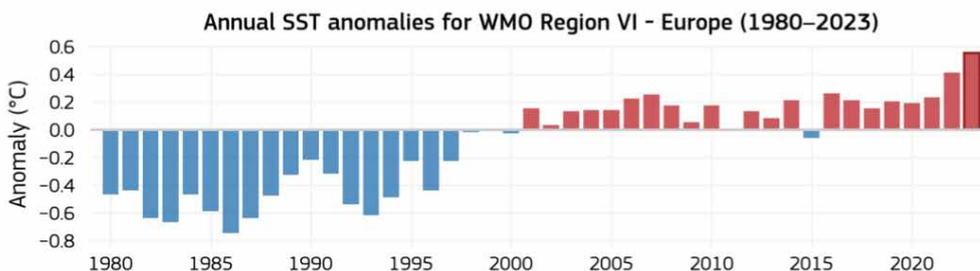
2. Tabla. Tendencias lineales de las temperaturas oceánica superficiales. Fuente: Blunden, Boyer & Bartow-Gilles (2023).

En 2023 las anomalías de temperatura fueron positivas en prácticamente toda la superficie oceánica. La anomalía positiva registrada en el océano Atlántico Norte contribuyó de forma importante al calentamiento, sin precedentes, registrado a escala global. En esta cuenca, desde marzo de 2023 la temperatura superficial fue la más cálida desde 1900 (Kuhlbrodt et al., 2024), registrando anomalías de aproximadamente +1,6 °C en junio. Es también la cuenca que mayor calentamiento presenta, a una tasa 1,35 veces mayor que la tendencia global durante las dos últimas décadas (Blunden, Boyer & Bartow-Gilles, 2023).

El récord registrado en 2023 también se asocia con numerosas olas de calor marinas en regiones como el mediterráneo, el Golfo de México, el Caribe, el océano Índico, el Pacífico Norte y la mayor parte del Atlántico Norte. Destacan entre ellas las olas de calor persistentes y de gran extensión en el Atlántico Norte que comenzaron en la primavera y alcanzaron su máximo en septiembre y persistieron hasta finales de año. Mientras que el área

afectada por dicho evento disminuyó hasta diciembre, la intensidad aumentó. A finales de 2023 había una amplia banda de olas de calor severas a través del Atlántico Norte, con anomalías de temperatura en el océano abierto de hasta +3,0 °C.

En Europa, desde 1870, todos los mares vienen sufriendo un calentamiento, y especialmente desde 1970, siendo los últimos años los más cálidos del registro. La temperatura media para el periodo 2019–2023 es +1,1 °C superior a la del periodo 1880–1900, siendo desde 1980 el incremento total de +1,1 °C. En 2023, de media la temperatura superficial del océano en Europa fue +0,55 °C superior a la del periodo de referencia, la más cálida registrada hasta el momento. Estos incrementos en la temperatura han venido acompañados del incremento en la frecuencia e intensidad de las olas de calor marinas, tanto a nivel global como en los mares europeos. La frecuencia de ocurrencia de estos eventos se ha duplicado desde 1982 (Oliver et al., 2018).



8. Fig. Anomalía de la temperatura anual de la superficie del mar, respecto al periodo 1991–2020, para el océano europeo. Fuente: C3S/ECMWF (2024).

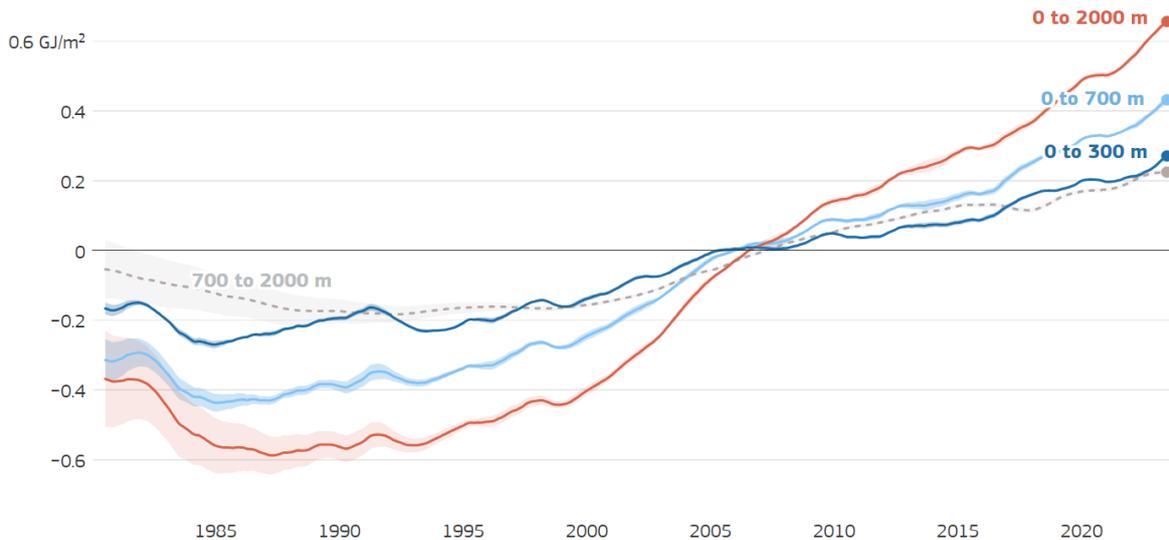


Como se decía anteriormente, el océano ha absorbido la mayor parte del exceso de calor generado por los GEI de origen antropogénico. Este calor absorbido se cuantifica mediante el contenido calórico del océano. Este es un

indicador que, al no fluctuar tanto como la temperatura terrestre, permite evaluar de manera más precisa el calentamiento global (von Schuckmann et al., 2016; Wijffels et al., 2016; Cheng et al., 2017).

Anomalies in the heat content of the global ocean

Data at different depth ranges



9. Fig. Serie temporal de anomalías (GJ/m^2) en el contenido de calor del océano mundial de 1980 a 2023 en los 300 m superiores (Azul oscuro), 700 m (azul claro), 2000 m (rojo) y 700–2000 m (línea gris de punto de partida), en relación con la media del periodo de referencia 1993–2022. Se muestran las medias del ensamble de cinco bases de datos (línea sólida) y su intervalo de confianza (sombreado). Fuente: ECMWF/C3S (2024).

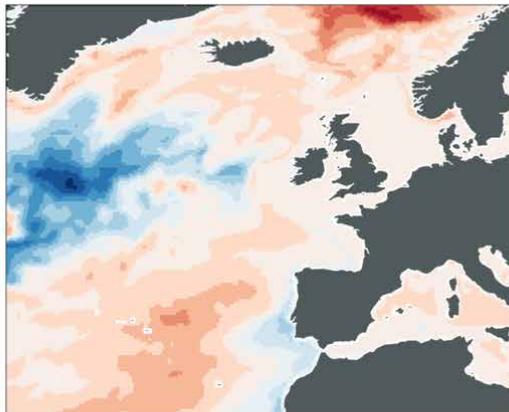
Los cambios en el contenido en calor en los primeros 2000 metros del océano global indican que desde 1958 ha habido una tendencia inequívoca al calentamiento de los océanos (Cheng et al., 2024). En 2023 continuó esta tendencia, alcanzando un récord histórico en el contenido en calor de los océanos en los últimos 65 años, con un incremento de $+13 \pm 9$ ZJ respecto a 2022 (Cheng et al., 2024). La tasa media de incremento en el periodo 1958–2023 es de $+6,6 \pm 0,3$ ZJ por año, habiéndose acelerado desde 1980 (Cheng et al., 2024). En cada uno de los últimos cinco años (2019–2023) se han ido rompiendo sucesivamente los récords previos de calentamiento del océano (Cheng et al., 2024). El calentamiento no se limita a esta capa, sino que se extiende a toda la columna de agua, incluso entre los 4000 y 6000 metros de profundidad, con estimaciones de calentamiento de $+0,07 \pm 0,03$

W m^{-2} para las aguas por debajo de 2000 m en el periodo 1992–2022 (Purkey & Johnson, 2010).

El incremento en contenido en calor se produce en la mayoría de los océanos y mares, con algunas regiones como el Atlántico, Pacífico Norte, Pacífico Oeste y los Océanos del Sur calentándose a una tasa mayor que la media global. En el Atlántico Norte, el contenido en calor de los primeros 2000 metros en 2023 estuvo próximo a su récord en 2022, $-0,01 \text{ GJ m}^{-2}$ inferior (Cheng et al., 2024). En la región del golfo de Vizcaya-Irlanda (IBI) en el periodo 1993–2021 se observa una tendencia al calentamiento de largo plazo en la capa de 0–700 m ($+0,39 \pm 0,27 \text{ W m}^{-2}$) y en la capa intermedia 700–2000 m ($0,40 \pm 0,39 \text{ W m}^{-2}$) (Pascual-Collar et al., 2023).

Trend in the upper ocean heat content, for 1993-2023

Depth: 0-700 m • Data: ORASS • Credit: C3S/ECMWF



Copernicus Climate Change Service | Climate Indicators | 2023

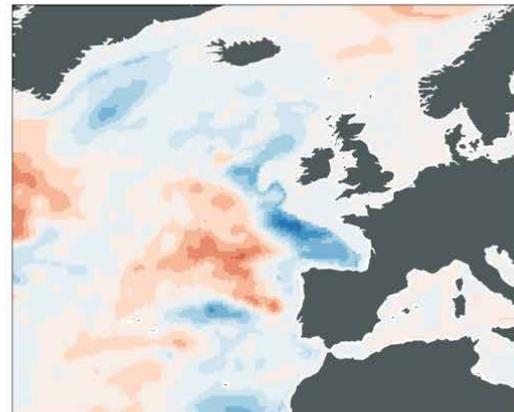
PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION

Copernicus

ECMWF

Trend in the upper ocean heat content, for 1993-2023

Depth: 700-2000 m • Data: ORASS • Credit: C3S/ECMWF



Copernicus Climate Change Service | Climate Indicators | 2023

PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION

Copernicus

ECMWF

10. Fig. Tendencia en el contenido de calor del océano superior (W/m^2) para la capa superior de 700 m y la capa de 700-2000 m en el Océano Atlántico nororiental para 1993-2023. Fuente: ECMWF/C3S (2024).

2.6. CARBONO Y PH DEL OCÉANO

La acidificación del océano puede definirse como la reducción en el tiempo del pH del océano. El océano absorbe alrededor de una cuarta parte de las emisiones atmosféricas anuales de CO_2 antropogénico (Friedlings-tein et al., 2022). Esta absorción se traduce en un cambio en la química del carbono orgánico del océano, acidifi-cándolo. Las emisiones, cada vez más elevadas, dan lugar a que el océano se acidifique hoy día a un ritmo sin precedentes en los último 66 millones de años (Zeeve et al., 2016).

La acidificación ha provocado que el pH haya dismi-nuido a una tasa de $-0,017 \pm 0,002$ unidades por década

en el periodo 1985-2022 (E.U.Copernicus Marine Service Information, 2024), situándose en la actualidad en $-0,1$ unidades por debajo de los valores previos a la época preindustrial, correspondiendo a un incremento en la aci-dificación de entorno un $+30\%$.

La tasa a la que se produce la acidificación del océano varía entre regiones y a lo largo de la columna de agua. Esta variabilidad es especialmente evidente en ambientes costeros debido a las complejas interacciones de los pro-cesos físicos, químicos y biológicos a la escala loca. En el golfo de Vizcaya, se observa una tasa de acidificación de $-0,03$ por año (McGovern et al., 2023).

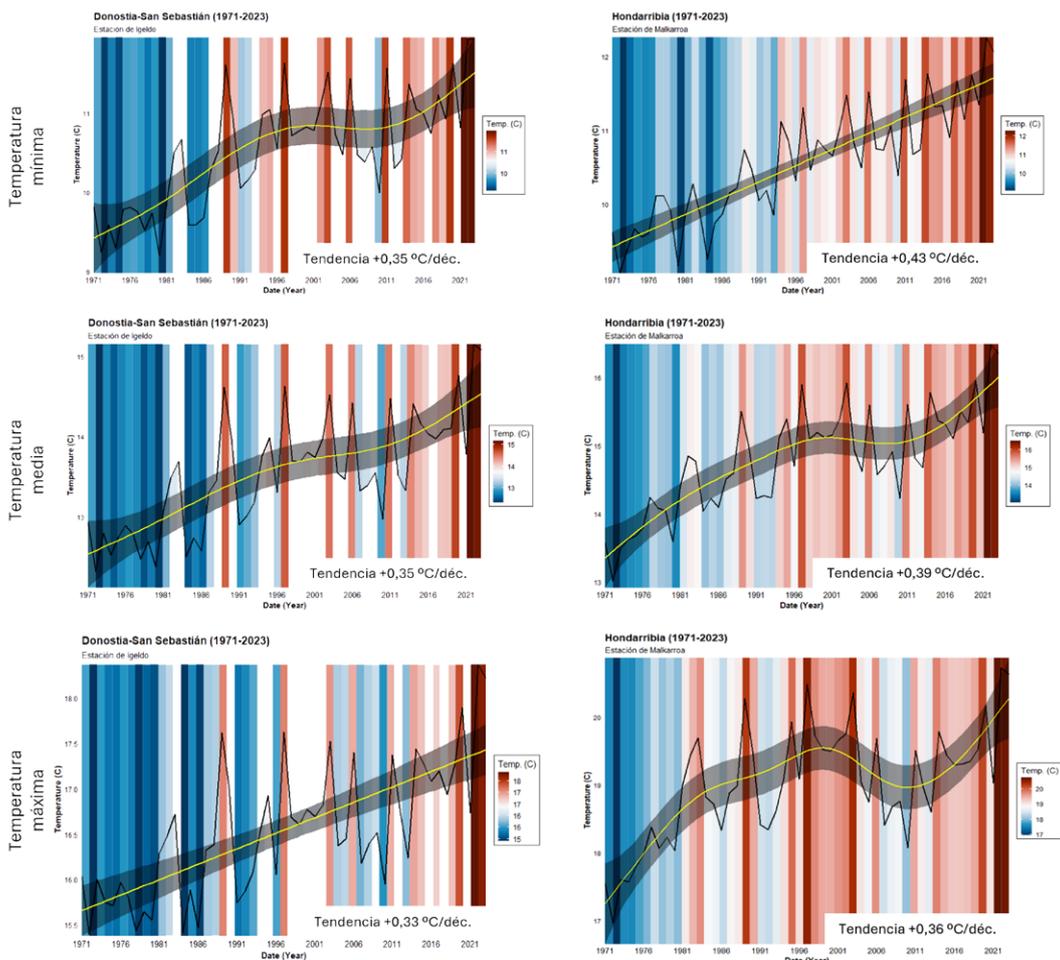


3. GIPUZKOA EN 2023

3.1. TEMPERATURA

La temperatura promedio anual en Gipuzkoa presenta una tendencia estadísticamente positiva de $+0,23\text{ }^{\circ}\text{C}$ por década desde 1971. Este aumento no ha sido constante a lo largo del periodo analizado, observándose tres fases diferentes. Durante el primer periodo, hasta la década de los 80, las temperaturas se situaron aproximadamente $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ por debajo de la media del periodo 1981–2010. Posteriormente, durante la década de los 90, las temperaturas mostraron un patrón más cálido, intercalándose ciertos episodios algo más fríos hasta alcanzarse finalmente un nuevo pico de calentamiento máximo en 1997. Entre los

años 2001 y 2012, se observa un periodo ligeramente más frío, observándose un nuevo incremento de las temperaturas a partir de 2013, año en que las temperaturas medias anuales volvieron a situarse nuevamente por encima de la media hasta la actualidad. Durante la última década (2014–2023) la temperatura media se ha incrementado en $+0,31\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+0,22\text{ }^{\circ}\text{C}$ con respecto a los periodos de referencia 1981–2010 y 1991–2020, respectivamente. Este aumento se debe tanto al incremento de las temperaturas máximas como mínimas diarias, aunque el incremento de estas últimas es ligeramente superior.



11. Fig. Evolución y tendencias de la temperaturas mínimas, medias y máximas anuales en los observatorios de Igeldo y Hondarribia-Malkarria para el periodo 1971–2023. La línea amarilla muestra la media móvil de 5 años de la temperatura media y la franja gris el suavizado de este promedio realizado mediante el método Loess. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de AEMET.

Al analizar las series históricas más largas del territorio, las correspondientes a los observatorios de Igeldo y Hondarribia-Malkarroat, se observa que la tasa de variación de la temperatura media anual es de +0,12 °C y +0,34 °C por década respectivamente, considerando series temporales completas en cada uno de ellos (1929–2023 y 1956–2023). La tendencia de la temperatura anual desde 1971 es de +0,35 °C/década en Igeldo y +0,39 °C/década en Hondarribia-Malkarroat, significativa en ambos casos. La serie histórica de la temperatura registrada en el observatorio de Igeldo muestra un aumento intenso de las temperaturas medias, mínimas y máximas anuales durante las décadas de los 80 y 90 del pasado siglo y una temperatura más estable durante la primera década del S. XXI, incrementándose de nuevo la temperatura media durante los últimos 6 años. La media móvil de 5 años de

la temperatura media indica que todos los valores desde finales del siglo XX y durante las dos primeras décadas se encuentran por encima de los periodos 1981–2010 y 1991–2020. En Hondarribia-Malkarroat también se observa esta tendencia ascendente.

Las temperaturas máximas y mínimas medias diarias continúan aumentando, siendo más acusado el ascenso de las temperaturas mínimas, especialmente en Hondarribia-Malkarroat. De acuerdo a los registros del observatorio de Igeldo, desde el año 1971 hasta la actualidad, la temperatura máxima diaria se ha incrementado en +0,33 °C/década y la temperatura mínima diaria en +0,35 °C/década. En Hondarribia-Malkarroat, para este mismo periodo 1971–2023, la temperatura máxima y mínima presentan una tendencia de +0,36 y +0,43 °C/década, respectivamente.

| DÉCADA | ESCENARIOS II | | Igeldo | | | Hondarribia-Malkarroat | | |
|-----------------------|---------------|--------------------|----------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| | Promedio | Anomalía 1981-2010 | Promedio | Anomalía 1981-2010 | Anomalía 1991-2020 | Promedio | Anomalía 1981-2010 | Anomalía 1991-2020 |
| 1971-1980 | 12,53 | -0,92 | 12,65 | -0,89 | -1,14 | 13,71 | -1,12 | -1,38 |
| 1981-1990 | 13,42 | -0,03 | 13,31 | -0,23 | -0,48 | 14,58 | -0,25 | -0,51 |
| 1991-2000 | 13,67 | +0,22 | 13,59 | +0,04 | -0,20 | 14,91 | +0,08 | -0,18 |
| 2001-2010 | 13,27 | -0,18 | 13,71 | +0,17 | -0,09 | 14,99 | +0,16 | -0,10 |
| 2011-2020 (2011-2016) | (13,77) | (+0,33) | 14,09 | +0,55 | +0,30 | 15,34 | +0,51 | +0,25 |
| 2014-2023 | - | - | 14,35 | +0,81 | +0,56 | 15,64 | +0,80 | +0,55 |

3. Tabla. Promedio de la temperatura media y anomalías respecto a los periodos de referencia 1981–2010 (ESCENARIOS II, KLIMATEK 2017 y URBAN KLIMA 2050) y 1991–2020 (Igeldo y Hondarribia-Malkarroat).

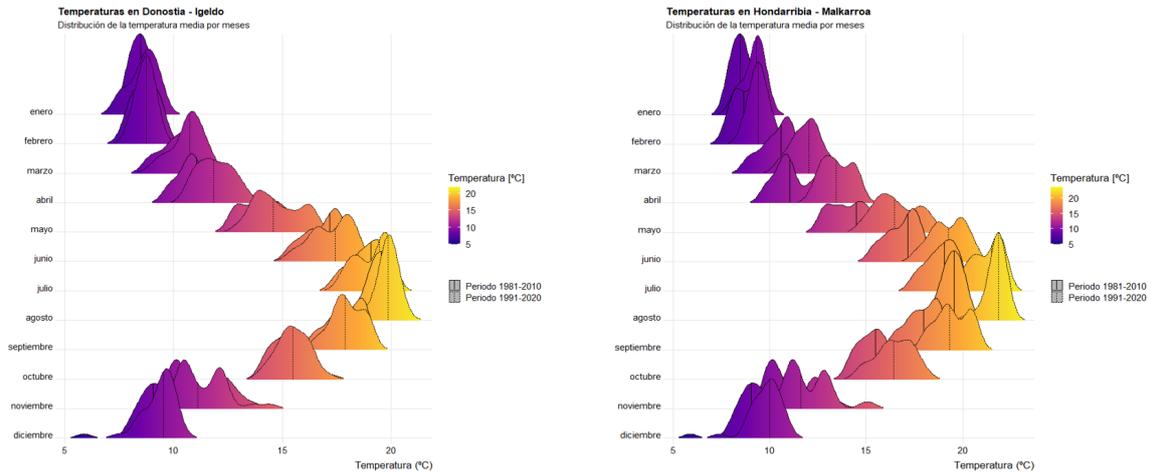
| DÉCADA | ESCENARIOS II | | Igeldo | | Hondarribia-Malkarroat | |
|-----------------------|---------------|----------|----------|----------|------------------------|----------|
| | T máxima | T mínima | T máxima | T mínima | T máxima | T mínima |
| 1971-1980 | -0,8 | -1,2 | -0,7 | -1,0 | -1,4 | -0,9 |
| 1981-1990 | -0,0 | -0,2 | -0,1 | -0,3 | -0,0 | -0,5 |
| 1991-2000 | +0,0 | +0,2 | -0,0 | +0,1 | +0,1 | +0,1 |
| 2001-2010 | +0,0 | -0,0 | +0,2 | +0,2 | -0,1 | +0,4 |
| 2011-2020 (2011-2016) | (+0,7) | (+0,4) | +0,7 | +0,4 | +0,2 | +0,8 |
| 2014-2023 | - | - | +0,9 | +0,7 | +0,5 | +1,0 |

4. Tabla. Anomalía de la temperatura media máxima y media mínima respecto al periodo de referencia 1981–2010 para los datos climatológicos (ESCENARIOS II, KLIMATEK 2017, URBAN KLIMA 2050) y los registros en los observatorios meteorológicos de Igeldo y Hondarribia-Malkarroat.



El análisis de la distribución mensual de las temperaturas medias para los periodos de referencia 1981–2010 y 1991–2020 en las estaciones de Igeldo y Hondarribia-Malkarroa indica un aumento generalizado de los valores medios

durante el periodo más reciente, siendo particularmente significativo este aumento durante los meses de primavera y otoño. El aumento de los valores medios es más acusado en la estación de Hondarribia-Malkarroa que en Igeldo.



12. Fig. Distribución mensual de la temperatura media para los periodos de referencia 1981–2010 y 1991–2020 en las estaciones de Igeldo y Hondarribia-Malkarroa. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de AEMET.

Adicionalmente a las series históricas más largas del territorio, se han analizado las tendencias de la temperatura mínima, media y máxima registrada por la red de estaciones meteorológicas de Euskalmet. Se han analizado los valores promedio y las tendencias en estas estaciones para dos periodos recientes, 2005–2014 y 2014–2023. Las anomalías de temperatura media anual de la última década (2014–2023) respecto a la década anterior fueron positivas en prácticamente todas las estaciones analizadas,

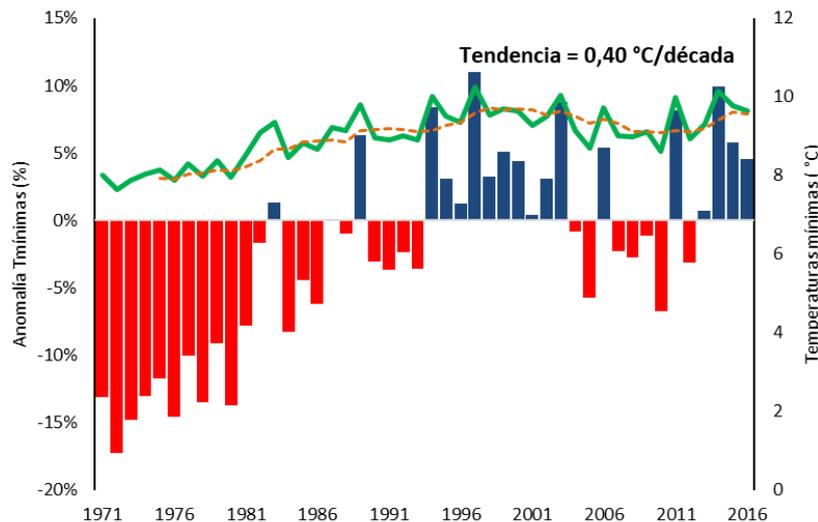
situándose la anomalía promedio en +0,54 °C, con máximos en torno a +1,0 °C en estaciones como Estanda, Agauntza o Matxinbenta y mínimos de entorno a +0,1 °C como por ejemplo Oiartzun. Si se comparan las tendencias entre ambos periodos, se observan tendencias de temperatura positivas en la mayoría de las estaciones. La comparación entre las tendencias del los periodos 2005–2023 y 2005–2022 indica que la inclusión del último año intensifica esta tendencia positiva en todas las estaciones.

| ESTACIÓN | TEMPERATURAS MEDIAS (2005-2014) | TEMPERATURAS MEDIAS (2014-2023) | TENDENCIA 2005-2014 | TENDENCIA 2014-2023 | TENDENCIA 2005-2023 | Δ TENDENCIAS 2005-2022 Y 2005-2023 |
|------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|
| AITZU | 11,89 ± 0,55 | 12,24 ± 0,47 | -0,03 | +0,11 | +0,04* | +0,01 |
| ALTZOLA | 13,74 ± 1,01 | 14,19 ± 0,77 | +0,22* | +0,11 | +0,08* | +0,01 |
| AMUNDARAIN | 12,81 ± 0,55 | 13,53 ± 0,47 | +0,03 | +0,06 | +0,07* | +0,00 |
| ARRASATE | 12,74 ± 0,56 | 13,16 ± 0,45 | -0,02 | +0,09 | +0,04 | +0,02 |
| BELAUNTZA | 13,16 ± 0,61 | 13,91 ± 0,41 | +0,11 | +0,03 | +0,09* | +0,01 |
| EREÑOZU | 13,32 ± 0,56 | 13,96 ± 0,45 | +0,10 | +0,05 | +0,08* | +0,01 |
| OÑATI | 12,76 ± 0,55 | 13,54 ± 0,45 | -0,14 | +0,12 | -0,00 | +0,02 |
| ORDIZIA | 13,46 ± 0,63 | 14,01 ± 0,44 | +0,13 | -0,04 | +0,09* | +0,05 |
| ZIZURKIL | 13,96 ± 0,63 | 14,68 ± 0,39 | +0,09* | +0,00 | +0,09* | +0,01 |

5. Tabla. Promedios de las temperaturas medias anuales (°C) y tendencias (°C/año) en las estaciones meteorológicas indicadas para los periodos 2005–2014 y 2014–2023. *Indica que las tendencias son estadísticamente significativas. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Euskalmet.

En paralelo al incremento de las temperaturas medias, también se observa un aumento de las temperaturas máximas y mínimas, siendo este ascenso más acusado en el caso de las temperaturas mínimas, al igual que en las series más largas de las estaciones de Igeldo y Hondarribia-Malkarroi. Para el conjunto del territorio, la climatología para el periodo 1971–2016 (Escenarios II Klimatek, 2017,

URBAN KLIMA 2050) revela un ascenso de +0,30 y +0,40 °C/década para la temperatura media máxima y mínima, respectivamente. En el caso de la temperatura mínima, las mayores tasas de calentamiento se observan en otoño y primavera y en cuanto a las comarcas, las mayores tasas se observan en Donostialdea y Bidasoa Beherea.



13. Fig. Evolución de la temperatura mínima y anomalía asociada (% de cambio) en Gipuzkoa con respecto al periodo de referencia 1981–2010. La curva naranja corresponde a la media móvil de 5 años de la temperatura mínima. Fuente: elaboración propia a partir de los escenarios climáticos en Euskadi y series de datos elaborados por Neiker, Grupo de Meteorología de Santander (Universidad de Cantabria) y Predictia, para Ihobe-Gobierno Vasco, con financiación de los programas: KLIMATEK I+B+G del Gobierno Vasco (proyectos I+D, innovación y demostración en adaptación al cambio climático: “ESCENARIOS” y “ESCENARIOS II”) y LIFE de la Unión Europea (LIFE18 IPC/ES/000001, “LIFE-IP URBAN KLIMA 2050”).

| COMARCA | ANUAL | INVIERNO | PRIMAVERA | VERANO | OTOÑO |
|---------------------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Bidasoa Beherea / Bajo Bidasoa | 0,48* | 0,25* | 0,54* | 0,53* | 0,57* |
| Debabarrena / Bajo Deba | 0,27* | 0,07 | 0,33* | 0,31* | 0,33* |
| Debagoiena / Alto Deba | 0,16* | -0,03 | 0,20* | 0,18* | 0,19* |
| Donostialdea / Donostia-San Sebastián | 0,56* | 0,36* | 0,62* | 0,54* | 0,62* |
| Goierri | 0,38* | 0,13 | 0,43* | 0,42* | 0,38* |
| Tolosaldea / Tolosa | 0,37* | 0,14 | 0,47* | 0,37* | 0,40* |
| Urola-Kostaldea / Urola Costa | 0,47* | 0,22 | 0,51* | 0,55* | 0,55* |
| GIPUZKOA | 0,40* | 0,15 | 0,45* | 0,41* | 0,46* |

6. Tabla. Tendencia de las temperaturas mínimas (°C/década) anual y estacional para las distintas comarcas para el periodo 1971–2016. * Indica que las tendencias son estadísticamente significativas. Fuente de datos: escenarios climáticos en Euskadi y series de datos elaborados por Neiker, Grupo de Meteorología de Santander (Universidad de Cantabria) y Predictia, para Ihobe-Gobierno Vasco, con financiación de los programas: KLIMATEK I+B+G del Gobierno Vasco (proyectos I+D, innovación y demostración en adaptación al cambio climático: “ESCENARIOS” y “ESCENARIOS II”) y LIFE de la Unión Europea (LIFE18 IPC/ES/000001, “LIFE-IP URBAN KLIMA 2050”).



Paralelamente al incremento de las temperaturas mínimas, medias y máximas, el análisis de la tendencia del número de días con temperaturas superiores a 25 °C ($T_x > 25$ °C) indica un incremento significativo de los días de verano durante todo el año, siendo este incremento

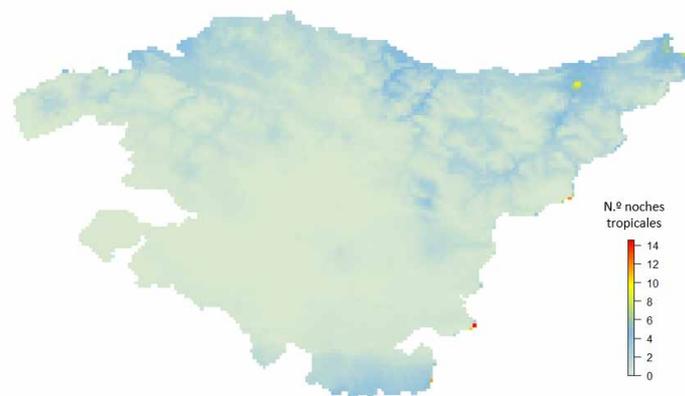
mayor en las comarcas de Tolosaldea, Urola Kosta y Goierri y en menor grado en Bidasoa-Beherea. Por estaciones, salvo en invierno, el número de días con temperaturas superiores a 25 °C tiende a incrementarse de modo significativo en todas las comarcas del territorio.

| COMARCA | ANUAL | INVIERNO | PRIMAVERA | VERANO | OTOÑO |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Bidasoa Beherea / Bajo Bidasoa | 3,92 ⁺ | 0,00 | 0,65 | 2,01 | 1,29 |
| Debabarrena / Bajo Deba | 4,76 ⁺ | 0,00 | 0,86 ⁺ | 2,58 ⁺ | 1,33 |
| Debagoiena / Alto Deba | 3,51 ⁺ | 0,00 | 1,11 ⁺ | 1,83 ⁺ | 1,04 |
| Donostialdea / Donostia-San Sebastián | 3,74 ⁺ | 0,00 | 0,90 ⁺ | 1,99 ⁺ | 1,10 |
| Goierri | 5,81 ⁺ | 0,00 | 1,15 ⁺ | 3,23 ⁺ | 1,68 ⁺ |
| Tolosaldea / Tolosa | 7,13 ⁺ | 0,00 | 1,25 ⁺ | 4,02 ⁺ | 2,00 ⁺ |
| Urola-Kostaldea / Urola Costa | 6,86 ⁺ | 0,00 | 1,06 ⁺ | 4,11 ⁺ | 1,95 ⁺ |
| GIPUZKOA | 5,48⁺ | 0,00 | 1,03⁺ | 3,07⁺ | 1,47⁺ |

7. Tabla. Tendencia del número de días con temperaturas superiores a 25 °C ($T_x > 25$ °C) (días/década) anual y estacional para las distintas comarcas para el período 1971-2016. * Indica que las tendencias son estadísticamente significativas. Fuente de datos: escenarios climáticos en Euskadi y series de datos elaborados por Neiker, Grupo de Meteorología de Santander (Universidad de Cantabria) y Predictia, para Iñobe-Gobierno Vasco, con financiación de los programas: KLIMATEK I+B+G del Gobierno Vasco (proyectos I+D, innovación y demostración en adaptación al cambio climático: "ESCENARIOS" y "ESCENARIOS II") y LIFE de la Unión Europea (LIFE18 IPC/ES/000001, "LIFE-IP URBAN KLIMA 2050").

Otro indicador que se ve afectado por el incremento de las temperaturas es el número de noches tropicales. El análisis histórico de este indicador muestra una tendencia promedio creciente de +0,39 noches/década para el conjunto del territorio desde el año 1971. Por comarcas, durante la última década, el mayor aumento de

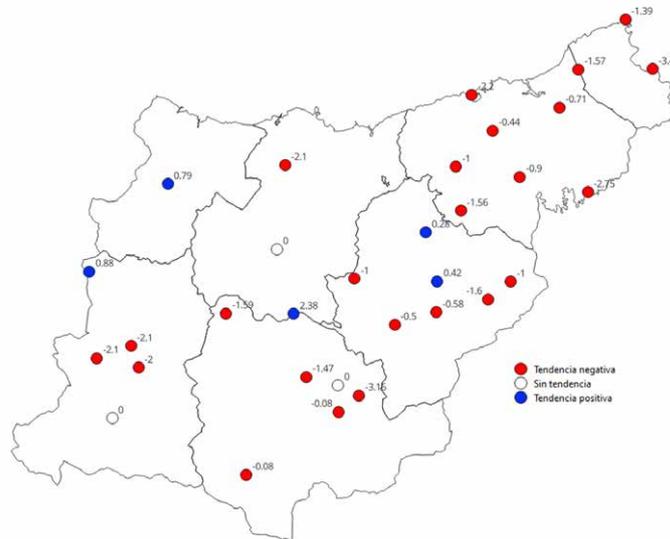
noches tropicales se está produciendo en las comarcas de Bidasoa Beherea (+1,26 noches/década) y Donostialdea (+0,73 noches/década). Este incremento, salvo en la comarcas de Debabarrena y Debagoiena, es estadísticamente significativo.



14. Fig. Promedio del número de noches tropicales durante el período 1971-2016 en la CAPV (noches tropicales/año). Fuente: elaboración propia a partir de los escenarios climáticos en Euskadi y series de datos elaborados por Neiker, Grupo de Meteorología de Santander (Universidad de Cantabria) y Predictia, para Iñobe-Gobierno Vasco, con financiación de los programas: KLIMATEK I+B+G del Gobierno Vasco (proyectos I+D, innovación y demostración en adaptación al cambio climático: "ESCENARIOS" y "ESCENARIOS II") y LIFE de la Unión Europea (LIFE18 IPC/ES/000001, "LIFE-IP URBAN KLIMA 2050").

Como consecuencia del incremento de la temperatura mínima, el número de días de helada ($T_{min} < 10\text{ °C}$) están disminuyendo. De las 32 estaciones meteorológicas

analizadas, 24 presentan tendencias decrecientes, aunque solamente en la estación de Añarbe esta tendencia es estadísticamente significativa ($-2,75$ días/año).



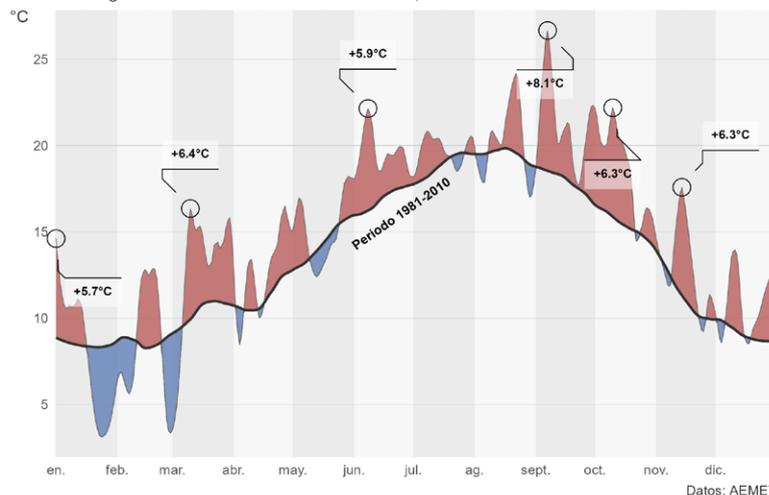
15. Fig. Tendencia del número de días de helada (días/año) para el periodo 2011–2023 en las estaciones meteorológicas de Euskalmet. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Euskalmet.

En este escenario de calentamiento, el año 2023 fue muy cálido en Gipuzkoa, con una temperatura media anual registrada en las estaciones meteorológicas del territorio de $14,2\text{ °C}$, aproximadamente $+0,8\text{ °C}$ por encima

de la temperatura media registrada en el periodo de referencia (1981–2010). El año 2023 fue el segundo año más caluroso tras 2022.

Temperatura media en Donostia-San Sebastián (año 2023)

Estación de Igeldo. Periodo de referencia: 1981-2010, valores suavizados



16. Fig. Evolución de las temperaturas media y anomalías positivas y negativas (se muestran las 6 primeras anomalías suavizadas) en la estación de Igeldo en 2023 con respecto al promedio del periodo de referencia 1981–2010 (valores suavizados mediante el método LOESS). Fuente: elaboración propia a partir de los datos de AEMET.



En 2023, en el conjunto del territorio las temperaturas medias máxima y mínima diaria fueron de 19,3 °C y 10,1 °C, respectivamente. Estos valores se sitúan +1,5 °C y +0,8 °C por encima con respecto al periodo de referencia 1981-2010. La temperatura media máxima diaria y media mínima diaria se situaron +0,6 °C y +0,4 °C por encima de las medias de la última década (2014-2023), respectivamente. Las anomalías positivas caracterizaron muchos de los meses del año, observándose únicamente un carácter claramente frío en febrero, parte de marzo y en junio, como se puede observar en el caso de la estación de Igeldo. Señalar la persistencia de las anomalías positivas durante prácticamente todo el mes de julio y los meses de septiembre y octubre.

En cuanto a la evolución de la temperatura a lo largo del año, el invierno de 2023 fue cálido, encontrándose en una posición intermedia de una serie encabezada por los años 2016 y 2020. Tras un mes de diciembre de 2022 catalogado como uno de los más cálidos de las series históricas, a partir de mediados de mes se produjo un descenso acusado de las temperaturas que se extendió hasta principios de febrero para posteriormente producirse un episodio de calor inusual para este periodo, en el que las temperaturas máximas superaron los 20 °C (Añarbe 24,9 °C, Ibai Eder 24,7 °C). Con respecto al número promedio de días de helada, en 2023 fue de 16 días, valor este superior al registrado en 2022, pero inferior al del periodo 2005-2014. El periodo invernal se caracterizó también por una insolación por encima de lo normal en estaciones como Igeldo y Hondarribia-Malkarria con respecto al periodo de referencia 1981-2010, con en torno a 20-25 % más de horas de sol.

La estación primaveral fue muy cálida con respecto al periodo 1981-2010, con temperaturas entre los 13-15 °C en las zonas del litoral y entre los 10-13 °C en la zona interior. En relación al siglo XXI, estos valores se encuentran entre los primeros puestos de una serie históricas encabezadas por el 2011, con unos meses de marzo y abril muy cálidos en todo el territorio y un mes de mayo cálido en el litoral y con valores cercanos a los normales en el interior. A finales de marzo se registró un periodo de temperaturas inusualmente altas, superándose el día 29 de marzo los 30 °C, batiéndose el récord de temperaturas máximas de las series históricas del mes marzo en numerosos puntos del interior y litoral del territorio (Higer 29,8 °C). A principios de mayo

volvió a producirse otro evento de calor, en el que las temperaturas registradas estuvieron más de 6 °C por encima del promedio climatológico, superándose de nuevo los 30 °C en numerosos puntos (Higer 33,2 °C, Oiartzun 32,3 °C, Arrasate 31,5, Alegia 32,7 °C). Al igual que en el invierno, la insolación en primavera se situó por encima de lo normal, aproximadamente con un 13 % más de horas de sol.

El verano de 2023 se caracterizó por comportarse de manera muy cálida, con anomalías de temperatura promedio en el conjunto de estaciones del territorio de +1,14°C y de +1,43 °C y +1,59 °C con respecto al periodo 1981-2010 en las estaciones de Igeldo y Hondarribia-Malkarria, respectivamente. En el conjunto de la CAPV, ha sido catalogado como el tercer verano más caluroso de las series históricas, tan sólo superado por los veranos de 2003 y 2022 (Euskalmet, 2023). Los meses de junio y agosto fueron catalogados como muy cálidos, mientras que el mes de julio fue ligeramente más frío. Las temperaturas máximas absolutas registradas en el territorio se alcanzaron el día 23 de agosto (Arrasate 41,2 °C, Beasain 40,7 °C y Bergara 40,5 °C). A pesar de las altas temperaturas, la insolación fue inferior a los valores normales, en torno a un 8 % menos de horas de sol con respecto al periodo de referencia 1981-2010.

Las temperaturas medias indican que el otoño fue extremadamente cálido para el conjunto del territorio con respecto al periodo normal 1981-2010, con una anomalía promedio en el conjunto de estaciones del territorio de cerca de +1,6 °C. Tanto septiembre como octubre fueron extremadamente cálidos con anomalías superiores a los +3 °C respecto a la climatología media. Es reseñable destacar que durante los dos primeros días de octubre se registran temperaturas máximas extraordinarias. El día 1 puede considerarse la jornada más calurosa en el interior y el día 2 en el litoral para un mes de octubre desde que existen registros. Durante la madrugada del día 2 se alcanzaron temperaturas tropicales, llegando incluso a ser puntualmente tórridas en zonas de montaña (Jaizkibel 25,0 °C, Eskas 22,5 °C). Con respecto a la insolación, esta fue aproximadamente un 6 % mayor de lo normal.

3.2. PRECIPITACIÓN

La precipitación, y los indicadores calculados a partir de esta variable, como número de días húmedos, número de días con precipitación intensa o muy intensa o el máximo de precipitación acumulado en un día, no presentan una tendencia significativa en el periodo 1971-2023. Excepcionalmente, algunas de las comarcas del territorio y en determinadas estaciones del año, presentan tendencias significativas para determinadas variables. Las tendencias observadas en esta variable son muy dependientes del periodo de análisis seleccionado, por lo que la longitud de las series disponibles puede condicionar las conclusiones extraídas.

En cuanto a la precipitación total anual, en general no se observan tendencias significativas para el periodo 1971-2016 (datos climatología lhobe, 2017). La evolución temporal de esta variable permite diferenciar tres periodos, el primero más húmedo, hasta 1985, cuando las

precipitaciones son en general superiores a la media, un periodo donde se alternan valores medios con algunos años más secos, un periodo con una precipitación mayor a la climatología normal entre 2018 y 2021 seguido de un año muy seco en 2022.

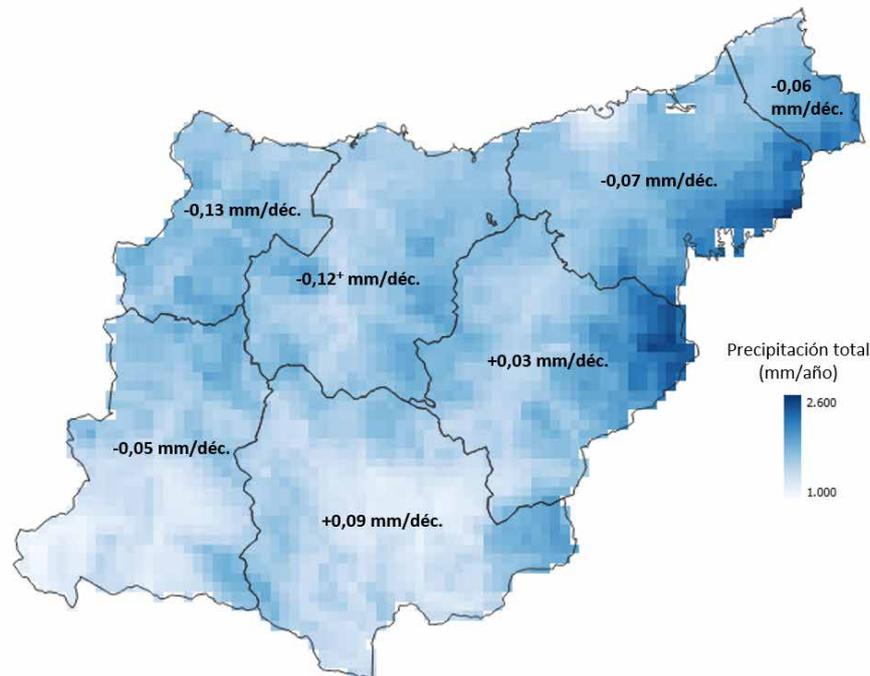
El análisis de las series temporales más largas de precipitación disponibles en el territorio, correspondientes a los observatorios de Igeldo (1929-2023) y Hondarribia-Malkarroat (1957-2023), no muestra tampoco tendencias significativas de la precipitación anual al considerar las series completas para cada una de las estaciones. Para el periodo 1971-2023, la tendencia en la precipitación total acumulada es creciente tanto en Igeldo (+7,3 mm/década) como en Hondarribia-Malkarroat (+4,3 mm/ década), aunque no estadísticamente significativas en ninguno de los casos.

| DÉCADA | ESCENARIOS II | | Igeldo | | | Hondarribia-Malkarroat | | |
|--------------------------|---------------|--------------------|----------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| | Promedio | Anomalía 1981-2010 | Promedio | Anomalía 1981-2010 | Anomalía 1991-2020 | Promedio | Anomalía 1981-2010 | Anomalía 1991-2020 |
| 1971-1980 | 1.678,6 | 10,8% | 1.649,7 | +8,0% | +3,9% | 1.808,1 | +9,6% | +7,1% |
| 1981-1990 | 1.518,9 | 0,2% | 1.511,3 | -1,0% | -4,8% | 1.665,1 | +1,0% | -1,4% |
| 1991-2000 | 1.557,0 | 2,7% | 1.533,5 | +0,4% | -3,4% | 1.741,3 | +5,6% | +3,1% |
| 2001-2010 | 1.470,9 | -2,9% | 1.537,1 | +0,64% | -3,1% | 1.541,7 | -6,5% | -8,7% |
| 2011-2020 (2011-2016) | (1.683,3) | (+11,1%) | 1.690,4 | +10,7% | +6,5% | 1.782,4 | +8,1% | +5,6% |
| 2014-2023 | - | - | 1.642,8 | +7,6% | +3,5% | 1.804,9 | +9,4% | +6,9% |

8.Tabla. Promedios (mm/año) y anomalías de la precipitación anual acumulada con respecto a los periodos de referencia 1981-2010 para los datos climatológicos (ESCENARIOS II, KLIMATEK 2017, URBAN KLIMA 2050) y 1981-2010 y 1991-2020 en los observatorios de Igeldo y Hondarribia-Malkarroat.

A nivel de comarca, para el periodo de 1971-2016 los datos indican una leve disminución en la precipitación diaria promedio anual en toda la zona del litoral. Este descenso es únicamente estadísticamente significativo (p-valor<0,05) en la comarca de Urola-Kosta. El análisis estacional muestra que la reducción de la precipitación media diaria es más pronunciada durante la primavera,

con disminuciones significativas en Donostialdea, Urola-Kosta y Debabarrena. En contraste, durante el otoño, se observa un aumento generalizado de la precipitación, especialmente en las comarcas de Tolosaldea y Urola-Kosta, aunque este incremento no alcanza significancia estadística.



17. Fig. Promedio de la precipitación total anual acumulada (mm/año) y tendencia decadal de la precipitación diaria (mm/década) para las distintas comarcas en el periodo 1971–2016. *Indica las tendencias que son estadísticamente significativas (p-valor < 0,05). Fuente de datos: Escenarios climáticos en Euskadi y series de datos elaborados por Neiker, Grupo de Meteorología de Santander (Universidad de Cantabria) y Predictia, para Ihobe-Gobierno Vasco, con financiación de los programas: KLIMATEK I+B+G del Gobierno Vasco (proyectos I+D, innovación y demostración en adaptación al cambio climático: “ESCENARIOS” y “ESCENARIOS II”) y LIFE de la Unión Europea (LIFE18 IPC/ES/000001, “LIFE-IP URBAN KLIMA 2050”).

El cálculo del promedio de la precipitación de los días húmedos permite identificar patrones estacionales en la precipitación y cantidades típicas de lluvia esperada durante estos períodos. El análisis estacional de este indicador muestra un aumento durante el otoño en todas las comarcas del territorio, destacando de manera significativa la comarca de Bidasoa Beherea sobre el resto. Por último, el análisis de las tendencias anuales indica que, salvo en Donostialdea y Tolosaldea, tampoco se observan cambios estadísticamente significativos en la tendencia decadal

de este indicador. Sin embargo, un análisis agrupado de las distintas estaciones del territorio sí señala tendencias crecientes estadísticamente significativas en el número de días muy húmedos (r95p) y extremadamente húmedos (r99p) con +0,7 días y +0,1 días por década, respectivamente. Este análisis agrupado también indica el incremento en la cantidad total de precipitación acumulada en estos episodios extremos, con un fuerte incremento durante la última década (Naturklima, 2023).

| COMARCA | ANUAL | INVIERNO | PRIMAVERA | VERANO | OTOÑO |
|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| Bidasoa Beherea / Bajo Bidasoa | 0,29 | 0,18 | 0,29 | 0,10 | 3,23+ |
| Debabarrena / Bajo Deba | -0,04 | -0,27 | 0,08 | -0,95 | 1,10 |
| Debagoiena / Alto Deba | 0,00 | 0,21 | 0,31 | -1,23 | 0,72 |
| Donostialdea / Donostia-San Sebastián | -0,31* | -1,03 | -0,89* | -1,01 | 1,48 |
| Goierri | 0,25 | 0,87 | 1,05 | -0,68 | 1,90 |
| Tolosaldea / Tolosa | -0,37* | -0,85 | -1,18 | -1,93* | 0,77 |
| Urola-Kostaldea / Urola Costa | -0,18 | -0,49 | -0,69 | -0,67 | 1,83 |
| GIPUZKOA | -0,07 | -0,22 | -0,13 | -0,96 | 1,42 |

9. Tabla. Tendencia decadal del promedio de la precipitación de los días húmedos (días/ década) para las distintas comarcas para el periodo 1971-2016. *Indica que las tendencias son estadísticamente significativas (p-valor<0,05). Fuente: Escenarios climáticos en Euskadi y series de datos elaborados por Neiker, Grupo de Meteorología de Santander (Universidad de Cantabria) y Predictia, para Iñobe-Gobierno Vasco, con financiación de los programas: KLIMATEK I+B+G del Gobierno Vasco (proyectos I+D, innovación y demostración en adaptación al cambio climático: "ESCENARIOS" y "ESCENARIOS II") y LIFE de la Unión Europea (LIFE18 IPC/ES/000001, "LIFE-IP URBAN KLIMA 2050").

Otro indicador, el número de días con precipitaciones muy fuertes (R20mm), presenta tendencias crecientes en el otoño para todas las comarcas de Gipuzkoa, mientras que el resto de estaciones presentan en general

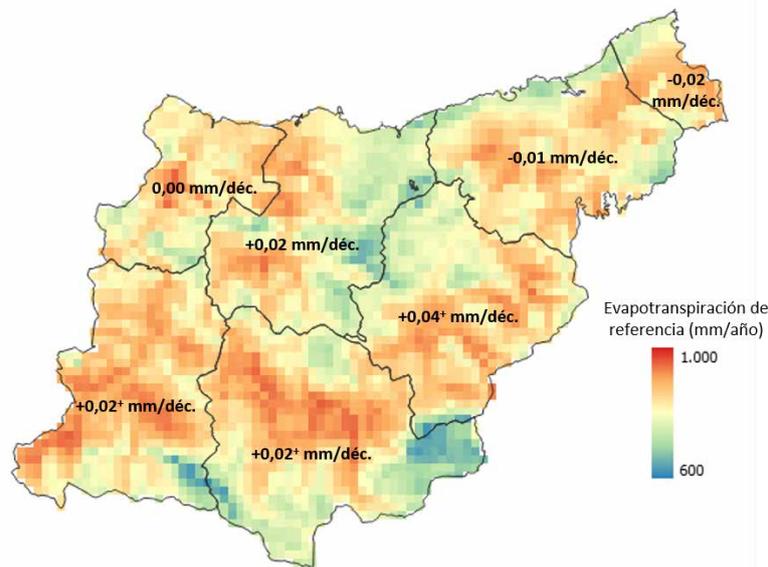
tendencias decrecientes. Durante el otoño, las comarcas con tendencias positivas son Goierri, Donostialdea y Bidasoa Beherea, aunque en ningún caso es estadísticamente significativa.

| COMARCA | ANUAL | INVIERNO | PRIMAVERA | VERANO | OTOÑO |
|---------------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| Bidasoa Beherea / Bajo Bidasoa | 0,12 | -0,10 | -0,11 | -0,07 | 0,36 |
| Debabarrena / Bajo Deba | -0,74 | -0,28 | -0,31 | -0,25 | 0,04 |
| Debagoiena / Alto Deba | 0,14 | -0,03 | -0,16 | -0,14 | 0,15 |
| Donostialdea / Donostia-San Sebastián | -0,98 | -0,30 | -0,52 | -0,21 | 0,60 |
| Goierri | 1,36 | 0,19 | 0,28 | -0,01 | 0,61 |
| Tolosaldea / Tolosa | -0,39 | -0,12 | -0,32 | -0,16 | 0,30 |
| Urola-Kostaldea / Urola Costa | -0,76 | -0,32 | -0,31 | -0,26 | 0,20 |
| GIPUZKOA | 0,00 | -0,18 | -0,17 | -0,16 | 0,27 |

10. Tabla. Tendencia decadal de los días de lluvia muy intensa R20mm (días/década) para las distintas comarcas. Fuente de datos: Escenarios climáticos en Euskadi y series de datos elaborados por Neiker, Grupo de Meteorología de Santander (Universidad de Cantabria) y Predictia, para Iñobe-Gobierno Vasco, con financiación de los programas: KLIMATEK I+B+G del Gobierno Vasco (proyectos I+D, innovación y demostración en adaptación al cambio climático: "ESCENARIOS" y "ESCENARIOS II") y LIFE de la Unión Europea (LIFE18 IPC/ES/000001, "LIFE-IP URBAN KLIMA 2050").

La evapotranspiración muestra una tendencia creciente no significativa en Gipuzkoa para el periodo 1971-2016. Sin embargo, esta tendencia no es uniforme en el conjunto del territorio. Debagoiena, Goierri y Tolosaldea

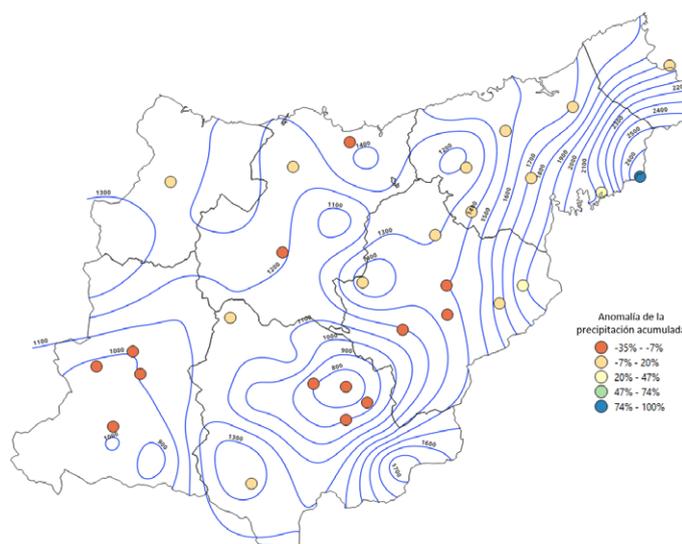
muestran un crecimiento estadísticamente significativo en la serie climatológica analizada. En cambio, Bidasoa Beherea y Donostialdea muestran tendencias decrecientes, aunque no significativas.



18. Fig. Promedio de la evapotranspiración de referencia anual (mm/año) y tendencia decadal (mm/día década) para las distintas comarcas en el periodo 1971–2016. Indica las tendencias que son estadísticamente significativas (p-valor < 0,05). Fuente de datos: Escenarios climáticos en Euskadi y series de datos elaborados por Neiker, Grupo de Meteorología de Santander (Universidad de Cantabria) y Predictia, para Ihobe-Gobierno Vasco, con financiación de los programas: KLIMATEK I+B+G del Gobierno Vasco (proyectos I+D, innovación y demostración en adaptación al cambio climático: “ESCENARIOS” y “ESCENARIOS II”) y LIFE de la Unión Europea (LIFE18 IPC/ES/000001, “LIFE-IP URBAN KLIMA 2050”).

En cuanto a 2023, la precipitación acumulada, respecto al periodo de referencia 1981–2010, fue normal en muchos puntos del territorio y húmedo especialmente en el litoral, siendo la precipitación acumulada anual alrededor de un –4,1 % inferior al valor medio del periodo de referencia. Los valores más altos se registraron en la zona montañosa del nordeste, limítrofe con Navarra (Eskas 2.962 mm, Añarbe 2.499 mm y Ameraun 2.242 mm),

seguido de la zona litoral del territorio. En lo que respecta a lo que va de siglo, estos valores se encuentran en una posición media, lejos de los años más húmedos 2021, 2017, 2013 y 2008 y muy lejos con respecto al año 2022, calificado como muy seco. Los menores acumulados se registraron en las comarcas del interior del territorio (Ordizia 997 mm y Urkulu 1.033 mm).

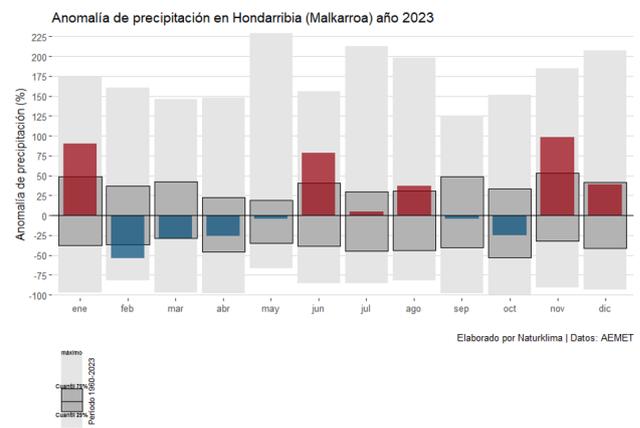
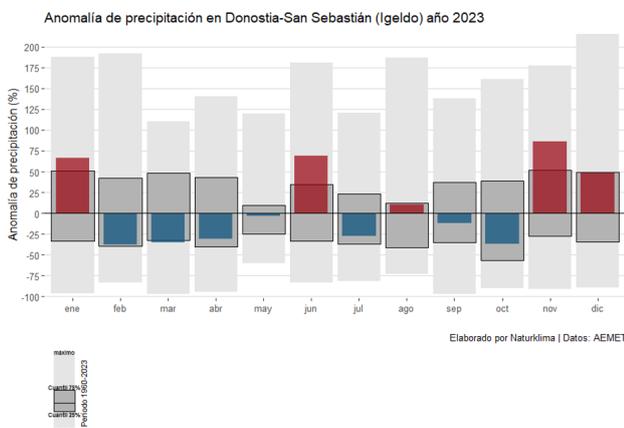


19. Fig. Mapa de isoyetas y anomalías (% de cambio respecto a 1981–2010) de la precipitación acumulada (mm/año) en 2023 en las estaciones meteorológicas de referencia en el T.H. de Gipuzkoa. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la DGOHH de la DFG.

En cuanto a la distribución temporal de la precipitación, los principales acumulados se produjeron durante el mes de enero, junio, agosto, noviembre y diciembre, ligadas en algunos casos a situaciones de precipitaciones persistentes con acumulados significativos en las zonas litorales del territorio.

El invierno fue en general húmedo en relación al periodo de referencia 1981-2010, marcado por el carácter muy húmedo del mes de enero. Durante el mes de febrero, sin

embargo, el número de días de lluvia ($R \geq 1\text{mm}$) fue muy inferior en comparación con el periodo de referencia, produciéndose únicamente acumulados muy abundantes ($R \geq 30\text{mm}$) a partir de la última semana. Con respecto al periodo de referencia 1981-2010, en los observatorios de Hondarribia-Malkarroat e Igeldo se registraron anomalías negativas en los acumulados durante este mes con una precipitación en torno a un -25% y -50% inferior, respectivamente (Fig. 20).



20. Fig. Anomalia mensual (% de cambio con respecto al periodo 1981-2010) de la precipitación acumulada en las estaciones de Igeldo (Donostia-San Sebastián) y Malkarroat (Hondarribia) en 2023. Se incluye el rango de anomalías máximo-mínimo y el rango intercuartil del periodo 1960-2023. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de AEMET.

La primavera, continuando con la tendencia de finales del invierno, destacó por su carácter muy seco en el litoral y extremadamente seco en las comarcas del interior con respecto al periodo de referencia 1981-2010. En relación a lo que llevamos de siglo, los acumulados registrados se encuentran entre las primaveras más secas, junto con años como el 2010 o el 2021.

Las tasas de precipitación en 2023 fueron inferiores a las registradas en la primavera de 2022, registrándose unas precipitaciones de 286,0 mm ($-29,1\%$ con respecto al mismo periodo en 2022) y 203,1 mm ($-19,0\%$ con respecto al año anterior) en las estaciones de referencia Lasarte y Arrasate, respectivamente. Mientras que marzo y abril mostraron un carácter deficitario, mayo fue especialmente húmedo en ciertas comarcas como Tolosaldea, debido a días muy húmedos como los días 11 y 14, con registros por encima de los 100 mm en las estaciones situadas en esta comarca (Ameraun 122,4 mm y Bidania 104,1 mm).

El verano se caracterizó por un comportamiento entre normal y húmedo con acumulados en torno a valores normales, aunque con los extremos más acentuados en la zona nordeste en las zonas limítrofes con Navarra (Eskas 737,8 mm, Añarbe 522,6 mm, Ameraun 425,9 mm y Behobia 365,4 mm). Hacia el interior y litoral más oriental, la precipitación fue menor (Andoain 334,0 mm, Aizarnazabal 312,8 mm, Zegama 296,7 mm y Arrasate 175,7 mm) hasta alcanzar un carácter seco con respecto al periodo de referencia 1981-2010. Por ejemplo, en la comarca de Donostialdea, en la estación de Igeldo, se registró una precipitación alrededor de un -22% inferior con respecto al periodo normal. En cuanto a la distribución temporal de la precipitación, la mayor parte se produjo en el mes de junio, concentrándose más de la mitad de las precipitaciones de todo el verano.

Julio se comportó de manera seca y muy seca en relación al periodo 1981-2010 a pesar de la escasa insolación

en la zona del litoral. El mayor acumulado se registró en el nordeste con la única estación del territorio por encima de los 100 mm (Eskas 126,4 mm). El mes de agosto, sin embargo, transitó entre húmedo muy húmedo, ampliándose la zona habitual de mayor precipitación del territorio hacia el litoral oeste. En las estaciones de referencia de Lasarte y Arrasate la precipitación fue un +55 % y un +84 % respectivamente con respecto a promedio durante la última década.

El otoño de 2023 se caracterizó por contrastes espaciales, aunque los acumulados indican que la precipitación fue entre normal y húmeda con respecto al periodo de referencia 1981–2010. Siguiendo el comportamiento habitual, los mayores acumulados se registraron en la parte nororiental del territorio (Eskas 881,9 mm, Añarbe 647,0

mm, Ameraun 576,2 mm, Behobia 509,1 mm). Octubre fue, en general, el mes más seco del otoño, sobre todo, en las comarcas del litoral. Durante este mes, el déficit de precipitación fue en torno a un –25 % en las estaciones de Hondarribia-Malkarroat e Igeldo. En noviembre, sin embargo, las persistentes lluvias produjeron que en ciertas estaciones se registraran acumulados por encima del umbral de los 60 mm (Eskas 112,8 mm, Añarbe 82,3 mm, Ameraun 81,6 mm, Bidania 75,7 mm, Andoain 66,7 mm), provocando que el número de días de lluvia fuera superior al periodo de referencia 1981–2010. Destacan estaciones como Lasarte y Miramon con 40 y 38 días de lluvias, respectivamente.

3.3. TEMPERATURA DEL MAR

En el golfo de Vizcaya y la costa guipuzcoana se aprecia un calentamiento del mar a partir de 1980. Concretamente, las tasas de calentamiento observadas oscilan entre +0,13 °C y +0,25 °C por década, en función de la localización y la profundidad. Las tasas más altas corresponden a la temperatura superficial, en comparación con la columna de 0–100 m, y a la parte más oriental del golfo.

La serie histórica de temperatura superficial del mar del Aquarium de Donostia-San Sebastián permite analizar la evolución de esta variable durante el periodo 1946–2022. Se observan dos periodos diferenciados con tendencias diferentes, un primer periodo de 1946 a 1980 con una tendencia decreciente ($-0,19 \pm 0,06$ °C/década, p -valor=0,0005), y el periodo más reciente de 1980 a 2022 con una tendencia creciente de $+0,26 \pm 0,032$ °C/década (p -valor=0,0055). A escala del golfo de Vizcaya, los datos de satélite para el periodo 1981–2022 también indican una tendencia creciente y significativa con una tasa de $+0,20 \pm 0,034$ °C/década.

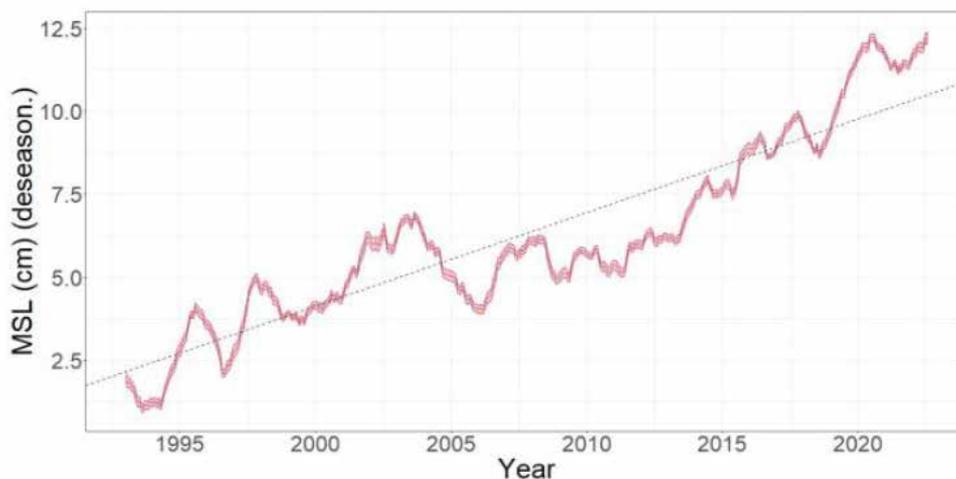
El análisis de la temperatura en los primeros 100 metros de la columna de agua para el periodo 1993–2022, en una estación de medida situada frente a la costa de Pasaia, indica una tendencia creciente significativa a una tasa de $+0,136 \pm 0,035$ °C/década.

Además del incremento progresivo de la temperatura del agua, como consecuencia del calentamiento global se observa también un incremento de la frecuencia, duración e intensidad de las olas de calor marinas en el último siglo (Oliver et al., 2018; Laufkötter et al., 2020), con gran impacto en la biodiversidad. Las olas de calor marinas son episodios discretos, prolongados y anómalos de calentamiento del agua. En el periodo 1988–2022 se observa un aumento significativo del número de olas de calor y de su duración e intensidad en nuestras costas, siendo 2022 el segundo año más caluroso y en cuanto al número de eventos extremos, habiéndose registrado 6 olas de calor marinas en total.

3.4. NIVEL DEL MAR

El incremento del nivel del mar provoca impactos directos en las zonas costeras, por lo que el seguimiento de este indicador es clave. Para analizar la evolución del nivel medio del mar en la costa guipuzcoana, se han utilizado los registros provenientes de 6 mareógrafos

instalados en la línea de costa del golfo de Vizcaya, analizándose las series temporales desde su inicio hasta 2022. Asimismo, también se ha analizado el nivel medio del mar del golfo de Vizcaya mediante datos satelitales para el periodo 1993-2022.



21. Fig. Serie temporal del nivel del mar en el golfo de Vizcaya obtenida a partir de datos satelitales.

Los datos recogidos indican que el nivel medio del mar está ascendiendo significativamente en todos los mareógrafos analizados. Las tasas de ascenso para las series oscilan entre $+1,28 \pm 0,05$ cm/década (en Brest, 1846-2022) y $+3,41 \pm 0,80$ cm/década (en A Coruña, 1992-2022). Al igual que ocurre a escala global, la tasa de ascenso también se está acelerando en el golfo de Vizcaya desde los años 90. El análisis de la serie histórica más larga disponible,

correspondiente al mareógrafo de Brest (Francia), indica que la tasa de ascenso de 1992 a 2022 ($+2,93 \pm 0,41$ cm/década) supera el doble del valor correspondiente al periodo completo de la serie 1846-2022 ($+1,28 \pm 0,05$ cm/década). Los análisis del nivel medio del mar obtenido con sensores satelitales (1993-2022) indican que el nivel medio del mar del golfo de Vizcaya está ascendiendo a una tasa de $+2,82 \pm 0,36$ cm/década (p -valor $< 0,0001$).



| DESCRIPCIÓN | ESTACIÓN/ZONA | Periodo | Tendencia (cm/década) |
|----------------|------------------|-----------|--------------------------|
| NMM VIGO2 | Vigo2 | 1993-2022 | 1,72 ± 0,55 ⁺ |
| NMM GIJÓN2 | Gijón2 | 1995-2022 | 1,00 ± 0,49 ⁺ |
| NMM SANTANDER2 | Santander2 | 1992-2022 | 2,13 ± 0,30 ⁺ |
| NMM CORUÑA2 | Coruña2 | 1992-2022 | 3,41 ± 0,80 ⁺ |
| NMM CORUÑA2 | Coruña2 | 1943-2022 | 2,02 ± 0,19 ⁺ |
| NMM BILBAO2 | Bilbao3 | 1992-2022 | 3,07 ± 0,28 ⁺ |
| NMM BREST | Brest | 1992-2022 | 2,93 ± 0,41 ⁺ |
| NMM BREST | Brest | 1846-2022 | 1,28 ± 0,05 ⁺ |
| NMM SATÉLITE | Golfo de Vizcaya | 1993-2022 | 2,82 ± 0,35 ⁺ |

11. Tabla. Tendencia del nivel del mar en los mareógrafos del golfo de Vizcaya y la medida por satélite. ⁺Indica que las tendencias son estadísticamente significativas (p-valor < 0,05).

El ascenso detectado en la costa guipuzcoana y en todo el mar del golfo de Vizcaya es consistente con el ascenso nivel global. El análisis de las series confirma que la subida del nivel de mar se está acelerando en esta región

en las últimas tres décadas de forma coherente con los resultados de los estudios en el que se analizan periodos más largos (Woppelmann et al., 2006; Dangendorf et al., 2019).

3.5. PH DEL MAR

Para el análisis de la evolución del pH del mar en el litoral vasco, se han utilizado las series temporales de registros puntuales obtenidos en el proyecto 'Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la CAPV'.

Las series temporales de los distintos puntos de muestreo, situados en diferentes masas costeras a unos 10 km de distancia de la costa, han mostrado un descenso del pH muy similar en los últimos 20 años, tasas de descenso de entre -0,05 y -0,07 unidades de pH por década desde 2002 hasta 2022 en profundidades entre 0-100 metros.

Esta tasa es ligeramente superior a las observadas a partir de la revisión bibliográfica en el océano global (-0,02 unidades/década), en el océano Atlántico (-0,013 unidades/década) y en la costa occidental del golfo de Vizcaya (-0,016 unidades/década). Este resultado indica que el proceso de acidificación observado en la costa guipuzcoana podría estar asociado al proceso de acidificación del océano global, aunque es necesario continuar realizando labores investigativas y de análisis sobre la variación del pH a lo largo de la columna de agua.



/G

Informe de Impacto
y Vulnerabilidad al

**Cambio Climático
en Gipuzkoa**



Análisis de los efectos del cambio climático en la salud



La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la salud como 'un estado completo de bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de enfermedad o dolencia'. Esta definición implica que, condicionantes ambientales, socioeconómicos y culturales son factores determinantes de la salud. El cambio climático puede afectar a todos estos condicionantes y tener, por tanto, un impacto en la salud de los individuos.

La OMS reconoce que el cambio climático es una de las principales amenazas para la salud mundial del siglo XXI. Por primera vez, en julio de 2023, dicha organización declaró la crisis climática y los eventos meteorológicos extremos como una emergencia de salud pública. En su Programa General de Trabajo 2025-2028, aprobado en mayo de 2024, la OMS da prioridad al cambio climático y salud, subrayando así la creciente amenaza para la salud que supone el cambio climático. Asimismo, la Evaluación Europea del Riesgo Climático (European Climate Risk Assessment, EUCRA) indica que, sin lugar a duda, el cambio climático incrementará las amenazas para la sociedad europea, subrayando la salud como unos de los sectores más vulnerables al cambio climático.

El cambio climático afecta ya al bienestar, salud física y mental, así como a los sistemas de salud, y lo hará en el futuro a través de impactos directos (olas de calor, sequías, tormentas fuertes y aumento del nivel del mar) e impactos indirectos asociados a cambios en la biodiversidad y los ecosistemas, así como en las condiciones sociales (contaminación atmosférica, cambios en la distribución de enfermedades sensibles al clima como las transmitidas por vectores).

Los estudios epidemiológicos demuestran que la exposición a altas temperaturas aumenta la morbilidad y mortalidad, reduce la productividad del trabajador, y afecta negativamente a la salud mental (Haines & Ebi, 2019; Ebi et al., 2021). En un estudio realizado en 43 países (732 emplazamientos diferentes), pudo estimarse que aproximadamente el 37 % de los fallecimientos atribuibles al exceso de temperatura durante el periodo 1991-2018 fueron como consecuencia directa del cambio climático inducido por el ser humano (Vicedo-Cabrera et al., 2021). En Europa se estima un incremento de la mortalidad de entre +1 % - +4 % por cada grado de temperatura de aumento de la temperatura, de forma que las mortalidades relacionadas con las olas de calor podrían aumentar en Europa a 30.000 muertes en 2030 y entre 50.000 y 110.000 a partir del año 2080 (Paci, 2014).

Asimismo, se estima que el cambio climático, además de factores como usos del suelo, urbanización o movilidad, tiene un fuerte impacto sobre las enfermedades

transmitidas por artrópodos como mosquitos o garrapatas. El cambio en las condiciones climáticas modificará la distribución estacional y abundancia de estos vectores y las enfermedades asociadas, y podría incrementar el riesgo de transmisión local de enfermedades infecciosas.

El impacto del cambio climático en la salud, no será igual en todas las personas expuestas a las distintas amenazas. Variables como la edad, las condiciones médicas preexistentes y las privaciones sociales, junto con las condiciones de trabajo y de vida, del entorno construido, etc., determinan la vulnerabilidad de las personas y la gravedad de los impactos en la salud.

El riesgo sobre la salud de enfermedades sensibles al clima se proyecta que se vea incrementado a medida que la temperatura global aumente por encima de los niveles preindustriales. Se proyecta asimismo que la adaptación module y retrase la magnitud del riesgo (Ebi et al., 2021). De este modo, tanto las medidas de mitigación como de adaptación al cambio climático son necesarias para reducir el riesgo para la salud. Debido a esta compleja interrelación entre cambio climático, pérdida de biodiversidad, contaminación atmosférica o factores socioeconómicos, estas medidas deben tener una perspectiva holística que considere las causas del cambio climático y de los factores que determina la sensibilidad y por tanto el riesgo sobre la salud, teniendo en cuenta el enfoque *One health* (Una Sola Salud), el cual reconoce la relación entre salud humana, salud animal y el medio ambiente.

La anticipación y preparación a estos riesgos requiere de un análisis que permita incrementar el conocimiento de los impactos potenciales y de las medidas de adaptación. Las distintas estrategias de adaptación como la Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático o el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030 establecen líneas de acción concretas para la identificación de los riesgos climáticos sobre la salud humana y la prevención de los mismos mediante la puesta en marcha de medidas de adaptación.

Gipuzkoa es un territorio vulnerable a los riesgos para la salud humana relacionados con el clima. El envejecimiento progresivo de la población, la alta densidad de población en las zonas urbanas, alta tasas de urbanización, etc., hacen necesario conocer la variedad de riesgos para nuestra salud derivados del cambio climático. La Estrategia Guipuzcoana de Lucha Contra el Cambio Climático - Klima 2050 recoge en su acción 7.3.5. la necesidad de analizar los efectos que el cambio climático tendrá sobre la salud (olas de calor, incremento de enfermedades infecciosas). Este es el objetivo de este Quinto

Informe de Análisis de la Vulnerabilidad y Riesgo elaborado por la Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa – Naturklima, proporcionar una visión actualizada del conocimiento de los riesgos e impactos potenciales sobre la salud humana de la población guipuzcoana de forma que esta puede adaptarse y ser resiliente frente a las amenazas climáticas. Los análisis de vulnerabilidad y riesgo son una de estas herramientas que permiten mapear los puntos críticos donde la vulnerabilidad y riesgo es mayor y la proyección de cómo estos podrían cambiar con el tiempo bajo distintos niveles de calentamiento global y también proporcionan la información necesaria para dirigir las acciones de adaptación más eficaces.

Este bloque II, estructurado en cinco capítulos, describe, en primer lugar, los principales efectos del cambio climático sobre la salud humana. En segundo lugar, detalla la metodología utilizada para el análisis de la vulnerabilidad y riesgo. En el capítulo 3 se analizan los

riesgos asociados a las temperaturas extremas. Primero se analizan las tendencias observadas y las proyecciones futuras de los principales indicadores relacionados con el calor y posteriormente se analiza la vulnerabilidad y riesgo sobre la salud humana para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 y los horizontes temporales 2011–2040, 2041–2070 y 2071–2100. En el capítulo 4 se estudia el riesgo de transmisión de enfermedades por vectores invasores y endémicos transmisores de enfermedades para los mismos horizontes temporales y escenarios que en el capítulo 3. En el capítulo 5 se proponen medidas de autoprotección individual para reducir la vulnerabilidad y riesgo frente a las dos amenazas analizadas. El informe finaliza con el capítulo 6 recogiendo las principales conclusiones de los diferentes análisis realizados.

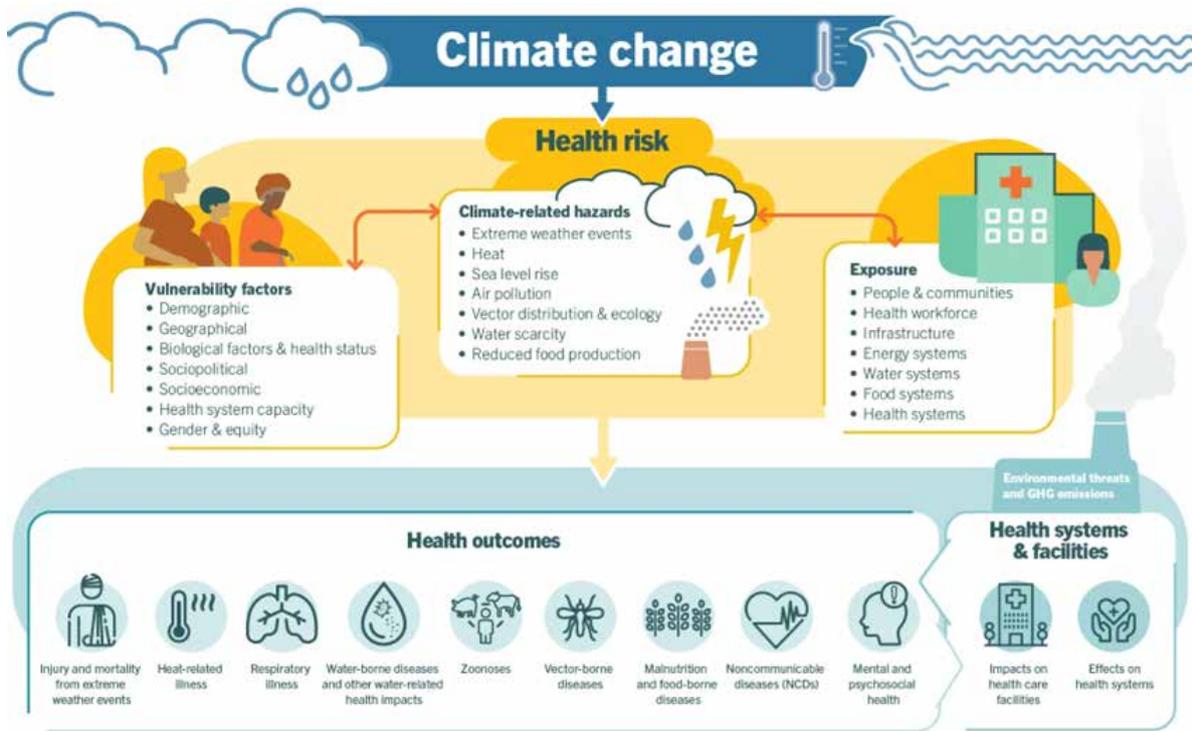
1. IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA SALUD HUMANA

El cambio climático constituye una grave amenaza para la salud y bienestar humano. En el último informe del Grupo II del IPCC sobre Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad (IPCC-AR6, 2022), se identifican once categorías de enfermedades e impactos en la salud como sensibles al clima. En dicho informe se distinguen dos tipos de impactos del cambio climático sobre la salud: (1) efectos directos, debidos fundamentalmente a cambios en los patrones de temperatura y precipitación, como pueden ser las olas de calor e inundaciones, y (2) efectos indirectos a través de los sistemas naturales y humanos y perturbaciones económicas y sociales (ej., enfermedades infecciosas transmitidas por vectores, alérgenos, contaminación del aire y del agua).

El informe publicado por varias decenas de expertos en *The Lancet Countdown*, evidencia que el número de efectos adversos para la salud relacionados con fenómenos meteorológicos y climáticos va en aumento, tanto a la escala global como europea (Romanello et al., 2022; van Daalen, 2024). Asociado al incremento de la temperatura observado, se ha incrementado la exposición a las olas de calor y las muertes relacionadas con las altas temperaturas. En 2023 se registró un récord de días con 'estrés térmico extremo' y se observa una tendencia al alza en el número de días con 'fuerte estrés térmico', como mínimo, en toda Europa (C3S, 2024). Un estudio reciente indica que el incremento de los días de calor extremo observado entre mayo de 2023 y abril de 2024 ha sido al menos dos veces más probable debido al cambio climático causado por el hombre (Arrighi et al., 2024). La mortalidad relacionada con el calor ha aumentado alrededor de un 30 % en los últimos 20 años. Simultáneamente, el cambio climático

está afectando a la expansión de diversos patógenos y vectores de enfermedades sensibles al clima (ej., Vibrio, Virus del Nilo Occidental, dengue, chikungunya, zika, malaria, garrapatas). En Europa, se observa un incremento relativo de brotes de dengue del 55,94 % al comparar 2013-22 con 1951-60, siendo mayor en el sur del continente. Se observan patrones semejantes para chikungunya y zika (van Daalen, 2024). El cambio climático también está impulsando cambios en la intensidad y frecuencia de los fenómenos climáticos extremos como inundaciones, sequías o incendios, provocando muertes, lesiones, brotes de enfermedades infecciosas y consecuencias para la salud mental.

Sin una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero que limiten el calentamiento global, el cambio climático continuará acelerándose, con los consiguientes impactos perjudiciales para la salud y bienestar humanos (IPCC, 2022). Se incrementará la exposición al calor de la población, incrementándose así la mortalidad, especialmente en la población de mayor edad (Vicedo-Cabrera et al., 2018). En el caso de las enfermedades transmitidas por vectores, la distribución y abundancia de los vectores y la transmisión de las infecciones que transmiten, se ven influidos tanto por el cambio climático como por tendencias como la migración, urbanización, cambios de usos del suelo, pérdida de biodiversidad, etc. (Gibb et al., 2020). En Europa se proyecta una mayor expansión de vectores y de ciertas enfermedades (Paz, 2021). Se proyectan cambios en las enfermedades ligadas a cambios en la disponibilidad y calidad del agua y la calidad del aire.



1.1. Fig. Perspectiva general de los riesgos para la salud sensibles al clima, sus vías de exposición y factores de vulnerabilidad. Fuente: OMS (2023).

La forma en la que el cambio climático afecta a la salud es función del riesgo, que a su vez es un producto de interacciones entre peligro, exposición y vulnerabilidad, con los impactos que a su vez tiene el potencial de reforzar la vulnerabilidad y/o exposición al peligro. El peligro incluye las distintas amenazas climáticas, como olas de calor o inundaciones. La vulnerabilidad de la población determina que una persona expuesta a estas amenazas sufra una enfermedad y otros resultados adversos para la salud. Esto es, la vulnerabilidad es la tendencia o predisposición a verse afectada negativamente por los efectos en la salud relacionados con el clima. Esto depende de una serie de factores determinantes de salud que incluyen la sensibilidad biológica (inmunidad adquirida, factores genéticos, presencia de enfermedades, etc.), factores biofísicos (adaptación climática, línea base de variables climáticas) y factores socioeconómicos (acceso a información, adopción de medidas de prevención y adaptación). En general,

se considera que las poblaciones que viven en la pobreza, las personas de edad avanzada, los niños, los trabajadores que realizan su trabajo en el exterior, las personas socialmente aisladas y las que tienen afecciones médicas preexistentes son las que presentan mayor riesgo (IPCC, 2022; van Daalen, 2022).

Este primer capítulo recoge los diferentes impactos del cambio climático sobre la salud humana desde una perspectiva holística. Se analizan los posibles impactos relacionados con el incremento de la temperatura y los eventos de temperaturas extremas, eventos extremos (inundaciones, lluvias torrenciales, deslizamientos, tormentas, embates de mar), expansión de vectores, cantidad y calidad del agua y calidad del aire.

1.1. TEMPERATURAS EXTREMAS

Uno de los impactos directos del cambio climático sobre la salud, y probablemente uno de los de mayor repercusión en poblaciones claramente urbanas como la nuestra, es el aumento de la morbilidad y mortalidad relacionados con las temperaturas extremas (Ebi et al., 2021). Se estima que en Europa la mortalidad relacionada con el calor ha aumentado alrededor de un 30 % en los últimos 20 años (C3S, 2024).

Asociados al calentamiento global, son cada vez más frecuentes los episodios de temperaturas extremas, sobre todo en verano. Se ha podido evidenciar un exceso de mortalidad asociada a las elevadas temperaturas (Royé et al., 2020; Vicedo-Cabrera et al., 2021; Ballester et al., 2023). Por ejemplo, durante la ola de calor que afectó a gran parte de Europa entre julio y agosto de 2003 se estima que pudieron registrarse hasta 70.000 muertes prematuras en 16 países (Robine et al., 2008), 3.166 en España (Simon et al., 2005). El verano de 2022 se caracterizó por la sucesión de distintas olas de calor que afectaron al continente europeo. Se estima que las elevadas temperaturas durante este periodo (30 mayo-4 septiembre) provocaron un total de 61.672 fallecimientos, 11.324 en España (Ballester et al., 2013). En Gipuzkoa, para el periodo 2009-2019 se estima una mortalidad media anual de $9,7 \pm 3,3$ y $5,4 \pm 2,4$ fallecimientos para las zonas isoclimáticas del litoral e interior, respectivamente (Linares-Gil et al., 2024).

La mortalidad causada por los efectos agudos o directos del calor (ej., golpe de calor, estrés térmico, deshidratación) solo suponen un pequeño porcentaje respecto a la totalidad de la mortalidad causada por el calor. Son los efectos indirectos inducidos por el calor, al agravar ciertas patologías crónicas previas, como enfermedades cardiovasculares y respiratorias, los causantes de la mayor parte de la mortalidad atribuible a las temperaturas excesivas. El exceso de mortalidad se ha asociado a periodos de 3 o más días consecutivos de temperaturas altas y no habituales, y sus efectos se pueden observar durante dichos periodos o con un retraso hasta de tres

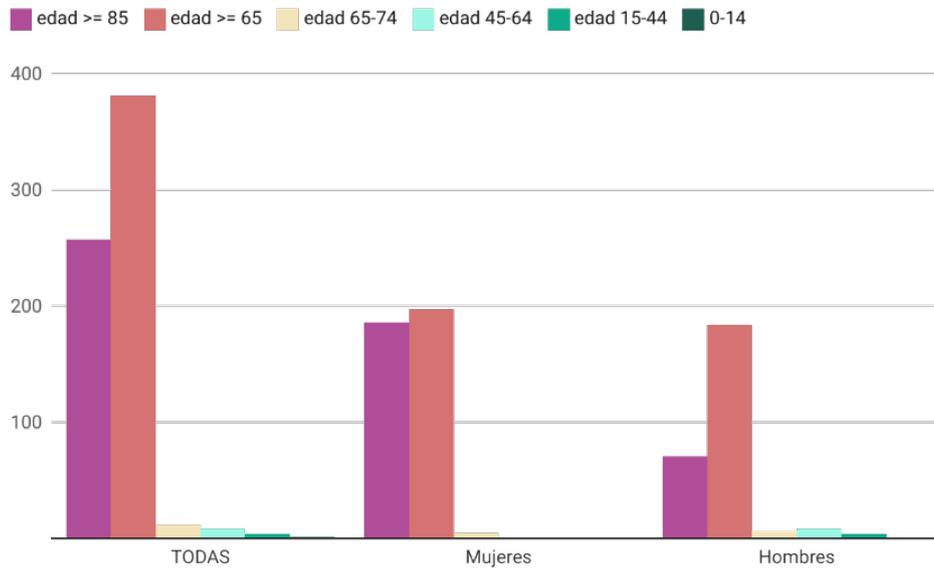
días. Además del incremento de la mortalidad, también se producen otros impactos sobre la salud durante las olas de calor, como los ingresos hospitalarios (Achebak et al., 2024) o las visitas a los servicios de urgencias.

La mortalidad aumenta a medida que la temperatura ambiental sube o baja a partir de una determinada temperatura de confort o temperatura de mínima mortalidad, que varía de unos lugares a otros y que depende, probablemente, de la adaptación de la población al rango de temperaturas a las que se encuentra expuesta. La mortalidad es mayor cuanto más se separa la temperatura diaria de la temperatura de mínima mortalidad. Para analizar el efecto de las temperaturas extremas y olas de calor en la mortalidad, basados en estudios epidemiológicos, se define la temperatura umbral de impacto en la salud. Esto es, la temperatura a partir de la cual se produce un aumento considerable de la mortalidad respecto a lo que sería normal. En el último análisis realizado, basados en los datos del periodo 2009-2018, se ha establecido que la temperatura umbral, basada en la temperatura máxima diaria, para el litoral de Gipuzkoa es de 31 °C y de 30 °C para el interior, 31,2 °C para el conjunto del Territorio (Linares et al., 2024).

Con el objetivo de disponer de un sistema continuo de vigilancia de los efectos de la temperatura sobre la salud medido en términos de mortalidad, el Centro Nacional de Epidemiología del Instituto de Salud Carlos III desarrolló el sistema de monitorización de la mortalidad diaria por todas las causas (MoMo). Este sistema estima también el impacto del exceso y defecto de temperatura sobre la mortalidad, dando estimaciones de exceso de mortalidad atribuible a la temperatura. El Anexo II incluye las defunciones diarias estimadas, observadas y atribuibles al exceso y defecto de la temperatura en Gipuzkoa para el periodo 2015-2023.

Mortalidad atribuible al exceso de temperatura

Periodo 2015-2023



12. Fig. Defunciones acumuladas totales y por género atribuibles al exceso de temperatura en Gipuzkoa durante el periodo 2015–2023. Fuente: elaboración propia a partir de los datos del informe MoMo (ISCIII, 2024).

Los datos disponibles en este sistema estiman una mortalidad atribuible al exceso de temperatura en el periodo 2015–2023 de 398 muertes en Gipuzkoa. El grupo de edad más afectado por las temperaturas extremas es el de mayores de 65 años, 382 fallecimiento (96,0 % de los fallecimientos atribuibles a las altas temperaturas). Los datos segregados por género indican que el número de mujeres fallecidas fue superior al de los hombres (54,6 % de las muertes atribuibles al calor), siendo especialmente

relevante esta diferencia en el grupo de edad de mayores de 85 años (186 mujeres frente a 71 hombres). Los meses con una mayor mortalidad asociada a las temperaturas extremas son agosto y septiembre. El año 2023 es el año en el que se produjo un mayor impacto del calor en la mortalidad, un +273,7 % superior al 2022, con un +30,0 % más de días en los que se superó la temperatura umbral de impacto en la salud.

| | 30°C (2000-2009) | 27,5°C (2009-2019) | 31,2°C (2009-2018) | MUJERES | HOMBRES | TOTAL |
|------|---------------------|-----------------------|-----------------------|---------|---------|-------|
| 2015 | 8 | 14 | 8 | 24 | 25 | 49 |
| 2016 | 6 | 13 | 9 | 24 | 31 | 56 |
| 2017 | 10 | 15 | 9 | 38 | 31 | 59 |
| 2018 | 2 | 4 | 2 | 15 | 17 | 32 |
| 2019 | 7 | 9 | 6 | 5 | 12 | 17 |
| 2020 | 9 | 11 | 7 | 5 | 13 | 18 |
| 2021 | 3 | 8 | 1 | 2 | 5 | 7 |
| 2022 | 10 | 19 | 10 | 6 | 14 | 19 |
| 2023 | 13 | 24 | 8 | 38 | 32 | 71 |

1.1. Tabla. Días en los que se ha superado la temperatura umbral de referencia de impacto en la salud por altas temperatura para Gipuzkoa (basadas en los datos del observatorio de Igeldo) y defunciones atribuibles al exceso de temperatura en el sistema MoMo.

Distintos estudios indican que la mortalidad atribuible a las temperaturas extremas está disminuyendo, incluido en España (Gasparrini et al., 2015; Guo et al., 2017; Díaz et al., 2018). Esto puede estar relacionado con la mejora de los servicios sanitarios, mejoras en las viviendas, aclimatación de la población y la activación de Planes de Prevención. Sin embargo, esta mejora no quiere decir que los impactos del calor sobre la salud no vayan a ser importantes en el futuro ya que, probablemente, esta disminución en los impactos será contrarrestado por el aumento en la frecuencia e intensidad de las olas de calor proyectado para los distintos escenarios de cambio climático (IPCC, 2021). Se espera estas condiciones contribuyan a un aumento de la mortalidad y morbilidad relacionadas con el calor (IPCC, 2022; van Daalen et al., 2022). Si el incremento de la temperatura alcanza los 2 °C a mitad de siglo, se proyecta un incremento del 370 % en las muertes asociadas a las altas temperaturas (Lancet Countdown, 2023). Varias proyecciones del posible impacto de calor en la mortalidad, consideran una temperatura umbral de impacto fija, no variable, basada en observaciones del pasado. Bajo esta hipótesis, como consecuencia del aumento proyectado de la temperatura bajo los distintos escenarios de cambio climático, se proyecta un gran aumento de la mortalidad atribuible al calor, hasta 90.000 europeos podría morir cada año por el calor extremo (Ciscar et al., 2014; Forzieri et al., 2017). En el caso de considerar la adaptación y la

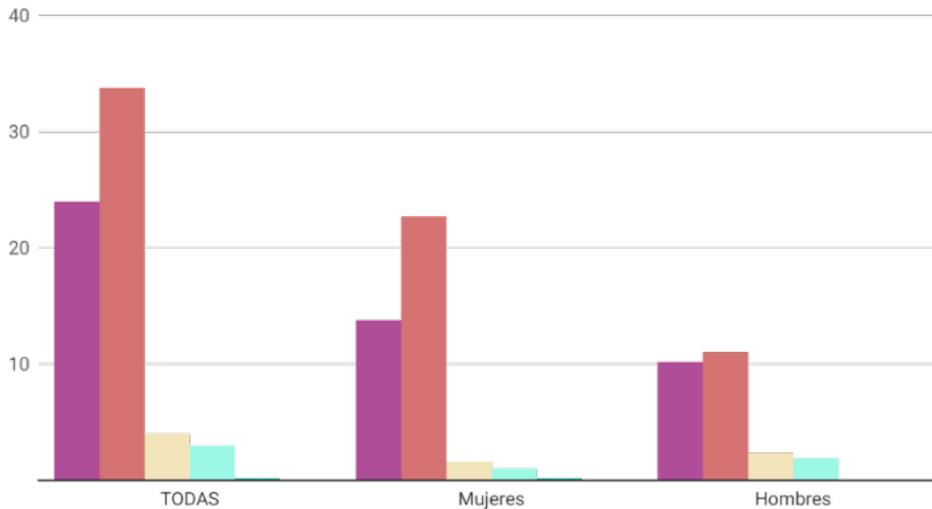
implementación de medidas de adaptación, y por tanto cambios en la temperatura umbral de disparo de la mortalidad, esta mortalidad se reducirá sustancialmente. En el caso de España, el número de muertes en la segunda mitad del siglo XXI podría ser casi 10 veces menor (Díaz et al., 2019).

A pesar del incremento de la temperatura proyectado hasta final de siglo debido al cambio climático, continuarán sucediéndose las olas de frío y también tendrán un impacto en la salud. Su impacto no está disminuyendo a escala global a pesar del incremento en la temperatura observado (Vicedo-Cabrera et al., 2018; Díaz et al., 2019b). Además, en este caso puede producirse una desadaptación al frío, y una temperatura que actualmente no causa mortalidad podría hacerlo en el futuro. En un estudio en el que se analiza la mortalidad a mitad de siglo y final de siglo para dos escenarios de cambio climático en España se determina que si no se consideran cambios en la temperatura umbral no habrá mortalidad relacionada con las bajas temperaturas. Si se considera que estos cambian con el tiempo, la mortalidad se mantendría constante en el tiempo, a una tasa de entorno a un cuarto de la mortalidad actual debida al frío (Díaz et al., 2019b). En Gipuzkoa, en la actualidad la mortalidad atribuible al defecto de temperatura en torno a 10 veces inferior a la atribuible al exceso de temperatura (MoMo, 2024).

Mortalidad atribuible al defecto de temperatura

Periodo 2015-2023

edad >= 85 edad >= 65 edad 65-74 edad 45-64 edad 15-44 edad 0-14



1.3. Fig. Defunciones acumuladas totales y por género atribuibles al defecto de temperatura en Gipuzkoa durante el periodo 2015–2023. Fuente: elaboración propia a partir de los datos del informe MoMo (ISCIII, 2024).

1.2. EVENTOS EXTREMOS

En Gipuzkoa los eventos extremos más frecuentes y que más daños, tanto económicos como personales, causan son las inundaciones fluviales. Además de estos eventos, las inundaciones pluviales, la inundación costera y el oleaje, los vientos fuertes, tormentas y deslizamientos también pueden causar daños sobre las personas. En el Anexo I del Informe de Impacto y Vulnerabilidad al Cambio Climático – Infraestructuras Críticas (Naturkima, 2022) se recogen daños causados por estos eventos.

La gravedad de los eventos extremos es función de la rapidez con la que suceden. Esto es, de la posibilidad de haber emitido avisos de alerta a la población. Los efectos directos inmediatos sobre la salud individual son las lesiones físicas, como ahogamientos, politraumatismos, hipotermia y fallecimiento. Los efectos indirectos en la salud y de más largo plazo son los derivados del impacto del evento en los medios naturales y humanos como el agua, suelo o las infraestructuras críticas (afectando, por ejemplo, a la evacuación de pacientes, daños en infraestructura sanitaria, daños en sistemas de captación y potabilización de agua) y los efectos sobre la salud mental.

Las proyecciones de cambio climático indican que los eventos extremos aumentarán su intensidad y frecuencia bajo los distintos escenarios de cambio climático (IPCC, 2021). En el caso de las inundaciones, las proyecciones para las cuencas guipuzcoanas señalan incrementos en los caudales de avenida para mayores periodos de retorno (100 y 500 años), incrementándose el riesgo de inundación en determinadas áreas (URA, 2021). Las proyecciones para los deslizamientos indican un incremento de la peligrosidad, especialmente en las zonas más elevadas en la zona central y este del territorio (DGMA-DFG, 2022). En la costa, como consecuencia del incremento del nivel medio del mar, se proyecta un mayor peligro asociado a la inundación costera y oleaje (Ihobe, 2022).

El incremento en la intensidad y frecuencia de estos eventos extremos incrementará el número de personas expuestas y los riesgos sobre infraestructuras críticas, aumentando así la posibilidad de mayores impactos en la salud.

1.3. ENFERMEDADES DE TRANSMISIÓN VECTORIAL

Las enfermedades de transmisión vectorial son enfermedades transmitidas por artrópodos (mosquitos, garrapatas, pulgas, piojos) que actúan como vectores de diferentes patógenos como parásitos, bacterias y virus.

Los cambios en el clima pueden modificar la distribución espacial y el ciclo de vida de los vectores de diferentes enfermedades infecciosas, así como de los patógenos y sus hospedadores o reservorios, y cambiar con ello los patrones de las enfermedades que transmiten. Esto es, provocar cambios en su frecuencia, distribución espacial y distribución temporal. Por ejemplo, el aumento de la temperatura influye en el metabolismo de los vectores, acelerando su ciclo reproductor y acortando el ciclo de maduración. El aumento de temperatura

además favorece que los patógenos se multipliquen más rápidamente en los vectores, acortando el periodo de incubación dentro del vector. Otras variables que influyen en el ciclo de transmisión de estas enfermedades son la humedad, precipitación o humedad del suelo.

Además de los factores climático, otros factores demográficos y sociales, por ejemplo, cambios en los usos del suelo o la movilidad global, modifican también la relación patógeno-vector-hospedador determinando la incidencia y la distribución geográfica de las enfermedades.

Estos ciclos más rápidos y cambios en la distribución geográfica incrementan el riesgo de transmisión de las enfermedades.

| VECTOR | | ENFERMEDAD CAUSADA | TIPO DE PATÓGENO |
|----------------------------|-----------|----------------------------------------------------------|--------------------------|
| MOSQUITO | Aedes | Chikungunya | Virus |
| | | Dengue | Virus |
| | | Filariasis linfática | Parásito |
| | | Fiebre del Valle del Rift | Virus |
| | | Fiebre amarilla | Virus |
| | | Zika | Virus |
| | Anopheles | Filariasis linfática | Parásito |
| | | Malaria | Parásito |
| | Culex | Encefalitis japonesa | Virus |
| Filariasis linfática | | Parásito | |
| Fiebre del Nilo Occidental | | Virus | |
| CARACOLES ACUÁTICOS | | Esquistosomiasis | Parásito |
| MOSCA NEGRA | | Oncocercosis | Parásito |
| PULGAS | | Peste Tungiasis | Bacteria Ectoparásito |
| PIOJOS | | Tifus Fiebres recurrentes | Bacteria Bacteria |
| MOSCAS | | Leishmaniasis Fiebre por flebótomos | Parásito Virus |
| GARRAPATAS | | Fiebre hemorrágica de Crimea-Congo Enfermedad de Lyme | Virus Bacteria |

1.2. Tabla. Enfermedades transmitidas por vectores. Fuente: OMS.

Algunos de estos vectores, debido tanto al cambio climático, a su capacidad de adaptación como a la globalización, se han expandido ampliamente (Brugueras et al., 2020; Gunti et al., 2021). Es el caso del mosquito tigre (*Aedes albopictus*) o del mosquito del Japón (*Aedes japonicus*), ya establecidos en Gipuzkoa (Cevidanes et al., 2023).

Además de la introducción de nuevas especies, los cambios en las condiciones climáticas también inciden

en la distribución y prevalencia de especies endémicas transmisoras de enfermedades y las enfermedades transmitidas por estas. Este es el caso de las garrapatas. Por ejemplo, en Europa y también en Gipuzkoa se ha detectado un incremento de la incidencia de la enfermedad de Lyme transmitidas por la garrapata *Ixodes ricinus* (Olafsdottir & Askling, 2022).

1.4. ESCASEZ DE AGUA, SEQUÍA Y CALIDAD DEL AGUA

El agua es un elemento esencial para la vida y parte integrante de prácticamente todas las actividades humanas diarias. Su disponibilidad y buen estado son claves en el desarrollo humano y la salud pública. El aumento del estrés hídrico y el empeoramiento de la calidad de las aguas continentales y marítimas como consecuencia de los impactos del cambio climático suponen una clara amenaza a corto, medio y largo plazo para la salud. El cuarto informe de Impacto y Vulnerabilidad al Cambio Climático en Gipuzkoa 2023 – Recursos Hídricos (Naturklima, 2023) proporciona una visión actualizada sobre el conocimiento de los impactos y riesgos ecológicos y sociales de los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos y su calidad en Gipuzkoa.

Las proyecciones de cambio climático no indican claramente un aumento en la incidencia de la sequía en el Territorio, pero sí parece que las sequías que se den en el futuro serán más intensas (URA, 2022). En cuanto a la aridez, esto es, situaciones con precipitación muy baja durante largos periodos de tiempo, los modelos climáticos indican una intensificación para distintos escenarios de cambio climático, mayor conforme avance el siglo XXI (Naturklima, 2023). En cuanto a la disponibilidad de agua, no se proyectan de media situaciones de escasez de agua, aunque sí pueden producirse en situaciones puntuales de sequía prolongada en determinados sistemas de abastecimiento de pequeño tamaño.

Por tanto, las principales afecciones a la salud podrían estar asociadas a las situaciones de aridez y sequía. Además, durante estos periodos y asociados con elevadas temperaturas y fuertes vientos puede incrementarse el riesgo de incendios, aunque el número de días con riesgo de incendio se mantiene bajo a lo largo del siglo XXI en los distintos escenarios de cambio climático (European Climate Data Explorer, 2023).

Largos periodos de sequía pueden favorecer la propagación de enfermedades transmitidas por el agua y los alimentos como enteritis por *Campylobacter* o salmonelosis por *Salmonella* (Semenza et al., 2012). Además, la sequía puede afectar a la salud mental de la población rural y dependiente del primer sector. La aridez y los incendios también empeoran la calidad del aire al incrementar la concentración de material particulado y otros contaminantes atmosféricos (sección 1.5).

La reducción de los caudales proyectados, especialmente en verano, en los ríos del Territorio, así como en la temperatura del agua continental y costera afectará a la calidad del agua, al reducir la concentración de oxígeno y favorecer la concentración de contaminantes (van Vliet et al., 2023). Estos cambios pueden desencadenar brotes de enfermedades transmisibles por el agua y movilizar diversos patógenos causantes de enfermedades como la diarrea (*Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Yersinia enterocolitica*), el cólera (*Vibrio cholerae*), la disentería (*Shigella* spp.), la fiebre tifoidea (*Salmonella typhi*) y la poliomielitis (Poliovirus). Estas enfermedades a día de hoy no suponen, a priori, un riesgo en nuestro territorio al estar asociadas a deficiencias en la potabilización y saneamiento de las aguas. Esto no quiere decir que en situaciones de desastre natural (inundaciones) no puedan producirse de forma puntual focos como consecuencia de la interrupción de los sistemas de potabilización y saneamiento de las aguas.

El incremento de la temperatura y la concentración de nutrientes puede favorecer el crecimiento masivo de algas tóxicas. Por ejemplo, durante los últimos años se han producido intoxicaciones por *Ostreopsis* (Chomérat et al., 2022), una microalga presente en nuestras playas y cuya expansión está asociada al aumento de la temperatura del mar (Drouet et al., 2022). Esta, solamente

produce toxinas cuando hay un crecimiento muy elevado. El riesgo de intoxicación por esta alga podría incrementarse en escenarios de mayor calentamiento del

agua como los proyectados.

1.5. CALIDAD DEL AIRE

El clima influye de forma directa en la calidad del aire. La emisión de contaminantes, el transporte, la dispersión, transformación química y la deposición, y con ello la concentración y geografía de los contaminantes, pueden verse influidos por variables meteorológicas como la temperatura, humedad, viento y la mezcla vertical. En general, se espera que el cambio climático empeore la calidad del aire mediante el cambio de la ventilación y dilución atmosférica, la precipitación y procesos de transformación química (Fortems-Cheiney et al., 2017; Fu & Tian, 2019). Este empeoramiento de la calidad del aire afectará directamente a la salud humana.

La exposición a la contaminación atmosférica es uno de los riesgos más importantes para la salud en Europa (OMS, 2016). Esta exposición da lugar a una amplia

gama de enfermedades, incluyendo accidentes cerebrovasculares, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, tráquea, bronquio y cáncer de pulmón, asma agravada e infecciones respiratorias inferiores (European Climate and Health Observatory, 2024).

El origen de los contaminantes atmosféricos se encuentra principalmente en las emisiones originadas por el tráfico rodado, las industrias y las calefacciones de uso doméstico. Entre los contaminantes más problemáticos para la salud en Europa destacan el ozono troposférico (O₃), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y las partículas en suspensión (PM10 y PM2.5).



14. Fig. Efecto de los contaminantes atmosféricos sobre la salud humana. Fuente: elaboración propia a partir de diversas fuentes.

En el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, se establecen los valores límites para dichos contaminantes atmosféricos. A escala europea, se acaba de aprobar en abril de 2024 la nueva Directiva sobre la calidad del aire ambiente que incluye unos nuevos valores máximos permitidos para los

contaminantes atmosféricos. Además de estas normativas, la OMS publicó en 2021 unos valores de referencia más restrictivos por debajo de los cuales se asume que, o bien no se producen efectos sobre la salud, o bien estos son mínimos.

| | PERIODO | OMS 2021 | % ESTACIONES | NUEVA DIRECTIVA | % ESTACIONES | RD 102/2011 | % ESTACIONES |
|-----------------------|---------|----------------------------------------|--------------|-------------------------------------|--------------|-------------------------------------|--------------|
| PM2.5 | Anual | 5 µg/m ³ | 7% | 10 µg/m ³ | 87% | 20 µg/m ³ | 100% |
| | Diario | 15 µg/m ³ (3 o 4 veces) | 7% | 25 µg/m ³ (18 veces) | 100% | | |
| PM10 | Anual | 15 µg/m ³ | 19% | 20 µg/m ³ | 94% | 40 µg/m ³ | 100% |
| | Diario | 45 µg/m ³ (3 o 4 veces) | 63% | 45 µg/m ³ (18 veces) | 100% | 50 µg/m ³ (35 veces) | 100% |
| O₃ | 8 horas | 100 µg/m ³ (3 o 4 veces) | 80% | 120 µg/m ³ (18 veces) | 100% | 120 µg/m ³ (25 veces) | 100% |
| NO₂ | Anual | 10 µg/m ³ | 25% | 20 µg/m ³ | 100% | 40 µg/m ³ | 100% |
| | Diario | 25 µg/m ³ (3 o 4 veces) | 13% | 50 µg/m ³ (18 veces) | 100% | | |

1.3. Tabla. Valores límite para los distintos contaminantes establecidos por la OMS (2021), la nueva directiva europea y el RD 102/2011 y el porcentaje de estaciones de la Red de Calidad del Aire en Gipuzkoa en las que se supera el valor límite según los distintos criterios en 2023.

En análisis de medidas registradas en la Red de Control de Calidad del Aire de Euskadi indica que en los últimos años se ha producido una reducción en todos los contaminantes en el Territorio y que se han cumplido los valores límite y objetivos establecido en el RD 102/2011,

relativo a la mejora de la calidad del aire. Sin embargo, al considerar los valores límite recomendados por la OMS, estos se sobrepasan en un gran número de estaciones y días del año, especialmente en el caso de la fracción más pequeña del material particulado.

1.5.1. OZONO TROPOSFÉRICO

El ozono troposférico destaca por su amplia distribución y por sus efectos sobre la salud. Altos niveles de ozono causan problemas respiratorios, desencadenan asma, reducen la función pulmonar y causan enfermedades pulmonares (OMS, 2008). La mortalidad atribuible a este contaminante en Gipuzkoa en el periodo 2000–2009 es de 1.197 muertes (Jiménez & Gil, 2018).

A nivel superficial, este contaminante se forma principalmente en verano por el efecto combinado de la radiación solar y ciertos precursores, como óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV_s)

provenientes de la quema de combustibles.

Estos precursores producen niveles elevados de ozono en el Territorio en condiciones meteorológicas de cielos despejados, intensa radiación solar, altas temperaturas y ausencia de viento. Los niveles más altos se registran entre mayo y septiembre en las horas centrales del día, con mayor radiación solar. Por ejemplo, durante la ola de calor de julio de 2022 se superaron los valores umbral del RD102/2011 de calidad del aire en numerosas estaciones del territorio.

| FECHA | CONCENTRACIONES DE O ₃ (G/M ³) | | | | | | | | | |
|------------|-------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | PAGOETA | USURBIL | ZUBIETA | LASARTE | AVDA. TOLOSA | PUIO | JAIZKIBEL | AZPEITIA | ZUMARRAGA | ANDOAIN |
| 11/07/2022 | | (131) | (140) | (137) | | | | | | 126 (142) |
| 12/07/2022 | 127 (136) | | | | | | 123 (137) | | | 124 (135) |
| 13/07/2022 | 128 (141) | 123 (137) | 124 (132) | 126 (134) | | | 131 (148) | | | (145) |
| 14/07/2022 | 126 (131) | 130 (144) | 130 (134) | 127 (137) | (132) | (133) | 143 (143) | 122 (133) | 125 (134) | 140 (154) |
| 15/07/2022 | | | | | | | 135 (142) | | 122 (139) | |
| 16/07/2022 | 130 (148) | 134 (144) | 135 (148) | 141 (153) | 130 (139) | 125 (132) | 158 (174) | 129 (142) | | 144 (166) |
| 17/07/2022 | 142 (154) | 139 (146) | 138 (146) | 141 (150) | 130 (150) | 123 (139) | 148 (145) | 123 (137) | | 147 (161) |
| 18/07/2022 | 122 (169) | (155) | 130 (168) | 129 (166) | 124 (155) | (146) | 135 (159) | | | 122 (162) |

1.4. Tabla. Concentraciones de ozono octohorarias y máximos en 1 h registrados en las estaciones de calidad del aire entre el 11 y 18 de julio de 2022 en las estaciones de calidad del aire del territorio. El dato entre paréntesis se corresponde con el valor máximo en 1 h alcanzado durante ese día (O₃, 1h). Fuente: Red de Control de Calidad del Aire de la CAPV.

La evolución futura del ozono a nivel troposférico se verá influida por cambios en la emisión de COV_s y NO_x . Por ello, se obtienen grandes diferencias en las estimaciones para lo que queda de siglo en función del escenario de emisiones de gases de efecto invernadero considerado (Revell et al., 2015; Archibald et al., 2020).

La mayor probabilidad de olas de calor durante el verano puede dar lugar a un aumento de los picos de concentración de ozono troposférico. El aumento de la temperatura en verano y de la radiación solar también acelerarán el proceso de formación de ozono. Las emisiones de COV_s se incrementarán con veranos más cálidos (Langner et al., 2012), pero también se reducirán por mayores niveles de CO_2 (Szopa et al., 2021). El incremento de los incendios forestales también puede incrementar la concentración

de los precursores de ozono (Parrington et al., 2013). En general se proyectan descensos de los principales precursores, provocando un descenso a largo plazo (Karogodin-Doyennel et al., 2023).

Para Europa, las proyecciones indican un mayor impacto en la salud del ozono debido al cambio climático y al aumento de la población susceptible. Sin embargo, debido a la reducción de la emisión de los precursores, se estima una reducción en el impacto en la salud a partir de 2050 (Orru et al., 2019). Debido a la relación de la concentración de ozono con las altas temperaturas, el riesgo para la salud de ozono podría combinarse con un mayor riesgo debido a la exposición al calor.

1.5.2. DIÓXIDO DE NITRÓGENO

El dióxido de nitrógeno (NO_2) es un contaminante atmosférico de origen principalmente antropogénico, cuyas principales fuentes de emisión son el tráfico rodado, las emisiones de determinadas industrias y las grandes instalaciones de combustión. Así, las concentraciones más elevadas en el Territorio se producen en la proximidad de las vías de comunicación con mayor intensidad de tráfico.

El N_2O se forma principalmente por reacción en la atmósfera con el monóxido de nitrógeno (NO) proveniente de la combustión incompleta en los motores de

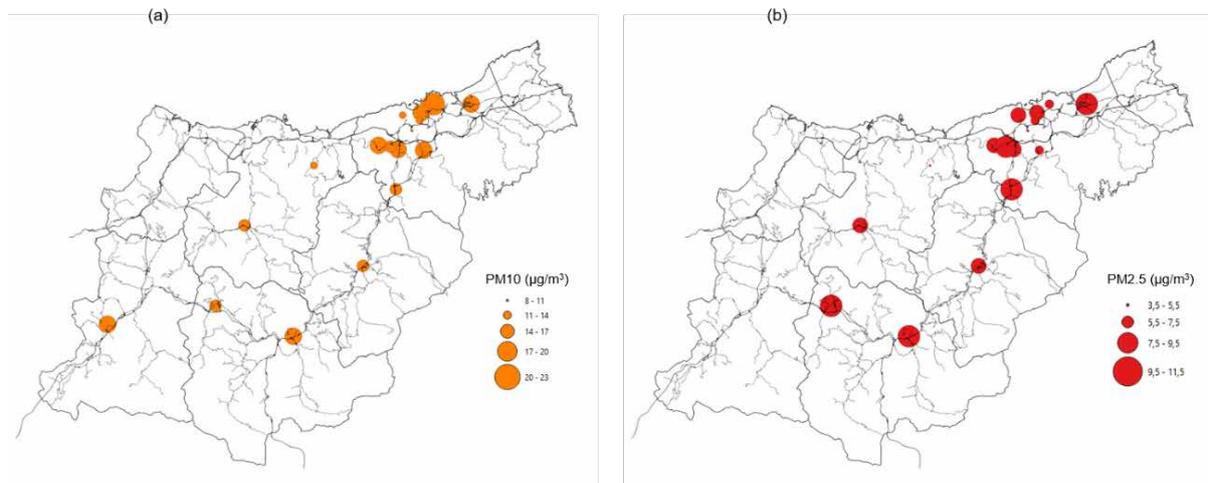
combustión interna. Los principales efectos de la exposición a este contaminante son de tipo pulmonar, al provocar irritación y disminución de su capacidad funcional. Las muertes atribuibles a este contaminante en el Territorio en el periodo 2000–2009 son 979 (Jiménez & Gill, 2018).

No se espera que los niveles de concentración de este contaminante estén influidos por el cambio climático (European Climate and Health Observatory, 2024).

1.5.3. MATERIAL PARTICULADO

El material particulado o partículas en suspensión abarca una amplia gama de sustancias de tamaño reducido (diámetro inferior a $500 \mu\text{m}$). Debido a la incidencia en la salud y el medio ambiente se analizan dos fracciones de material particulado, (1) PM_{10} , que es el material particulado cuyo diámetro es menor de $10 \mu\text{m}$, y (2) $\text{PM}_{2.5}$, que es el material particulado cuyo diámetro es menor de $2,5 \mu\text{m}$.

La exposición a material particulado se asocia con más síntomas respiratorios, disminución de la función pulmonar, de la maduración y el desarrollo pulmonar, desarrollo de bronquitis crónica y empeoramiento del asma (Joshi et al., 2020).



1.5. Fig. Concentración promedio anual de (a) PM10 y (b) PM2.5 en las estaciones de calidad del aire de Gipuzkoa en 2023. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la Red de Control de Calidad del Aire de la CAPV.

El material particulado puede tener un origen natural (ej. aerosol marino, mineral, polen, incendios) o antropogénico (tráfico, industria, obras, calefacciones domésticas). Además de estas fuentes directas, puede formarse por transformaciones químicas a partir de precursores como nitratos, sulfatos o por condensación de compuestos orgánicos volátiles. La variabilidad meteorológica interanual y la orografía del terreno puede condicionar la acumulación de material particulado. Por ejemplo, en los valles guipuzcoanos durante el invierno y otoño se favorece su acumulación bajo condiciones climáticas estables, vientos débiles y la ausencia de precipitación (Lertxundi et al., 2010).

Se prevé que la concentración de partículas en el aire aumente ligeramente en el futuro, aunque con cierta incertidumbre (Doherty et al., 2017; Park et al., 2020). Estos

incrementos se asocian al impacto de cambio climático sobre los precursores naturales del material particulado, como es el aumento de incendios forestales y las emisiones de sal marina. Además, el incremento de la temperatura favorece las emisiones agrícolas (Geels et al., 2015) y la producción a partir de otros precursores (Megaritis et al., 2014). Además, la reducción de la precipitación reducirá la dilución y deposición del material particulado, incrementando su concentración atmosférica (Doherty et al., 2017). En las zonas urbanas se pueden producir ciertas reducciones debido a la reducción de las emisiones directas como consecuencia de la electrificación de la movilidad y transporte y la puesta en marcha de las zonas de bajas emisiones.

1.6. AEROALÉRGENOS

Los impactos del cambio climático en las enfermedades alérgicas respiratorias como el asma y la rinitis alérgica es uno de los efectos indirectos del cambio climático en la salud. Estos impactos se producen a través de los cambios inducidos en el polen y las esporas de hongo por el cambio climático. Se cree que la sensibilidad al polen está aumentando a medida que cambia el clima. La severidad de la respuesta alérgica depende de condicionantes climáticos y geográficos (Damialis et al., 2019; Bousquet et al., 2020), aunque se agrava en combinación con altos niveles de contaminantes atmosféricos (Pérez-Badia et al., 2011; Todkill et al., 2020).

El cambio climático está provocando cambios fenológicos en las especies productoras de polen provocando cambios en la estacionalidad. Es decir, cambios en las fechas de inicio y fin de la estación polínica y en su duración total. Cuanto mayor sea esta estación, mayor será la exposición a los alérgenos. Además, los cambios

en las condiciones climáticas también afectan a la distribución espacial de las plantas productoras, introduciéndose con ello nuevos alérgenos; cambios en la producción de polen y por tanto su concentración atmosférica o cambios en la alergenidad del polen, inducidos por la interacción con otros contaminantes atmosféricos.

Los impactos inducidos por el cambio climático en la estacionalidad del polen, su concentración y alergenidad se espera que incrementen la exposición de la población a alérgenos bajo los distintos escenarios de cambio climático, incrementando el riesgo de las enfermedades alérgicas respiratorias. Bajo un escenario intermedio de emisiones GEI (RCP4.5) se proyecta que la sensibilidad al polen se extienda por toda Europa y aumente en algunos países hasta el 200 % para 2050 (Lake et al., 2017).

1.7. SALUD MENTAL

El cambio climático tiene un impacto significativo, tanto directo como indirecto, sobre la salud mental y bienestar psicosocial. Determinantes ambientales, sociales y económicos de la salud mental (calidad del aire, cantidad y calidad del agua, seguridad alimentaria, ingresos y medios de vida, cambios en los ecosistemas) se pueden ver negativamente afectados por el cambio climático. Estos cambios pueden dar lugar a situaciones de angustia emocional, el desarrollo de nuevas condiciones de salud mental y el empeoramiento de la situación para las personas que ya viven con estas condiciones.

Los peligros climáticos que pueden afectar a la salud mental de las personas incluyen tanto los ligados a los eventos extremos, como olas de calor, inundaciones, incendios forestales, embates de mar, así como los cambios más graduales como las sequías, el aumento de la temperatura o la subida del nivel del mar. Los efectos de estos cambios como la inseguridad económica, el desplazamiento, la inseguridad alimentaria y del agua.

Todos estos impactos pueden exacerbar las enfermedades mentales existentes como la psicosis, el desarrollo de trastornos como el estrés postraumático, factores estresantes en la salud como el dolor, la preocupación, la ansiedad y el trauma.

El conocimiento y la concienciación sobre la amenaza al cambio climático también puede afectar a la salud mental y bienestar, dando lugar a respuestas emocionales y conductuales, como preocupación, dolor, ansiedad, ira, desesperanza o miedo. En torno a esto han surgido términos como la *ecoansiedad* o ansiedad climática, esto es, el miedo constante al cambio climático y sus repercusiones. En muchos casos, estas reacciones pueden representar una respuesta comprensible y congruente a la crisis climática, pero en los casos más graves puede desembocar en crisis de ansiedad o síndromes depresivos.

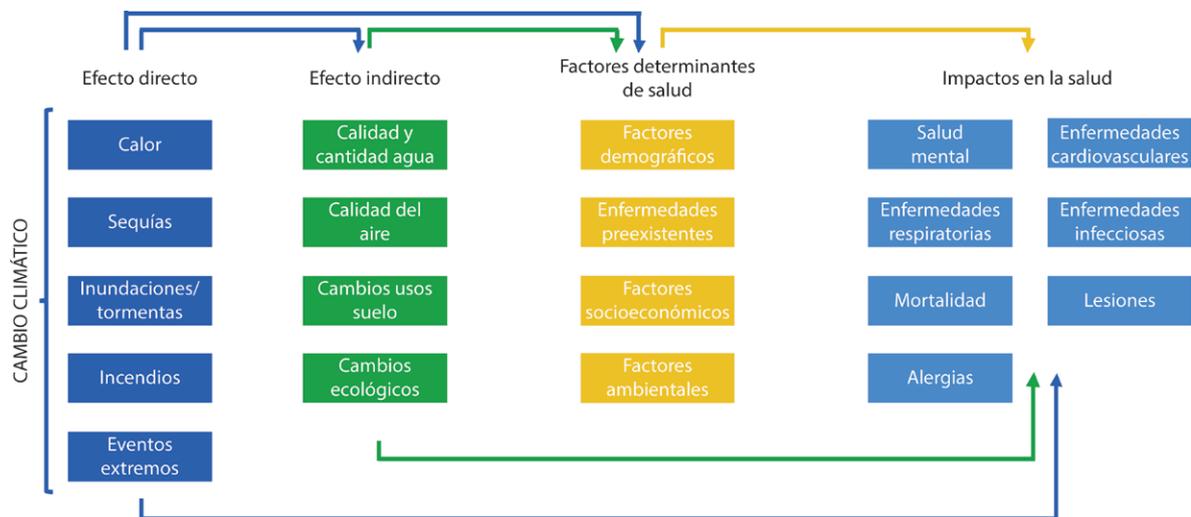
2. VULNERABILIDAD Y RIESGO: METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

El cambio climático afecta directamente a la salud humana a través de la exposición a fenómenos de calor y frío extremos, sequías y tormentas, o indirectamente por cambios en la calidad del aire, la disponibilidad y calidad de agua y alimentos o cambios en la distribución y reproducción de vectores transmisores de enfermedades. En el capítulo 1 se realiza una revisión de los principales impactos del cambio climático sobre la salud.

En Europa, los principales efectos para la salud están relacionados con los fenómenos meteorológicos extremos (incluidas las temperaturas extremas durante las olas de calor e inundaciones), los cambios en la distribución de enfermedades sensibles al clima (como enfermedades transmitidas por vectores infecciosos) y los cambios en las condiciones ambientales y sociales (EU Climate Policy). En este último sentido, el envejecimiento de la población, la elevada tasa de urbanización y los cambios en los patrones de desigualdad social contribuyen a que la región europea sea especialmente vulnerable a los riesgos para la salud relacionados con el clima y se prevé que, sin una adaptación adecuada, los impactos en la salud aumenten sustancialmente (EEA, 2022; Romanello e tal., 2023). Por ello, es necesario proyectar los niveles de riesgo a los que

las personas pueden verse expuestas en distintos escenarios de cambio climático y poder implantar así las acciones preventivas más adecuadas.

El riesgo para la salud física y mental se asocia con una gama de peligros o amenazas climáticas que se manifiestan en una variedad de escalas temporales. En el IPCC-AR6 se identifican 28 impulsores o 'drivers' de impacto climático (cambios tanto en los valores medios como en la variabilidad, frecuencia e intensidad de extremos). Estos se agrupan en seis categorías principales: (1) calor y frío, (2) húmedo y seco, (3) viento, (4) nieve y hielo, (5) costa y (6) océano. Todos ellos pueden afectar a la salud de las personas directamente (ej. olas de calor o frío extremo, inundaciones), o indirectamente al contribuir a cambios medioambientales como la formación de contaminación atmosférica, el aumento de incendios forestales y alteraciones en los ecosistemas que, a su vez, provocan la aparición de nuevas enfermedades. Además de los efectos directos e indirectos, también pueden influir en factores demográficos, económicos y sociales (factores determinantes sociales de la salud) que determinan también el impacto final en la salud (Bélanger et al., 2015; Ellena et al., 2020).



2.1. Fig. Relación entre cambio climático y salud.

El calor extremo es cada vez más común, exponiendo a gran parte de la población al estrés térmico. Por ejemplo, las olas de calor sucesivas registradas en el verano de 2022 en Europa se han relacionado con entre 60.000 y 70.000 muertes prematuras. A escala europea, se ha

identificado el calor como el mayor y más urgente peligro climático para la salud humana y las olas de calor como una de las cuatro principales amenazas climáticas para la adaptación (Euclimate risk assessment, 2024).

Además del efecto en la mortalidad, el incremento de la temperatura media en verano, junto con los inviernos más suaves, las inundaciones más frecuentes y las sequías más prolongadas están creando condiciones más favorables para la propagación, hacia mayores latitudes, de los vectores capaces de transmitir enfermedades infecciosas como el dengue, la chikunguña o el zika. Algunas de estas enfermedades se encuentran entre las mayores amenazas para la salud pública a escala global, causando millones de casos y muertes anualmente (WHO, 2019).

El análisis de la vulnerabilidad y riesgo de la salud de la población ante estos cambios y los impactos que pueden ocasionar en la salud, permitirá identificar aquellos puntos del territorio y la población más sensible a estos cambios y con una menor capacidad de adaptación y con ello poder tomar las medidas de adaptación más adecuadas en cada caso concreto. Considerando estos datos y las proyecciones regionalizadas en numerosos estudios, entre todas las amenazas del cambio climático, este informe se ha centrado en el análisis de la vulnerabilidad y riesgo para la salud de la población (1) por **incremento de las temperaturas** y (2) por **la mayor área de distribución de vectores infecciosos** bajo distintos escenarios de cambio climático.

El análisis de la vulnerabilidad y riesgo se ha realizado de acuerdo al marco conceptual fijado en el IPCC-ADR5 (2014) y mantenida en el IPCC-AR6 (2022). En él, el riesgo se define como el potencial de consecuencias adversas para los sistemas humanos o ecológicos, en este caso sobre la salud de las personas (mortalidad, probabilidad de desarrollar una enfermedad), reconociendo la diversidad de valores y objetivos asociados a dichos sistemas. El riesgo climático, a su vez, puede ser entendido como el resultado de la interacción entre tres componentes: amenaza o peligro, exposición y vulnerabilidad. Este marco de

análisis pone de relieve el hecho de que el riesgo no se debe únicamente a las amenazas climáticas, sino que es el resultado de interacciones complejas entre el peligro y la exposición y la vulnerabilidad de la población.

La amenaza o peligro se define como la posible ocurrencia de eventos físicos o tendencias relacionados con el clima, o su impacto físico, con el potencial de afectar negativamente a la salud humana. En este estudio las amenazas analizadas son el incremento de las altas temperaturas y los cambios en la distribución de vectores infecciosos, que a su vez dependen de factores climáticos. La exposición se define como la presencia de personas en lugares y entornos que podrían verse negativamente afectados ante la amenaza analizada. La vulnerabilidad se refiere a la probabilidad o predisposición a un resultado adverso para la salud (ej. mortalidad o desarrollo de enfermedad). La vulnerabilidad depende por tanto de las características intrínsecas del receptor del posible impacto (demográficos, económicos, sociales, institucionales, locales), y es función de la sensibilidad, o susceptibilidad al daño, y de la ausencia de una capacidad de respuesta y adaptación ante dicho impacto. El cambio climático puede afectar a todas estas componentes del riesgo, al modificar los efectos directos sobre la existencia y el nivel de peligro y con ello, la exposición y, al aumentar o disminuir la sensibilidad de la población y condicionar así la capacidad de adaptación.

Dado que estas interacciones son dependientes del contexto local, es necesario realizar la evaluación del riesgo a escala local para considerar los cambios en la exposición y vulnerabilidad de la población y poder así adoptar a esta escala local las medidas de adaptación más adecuadas.



2.2. Fig. Interacciones entre peligro, exposición y vulnerabilidad que generan impactos en la salud. Figura modificada de Cissé et al. (2022).

El riesgo se ha analizado de forma semicuantitativa basada en indicadores. Para poder caracterizar las distintas componentes del riesgo se han seleccionado una serie de indicadores de amenaza, exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Estos se han seleccionado específicamente para cada uno de los riesgos analizados (temperaturas altas y vectores infecciosos), los más adecuados en cada caso según la revisión de la literatura. Además, se han considerado criterios de calidad de la información, cobertura espacial, máxima disponibilidad para la escala espacial de estudio o actualidad de la información. Los distintos indicadores de cada componente se han agregado para obtener unos nuevos índices compuestos de amenaza, exposición y vulnerabilidad y finalmente un índice compuesto de riesgo.

El riesgo se ha analizado para cuatro horizontes temporales de impacto: histórico 1971-2000, 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 bajo los escenarios de cambio climático, RCP4.5 y RCP8.5. La escala espacial de análisis ha sido la sección censal, la mínima unidad administrativa para la que se han obtenido datos. Su tamaño depende de la población, pudiendo ser muy pequeñas en las zonas urbanas con alta densidad y mayores en las zonas rurales con menor densidad de población. En general, abarcan una población de entre 1.000 y 2.500 residentes, excepto en el caso de que el municipio completo tenga una población inferior. En Gipuzkoa, hay un total 560 secciones censales, con una población media de 1.318 habitantes y una densidad media de 14.712 habitantes por hectárea.

2.1. PELIGRO O AMENAZA CLIMÁTICA

Los peligros relacionados con el clima se refieren a procesos físicos complejos que presentan distintas escalas espacio-temporales y que cambian continuamente en relación al espacio en el que se producen (desde una sección censal a la escala global) y en el tiempo en el que pueden ocurrir (de segundos a siglos). A la hora de analizar los peligros climáticos es necesario por tanto tener en cuenta la escala y analizar tanto los cambios en los eventos extremos como las tendencias.

Para caracterizar el peligro o amenaza climática es fundamental identificar las principales variables climáticas que puedan estar relacionadas con los riesgos que se van a analizar. Una vez identificadas estas variables, es importante también conocer la situación climática actual y su tendencia reciente y las proyecciones futuras bajo escenarios de cambio climático, de modo que puedan ayudar a caracterizar la relevancia de los peligros climáticos en diferentes horizontes temporales.

Las dos amenazas analizadas en este estudio son los cambios esperados por temperaturas elevadas y por los vectores infecciosos. En el caso de las temperaturas elevadas, además del incremento de la temperatura media y máxima, existen otras variables que también influyen en el posible impacto del calor sobre la salud, como puede ser la frecuencia de olas de calor, la duración de la ola de calor (a mayor duración mayor impacto sobre la mortalidad; Gasparrini & Armstrong, 2011) o el número de olas de calor en el año (las primeras olas de calor tienen mayor impacto sobre la mortalidad; Montero et al., 2012).

En el caso de los vectores, las condiciones climáticas, en concreto la temperatura y precipitación, determinan la presencia y abundancia de vectores, al condicionar la distribución espacial, tasa de supervivencia y reproducción (a mayor temperatura mayor tasa de supervivencia, aceleración del ciclo de vida, distribución hacia mayores latitudes; la precipitación necesaria para la reproducción), y el desarrollo de la enfermedad, al condicionar el desarrollo de los patógenos e infección (a mayor temperatura mayor periodo de actividad y aceleración de replicación del patógeno) (Colón-Conzález et al., 2021; Semenza & Paz, 2021). En este caso el estudio se ha centrado en los cambios en la distribución geográfica potencial de los vectores infecciosos.

Para analizar los efectos que provocará el cambio climático en los impulsores del impacto climático se suelen utilizar los resultados de los modelos climáticos globales que permiten obtener los pronósticos climáticos del futuro. Estos modelos, denominados modelos de circulación general (GCMs por sus siglas en inglés), son modelos matemáticos que simulan numéricamente las interacciones entre la atmósfera, los océanos, los hielos y el relieve terrestre. Aunque el principal forzamiento de los GCMs es la radiación solar, todos los modelos son también forzados con concentraciones de gases atmosféricos, tanto de origen antropogénico como natural. Debido al desconocimiento acerca de la posible evolución futura de la situación socioeconómica global, que afecta al sistema climático de diversas formas, en los GCMs estos cambios se modelan mediante escenarios sintéticos de emisiones de gases de efecto invernadero y cambios de usos del suelo, que proporcionan situaciones de referencia para la simulación, de acuerdo con distintos escenarios plausibles de desarrollo socioeconómico. En este informe se han utilizado los principales escenarios de cambio climático definidos en el IPCC-AR5, RCP4.5 y RCP8.5 (Representative Concentration Pathways, RCP), con el objetivo de abarcar el espectro más razonable en función de la evolución reciente de emisiones de GEI y por ser los escenarios disponibles para el territorio. Estos escenarios RCP se caracterizan por su forzamiento radiativo total para el año 2100, 4,5 W/m² y 8,5 W/m², respectivamente. El conjunto de escenarios RCP4.5 se corresponde con escenarios en los que se produce una transformación del modelo económico en las próximas décadas, situando el pico de emisiones de gases de efecto invernadero aproximadamente en 2050. En cambio, los escenarios RCP8.5 consideran que las emisiones de gases de efecto invernadero seguirán aumentando durante todo el siglo, situando el pico de emisiones a finales de este siglo o inicios del siguiente. Bajo el escenario RCP4.5, el incremento de la temperatura del aire global media en superficie alcanzaría los 2°C y en el escenario RCP8.5 los 4°C.

Para analizar como el cambio climático afectará a la distribución de las distintas especies de vectores, se ha utilizado un programa para la modelización de la distribución geográfica de las especies.

Partiendo de las condiciones climática actuales y las proyecciones generadas por los GCMs para los distintos escenarios indicados, se ha utilizado un modelo de nicho ecológico que permite modelar las condiciones ambientales que reflejan el nicho ecológico de las especies a través de una representación matemática de las condiciones presentes en su rango de distribución. Este utiliza de partida la distribución actual de los distintos vectores y las condiciones climáticas actuales para determinar las condiciones climáticas que establecen su distribución y para las proyecciones a futuro las proyecciones climáticas generadas por los GCMs para proyectar su distribución potencial bajo escenarios de cambio climático.

Para la evaluación del riesgo, se han analizado en detalle la evolución histórica y las proyecciones bajo escenarios de cambio climático de indicadores climáticos y su impacto en los principales vectores infecciosos. Se ha analizado en concreto estas condiciones climáticas para cuatro horizontes temporales de impacto: histórico 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 bajo los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. En función de estos análisis se han seleccionado los indicadores más relevantes para caracterizar el peligro en cada uno de los riesgos analizados.

2.2. EXPOSICIÓN

La exposición viene determinada por la presencia de personas en lugares en los que podrían verse afectadas de forma adversa por una amenaza climática.

En este caso se ha considerado que toda la población está igualmente expuesta a los riesgos derivados

del cambio climático. Con ello, el indicador de exposición considerado ha sido la densidad de la población en la sección censal. Se considera que este indicador no varía en el tiempo.

2.3. VULNERABILIDAD

Es importante caracterizar la vulnerabilidad ya que es la componente del riesgo sobre la que se podrán aplicar medidas de adaptación concretas que atenúen la vulnerabilidad y que puedan minimizar el riesgo ante el peligro analizado.

La vulnerabilidad de la salud a los efectos del cambio climático depende de las características intrínsecas de la persona y su entorno y, a su vez, depende de la sensibilidad o susceptibilidad al daño, por una parte, y de la ausencia de respuesta y medidas de adaptación ante dicho impacto. Esto depende básicamente de características poblacionales, características ambientales y del medio construido y características socioeconómicas:

- Características de la población: edad, dependencia, enfermedades previas, etc.
- Características ambientales y del medio construido: porcentaje de superficie verde disponible, suelo artificializado, etc.

- Características socioeconómicas: densidad urbana, densidad viviendas, renta per cápita, educación, aislamiento social, condiciones de la vivienda, movilidad, calidad y disponibilidad servicios sanitarios, etc.

Para poder caracterizar las distintas componentes de la vulnerabilidad (sensibilidad y capacidad de adaptación) se han seleccionado una serie de indicadores para cada uno de los factores que la determinan de forma específica (demográficos, económicos, vivienda, ambientales, etc.), y para cada uno de los riesgos sobre la salud analizados (temperaturas altas y vectores infecciosos). Los indicadores que, de acuerdo con la literatura, aumentan inequívocamente la vulnerabilidad de las personas expuestas a medida que su valor/magnitud aumenta se han clasificado como indicadores de sensibilidad; inversamente, los indicadores que reducen la vulnerabilidad al aumentar su valor/magnitud se han clasificado como indicadores de capacidad adaptativa. En los capítulos donde se muestran los resultados del análisis del riesgo se incluyen los indicadores considerados en cada caso.

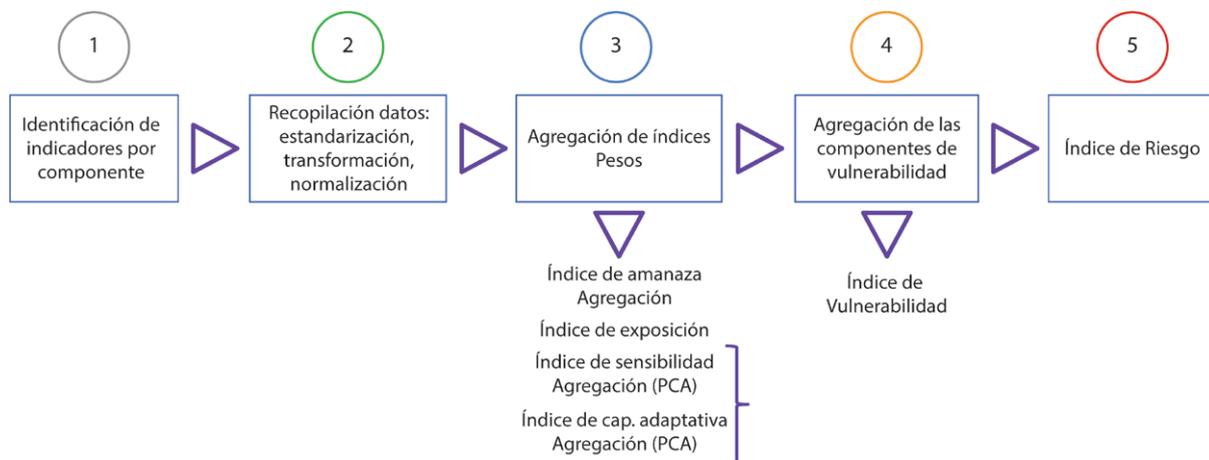
La vulnerabilidad se ha cuantificado a nivel de sección censal y se ha considerado estática a lo largo del tiempo, suponiendo que no se producirán cambios en los factores de susceptibilidad de la población y que no se tomarán medidas adicionales para reducir el impacto.

Esto, aunque poco realista, reduce el número de supuestos cuya incertidumbre podría ser grande y no cuantificable, especialmente con respecto a la evolución futura de la capacidad de adaptación.

2.4. RIESGO SOBRE LA SALUD: METODOLOGÍA

La metodología adoptada para el análisis de la vulnerabilidad y riesgo ha seguido los métodos propuestos en trabajos similares en los que se analiza el riesgo regional a escala pequeña (GIZ & EURAC, 2017; IPCC, 2022). El análisis del riesgo involucra un resultado cuantitativo por sección censal, basado en la interacción de tres factores

principales: Amenaza, Exposición y Vulnerabilidad. Este análisis del riesgo se ha realizado por separado para los dos riesgos analizados (impacto de las altas temperaturas y de los vectores infecciosos) siguiendo en ambos casos la siguiente metodología:



2.3. Fig. Metodología seguida para la evaluación del riesgo. Fuente: elaboración propia.

El primer paso consiste en la recolección de datos más adecuados y actualizados para cada indicador relacionado con cada una de las componentes del riesgo. Se han utilizado datos públicos procedentes de fuentes oficiales y que tienen una cobertura total para el conjunto de secciones censales del territorio. Después de recopilar y analizar los datos, estos se han sometido a una serie de tratamientos y test estadísticos que permiten su comparación y evaluación (normalización, estandarización y re-escalado). Estos tratamientos estadísticos permiten la agregación de los distintos indicadores en cada una de las componentes. Los indicadores re-escalados de sensibilidad y capacidad adaptativa se han agregado para

generar los respectivos índices compuestos de sensibilidad y capacidad adaptativa y, posteriormente a partir de la agregación de estos, se ha obtenido el índice compuesto de vulnerabilidad. A su vez, se han agregado los distintos indicadores de amenaza para obtener el índice compuesto de amenaza.

En el caso del índice compuesto de amenaza, los indicadores se han agregado mediante una agregación geométrica asignando pesos iguales a los respectivos indicadores. En el caso de los índices de sensibilidad y de capacidad adaptativa la agregación geométrica ponderada se ha realizado asignando pesos diferentes a los

respectivos indicadores individuales. Estos pesos se han obtenido por medio de técnicas estadísticas, análisis de componentes (PCA, por sus siglas en inglés), minimizando así la redundancia de información, y reduciendo también la subjetividad en la elección de sus valores. Siguiendo lo propuesto por Tapia et al. (2017), se ha determinado la vulnerabilidad como el cociente entre el índice de sensibilidad y el índice de capacidad adaptativa, una vez

estandarizados y re-escalados cada uno de los índices. Una vez determinados los índices de vulnerabilidad, estos también se han estandarizan y re-escalado.

Por último, para obtener el índice de riesgo en cada una de las secciones censales, a partir de los índices estandarizados de amenaza, exposición y vulnerabilidad, se ha aplicado la siguiente formula:

$$Riesgo = \sqrt[3]{Amenaza * Exposición * Vulnerabilidad}$$

El producto resultante de los tres factores da como resultado un único valor de riesgo por sección censal y para cada impacto en cada uno de los horizontes temporales y escenarios analizados. Estos valores se normalizan y categorizado en 4 clases sobre la base del método de intervalos de cuantil.

Destacar que únicamente se pueden establecer comparaciones entre los elementos evaluados en cada

análisis, esto es, los resultados se presentan como una ponderación relativa entre los elementos comparados. Por tanto, el valor del índice de riesgo nunca deberá ser tomado como un dato cuantitativo individual que pueda compararse con otras regiones o con otros estudios en los que se hayan podido emplear distintos indicadores.

3. VULNERABILIDAD Y RIESGO PARA LA SALUD DE LA POBLACIÓN POR INCREMENTO DE LA TEMPERATURA

3.1. AMENAZAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO: CALOR. TENDENCIAS OBSERVADAS Y PROYECCIONES EN ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO DE INDICADORES CLIMÁTICOS

El proceso de análisis del riesgo debe comenzar por un conocimiento detallado de las condiciones climáticas actuales y de las posibles tendencias climáticas futuras. Estas últimas podrán suponer un mayor grado de amenaza o peligro para la salud bajo los diferentes escenarios de cambio climático. La exposición y la vulnerabilidad a los factores climáticos, como los eventos climáticos extremos incluidos los relacionados con el incremento del calor, modulan el riesgo de efectos adversos de los conductores o factores de impacto climático. Por ejemplo, los cambios proyectados en los extremos para mayores niveles de calentamiento conducen a cambios en los impactos

como consecuencia directa de cambios en la magnitud y frecuencia de la amenaza, y también por su influencia en la exposición y la capacidad de resiliencia.

Para poder analizar el riesgo asociado al calor y las temperaturas extremas en la población, debemos conocer cuál es la tendencia observada en los extremos de calor, incluidas las olas de calor, y como evolucionarán de aquí a finales de siglo bajo distintos escenarios de cambio climático.

3.1.1. DATOS: ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO Y OBSERVACIONES

En este estudio se han utilizado las proyecciones regionalizadas más adecuadas disponibles para nuestra región. Para obtener resultados más representativos, se han utilizado proyecciones para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 y para tres periodos futuros de impacto de 30 años cada uno: el corto plazo (2011–2040), medio plazo (2041–2070) y largo plazo (2071–2100). Se suele asumir que en cada uno de estos periodos las variables que se emplean para caracterizar el clima tienen un valor estacionario. Los plazos seleccionados proporcionan una cobertura suficiente de los periodos de tiempo a lo largo del siglo, incluyendo una estimación razonable de los impactos a finales del siglo.

Se ha evaluado el impacto de distintas proyecciones climáticas disponibles con objeto de recoger la incertidumbre asociada a las simulaciones climáticas y expresar así mejor el impacto del cambio climático. Para este análisis se han utilizado principalmente los escenarios climáticos regionalizados de alta resolución elaborados para la CAPV en distintos proyectos:

- Proyecto ESCENARIOS: ‘Elaboración de escenarios regionales de cambio climático de alta resolución sobre el País Vasco’ (2016). En este proyecto, realizado para Ihobe (Sociedad Pública de Gestión Ambiental), participaron Neiker y Predictia Intelligent Data Solutions S. L.
- Proyecto ESCENARIOS II: ‘Escenarios de cambio climático de alta resolución para el País Vasco. Fase II: Datos diarios con metodología de corrección de sesgo’ (2017). En este proyecto, realizado para Ihobe (Sociedad Pública de Gestión Ambiental), participaron Neiker, Tecnalia y el Grupo de Meteorología de Santander (IFCA-MACC, CSIC-UC).
- Proyecto URBAN KLIMA 2050 (‘Systemic implementation of the CC action in the Basque Country for increased urban resilience as full territory enabler’).

El análisis se ha completado con el estudio de las tendencias históricas observadas. Para ello, se han utilizado

las series históricas de los observatorios de Igeldo y Hondarribia-Malkarroi (AEMET) por ser las que disponen de series históricas más largas (análisis del periodo 1971–2023). Además, se han utilizado los datos diarios de temperaturas extremas de rejilla ROCIO_IBEB de AEMET, de aproximadamente 5 km, para el periodo 1970–2022 (AEMET, 2024) y las estaciones meteorológicas con series más cortas, disponibles para el territorio. La significación de las tendencias se ha evaluado mediante el test no paramétrico de Mann-Kendall modificado para series autocorreladas (Mann, 1945; Kendall, 1975; Hamed & Rao, 1998), con el nivel de significación estadística calculado en un 5 %, y la magnitud lineal del cambio mediante el método de Sen (Sen, 1968).

De los distintos impulsores o ‘drivers’ de impacto climático identificados en el último informe del IPCC, sobre las bases físicas del cambio climático (IPCC-AR6, 2021), se han analizado las tendencias y proyecciones futuras para distintos índices climáticos relacionados con el calor y, más en concreto, con el calor extremo.

En la literatura, un evento se considera extremo si el valor de una variable supera un umbral. Sin embargo, no existe consenso a la hora de definir los umbrales concretos que determina la ocurrencia de ola de calor. Estos umbrales se han definido en los distintos trabajos de diferentes formas, dando lugar a diferencias en el significado de los extremos. En el análisis de los extremos de calor y su relación con la salud (mortalidad principalmente), existen dos tendencias diferenciadas, las que utilizan criterios estrictamente climatológicos, como por ejemplo cuando la temperatura máxima diaria supera el percentil 95 de las series de temperatura máxima en los meses de veranos (Montero et al., 2020), y los basados en estudios epidemiológicos centrados en la relación mortalidad-temperatura, en los que indirectamente se consideran otros factores socioeconómicos y demográficos que determinan la temperatura a partir de la cual se incrementa bruscamente la mortalidad por causa de la misma (Montero et al., 2020).

En el caso de los umbrales fijados en base a datos climatológicos, se utilizan dos tipos de criterios para su definición: (1) basados en los cambios en la frecuencia para una determinada magnitud de los extremos (un umbral fijo por encima del cual se consideran condiciones extremas, ej. TX > 30 °C) y (2) basados en los cambios en la magnitud para un determinado umbral relativo (ej. percentil 90). El primer enfoque permite identificar e interpretar de forma más sencilla la ocurrencia de un evento extremo. Sin embargo, un determinado umbral fijo no implica condiciones extremas en distintas regiones, dificultando la comparación, y además permiten reflejar la aclimatación local a las condiciones regionales (Nairn & Fawcett, 2013; Perkins, 2015). Además, estos índices climáticos de condiciones extremas se analizan desde distintas perspectivas, estudiando los cambios en la variabilidad, frecuencia e intensidad.

En este capítulo se analizan los indicadores extremos de calor, incluidas las olas de calor, basados en criterios principalmente climatológicos, tanto en umbrales fijos como en cambios de frecuencia. En el último apartado sí se han analizado indicadores más directamente relacionados con el impacto del calor en la salud. Los indicadores extremos de calor analizados, tanto las tendencias observadas como las proyecciones futuras, se corresponden con los distintos indicadores de calor extremo propuestos por el Equipo de Expertos sobre Detección del Cambio Climático (ETCCDI, por sus siglas en inglés; Zhang et al., 2011) y la definición de indicadores de peligro climático definidos para Europa por su utilidad para la adaptación (Crespi et al., 2020), calculados a partir de los datos y proyecciones diarias de temperatura. La mayoría de estos índices se centran en cuantificar los días que se supera un determinado umbral, ya sea absoluto o relativo, respecto al clima local. Otros, se centran en valores extremos absolutos como los días más cálidos y también en la duración de los eventos. En el Anexo IV se encuentra la definición de los indicadores de calor extremo utilizados y las tendencias observadas para cada uno de ellos en los observatorios de Igeldo y Hondarribia-Malkarroi en el periodo 1971–2023.

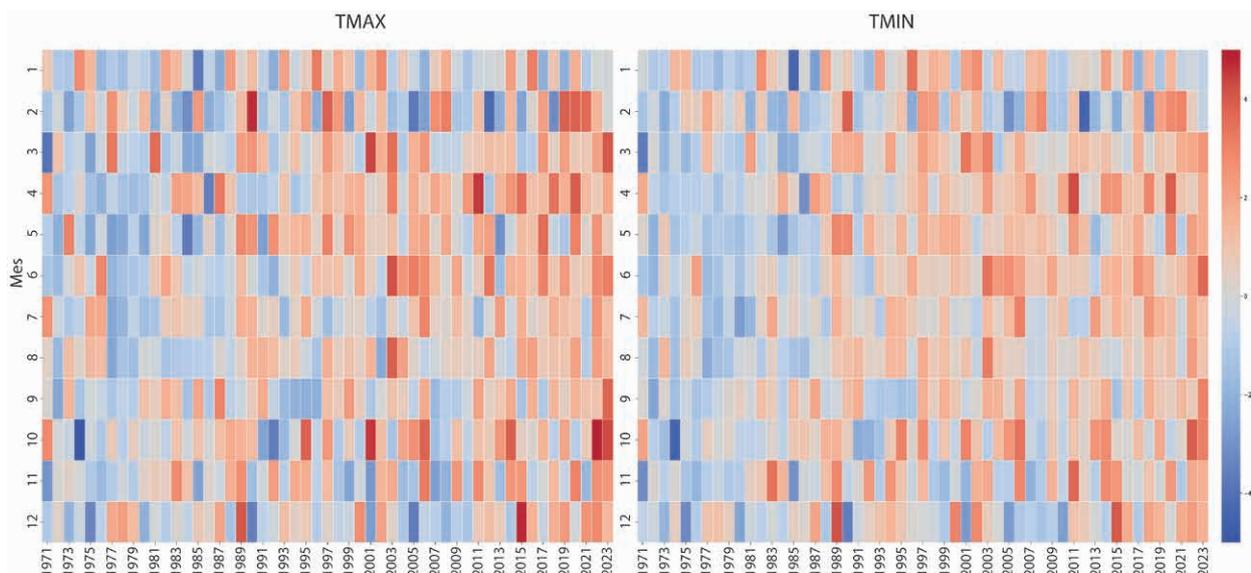
3.1.2. ANÁLISIS DE TENDENCIAS Y PROYECCIONES DE ÍNDICES CLIMÁTICOS: EXTREMOS DE CALOR

3.1.2.1. TEMPERATURA MEDIA, MÁXIMA Y MÍNIMA DIARIA

El incremento de la temperatura media global es el principal indicador del cambio climático. En 2023, el incremento respecto al periodo industrial (1850–1900) fue de $+1,45 \pm 0,12$ °C, siendo el año más cálido registrado en los últimos 174 años (WMO, 2024). La tasa de ascenso desde 1970 es de unos $+0,2$ °C por década. En Europa, el incremento de temperatura es todavía mayor, aproximadamente el doble que la media global, en 2022 era $+2,3$ °C superior a la de la época preindustrial. Además de estos incrementos en la temperatura media anual, también se observan incrementos en las temperaturas estacionales y en los extremos del verano, especialmente durante las dos últimas décadas (EEA, 2012; Perkins et al., 2012; Kovats et al., 2014; Twardosz et al., 2021). Junto con los cambios en la temperatura media, también se observan incrementos de la temperatura máxima y mínima media diaria y en cada una de las estaciones del año, siguiendo en cada una de ellas patrones y amplitudes similares a las de la temperatura media.

En el caso de Gipuzkoa, también se observa un incremento de la temperatura media diaria anual, a una tasa

de $+0,35$ °C por década y en cada una de las estaciones ($+0,35$ °C en verano, $+0,33$ °C en otoño, $+0,21$ °C en invierno y $+0,49$ °C en primavera). También se observan incrementos de la temperatura máxima y mínima media. La temperatura máxima diaria media anual ha aumentado a una tasa de $+0,37$ °C por década en el periodo 1971–2022. En los meses de verano (mayo–septiembre) la tasa de ascenso de la temperatura máxima media es la misma que la media anual, mientras que para el resto de meses la tasa de ascenso es ligeramente inferior, $+0,35$ °C por década. Por comarcas, los mayores ascensos se observan en Goierri y Tolosaldea y menor en Debabarrena. En el caso de la temperatura mínima media anual, la tasa de ascenso es de $+0,34$ °C por década, mientras que en verano es de $+0,38$ °C por década. Esta tasa de ascenso en verano es ligeramente inferior en Bidasoa Beherea ($+0,36$ °C por década) respecto al resto de comarcas. En el Bloque I de este informe se puede encontrar más detalle sobre los cambios observados en la temperatura media, máxima y mínima en Gipuzkoa.



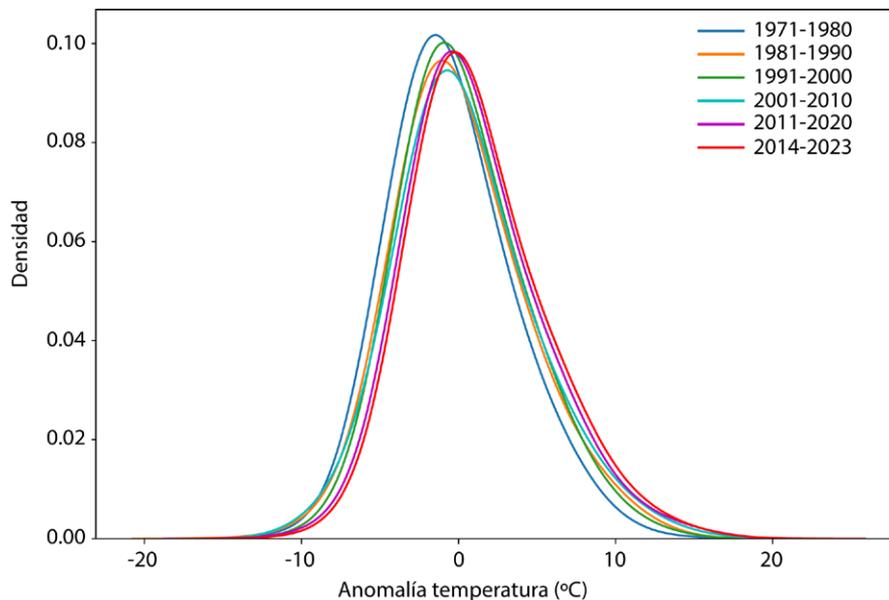
3.1.1. Fig. Anomalía de temperatura media máxima y mínima diaria cada mes, respecto al periodo de referencia 1971–2000, en el observatorio de Igeldo. Fuente: elaboración propia.

| | TX | | TN | |
|------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------------------------|
| | ANUAL (°C/DÉCADA) | VERANO (°C/DÉCADA) | ANUAL (°C/DÉCADA) | VERANO (MAYO-SEPTIEMBRE) (°C/DÉCADA) |
| Bidasoa Beherea | 0,36 | 0,36 | 0,32 | 0,36 |
| Donostialdea | 0,36 | 0,35 | 0,33 | 0,37 |
| Urola-Kosta | 0,36 | 0,36 | 0,34 | 0,38 |
| Debarrena | 0,35 | 0,34 | 0,35 | 0,38 |
| Debagoiena | 0,38 | 0,38 | 0,35 | 0,37 |
| Tolosaldea | 0,38 | 0,39 | 0,33 | 0,38 |
| Goierri | 0,38 | 0,39 | 0,34 | 0,38 |

3.1.1. **Tabla.** Tendencias observadas por comarcas de la temperatura máxima y mínima media anual y en verano (mayo-septiembre) en el periodo 1971-2022, a partir de la serie de AEMET de datos diarios de temperaturas extremas de rejilla ROCIO_IBEB.

Los cambios en la distribución de la temperatura máxima diaria media a lo largo de los últimos 50 años muestran un cambio, un calentamiento, que afecta a los extremos inferiores y superiores de la distribución. Cada una de las

últimas cuatro décadas ha sido más cálida que la anterior. También se observa un ligero incremento en la frecuencia de extremos de calor.

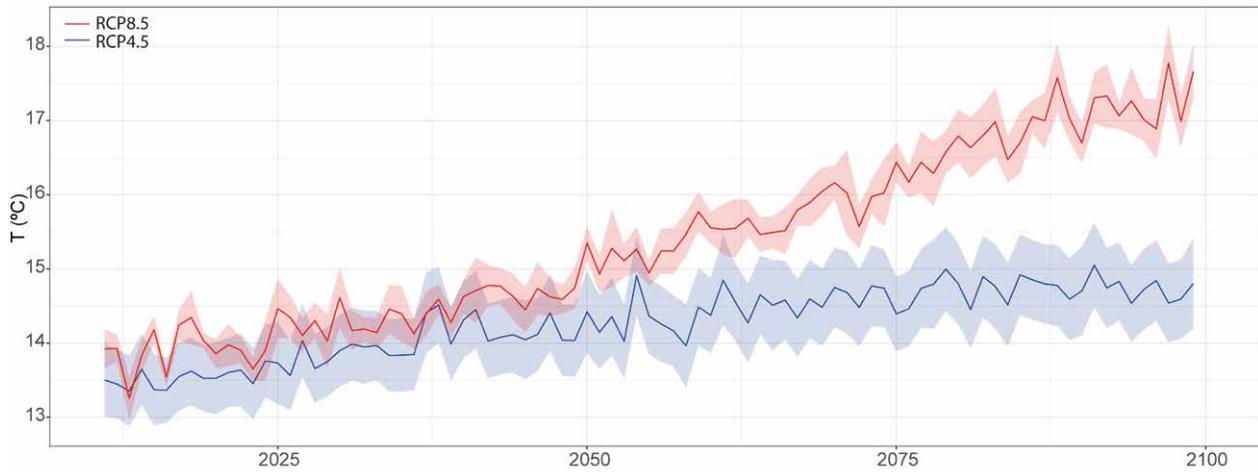


3.1.2. **Fig.** Cambios en la función de distribución de la anomalía de temperatura máxima en Igeldo cada década, respecto al periodo de referencia 1971-2000. Fuente: elaboración propia.

Las proyecciones regionalizadas para Europa indican que el calentamiento continuará bajo los distintos escenarios de cambio climático, mayor en el escenario más pesimista y cuanto más avance el siglo. El incremento de la temperatura será mayor en verano que en invierno, pudiéndose alcanzar en el sur del continente incrementos de hasta +6 °C en verano respecto al periodo 1981–2010 (Coppola et al., 2021).

El conjunto de modelos analizados proyecta un incremento de la temperatura media, la máxima y la mínima

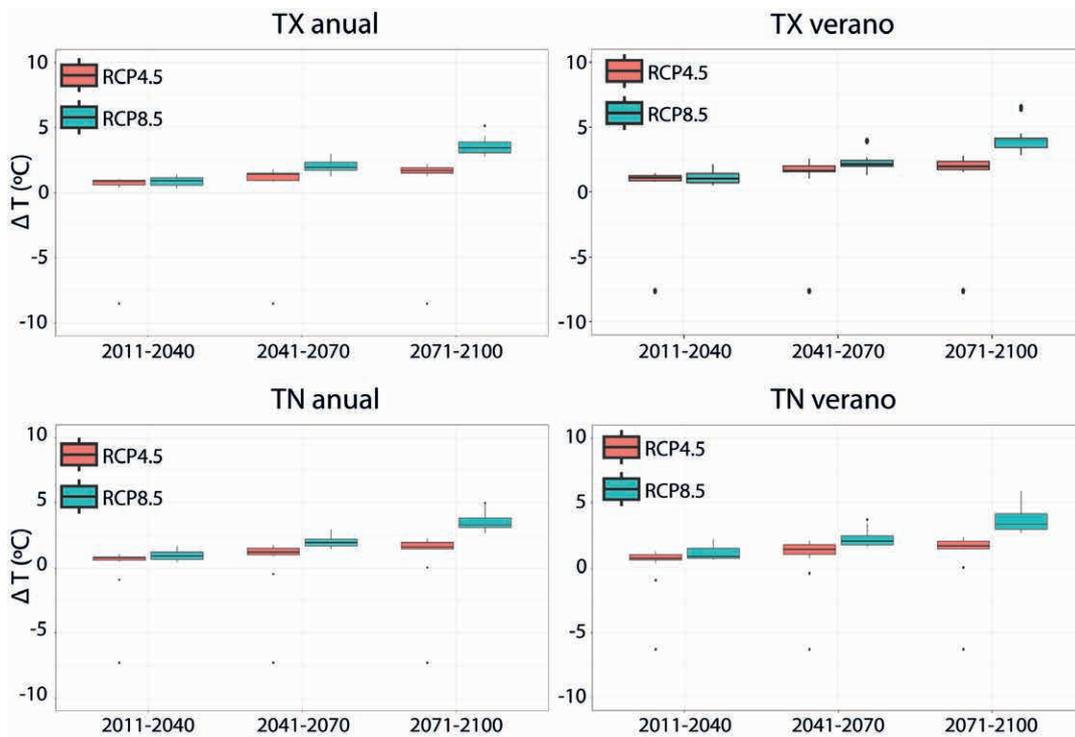
diaria para Gipuzkoa. Estos incrementos se intensifican en el escenario más pesimista a partir de la segunda mitad del siglo. La media de los modelos indica incrementos, respecto al periodo de referencia, para la temperatura media/mínima/máxima de entre +0,51± 0,17 / +0,73±0,36 / +0,80±0,20 °C y +0,69±0,37 / +0,95±0,37 / +0,87±0,33 °C para 2011–2040, +1,13±0,30 / +1,24±0,44 / +1,31±0,31 °C y +1,80±0,46 / +2,04±0,40 / +2,01±0,44 °C para 2041–2070 y +1,53±0,29 / +1,66±0,43 / +1,73±0,23 °C y +3,34±0,67 / +3,53±0,67 / +3,59±0,65 °C para 2071–2100 en los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, respectivamente.



3.1.3. Fig. Evolución de la temperatura media a lo largo del siglo XXI bajo los escenarios RCP4.5 (azul) y RCP8.5 (rojo). Fuente: elaboración propia.

La proyección de temperatura máxima/mínima media diaria en verano es ligeramente superior a la media en cada uno de los periodos de impacto y en ambos escenarios. Así, la media de los modelos proyecta incrementos, respecto al periodo de referencia 1971–2000,

de +1,09±0,23 / +0,71±0,50 °C y +1,10±0,46 / +1,1±0,50 °C para 2011–2040, +1,83±0,41 / +1,38±0,60 °C y +2,26±0,61 / +2,33±0,60 °C para 2041–2070 y +2,09±0,40 / +1,71±0,50 °C y +3,98±0,89 / +3,70±0,93 °C para 2071–2100 para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, respectivamente.



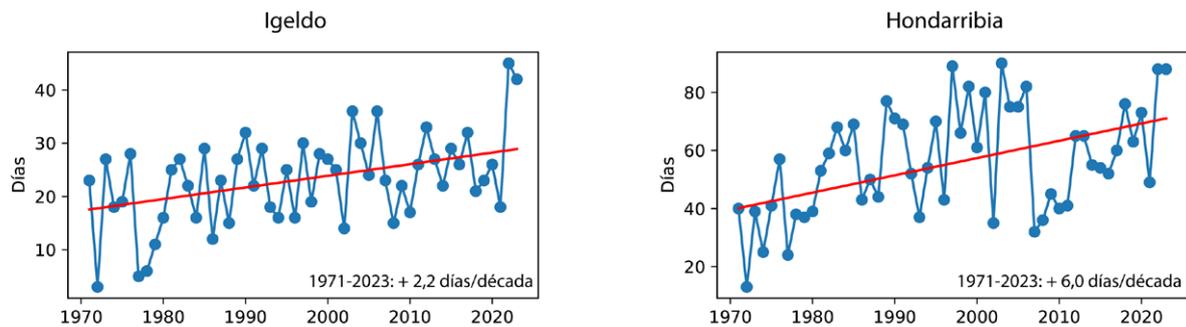
3.1.4. Fig. Proyecciones para el conjunto de Gipuzkoa de la temperatura máxima (TX) y mínima (TN) media diaria anual y en los meses de verano para los dos escenarios y tres periodos de impacto. Incrementos proyectados respecto al periodo de referencia 1971-2000. Fuente: elaboración propia.

3.1.2.2. DÍAS DE VERANO (SU)

Los días de verano son aquellos en los que la temperatura máxima diaria supera los 25 °C. En Europa existe una tendencia generalizada al aumento anual de estos días, observándose por ejemplo un incremento de entre 12 y 16 días de verano más al año en la región mediterránea hasta 2011 (Dong et al., 2017; Peña-Angulo et al., 2020). En la península ibérica, en el periodo 1971-2022, el número de días de verano ha pasado de 90 a 145, lo que implica más de dos meses de días de calor al año (Roca et al., 2023).

En el observatorio de Igeldo, este indicador presenta una tendencia creciente significativa, de +2,2 días por

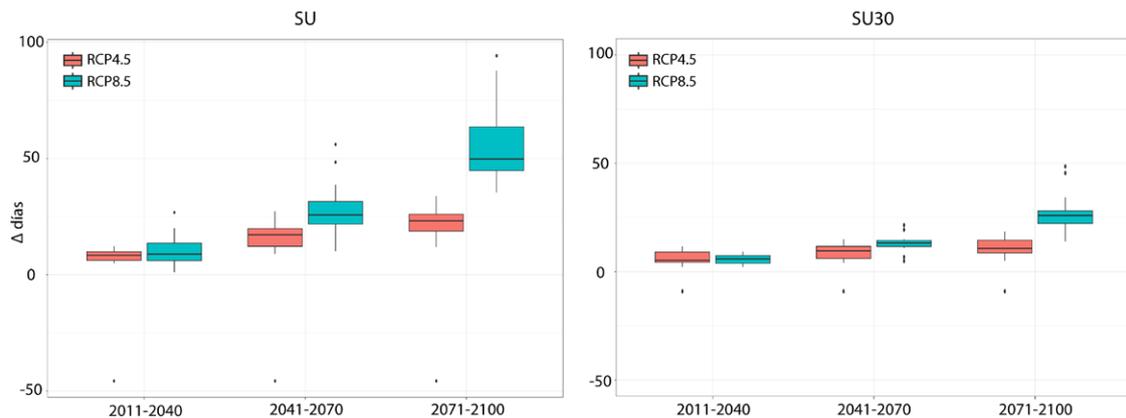
década en el periodo 1971-2023. Así, mientras que en la década de 1991-2000 de media había 23 días de verano al año, en la última década (2014-2023) se han incrementado a 28. En Hondarribia-Malkarria también se observa una tendencia positiva significativa, ligeramente superior a la observada en Igeldo, +5,9 días por década. En este caso, en la última década (2014-2023) se han registrado de media 66 días de verano al año, cuatro más que en la década 1991-2000. Para el conjunto del territorio se observa una tendencia creciente significativa de +4,5 días por década en el periodo 1971-2023.



3.1.5. Fig. Evolución y tendencia del número de días de verano en el periodo 1971-2023 en Igeldo y Hondarribia-Malkarria. Fuente: elaboración propia.

Las proyecciones indican un incremento generalizado de los días de verano para las próximas décadas en toda la península, aunque en la costa cantábrica es menos intenso que para el resto de regiones (Lorenzo & Alvarez, 2022). En el caso de Gipuzkoa, el conjunto de proyecciones regionalizadas indica un progresivo incremento significativo, mayor en el largo plazo y bajo el escenario RCP8.5. Para el conjunto del territorio, los modelos indican de media un incremento de entre +8 y +12 días para 2011-2040,

entre +17 y +30 días para 2041-2070 y entre +23 y +58 días para 2071-2100, respecto al periodo de referencia 1971-2000, en función del escenario considerado. No existen diferencias significativas en cuanto a las proyecciones para las distintas comarcas en ninguno de los escenarios y periodos analizados, siendo ligeramente superior el incremento proyectado para Donostialdea y Bidasoa Beheara, y ligeramente inferior para Urola-Kosta y Tolosaldea.



3.1.6. Fig. Proyecciones para el conjunto de Gipuzkoa del número de días de verano (SU) y del número de días con temperaturas máximas superiores a 30 °C (SU30) para los dos escenarios y tres periodos de impacto. Incrementos proyectados respecto al periodo de referencia 1971-2000. Fuente: elaboración propia.

3.1.2.3. NÚMERO DE DÍAS CON TEMPERATURA MÁXIMA > 30 °C (SU30)

Este indicador indica el número de días al año en los que la temperatura máxima supera los 30 °C. La superación de este umbral de temperatura se ha relacionado con un mayor impacto en la salud (mortalidad) de la población en el territorio, en concreto con una mayor mortalidad asociada al calor (Díaz et al., 2015). Por tanto, es un indicador claro del impacto del calor en la salud.

Díaz et al. (2015), basándose en datos climatológicos y epidemiológicos, calcularon los valores críticos de temperatura por encima de los cuales hubo un impacto significativo en la mortalidad en el periodo 2000-2009 y para las distintas provincias españolas. En el caso de Gipuzkoa, dicho estudio determinó que la temperatura umbral de calor extremo en la región (basados en los datos del observatorio de Igeldo) era de 30 °C. En un estudio reciente, Linares et al. (2024), considerando en este caso las regiones isotérmicas¹ y basados en datos del periodo 2009-2018, han determinado que en la zona litoral de Gipuzkoa la temperatura umbral a partir de la cual se producen impactos en la salud es de 31 °C y en el interior del territorio de 30 °C. En el caso de la activación de alertas

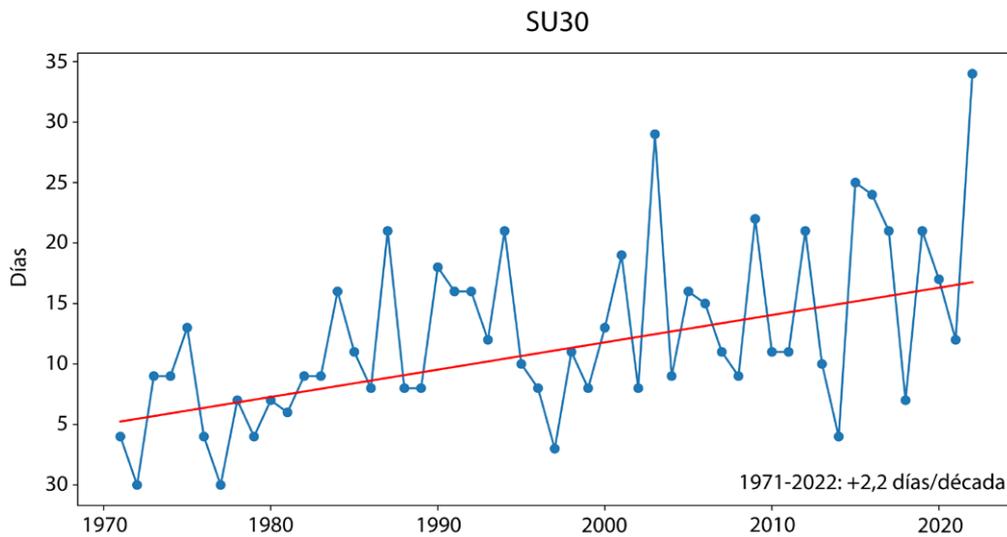
meteorológicas por temperaturas elevadas, Euskalmet activa las alertas si la temperatura máxima supera los 27,5 °C en la zona costera y 33 °C en la zona interior del territorio y en el caso de la temperatura mínima los 19 °C y 17°C, respectivamente². Si bien es cierto que estos umbrales de temperatura, con implicaciones en la salud, podrán variar en el futuro debido a distintos factores como puede ser la capacidad de aclimatación (Díaz et al., 2019), el análisis de las tendencias observadas y las proyecciones indican situaciones potenciales de riesgo si no se toman medidas de adaptación.

En Gipuzkoa, el número de días al año en los que se superan los 30 °C presenta una tendencia positiva significativa. La tasa media de ascenso en el territorio es de +2,2 días por década, de +0,9 días por década en el observatorio de Igeldo y de +1,2 días en Hondarribia-Malkarroi en el periodo 1971-2023. Así, por ejemplo, en Igeldo se ha pasado de superar dicho umbral de media 3 días al año en la década 1970-1980 a 6 días al año en 2000-2010 y a 8 días en la última década (2014-2023).

¹ Áreas del territorio homogéneas en cuanto al comportamiento de las temperaturas diarias.

² Protocolo de predicción, vigilancia y actuación ante fenómenos meteorológicos adversos de Euskadi.

<https://www.euskadi.eus/protocolo-meteorologia-adversa/web01-a2larri/es/>



3.17. Fig. Evolución y tendencia del número de días en los que de media en el territorio la temperatura máxima supera los 30 °C. Fuente: elaboración propia.

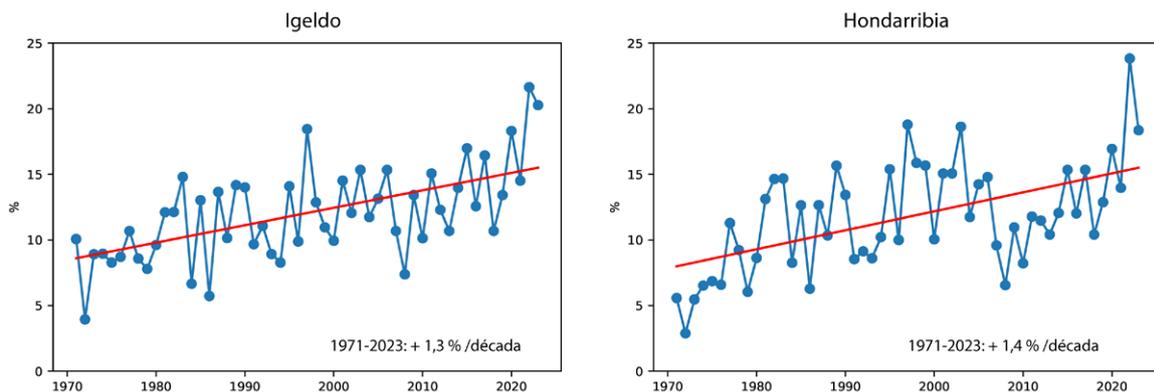
El conjunto de proyecciones regionalizadas para Gipuzkoa indica un incremento progresivo significativo para ambos escenarios a lo largo del siglo XXI, siendo más intenso este incremento en el largo plazo (2071-2100). El promedio de los modelos analizados indica un incremento, respecto al periodo de referencia 1971-2000, de $+5,85 \pm 3,75$ y $+6,14 \pm 2,21$ días para 2011-2040; $+9,97 \pm 5,05$ y

$+13,61 \pm 3,48$ días para 2041-2070 y $+15,48 \pm 9,90$ y $+26,85 \pm 7,92$ días para 2071-2100 bajo los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, respectivamente. En cuanto a las distintas comarcas, no existen diferencias significativas para los distintos periodos y escenarios. Los incrementos más significativos se proyectan a final de siglo en Debabarrena y Goierri y menores incrementos para la comarca de Urola-Kosta.

3.1.2.4. NÚMERO DE DÍAS CÁLIDOS (TX90P)

El número de días cálidos indica el número de días al año en los que la temperatura máxima es superior al percentil 90 de la serie para dicho punto y día concreto. En consonancia con la tendencia al calentamiento global y ascenso de las temperaturas máximas, a escala global se observa un aumento en la frecuencia de estos días, un aumento de +2,7 días cálidos por década (Lorenz et al., 2019; Severitnante et al., 2021; Zhang et al., 2022; Engdaw et al., 2023). En Europa, también se observa una tendencia creciente. Antes de 1990, el número anual de días de calor se encontraba entre 0 y 10 sin embargo, desde 1990, al menos se ha producido un día de calor por año durante 28 años consecutivos (1994–2021). En el periodo más próximo, 2010–2021, se han observado más de 10 días de calor al año (Lohtka & Kysely, 2022).

En las estaciones meteorológicas del territorio se observa una tendencia creciente significativa en el porcentaje de días al año en los que se supera este umbral, de +1,33 % en Igeldo y 1,44 % en Hondarribia-Malkarroa para el periodo 1971–2023. En la década de 1971–1980, el 8,6 % y 6,9 % de los días eran días de calor en Igeldo y Hondarribia-Malkarroa respectivamente, en la década de 2001–2010 el porcentaje se situaba en el 12,4 % y 12,5 % respectivamente y, en la última década (2014–2023), en el 15,5 % y 15,1 % respectivamente. En ambas estaciones se observa un incremento, especialmente durante los últimos cuatro años. Considerando únicamente los meses de verano (junio–septiembre), se observan incrementos de +1,06 % y +1,35 % de días cálidos en las estaciones de Igeldo y Hondarribia-Malkarroa respectivamente.

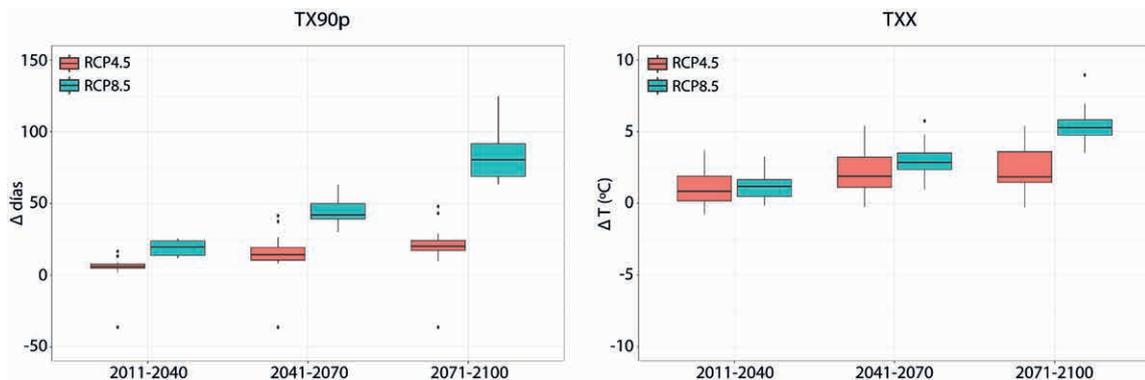


3.1.8. Fig. Evolución y tendencia del porcentaje del número de días cálidos al año en el periodo 1971–2023 en Igeldo y Hondarribia-Malkarroa. Fuente: elaboración propia.

Los modelos climáticos proyectan para Europa un incremento de los días cálidos para mayores niveles de calentamiento, incluso para un nivel de calentamiento global de +0,5 °C, pudiéndose incrementar en más de 3 días de calor por verano (Dosio & Fisher, 2018). Un estudio sobre los cambios de los eventos de calor extremo sobre la península ibérica para el futuro próximo (2021–2050), proyecta incrementos significativos generalizados, pero menores en la franja cantábrica, donde el incremento proyectado es de entre +2 % y +7 % días, en función del escenario considerado (Lorenzo & Alvarez, 2022).

Las proyecciones regionalizadas para el territorio indican un incremento en el número de días cálidos a lo

largo del siglo bajo los dos escenarios analizados, mayor a medida que avanza el siglo y cuanto mayor es el nivel de calentamiento. El conjunto de modelos analizados proyecta incrementos, respecto al periodo de referencia 1971–2000, de +5,16±8,1 días y +18,95±5,00 días en 2011–2040, de +14,87±12,06 días y +44,18±8,10 días en 2041–2070 y +19,76±12,83 días y +82,91±17,10 días en 2071–2100, para los escenarios RCP4.8 y RCP8.5 respectivamente. En cuanto a las proyecciones por comarcas, no se observan diferencias significativas, siendo mayor el número de días de calor proyectados en la zona litoral y en el extremo sur del territorio.



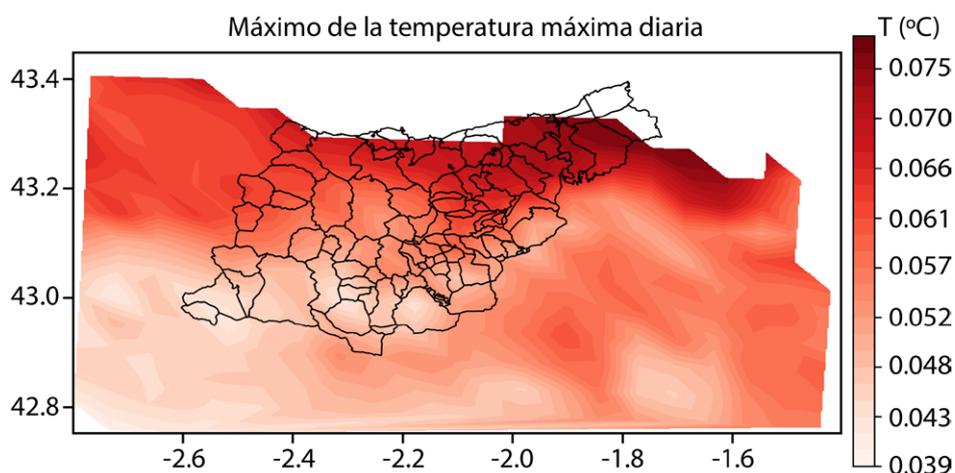
3.1.9. Fig. Proyecciones para el conjunto de Gipuzkoa del número de días cálidos (TX90p) y para la temperatura máxima anual (TXX) para los dos escenarios y tres periodos de impacto. Incrementos proyectados respecto al periodo de referencia 1971-2000. Fuente: elaboración propia.

3.1.2.5. MÁXIMO DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DIARIAS (TXX)

Un aumento de las temperaturas más cálidas, como el máximo absoluto de las temperaturas máximas diarias (TXX), es un indicador del aumento de la intensidad de los extremos cálidos en el largo plazo. A escala global, este indicador muestra una tendencia creciente, consistente con el calentamiento global. La tasa de ascenso es significativamente superior en Europa que en el resto de regiones (Severitnante et al., 2021), habiéndose intensificado los extremos cálidos a una tasa de +0,33 °C por década en el periodo 1950-2018 (Lorenz et al., 2019).

territorio en el periodo 1971-2022, +0,60 °C por década. Esta es más intensa en el noreste del territorio y menor en el sudoeste. Asimismo, en las estaciones meteorológicas de Igeldo y Hondarribia-Malkarroat se observan incrementos significativos en el periodo 1971-2023, con tasas de ascenso de +0,67 °C y +0,77 °C por década, respectivamente. La temperatura más alta registrada hasta el momento en el observatorio de Igeldo es de 39,7 °C registrada en junio de 2022 mientras que en Hondarribia-Malkarroat es 42,7 °C, registrada también durante dicho mes.

La temperatura anual máxima absoluta presenta una tendencia positiva significativa para el conjunto del



3.1.10. Fig. Tendencia (°C por año) observada en la temperatura máxima diaria anual. Fuente: elaboración propia.

Los modelos climáticos globales proyectan incrementos de la temperatura máxima anual y estacional. En verano se proyecta un fuerte incremento de la temperatura máxima en Europa, mayor en la región sur donde estos incrementos pueden variar entre +5 °C y +6,5 °C en el corto y largo plazo (Coppola et al., 2020). El conjunto de modelos analizados también proyecta incrementos para Gipuzkoa, mayor bajo el escenario de emisiones más pesimista. En concreto, se proyectan incrementos, respecto al periodo de referencia 1971-2000, de +0,5 °C y +1,1 °C para 2011-2040, +1,4 °C y +3,0 °C para 2041-2070 y +2,4 °C y +5,6 °C para 2071-2100 para los escenarios RCP4.5 y

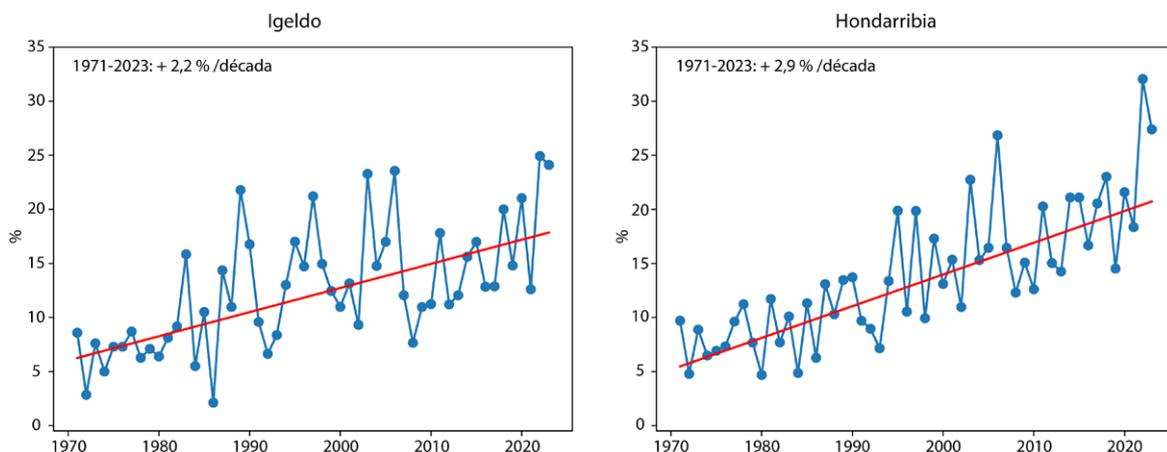
RCP8.5 respectivamente. Las proyecciones no muestran diferencias significativas entre las distintas comarcas del territorio, siendo ligeramente mayor el incremento en las comarcas más occidentales (Debabarrena y Debagoiena) y menor en Donostialdea y Urola-Kosta. Salvo en el corto plazo y bajo el escenario RCP4.5, en el resto de periodos y para ambos escenarios de emisiones los incrementos proyectados para la temperatura máxima anual son mayores que las correspondientes proyecciones para la temperatura máxima media diaria anual, indicando un mayor incremento de los eventos extremos que de las condiciones medias.

3.1.2.6. NOCHES CÁLIDAS (TN90P)

La temperatura mínima es tan importante como la temperatura máxima ya que, las noches más frías permiten que el cuerpo se recupere durante las olas de calor. Por ejemplo, un estudio de mortalidad durante la ola de calor de 2003 en París encontró que la temperatura mínima elevada tiene más impacto en el aumento de la probabilidad de mortalidad en personas mayores de 65 años que la temperatura media o máxima (Laaidi et al., 2012; Xu et al., 2018).

El número de noches cálidas indica el número de días al año en los que la temperatura mínima diaria es superior al percentil 90. A escala global se observa un incremento del número de noches cálidas, incremento que se produjo sobre todo a finales de la década de los 90 y se ha mantenido constante desde entonces (Yeh et al., 2021).

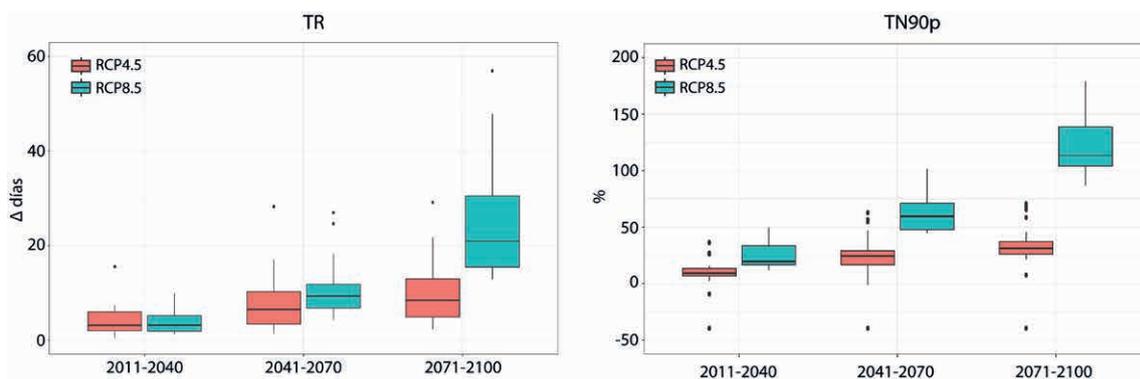
En las estaciones meteorológicas de Igeldo y Hondarribia-Malkarroat se observa un incremento significativo del número de noches cálidas en el periodo 1971-2023. El porcentaje de noches cálidas al año presenta tasas de ascenso de +2,2 % y +2,9 % por década, respectivamente. Así, por ejemplo, en Hondarribia-Malkarroat se ha pasado de una media de 10,2 % noches cálidas al año en la década 1981-1990, a 21,6 % en la última década (2014-2023). Considerando solamente los meses de verano (junio-septiembre) también se observa un incremento significativo del número de noches cálidas en ambas estaciones, de +4,3 noches por década en Igeldo y de +5,8 noches en Hondarribia-Malkarroat, mayores que las correspondientes tasas de ascenso para los días cálidos en verano. Por tanto, se observa un mayor incremento del número de noches cálidas que de días cálidos.



3.1.11. Fig. Evolución y tendencia del número de noches cálidas (TN90p) en el periodo 1971-2023 en Igeldo y Hondarribia-Malkarroat. Fuente: elaboración propia.

En cuanto a las proyecciones para las próximas décadas, el conjunto de modelos analizados señala un incremento significativo para los tres periodos de impacto y para los dos escenarios de emisiones analizados, siendo mayor cuanto más avanza el siglo y bajo el escenario más pesimista. El promedio de los modelos proyecta incrementos de +10,8 días y +25,0 días para 2011-2040, +24,3 días y +63,2 días para 2041-2070 y +32,7 días y +122,5 días para

2071-2100 en los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, respectivamente. En cuanto a las proyecciones para las distintas comarcas, tampoco existen diferencias significativas en los distintos periodos y escenarios analizados. En el escenario más pesimista y para el medio y largo plazo, se proyecta un incremento del número de noches cálidas ligeramente superior en la franja costera y menor al sur del territorio.



3.1.12. Fig. Proyecciones para el conjunto de Gipuzkoa del número de noches tropicales (TR) y para el número de noches cálidas (TN90P) para los dos escenarios y tres periodos de impacto. Incrementos proyectados respecto al periodo de referencia 1971-2000. Fuente: elaboración propia.

3.1.2.7. NOCHES TROPICALES (TR)

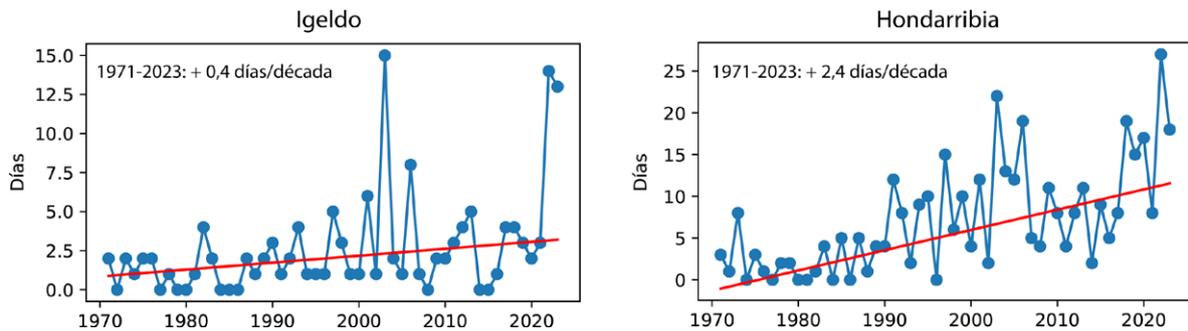
Este es otro indicador, en este caso basado en umbrales absolutos, del calor durante las noches. Indica el número de noches en los que la temperatura mínima es superior a 20 °C. Un valor elevado de noches tropicales indica también mayor estrés para la salud humana causado por temperaturas mínimas extremas.

En Europa se observa una tendencia al alza en el número anual de noches tropicales, especialmente en la región mediterránea, desde mitad de la década de los 70 (Yavaşlı & Erlat, 2024). En la península ibérica se observa una tendencia al alza desde 1965 y sostenida desde 1980, pasando de una media de 20 noches tropicales al año en el periodo 1971-200 a 33 noches en 2022 (Serrano-Notivoli et al., 2023).

Este indicador presenta una tendencia creciente significativa en el observatorio de Igeldo, con una tasa de

+0,44 noches por década en el periodo 1971-2023. Mientras que al principio del siglo XXI de media se producían dos noches tropicales al año, en la última década se ha incrementado hasta unas cuatro noches al año. Destacan en esta serie los dos últimos años, 2022 y 2023, en los que se han registrado más de 10 noches tropicales al año.

En Hondarribia-Malkarroat la tasa de ascenso para dicho periodo es superior, +2,4 noches por década. En la última década (2014-2023) el número de noches tropicales en esta estación ha sido de 13 noches por año, diez más que las registradas en la década 1971-1980. El año 2022 fue el año en el que se registraron más noches tropicales, un total de 27.



3.1.13. Fig. Evolución y tendencia del número de noches tropicales en el periodo 1971–2023 en Igeldo y Hondarribia-Malkarrosa. Fuente: elaboración propia.

Los modelos climáticos indican que el número de noches tropicales al año seguirá incrementándose para los distintos escenarios considerados, mayores incrementos cuanto mayor sea el nivel de calentamiento global. Por ejemplo, en las regiones mediterráneas se podrían registrar más de 100 noches tropicales al año (EEA, 2023). En el caso de Gipuzkoa, el conjunto de proyecciones disponibles para el territorio indica un incremento significativo en ambos escenarios analizados para los tres periodos de impacto. Respecto al periodo de referencia 1971–2000, el promedio de las proyecciones indica incrementos de

+4 noches para 2011–2040, +7 noches y +11 noches para 2041–2070 y +9 y +26 noches para 2071–2100 para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, respectivamente. En los dos primeros periodos no existen grandes diferencias entre los escenarios, incrementándose mucho la diferencia entre ambos escenarios en el periodo 2071–2100, siendo mucho mayor el número de noches proyectadas para el escenario más pesimista. En cuanto a las diferencias entre las comarcas, sin ser significativas, se proyecta un mayor número de noches tropicales para la franja costera y la comarca de Tolosaldea.

3.1.2.8. OLAS DE CALOR

Las olas de calor son un evento específico de temperatura extrema, poco habituales, prolongadas durante varios días consecutivos. Según el IPCC-AR6 (2021), como consecuencia del cambio climático ha aumentado la frecuencia e intensidad de las olas de calor desde 1950, también la probabilidad de ocurrencia de olas de calor más importantes, y se prevé que continúen aumentando bajo los distintos niveles de calentamiento global.

En Europa, también se observa una tendencia al alza en todos los indicadores relacionados con las olas de calor (duración, frecuencia, intensidad y extensión), siendo la frecuencia la que muestra el cambio más rápido y significativo (Russo et al., 2015; Perkins-Kirkpatrick & Lewis, 2020; Qiu & Yan, 2020). En el periodo 1950–2021 se han identificado en el continente un total de 50 olas de calor grandes, habiéndose registrado 16 de las más intensas durante las dos últimas décadas, con una duración media de 9,4 días (Lhotka & Kyselý, 2022).

En la península Ibérica, también durante las dos últimas décadas se ha incrementado significativamente la frecuencia de olas de calor (Espín-Sánchez & Conesa-García, 2021; Lorenzo et al., 2021; Serrano-Notivoli et al., 2022; Díaz-Poso et al., 2023), con un aumento en el número de olas de calor y días de ola de calor al año de aproximadamente +0,4 olas y +3,1 días de ola de calor por década (Pardo & Paredes-Fortuny, 2024). En cuanto a la intensidad, también se observa un incremento de la intensidad anual y estacional, incrementándose especialmente la amplitud (Serrano-Notivoli et al., 2022, Pardo & Paredes-Fortuny, 2024).

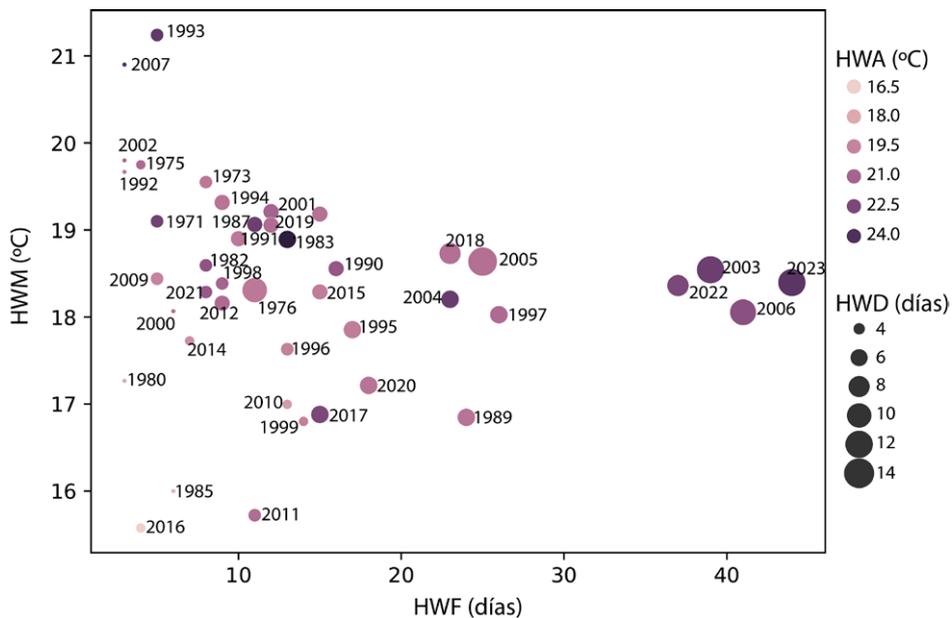
Todos estos estudios identifican las olas de calor, basadas en criterios climatológicos, como un periodo de días consecutivos en los que las temperaturas son mucho más elevadas de lo normal. Sin embargo, pueden estar basados en distintos variables y metodologías, ya que debido a las complejas interacciones entre el calor y los impactos que sobre los seres humanos genera, no existe una definición universal de qué es una ola de calor. Por ello, se

han utilizado numerosos criterios, variables y umbrales de temperatura (Russo et al., 2014, 2015, 2017; Viceto et al., 2019). A partir de las distintas definiciones, el estudio de las olas de calor se centra en las cuatro dimensiones indicadas: duración, frecuencia, intensidad y extensión espacial (Raei et al., 2018). La frecuencia indica el número de olas de calor al año y el número de días de ola de calor totales, la duración indica la duración de la ola de calor más larga en el año y la intensidad la temperatura media de todas las olas de calor en el año, mientras que la amplitud indica la temperatura máxima de la ola de calor más intensa (Perkins & Alexander, 2013).

En este informe se han analizado los índices propuestos por ET-SCI para el análisis de olas de calor. Para ello, se define la ola de calor como aquellos periodos en los que la temperatura máxima (HW-TX90) o mínima (HW-TN) diaria es superior al percentil 90 de su serie para, al menos, tres días consecutivos entre el 1 de mayo y 30 de septiembre. Esta definición difiere de la realizada por AEMET, que considera como olas de calor aquellos periodos

de, al menos, tres días consecutivos en los que las temperaturas máximas están por encima del percentil 95 de su serie de temperaturas máximas diarias de los meses de julio y agosto del periodo 1971-2000 en al menos el 10 % de las estaciones consideradas. En el Anexo III se pueden consultar las olas de calor identificadas siguiendo este criterio de AEMET para Gipuzkoa.

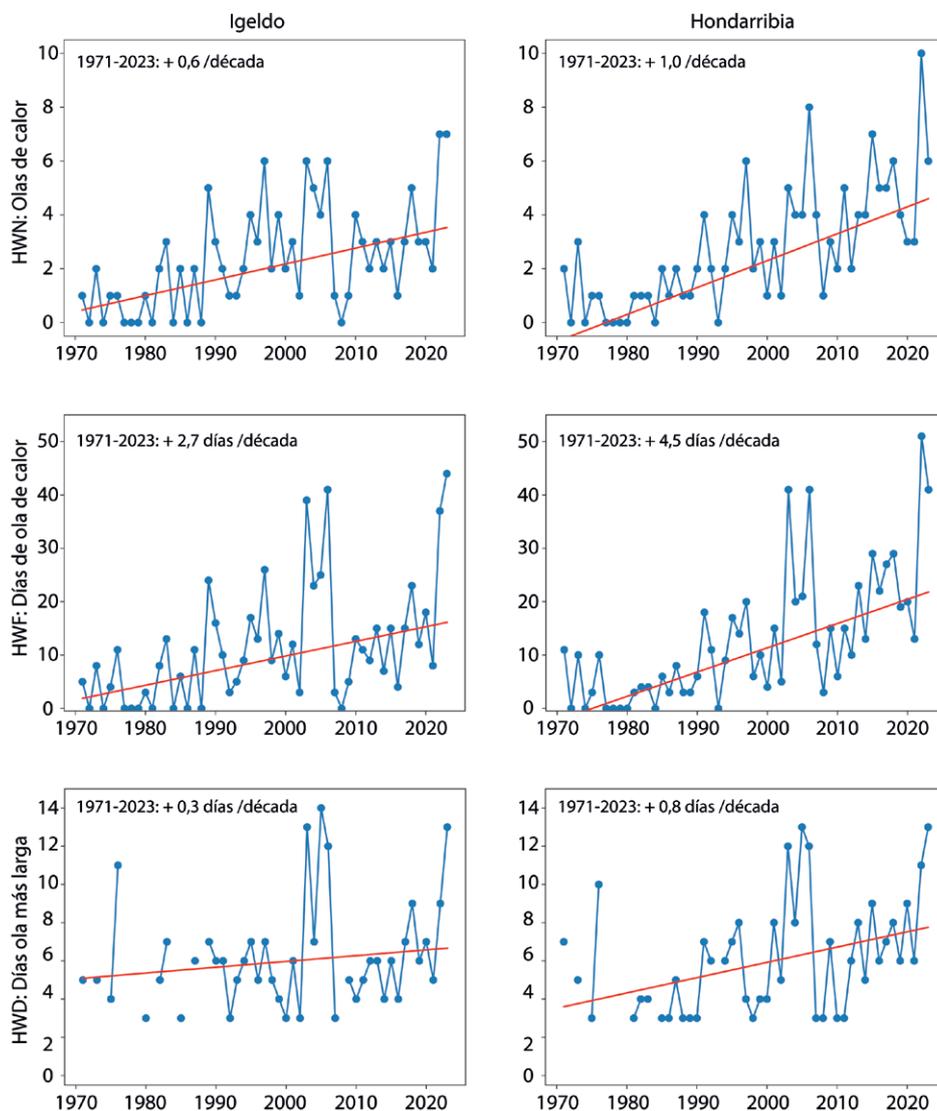
De media al año, en Igeldo se registran 11 días de ola de calor definidas por TN90, con una temperatura mínima media de 18,2 °C y alcanzado máximas de media de 20,82 °C, siendo la temperatura mínima más elevada registrada de 25,2 °C. Durante los dos últimos años, 2022 y 2023, se han registrado, junto con 2003 y 2006, el mayor número de días de ola de calor, aproximadamente 40, aunque la intensidad media de las olas de calor es menor que en otros años. Además, estos años presentan también las olas de calor más largas, con 14 días por ola de calor. En 2022 y 2023 también se ha registrado una mayor temperatura durante las olas de calor.



3.1.14. Fig. Magnitud, frecuencia, amplitud y duración de las olas de calor definidas por TN90 por año en el observatorio de Igeldo. Fuente: elaboración propia.

En las estaciones de Igeldo y Hondarribia-Malkarroa no se observan, para olas de calor definidas a partir de la temperatura máxima diaria, tendencias en el número de olas de calor al año. En cambio, al definir las olas de calor en función de la temperatura mínima diaria, se observan tendencias ascendentes significativa en ambas estaciones, con tasa de +0,59 y +0,1 olas por década, respectivamente. En cuanto al número de días que contribuyen a las olas de calor, se observa una tendencia creciente significativa en ambas estaciones, tanto para indicadores definidos a partir de la temperatura máxima como de la temperatura mínima. En cuanto a la duración de la ola

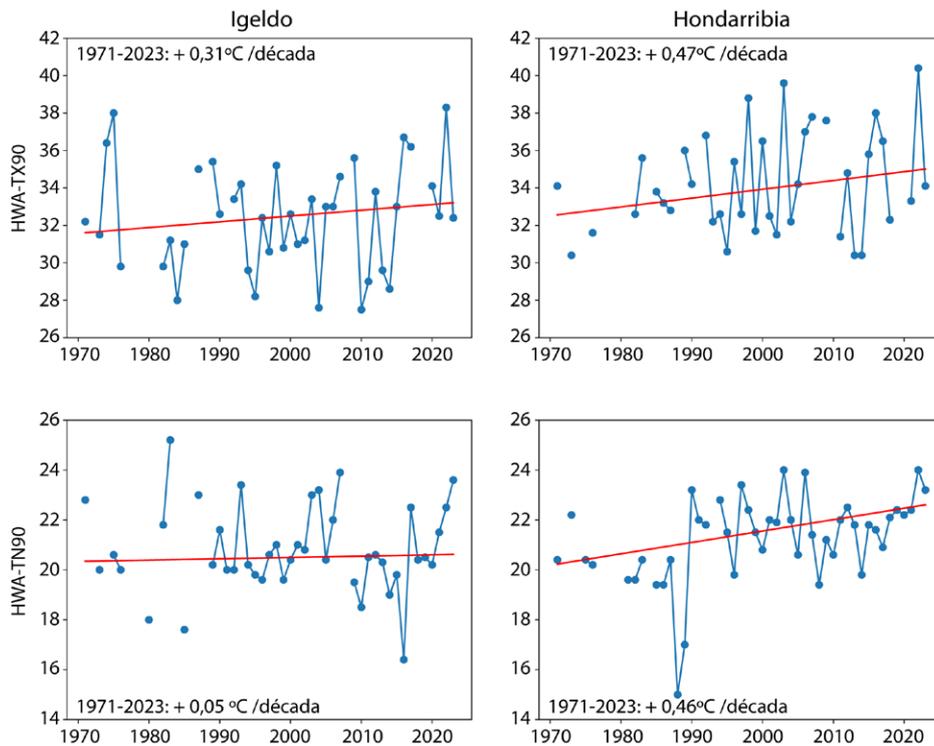
de calor anual más larga, no se observan tendencias para olas de calor definidas a partir de la temperatura máxima. En cambio, al considerar las olas de calor definidas a partir de la temperatura mínima, se observa una tendencia ascendente en ambas estaciones, siendo significativa únicamente en Hondarribia-Malkarroa. La duración media de las olas de calor definidas a partir de la temperatura máxima diaria es de 4 días y una ola al año mientras que, partiendo de las temperaturas mínimas diaria, de media se producen 2 olas de calor al año con una duración media de 4,5 días.



3.1.15. Fig. Evolución y tendencia del número de olas de calor (HWN), número de días de ola de calor (HWF) y duración de la ola más larga (HWD) definidas a partir de TN90 en el periodo 1971-2023 en las estaciones meteorológicas de Igeldo y Hondarribia-Malkarroa. Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la magnitud (temperatura media de todas las olas de calor) y amplitud (temperatura máxima de la ola de calor más intensa), en el caso de olas de calor definidas a partir de TX90 en ambas estaciones meteorológicas se observan tendencias positivas, pero no significativas.

En el caso de utilizar como umbral de definición TN90, la magnitud en Igeldo presenta una tendencia decreciente mientras que en Hondarribia es ascendente. Únicamente la amplitud para olas de calor definidas a partir de TN90 presenta una tasa de ascenso significativa.



3.1.16. Fig. Evolución y tendencia de la amplitud de las olas de calor (HWA), definidas a partir de TX90y TN90 en el periodo 1971–2023 en Igeldo y Hondarribia-Malkarroa. Fuente: elaboración propia.

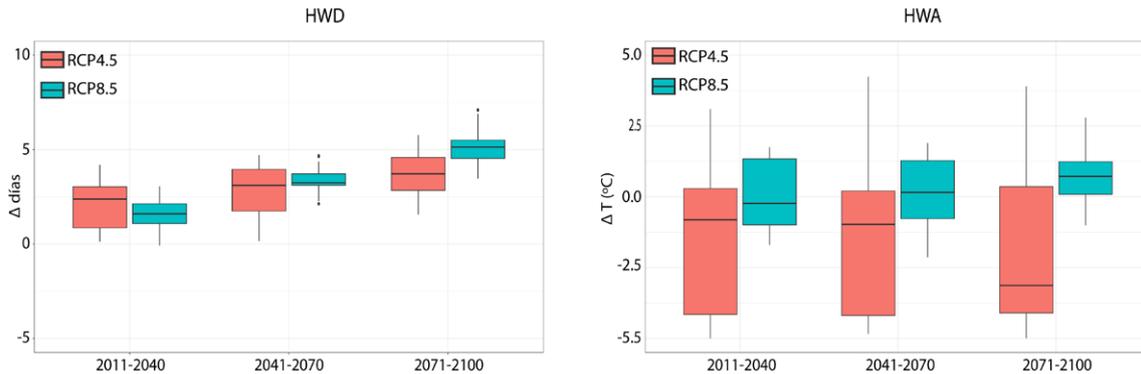
También se ha analizado la duración de las rachas cálidas (WSDI, Warm Spell Duration Index) definidas como el número de días en un año en que, al menos, hay 6 días consecutivos con la temperatura máxima superior al percentil 90 (TX90). En ninguna de las dos estaciones analizadas, ni en Igeldo ni Hondarribia-Malkarroa, se observan tendencias para este indicador para el periodo 1971–2023.

Las proyecciones climáticas predicen que en Europa las olas de calor serán más intensas, prolongadas y frecuentes en el siglo XXI, con mayor impacto en la península ibérica y la región mediterránea (Fischer and Schär, 2008; Gasparrini et al., 2017; King and Karoly, 2017; Guerreiro et al., 2018; Dosio et al., 2018; Vicedo-Cabrera et al., 2018; IPCC-AR6, 2021).

Para el análisis de la evolución de las olas de calor a lo largo del siglo XXI bajo distintos escenarios de emisiones, se han analizado las proyecciones disponibles para la CAPV (Ihobe, 2023) para distintos indicadores (amplitud, duración y número de eventos). En estos indicadores, las olas de calor se han definido como rachas de al menos 6 días consecutivos con temperaturas máximas superiores al percentil 90 (TX90). La mediana del conjunto de modelos considerados proyecta un incremento de la duración de las olas de calor para todos los periodos en ambos escenarios analizados, incrementos de entre 2 y 3 días para 2011–2040, entre 3 y 4 días para 2041–2070 y 4 y 5 días para 2071–2100 en función del escenario considerado. Los mayores incrementos se proyectan para la franja costera, en especial en Bidasoa Beherea y para las comarcas de Debagoiena y Goierri.

En cuanto a la amplitud (temperatura máxima media durante la ola de calor), no se observan cambios significativos para las próximas décadas bajo ninguno de los dos escenarios de cambio climático analizados. En cuanto a la distribución por comarcas, en el escenario RCP4.5 se

proyectan descensos en amplias zonas del territorio, concentrándose los incrementos en la zona de Donostialdea y Urola-Kosta. En el escenario RCP8.5 se proyectan incrementos generalizados, siendo mayores en Urola-Kosta, Bidasoa Beherea, Goierri y Debagoiena.



3.1.17. Fig. Proyecciones para el conjunto de Gipuzkoa de la duración (HWD) y amplitud (HWA) de ola de calor para los dos escenarios y tres periodos de impacto. Incrementos proyectados respecto al periodo de referencia 1971–2000. Fuente: elaboración propia.

3.1.3. INDICADORES DE IMPACTO EN LA SALUD RELACIONADO CON EL CALOR

Determinados indicadores contribuyen a comprender mejor los impactos del calor en la salud humana. Uno de ellos es el Factor de Calor Excesivo (EHF, por sus siglas en inglés) (Nairn & Fawcett, 2014). Numerosos estudios han demostrado que EHF es un buen indicador de la relación entre la morbilidad y mortalidad y la intensidad de ola de calor (Scalley et al., 2015; Nairn et al., 2018; Williams et al., 2018; Royé et al., 2020; Lorenzo et al., 2021).

EHF es un indicador de la intensidad de la ola de calor que tiene en cuenta el impacto de las temperaturas extremas en la población y ha sido ampliamente utilizado como indicador de los impactos en la salud relacionados con el calor en distintos estudios (Perkins et al., 2012; Nairn and Fawcett, 2014; Wang et al., 2018; Varghese et al., 2019; Hullely et al., 2020; Trancoso et al., 2020). Este índice considera cuánto la temperatura extrema en un día de ola de calor supera un umbral y puede utilizarse para representar la intensidad de las olas de calor. Además, tiene en cuenta la adaptación de la población a las olas de calor, lo que puede explicar parcialmente el mayor impacto del calor a principios del verano.

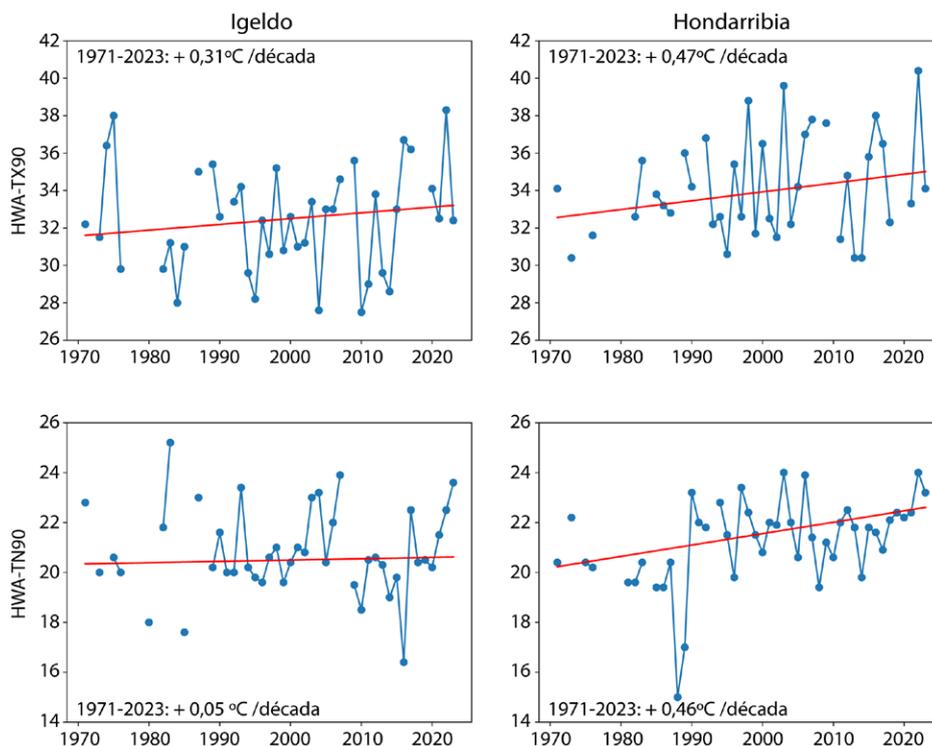
Este índice incorpora directamente el aspecto de la intensidad y el proceso de aclimatación del cuerpo humano (Xu et al., 2016). Se basa en una temperatura media diaria de tres días y consta de dos componentes: (1) la comparación de la temperatura media diaria de tres días con el percentil 95 y (2) una medida de la temperatura alcanzada durante tres días en comparación con el pasado reciente (los últimos 30 días). Siguiendo los índices propuestos por ET-SCI, se pueden analizar las características de las olas de calor (frecuencia, duración e intensidad) identificando las olas de calor como episodios en los que EHF es positivo durante al menos tres días consecutivos durante los meses de mayo a septiembre.

En Europa, se observa una tendencia creciente en el número, duración y amplitud de olas de calor basadas en EHF, especialmente en la región mediterránea (Oliveira et al., 2022). Por ejemplo, en esta región, el número de eventos y días de olas de calor asciende a una tasa de 0,5 eventos y 3,7 días por década, respectivamente, desde 1961. En cuanto a los indicadores de intensidad, se observa un incremento significativo de la amplitud máxima

anual en casi todo el continente mientras que, en general, no se observan tendencias significativas de la magnitud media (Oliveira et al., 2022). En un estudio centrado en la península ibérica y baleares, se detectó un incremento significativo en la intensidad, duración y frecuencia de olas de calor definidas con EHF para el periodo 1950-2020 (Días-Poso et al., 2023).

En las estaciones meteorológicas de Igeldo y Hondarribia-Malkarroi se observan tendencias crecientes

significativas para el número de eventos y su duración en el periodo 1971-2023, con tasas de ascenso de +0,7/+2,6 y +0,7/3,2 olas/días por década respectivamente. En el caso de la amplitud, se observan tendencias ascendentes, pero no significativas en ambas estaciones. En el caso de la magnitud, se observa una tasa decreciente para Igeldo y una tasa ascendente para Hondarribia-Malkarroi, aunque ninguna de las dos es significativa.



3.1.18. Fig. Evolución y tendencia del número de olas de calor (HWN-EHF) y número de días de ola de calor (HWF-EHF) definidas a partir de EHF en el periodo 1971-2023 en Igeldo y Hondarribia-Malkarroi. Fuente: elaboración propia.

Las proyecciones climáticas para las próximas décadas indican un incremento de olas de calor basadas en EHF, su frecuencia, duración e intensidad. Por ejemplo, para el futuro próximo (2021-2050) se proyecta un incremento del 60 % en la intensidad para la península ibérica (Lorenzo et al., 2021).

La temperatura aparente también es un indicador directo del impacto de calor en la salud. En concreto, es un indicador del estrés térmico o sensación térmica, esto es, de la percepción que tenemos del calor que hace. La

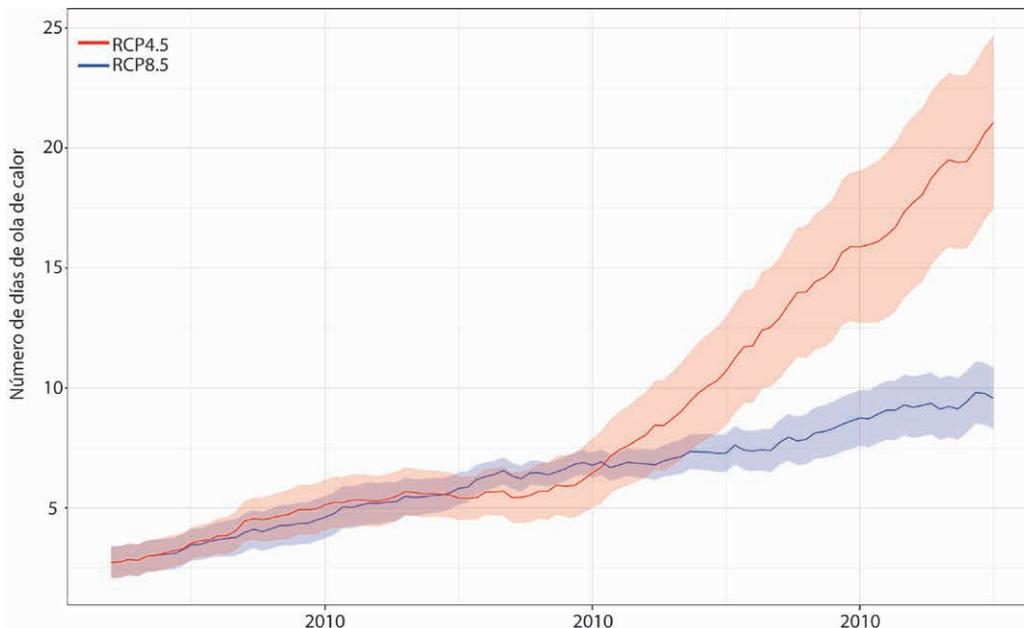
inclusión de la humedad relativa para su determinación permite tener en cuenta efectos perjudiciales de las olas de calor.

El índice de los días de ola de calor de temperatura aparente indica el número de días con periodos prolongados de humedad extrema simultánea con condiciones de calor. Se define como un periodo de al menos dos días consecutivos durante los meses de verano (junio-agosto) en los que tanto la temperatura aparente diaria como la temperatura mínima superan sus percentiles 90 mensuales.

El estrés térmico ha aumentado en verano en todas las regiones europeas, siendo las ciudades especialmente sensibles a este incremento (IPCC, 2021). Se ha incrementado el número de días de verano con estrés térmico en el continente, habiéndose registrado los 10 años con el mayor número de estos días desde 2010, dejando al margen el año 2003 (Di Napoli et al., 2021). Por ejemplo, entre junio y agosto de 2022 la mayoría de Europa experimentó al menos 10 días de fuerte estrés térmico (C3S, 2023).

Las distintas proyecciones disponibles indican que la duración de las condiciones extremas de calor húmedo

aumentará sustancialmente en Europa a lo largo del siglo XXI bajo todos los escenarios de emisiones. Los mayores cambios se proyectan para el sur del continente, pudiéndose alcanzar más de 50 días de ola de calor en la región mediterránea. En el caso de Gipuzkoa, las proyecciones disponibles³ indican incrementos significativos para las próximas décadas para los dos escenarios analizados, mayores para el escenario RCP8.5. El promedio de los modelos indica incrementos de entre 4 y 6 días para 2011-2040, 7 y 11 días para 2041-2070 y 9 y 25 días para 2071-2100 para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, respectivamente.



3.1.19. Fig. Proyecciones medias del número de días de ola de calor, basados en la temperatura aparente, en Gipuzkoa a lo largo del siglo XXI, para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. Fuente: elaboración propia.

³ Hooyberghs, H., Berckmans, J., Lefebre, F., De Ridder, K. (2019). Heat waves and cold spells in Europe derived from climate projections. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). DOI: 10.24381/cds.9e7ca677 (Accessed on 18-03-2024).

3.1.4. CONCLUSIÓN

Durante las últimas décadas en Gipuzkoa se han incrementado la temperatura media y máxima anual y estacional. Además, se observa un incremento significativo del número de días de verano, número de días cálidos, número de noches cálidas, número de noches tropicales y de los extremos absolutos de temperatura. En cuanto a las olas de calor, también se observan incrementos en el número de olas de calor y en el número de días que contribuyen a las olas de calor, siendo significativos en las olas de calor definidas a partir del percentil 90 de la temperatura mínima. En el caso de la amplitud se observan también tendencias crecientes. En cuanto a los indicadores que indican directamente un impacto en la salud, también se observa un incremento del número de eventos

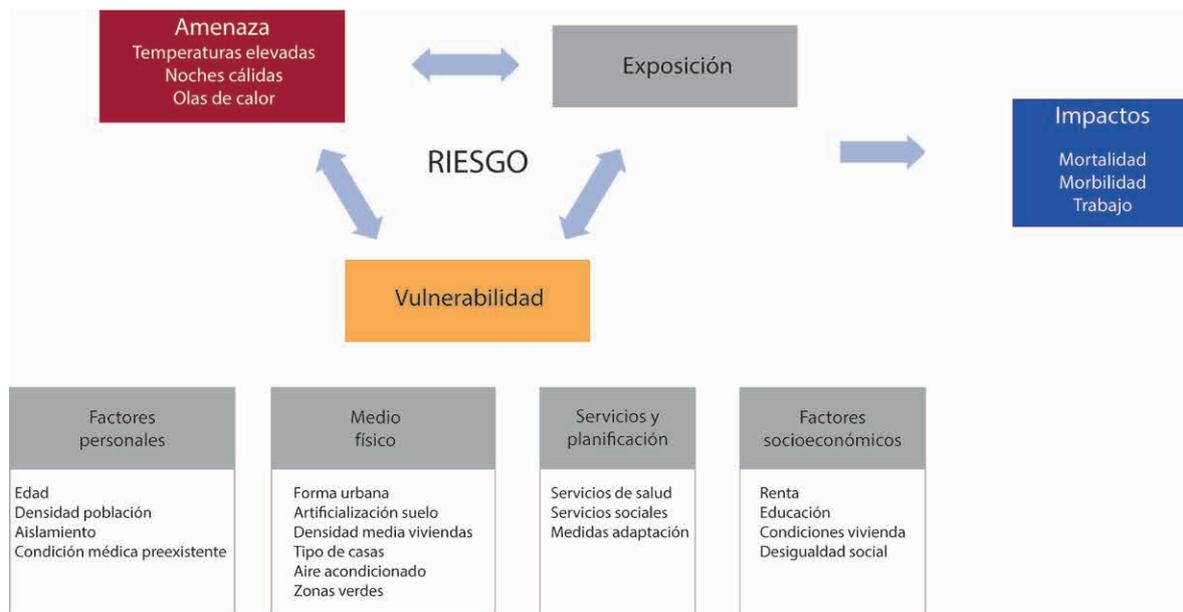
y de los días que contribuyen a las olas de calor. En el caso de la amplitud, se observan tendencias crecientes, pero no significativas.

Los modelos climáticos indican que estos incrementos de los extremos de calor continuarán en las próximas décadas bajo los distintos escenarios de cambio climático, siendo mayores los cambios proyectados bajo mayores niveles globales de emisiones de GEI. Estas proyecciones indican un mayor incremento de los eventos extremos de calor de las condiciones medias. Por tanto, estos resultados sugieren un incremento de la exposición de la población a temperaturas elevadas y extremos de calor.

3.2. VULNERABILIDAD Y RIESGO PARA LA SALUD DE LA POBLACIÓN POR INCREMENTO DE LA TEMPERATURA

Las proyecciones climáticas indican un incremento en la frecuencia de los episodios de calor en Gipuzkoa para lo que queda de siglo bajo distintos escenarios de cambio climático. Toda la población del territorio estará expuesta a esta amenaza. Sin embargo, habrá sectores de la población con mayor riesgo de sufrir un impacto negativo en la salud. Estos impactos (ej. morbilidad, mortalidad, cronificación de ciertas enfermedades) dependerán de la combinación e interacción entre la amenaza (calor) y una serie de factores demográficos, socioeconómicos, ambientales y del medio construido que determinan la vulnerabilidad de las personas. En los últimos años, se han

definido combinaciones de indicadores relativos a la sensibilidad y capacidad de adaptación de la población y el nexo entre los eventos de estrés por calor y los efectos en la salud, para poder identificar a la población más vulnerable (Ellena et al., 2020; Guardaro et al., 2022; IPCC, 2022). En el informe 'Evaluación de la vulnerabilidad de los municipios vascos ante el Cambio Climático' (Ihobe, 2019), en el que se analiza la vulnerabilidad y riesgo de los municipios vascos a las olas de calor sobre la salud humana, se han definido una serie de indicadores para caracterizar la exposición, sensibilidad y vulnerabilidad a dicho factor.



3.2.1. Fig. Factores que determinan la vulnerabilidad y riesgo de la población a las temperaturas extremas.

En general, las personas mayores de 65 años, los niños, las mujeres embarazadas, los trabajadores al aire libre, y aquellas personas cuyas condiciones de salud son delicadas, son más vulnerables al calor extremos (WHO Europe, 2021). Los adultos mayores son, en promedio, más sensibles al calor debido a cambios intrínsecos en el sistema

termorregulador y al uso de medicamentos que interfieren con la homeostasis normal. Los niños y los bebés también tienen en promedio una capacidad limitada para termo-regularse y también tienen mayor riesgo de deshidratación que los adultos.

| COMPONENTE RIESGO | | INDICADOR | PESOS COMPONENTES | PESOS INDICADORES |
|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| AMENAZA | | TX: Media de la temperatura máxima diaria | 0,333 | 0,167 |
| | | TX90p: Número de días cálidos | | 0,167 |
| | | TN90p: Número de noches cálidas | | 0,167 |
| | | SU30: Número de días con TX>30 °C | | 0,167 |
| | | HWF: Duración de ola de calor | | 0,167 |
| | | HWA: Temperatura máxima media durante la ola de calor | | 0,167 |
| EXPOSICIÓN | | Densidad población | 0,333 | 1,000 |
| VULNERABILIDAD | | | 0,333 | |
| | Sensibilidad | Personas mayores | 0,500 | 0,081 |
| | | Personas menores | | 0,092 |
| | | Densidad de población urbana | | 0,143 |
| | | Densidad de viviendas | | 0,118 |
| | | Personas por vivienda | | 0,114 |
| | | Antigüedad de las edificaciones | | 0,060 |
| | | Índice de privación socioeconómica | | 0,036 |
| | | Suelo artificializado | | 0,357 |
| | Capacidad adaptativa | Superficie útil de la vivienda | 0,500 | 0,045 |
| | | Viviendas con ascensor | | 0,047 |
| | | Viviendas en propiedad | | 0,083 |
| | | Renta personal media | | 0,001 |
| | | Renta media por hogar | | 0,011 |
| | | Renta personal disponible | | 0,012 |
| | | Estudios realizados | | 0,012 |
| | | Espacios libres urbanos por habitante | | 0,089 |
| | | Espacios libres urbanos | | 0,077 |
| | | Suelo no urbanizable | | 0,220 |
| | | Espacios verdes por habitante | | 0,151 |
| NVDI | | 0,148 | | |
| Número de farmacias | 0,042 | | | |
| Accesibilidad al hospital | 0,062 | | | |

3.2.1. Tabla. Indicadores considerados para cada una de las componentes del riesgo.

En cuanto a las condiciones socioeconómicas, se han determinado las desigualdades sociales y económicas (menor renta/educación) como características importantes que determinan la vulnerabilidad al reducirse la capacidad adaptativa (Adger et al., 2004; Mendez-Lázaro et al., 2018; Marí-Dell'Olmo et al., 2019). Además de estos factores, las condiciones de habitabilidad (ej. número de personas por vivienda, disponibilidad de aire acondicionado, aislamiento viviendas) y de la estructura urbana (ej. densidad de viviendas, densidad de población urbana, artificialización del suelo que contribuye a los efectos de isla de calor o la existencia de espacios verdes que mitiguen este factor) y los servicios sociales disponibles (ej. acceso a los hospitales, farmacias) contribuyen al empeoramiento de la capacidad de adaptación a las condiciones de estrés térmico en el entorno interior y exterior (Woodward et al., 2020).

En cuanto a la amenaza, la ocurrencia continuada de días de calor y de noches cálidas y tropicales se ha relacionado con un exceso de la mortalidad durante olas de calor. Cuanto mayor sea la intensidad y duración de la ola

de calor, mayor será su efecto sobre la salud (Gasparrini & Armstrong, 2011). Por ejemplo, un solo día de superación de la temperatura umbral, a partir de la cual se incrementa la mortalidad, tiene impacto sobre la mortalidad hasta varios días después, pudiendo llegar a notarse hasta 4 días después.

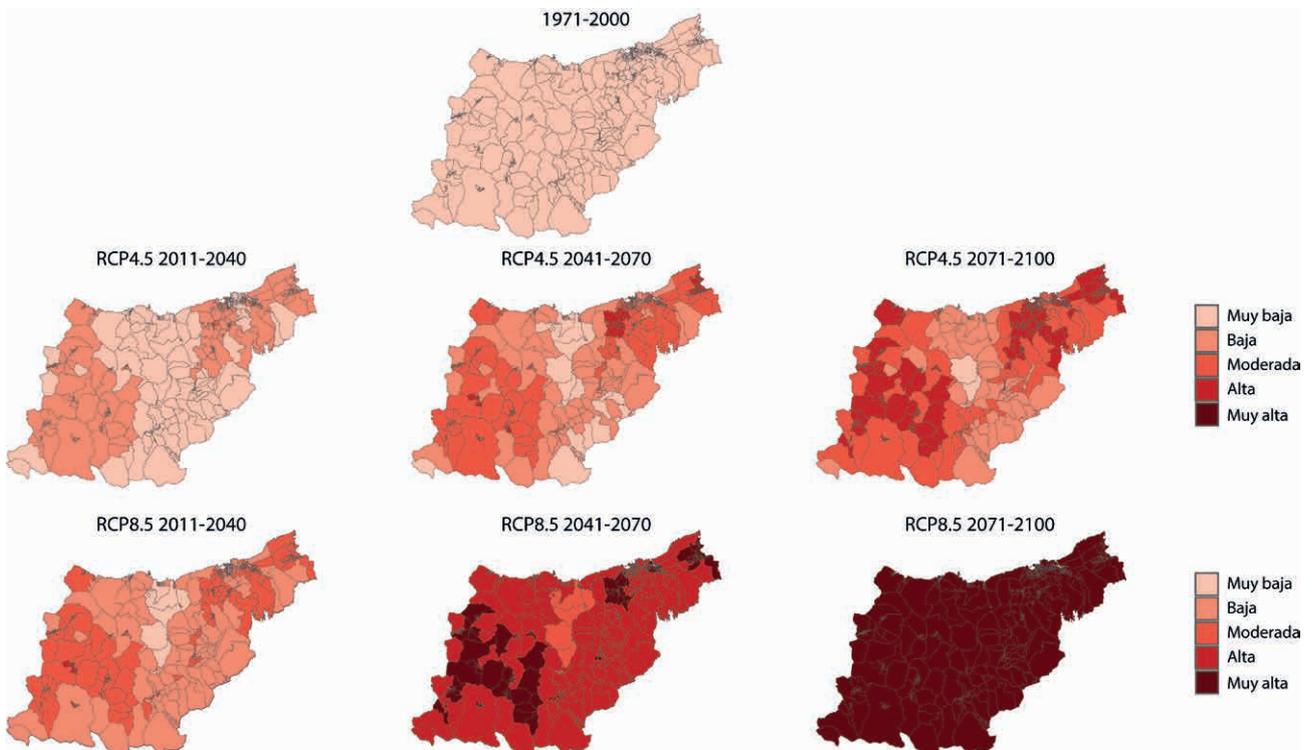
Tras la revisión bibliográfica, para el análisis del riesgo sobre la salud de la población por el incremento de la temperatura se han seleccionado un total de 27 indicadores, que se han clasificado en: 6 indicadores para la caracterización de la amenaza, 8 indicadores para caracterizar la sensibilidad, y 14 indicadores para caracterizar la capacidad adaptativa. El detalle de la definición, la fuente de datos, el año de obtención de datos y la distribución espacial de cada uno de estos indicadores se encuentra en el Anexo V.

3.2.1. AMENAZA

En el capítulo anterior se ha analizado la evolución prevista, para distintos indicadores relacionados con la temperatura a lo largo del siglo XXI, para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. El conjunto de proyecciones analizado indica un incremento progresivo de la temperatura media a lo largo del siglo, así como incrementos de la misma magnitud para las temperaturas máxima y mínima. También se proyectan incrementos del número de días y noches cálidas, del número de días con temperaturas máximas por encima de los 30 °C y de la duración de las olas de calor.

Para determinar cada uno de los indicadores de la amenaza en cada sección censal¹ se ha calculado el valor promedio de los distintos indicadores de calor extremo para cada uno de los periodos de impacto y los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. A partir de estos valores se ha determinado el índice de amenaza en el periodo de referencia (1971-2000) y el corto (2011-2040), medio (2041-2070) y largo plazo (2071-2100) para los dos escenarios de cambio climático.

¹ Partición del término municipal caracterizada por estar preferentemente definida mediante límites fácilmente identificables, tales como accidentes naturales del terreno o construcciones de carácter permanente y viales, y tener un tamaño entre 1000 y 2500 residentes, excepto en el caso de que el municipio completo tenga una población inferior.



3.2.2. Fig. Índice de amenaza para el periodo de referencia 1971-2000 y los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 bajo los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. Fuente: elaboración propia.

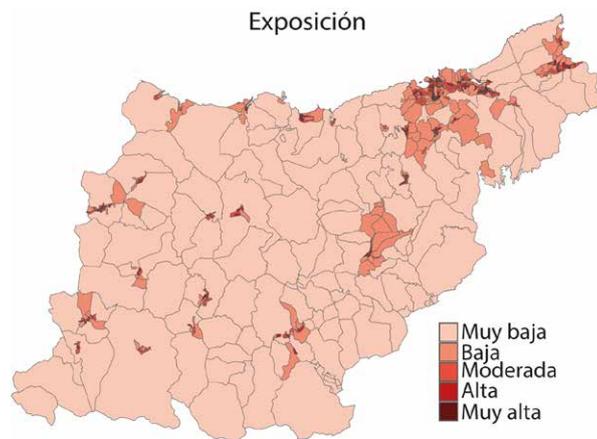
El nivel de amenaza se incrementa, respecto al periodo de referencia, en los tres periodos de impacto analizados bajo los dos escenarios de cambio climático, siendo mayor el incremento del nivel de amenaza en el escenario RCP8.5. En el periodo histórico de referencia 1971-2000 la amenaza presenta niveles muy bajos en todo el territorio. El nivel de amenaza se incrementa más rápido en ambos escenarios en las zonas de Donostialdea, Bidasoa Beherea, Debagoiena y Debabarrena. En estas comarcas

y en el corto plazo, la amenaza sería moderada en muchas de las secciones censales, incrementándose a muy alta en el medio plazo. La comarca de Urola-Kosta presenta menores niveles de amenaza respecto al resto de comarcas. Incluso en el medio plazo bajo es el escenario RCP8.5 la amenaza sería moderada. Bajo el escenario más pesimista para el horizonte 2071-2100 todas las secciones censales presentarán un nivel de amenaza muy elevado.

3.2.2. EXPOSICIÓN

La exposición viene determinada por la densidad de la población, considerando la población total y el área total de la sección censal. Salvo en los municipios más pequeños, estas secciones abarcan una población de entre 1.000 y 2.500 residentes. La mayor exposición

se encuentra en los municipios de Donostialdea y Bidasoa Beherea, donde se concentra hasta el 56,6 % de la población del territorio en el 17 % de su superficie. La exposición también es elevada en secciones censales de Eibar, Arrasate / Mondragón, Tolosa, Elgoibar, Zarautz y Urretxu.

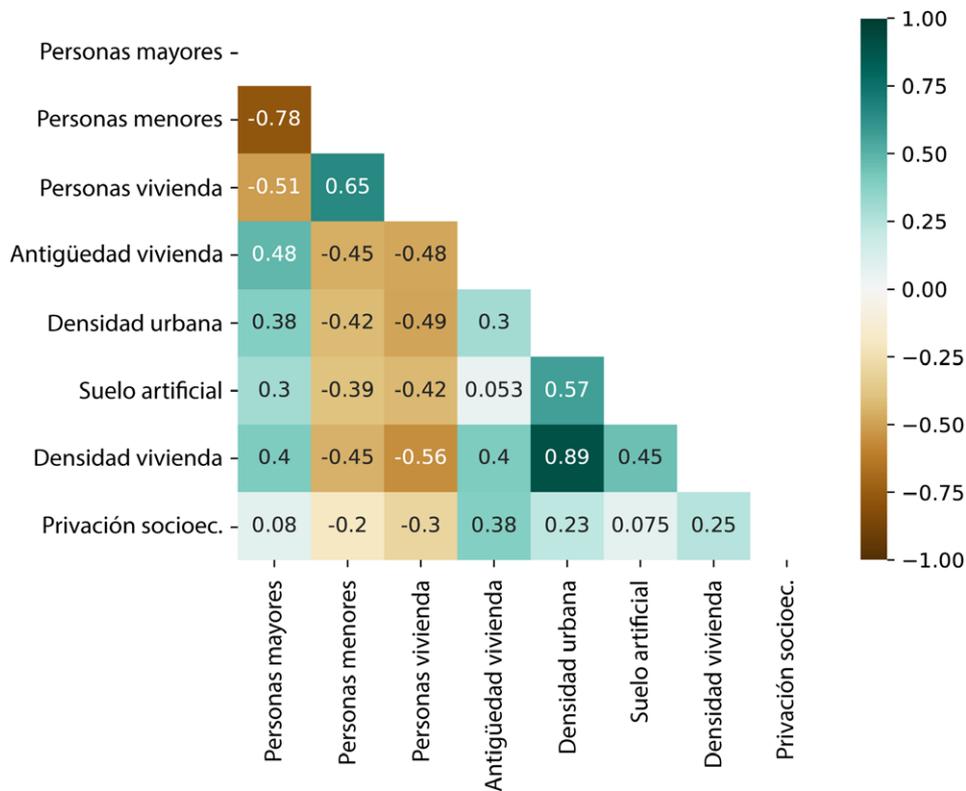


3.2.3. Fig. Índice de exposición para el análisis del riesgo de la salud de la población por elevadas temperaturas. Fuente: elaboración propia.

3.2.3. VULNERABILIDAD

Los factores con un mayor peso a la hora de determinar la sensibilidad son el suelo artificializado y la densidad urbana, seguido de la densidad de las viviendas y del número medio de personas por vivienda. El factor

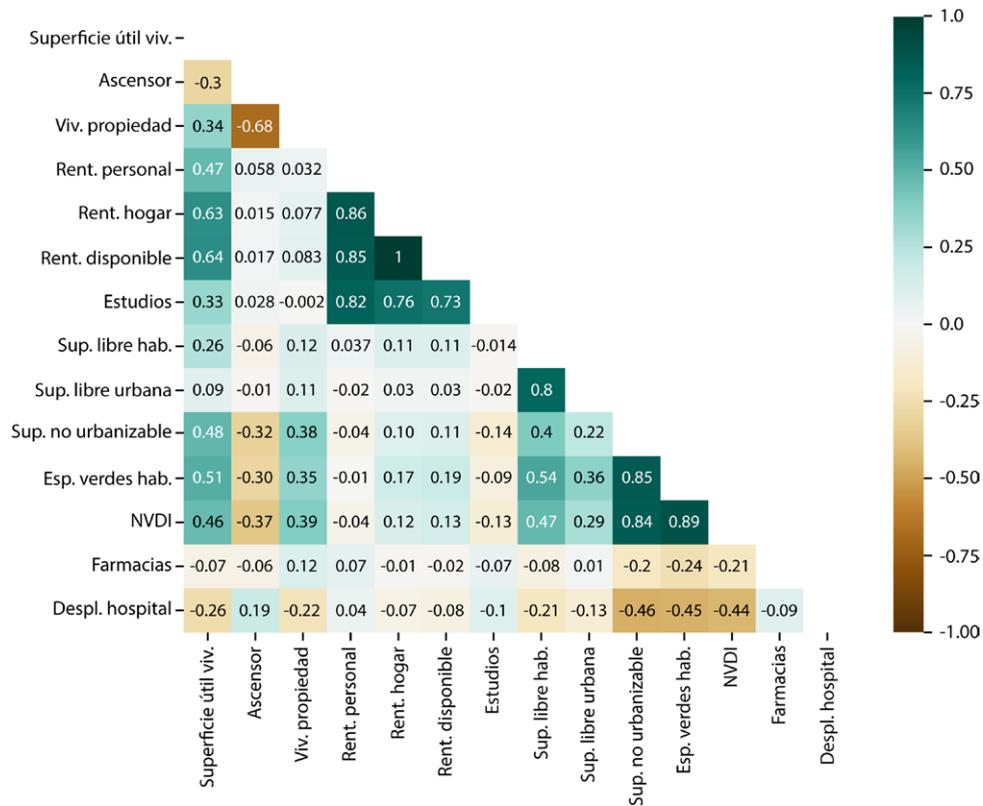
con menor peso asignado es el índice de privación socioeconómica, que está correlacionado y, por tanto, explicado en parte por la antigüedad de las viviendas y la densidad urbana.



3.2.4. Fig. Análisis de correlación de los indicadores de sensibilidad. Fuente: elaboración propia.

La sensibilidad es mayor en secciones censales de Donostia / San Sebastián, Irun, Eibar, Errenteria, Arrasate / Mondragón, Hernani, Zarautz, Tolosa, Azkoitia, Andoain, Lasarte-Oria, Elgoibar, Lezo o Azpeitia. Por municipios, la sensibilidad media es mayor en los municipios de Donostialdea, Irun, Zarautz, Eibar, Zumarraga, Beasain, Tolosa, Azpetia, Urretxu, Oñati, Elgoibar y Arrasate/Mondragón. La sensibilidad es menor en los municipios de menor tamaño con carácter rural como Leintz-Gatzaga, Gaintza, Elgeta, Beizama, Mutiloa, Berastegi o Zerain, donde el porcentaje de suelo artificializado es menor.

En cuanto a la capacidad adaptativa, los factores con un mayor peso son el porcentaje de suelo no urbanizable en relación a la superficie total del municipio, la superficie de espacios verdes por habitante y el índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NVDI), todos ellos relacionados con la cantidad y calidad de espacios verdes. Estos indicadores están correlacionados con la superficie útil por vivienda e inversamente correlacionados con el tiempo de desplazamiento al hospital de referencia y el porcentaje de viviendas con ascensor. Los factores con un menor peso son la renta por hogar y la renta personal.



3.2.5. Fig. Análisis de correlación de los indicadores de capacidad adaptativa.

La capacidad adaptativa muestra un patrón contrario al de la sensibilidad. Esto se explica en parte por los dos factores con mayor peso en cada una de las componentes de la vulnerabilidad, la artificialización del suelo y el suelo no urbanizable, que están inversamente correlacionados. En este caso, la capacidad adaptativa es mayor en municipios de carácter rural con importantes superficies verdes como Gaztelu, Alegia, Zegama, Amezketa o Zerain, y en determinadas secciones censales de municipios de mayor tamaño, como Zumarraga, Eibar, Errenteria o Andoain, que también presentan un carácter más rural que

otros núcleos municipales con importantes porcentajes de suelo urbanizado. Por este mismo motivo, la capacidad adaptativa es a su vez menor en determinadas secciones censales de los núcleos urbanos de Errenteria, Donostia / San Sebastián, Eibar, Irun, Tolosa, Hernani, Lezo, Arrasate / Mondragón, Zarautz, Pasaia, Zumarraga, Azpeitia, Elgoibar, Zumaia, Lasarte-Oria, Azkoitia, Andoain, Hondarribia o Legazpi.



3.2.6. Fig. Sensibilidad, capacidad adaptativa y vulnerabilidad al calor.

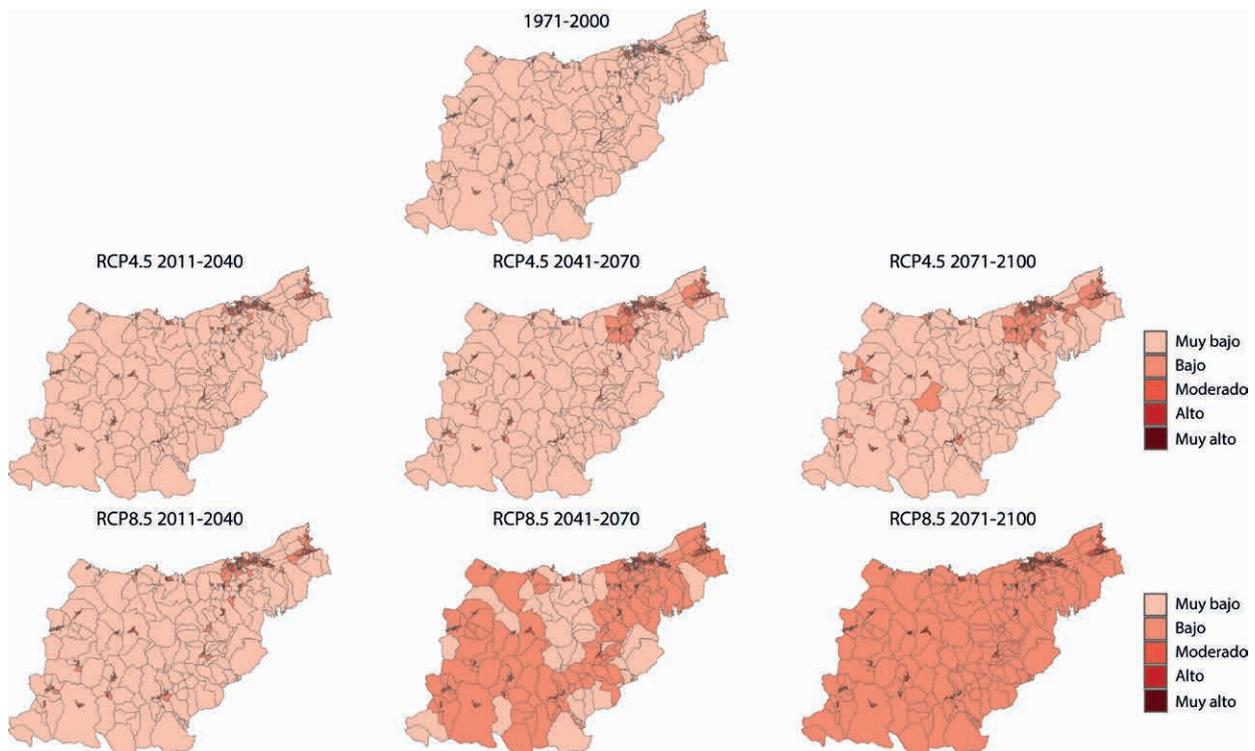
Combinando la sensibilidad y la capacidad adaptativa se obtiene como resultado la vulnerabilidad de la población al calor en cada una de las secciones censales. Considerando que la sensibilidad es mayor y la capacidad adaptativa en cambio menor en los centros urbano de los municipios con mayor densidad de población, como Donostia/San Sebastián, Eibar, Errenteria, Irun, Arrasate / Mondragón, Tolosa, Hernani, Lezo o Zarautz, la vulnerabilidad también es mayor en estos núcleos urbanos.

Por municipios, aquellos con una vulnerabilidad media mayor son aquellos en Donostialdea, Irun, Eibar, Zarautz, Andoain, Tolosa, Pasaia, Azpeitia, Zumarraga, Lezo, Lasarte-Oria y Elgoibar. La vulnerabilidad es menor en los municipios o secciones censales con amplia superficie de suelo verde no artificializado como Gaintza, Leintz-Gatzaga, Elgeta, Beizama o Zerain y secciones censales de Legazpi, Aretxabaleta, Bergara, Pasaia, Eibar, Usurbil, Hondarribia o Irun.

3.2.4. RIESGO

El riesgo es el resultado de la combinación de la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad. Como resultado del incremento de la amenaza en el corto, medio y largo plazo, el riesgo también se incrementa en los tres periodos de impacto, siendo mayor el incremento en el largo plazo bajo el escenario más pesimista, RCP8.5. De media, el incremento del riesgo respecto al periodo de referencia es de +22,9 % y +33,7 % para 2011-2040, +34,6 % y +52,3 % para 2041-2070 y +40,6 % y +71,4 % para 2071-2100, en los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, respectivamente.

En todos los escenarios el nivel de riesgo es mayor en las secciones censales de los municipios de Donostialdea, Irun, Eibar, Arrasate / Mondragón, Tolosa, Hernani, Azpeitia, Zarautz o Elgoibar. Esto es, en aquellas secciones censales de los núcleos urbanos más vulnerables al estar fuertemente antropizados, con suelos impermeabilizados y pocos espacios verdes por habitante. El riesgo es menor en municipios pequeños con poco suelo urbanizado y amplios espacios verdes por habitante como Errezil, Ataun, Leintz-Gatzaga, Gaintza, Beizama o Albiztur.



3.2.7. Fig. Índice de Riesgo de la salud de la población al calor extremo, para el periodo de referencia 1971-2000 y los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 bajo los escenarios RCP4.5 y RCP8.5.

El nivel de riesgo se incrementa en todas las secciones censales como consecuencia del incremento de la amenaza. En el periodo histórico de referencia el nivel de riesgo se sitúa entre muy bajo y alto. Los mayores niveles de riesgo en la actualidad se localizan en secciones censales de los principales municipios del Territorio, como Eibar, Errenteria, Donostia / San Sebastián, Irun y Arrasate / Mondragón. En el largo plazo, en estas secciones el nivel se incrementa a muy elevado y crece en zonas adyacentes a estas secciones a entre alto y muy alto. En las secciones menos vulnerables el nivel de riesgo se mantiene entre bajo y moderado en todos los periodos analizados.

Estos resultados nos proporcionan una visión de cuáles son los puntos del territorio más vulnerables y con mayor riesgo frente al incremento de las temperaturas elevadas proyectadas en escenarios de cambio climático. Es un valor por tanto relativo entre las áreas analizadas, permitiendo conocer aquellas donde el riesgo es mayor y por tanto la necesidad de medidas de adaptación que minimicen la vulnerabilidad mayor. Hay que considerar que estos resultados no se pueden comparar con otros estudios realizados también para el territorio, ya que la escala de análisis, los indicadores seleccionados y el peso asignado a cada uno de ellos varía de unos estudios a otros.

4. VULNERABILIDAD Y RIESGO PARA LA SALUD DE LA POBLACIÓN POR ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES

4.1. AMENAZA DEL CAMBIO CLIMÁTICO: CAMBIOS EN LA DISTRIBUCIÓN DE VECTORES

4.1.1. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades transmitidas por vectores incluyen parásitos, bacterias o virus que se transmiten a los seres humanos y otros vertebrados por la picadura de artrópodos infectados, incluidos mosquitos y garrapatas. En la actualidad, aproximadamente 6,3 billones de personas viven en riesgo de contraer enfermedades transmitidas por vectores. La OMS estima que estas enfermedades representan, a nivel global, más del 17 % de todas las enfermedades infecciosas, provocando aproximadamente 700.000 muertes anuales (OMS, 2023). A escala europea, aunque la mayoría de infecciones detectadas son importadas, las condiciones climáticas han facilitado brotes de enfermedades como el dengue, chikungunya y la fiebre del Nilo Occidental y han contribuido a una expansión geográfica de los vectores de garrapata que transmiten la enfermedad de Lyme y la encefalitis transmitida por garrapatas. Las proyecciones futuras indican que, en el próximo siglo, casi mil millones de personas podrían enfrentarse por primera vez a la transmisión de enfermedades como dengue, chikungunya o zika en el escenario más pesimista, principalmente en Europa y en las zonas elevadas en el trópico y subtropico (Ryan et al., 2019).

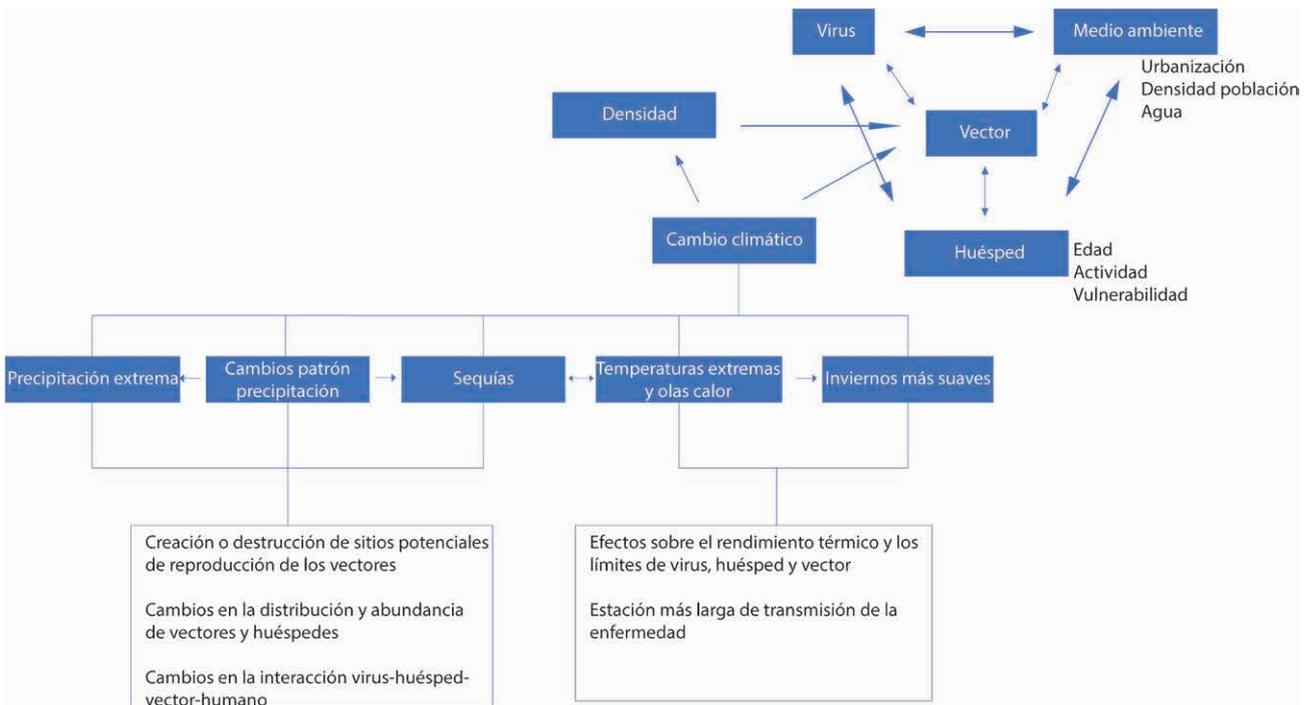
El ciclo de transmisión de enfermedades infecciosas implica la infección y replicación de patógenos tanto en los vectores como en los hospedadores. Para que la transmisión ocurra tienen que coincidir el virus, el vector competente y una persona susceptible, y darse las condiciones adecuadas para que ésta tenga lugar. Cuando el mosquito pica a un individuo o huésped infectado, el virus alcanza el tubo digestivo del mosquito y comienza la replicación del virus. Cuando el virus alcanza las glándulas salivales del mosquito este se vuelve infectivo y puede transmitir el virus al picar a un humano. La epidemiología de estas enfermedades depende así de la interacción entre virus y vector, entre virus y huésped y la dinámica poblacional entre vector y huésped. Por tanto, múltiples factores que afectan directamente o indirectamente tanto a

los vectores como a los huéspedes pueden modificar la dinámica de las enfermedades infecciosas.

Uno de estos principales factores son las condiciones climáticas. Por ello, estas enfermedades se suelen calificar como 'sensibles al clima', ya que un pequeño cambio en las condiciones climáticas tiene impactos sobre la distribución geográfica y transmisión de la enfermedad, a través de sus efectos sobre los patógenos, los vectores y los huéspedes.

El incremento de la temperatura acelera prácticamente todos los procesos biológicos que afectan a la transmisión, aumentando el riesgo de contraer la enfermedad. Las temperaturas elevadas aceleran el ciclo de vida del mosquito (Bayoh & Lindsay, 2004), incrementan las tasas de picadura de mosquito que, a su vez, determinan la frecuencia de contacto entre mosquito y huésped, e incrementan la tasa de replicación viral dentro del mosquito, disminuyendo el tiempo necesario para que un mosquito infectado pueda transmitir el virus (Jacome et al., 2019; Winokur et al., 2020).

La precipitación también influye de manera importante, lo que es más evidente en el caso de enfermedades transmitidas por vectores que tienen fases acuáticas en su ciclo de vida, como los mosquitos. La precipitación intensa favorece la creación de entornos acuáticos más adecuados para la ovoposición, el desarrollo de larvas y la supervivencia de algunos mosquitos debido a la formación de aguas estancadas, la alta humedad ambiental y la humedad del suelo. La humedad es también un factor climático importante en las enfermedades transmitidas por vectores sin etapas acuáticas, como las garrapatas. Estos cambios afectarán a la tasa de reproducción de los vectores y por tanto a su abundancia (de Souza & Weaver, 2024).



4.1.1. Fig. Diagrama que muestra los requisitos para la transmisión de enfermedades infecciosas y el impacto del cambio climático en las mismas a través de su efecto sobre los vectores. Fuente: elaboración propia a partir de diversas fuentes.

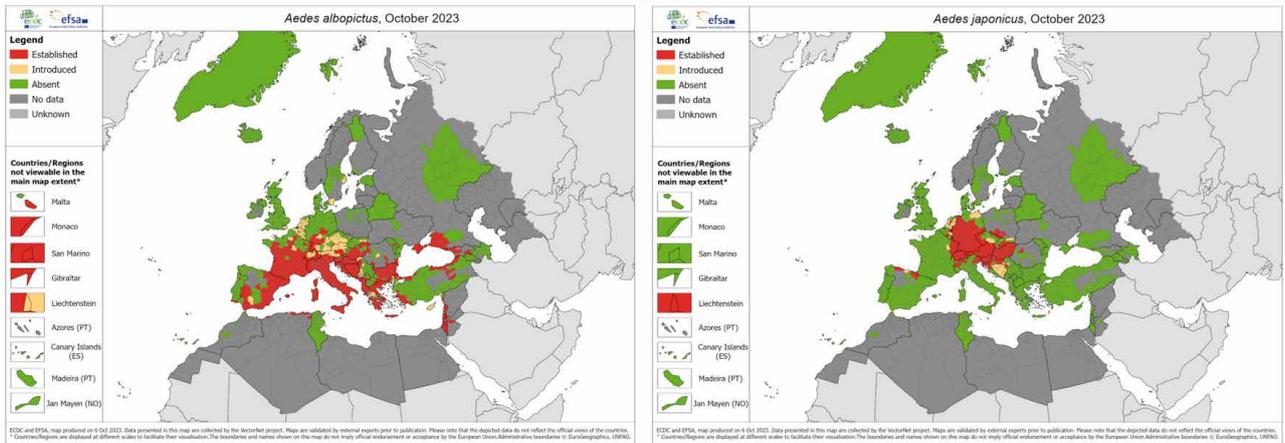
Además de estos cambios en el ciclo de vida de los vectores y el ciclo de transmisión, los cambios en las condiciones climáticas también afectarán a la distribución geográfica de los vectores y patógenos. Distintos estudios sugieren que el cambio climático propiciará la redistribución de vectores y enfermedades infecciosas, que encontrarán hábitats idóneos para su desarrollo en regiones más al norte y a mayor altitud (Sutherst, 2004; Semenza & Paz, 2021).

Por tanto, el cambio climático influirá en la distribución, estacionalidad, abundancia y prevalencia de la infección de los mosquitos que transmiten enfermedades al alterar la disponibilidad del hábitat y las tasas de reproducción de mosquitos y virus. Estas alteraciones pueden repercutir en la incidencia de la enfermedad a través de efectos sobre el tamaño de las poblaciones de vectores, sus tasas de supervivencia y su reproducción. Estos cambios influirán por tanto en la exposición humana a las picaduras de vectores infectados, modificando el riesgo de contraer enfermedades.

Las condiciones climáticas también ejercen una serie de efectos más indirectos, sobre el medio natural y los sistemas humanos. Por ejemplo, la sequía puede afectar al almacenamiento de agua, a las prácticas de uso del

suelo e irrigación y al movimiento de la población. Además, otros factores como cambios en los usos del suelo, la urbanización, globalización o la abundancia de reservorios, también contribuyen a estos cambios. Por tanto, aunque los patrones climáticos pueden regir la posible distribución mundial de una enfermedad transmitida por vectores, es probable que la magnitud real y la extensión espacial dentro de las regiones dependa de una multitud de factores no climáticos relacionados con la transmisión, incluidos factores epidemiológicos, ecológicos, sociales, económicos y demográficos.

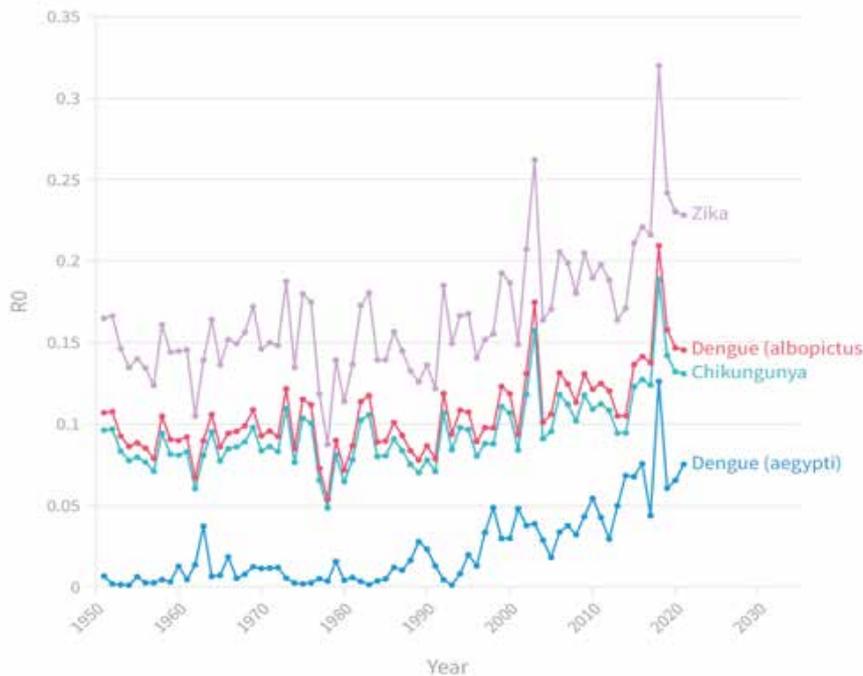
En Europa, desde finales de la década de 1970, se han experimentado cambios significativos en la incidencia y distribución de las enfermedades de transmisión vectorial. Mosquitos invasores como el mosquito tigre (*Aedes albopictus*), con capacidad de transmitir virus como el dengue, chikungunya y zika, se han establecido en gran parte del territorio y se dan las condiciones climáticas adecuadas para que se produzca el ciclo biológico del virus. Aunque el cambio climático ha podido ser un factor en esta expansión (Caminade et al., 2012), la introducción de vectores y patógenos en Europa se ha debido principalmente a la globalización, en concreto al comercio y viajes internacionales (Semenza & Suk, 2017).



4.1.2. Fig. Distribución actual del mosquito tigre (*Aedes albopictus*) y mosquito del Japón (*Aedes japonicus*) a nivel de regiones europeas (última actualización octubre de 2023). Fuente: Mosquito maps. European Centre for Disease Prevention and Control and European Food Safety Authority.

Distintos estudios indican que el cambio climático incrementa el riesgo de transmisión de enfermedades de transmisión vectorial en Europa (Ryan et al., 2019). En la actualidad ya existe cierto riesgo potencial en el sur del continente (Liu et al., 2020). Una forma de medir el riesgo de contraer enfermedades transmitidas por los vectores, bajo el cambio climático, es tomar los cambios en la tasa básica de reproducción (RO) asociada con las condiciones climáticas. Así se estima el número de infecciones secundarias de un caso infeccioso en la población completamente susceptible. Si RO es mayor que 1, los brotes tienen el potencial de crecimiento y cuanto mayor sea RO más rápido crecerá el brote. En Europa en el periodo 1986–2020 para el dengue, zika y chikungunya RO se ha incrementado en un 17,3 % respecto al periodo 1951–1985 (van Daalen et al., 2022).

La distribución potencial futura de los vectores infecciosos dependerá de cada especie y las condiciones locales. En el caso del mosquito tigre, los modelos prevén que seguirá con su expansión geográfica. En el caso de los virus, los modelos generalmente proyectan una idoneidad climática moderada para la transmisión de chikungunya, principalmente en Francia, España, Alemania e Italia. En el caso de la idoneidad climática para la transmisión de dengue los modelos proyectan una expansión en las próximas décadas, particularmente alrededor del mediterráneo, ampliándose a finales de siglo a la mayor parte del continente (Semenza & Paz, 2021).



4.1.3. Fig. Cambio en la probabilidad estimada de transmisión de dengue, chikungunya y zika entre 1959 y 2023 en Europa. Fuente: European Climate and Health Observatory.

La garrapata europea de las ovejas (*Ixodes ricinus*), uno de los principales vectores transmisores de enfermedad en Europa, ha desplazado su actividad estacional y su distribución geográfica tanto en sus límites latitudinales como en los de altura como resultado del aumento de temperatura experimentado en el continente (Estrada-Peña et al., 2020). Esto se ha relacionado con el incremento en la incidencia de la enfermedad de Lyme, un 400 % a nivel europeo. Los modelos proyectan que la expansión hacia el norte y este de Europa continúe en las próximas décadas (Williams et al., 2015).

En el caso de Gipuzkoa, algunos de estos vectores como el mosquito tigre (*Aedes albopictus*) también están

presentes en el territorio. Sin embargo, todos los casos reportados hasta el momento de dengue, chikungunya o zika están asociados con casos importados, esto es, a infecciones contraídas en regiones con transmisión autóctona. Hasta el momento, se ha considerado como baja la probabilidad de que aparezcan casos autóctonos. *Aedes japonicus* o mosquito del Japón también está presente en el territorio, aunque por el momento su capacidad vectorial para la transmisión de enfermedades se considera muy baja. En el caso de la enfermedad de Lyme, en Euskadi al igual que en otras regiones europeas, ha aumentado la tasa de incidencia, un aumento de casos el 232 % en los últimos 15 años.

4.1.2. AMENAZA: DISTRIBUCIÓN ACTUAL Y CAMBIOS PROYECTADOS EN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS PRINCIPALES VECTORES

El riesgo de enfermedades transmitidas por vectores es una medida integrada de la amenaza (presencia del mosquito y abundancia, presencia del virus e

infección), la exposición humana a mosquitos infectados y la vulnerabilidad de la población local (la capacidad de responder a la enfermedad).

La amenaza actual y futura, en escenario de cambio climático, dependerá de la redistribución del vector y del virus en dichos escenarios, esto es, la presencia del vector y patógeno, que determinarán la exposición de la población a la picadura y desarrollo de la enfermedad.

Un cambio en la idoneidad del hábitat dentro de la distribución geográfica actual de la enfermedad alterará el desarrollo, la supervivencia y las tasas reproductoras de los vectores y patógenos y, por tanto, afectará a la densidad de transmisión de la enfermedad y la exposición de la población a la misma. No se dispone de información local sobre la distribución de los distintos patógenos, pero sí datos sobre la presencia de los vectores. Dado que el desarrollo de la enfermedad está condicionada a la presencia del vector, se ha determinado la presencia del hábitat idóneo (distribución del vector) como indicador de la amenaza de contraer enfermedades (Sallam et al., 2017).

Para ello, se ha analizado el cambio en la idoneidad del hábitat de los principales vectores infecciosos ya establecidos en Europa y Euskadi y que se han ligado directamente a la transmisión de enfermedades bajo distintos escenarios de cambio climático. Además de con la presencia del vector, este indicador se relaciona con la densidad y abundancia de los mismos, cuanto más idóneo es el hábitat, mayores serán las tasas de replicación y por tanto la abundancia y densidad, factores que afectarán a la exposición (Semenza & Paz, 2021). En concreto, para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 y tres periodos de impacto 2011–2040, 2041–2070 y 2071–2100, se ha analizado el hábitat potencial de *Aedes albopictus* (mosquito tigre) y *Aedes japonicus* (mosquito del Japón), principales especies de mosquito invasor detectadas en el territorio, e *Ixodes ricinus* (garrapata europea de las ovejas), principal especie endémica transmisora de enfermedades.

Para analizar como el cambio climático afectará a la distribución espacial de estos vectores se ha modelado la idoneidad del hábitat de las especies con el algoritmo

de modelado de distribución geográfica de especies MAXENT. Basado en la información actual sobre la presencia o ausencia de especies y las condiciones bioclimáticas de dichas ubicaciones geográficas, el modelo permite determinar las relaciones especie-hábitat, esto es, proporciona datos sobre la idoneidad relativa del hábitat para la especie estudiada en función de las variables ambientales. Partiendo de estas relaciones especie-hábitat, se proyecta cuál será la distribución del hábitat idóneo bajo las futuras condiciones bioclimáticas. Los resultados del modelo indican si las condiciones bioclimáticas son adecuadas o no para la especie estudiada (genera distribuciones de probabilidad relativa de presencia entre 0, ninguna probabilidad de presencia, y 1, 100 % de probabilidad).

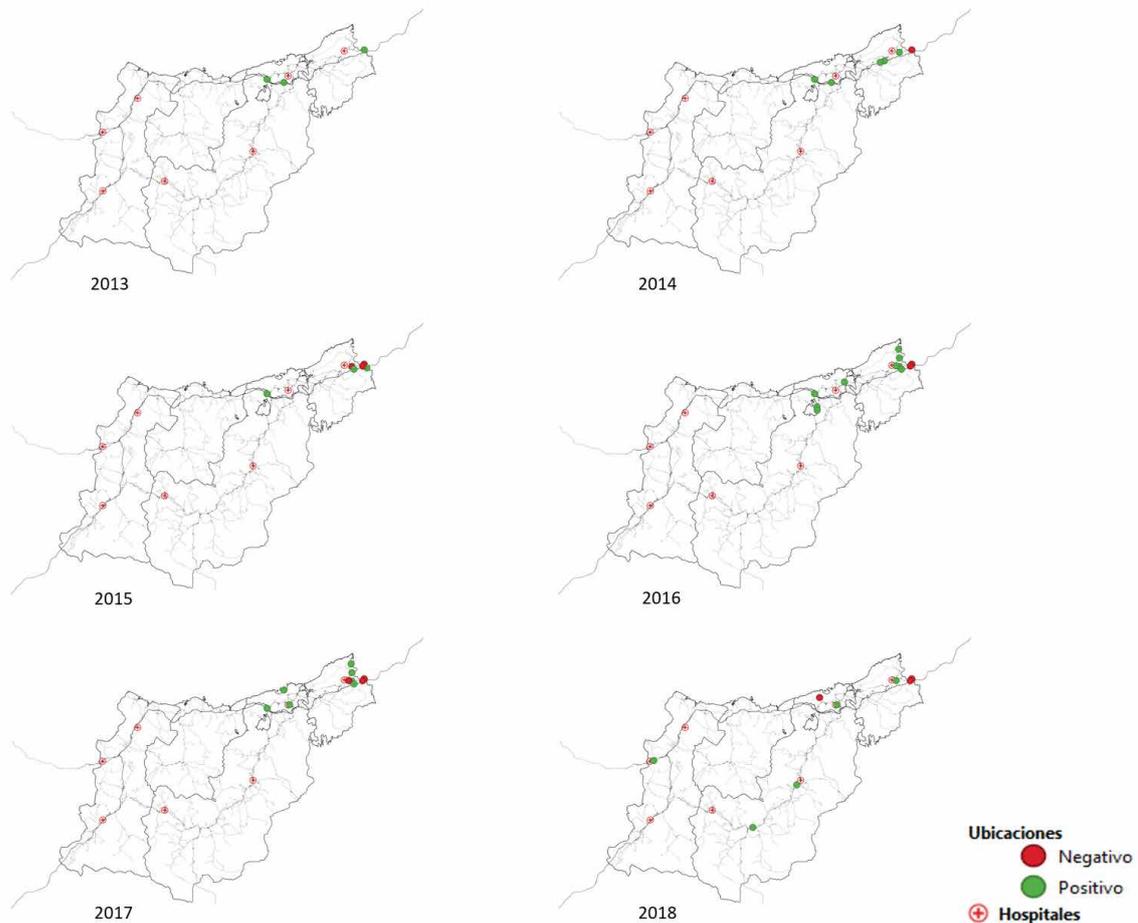
Las variables climáticas e índices bioclimáticos actuales y futuros para los escenarios de cambio climático analizados se han obtenido del Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S), seleccionando como modelo de circulación general ACCESS-CM2 (CSIRO, Australia). Los datos de distribución actual para cada una de los vectores se han obtenido a través de estudios publicados, plataformas de ciencia ciudadana gestionadas por expertos (ej. Mosquito Alert) y bases de datos sobre biodiversidad como el Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF) y el Sistema de Información de la Naturaleza de Euskadi.

El cambio futuro en la distribución potencial, respecto al periodo de referencia 1960–2010, bajo escenarios de cambio climático, se ha determinado como el porcentaje de cambio en la superficie del hábitat idóneo modelado. Para determinar las condiciones de hábitat idóneo se ha establecido el valor límite o umbral de probabilidad de presencia utilizado 0,5 ya que, un valor mayor o igual que 0,5 indica presencia.

4.1.2.1. MOSQUITO TIGRE (*Aedes albopictus*)

El mosquito tigre (*Aedes albopictus*) es un mosquito procedente del sudeste asiático, donde juega un papel importante en la transmisión de dengue. Además, este mosquito se asocia también a la transmisión de otros virus, como chikungunya o zika. Desde dicha región se ha expandido a amplias zonas del mundo, principalmente mediante el transporte pasivo de huevos o larvas a través del tráfico de mercancías. Además, su capacidad para adaptarse e hibernar en regiones templadas como

la nuestra ha permitido su rápida expansión. Esto es, su plasticidad para adaptarse a distintos hábitats, junto con la globalización y el cambio climático, han contribuido al éxito invasor de esta especie (Brugueras et al., 2020; Gun-ti et al., 2021). Los emplazamientos urbanos les confieren, además, hábitats y recursos adecuados para su desarrollo, por lo que su capacidad para ocupar estos hábitats es muy notable.



4.1.4. Fig. Mapa de Gipuzkoa con las ubicaciones de las ovitrampas colocadas durante el programa de vigilancia 2013–2018. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Goiri et al. (2020). Los círculos verdes indican ausencia de mosquito tigre (*Aedes albopictus*), mientras que los círculos rojos su presencia. Fuente: elaboración propia a partir del programa de vigilancia de mosquitos invasores de la CAPV (Goiri et al., 2020).

En Gipuzkoa, esta especie se detectó por primera vez en 2014, en un punto de muestreo situado en el parking de un centro comercial de Irún (Goieri et al., 2020), en el marco del *Programa de Vigilancia de mosquitos invasores* realizado entre 2013 y 2018. Desde esta primera detección, en los sucesivos años y hasta 2018 en dicha ubicación se ha detectado presencia del mosquito. Entre 2014 y 2016 la presencia del vector se limitó a un radio de 4 km alrededor de Irún. Sin embargo, el aumento del esfuerzo muestral en años posteriores permitió detectar por primera vez su

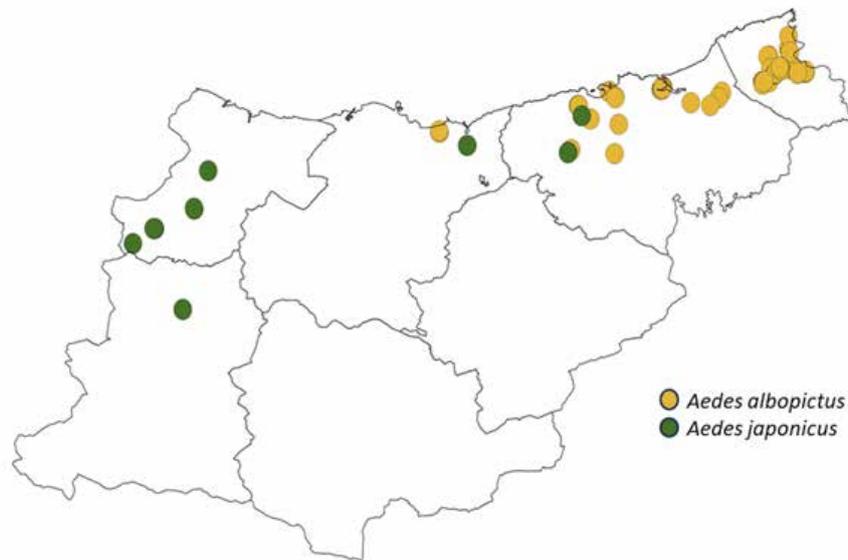
presencia en un parking de caravanas de Donostia / San Sebastián en 2018. Hay que considerar que la vigilancia activa para la detección de estos mosquitos se realiza través de la colocación de ovitrampas (trampas utilizadas para la detección de huevos de mosquito) y que, en un primer momento, el muestreo se centró en los puntos de entrada de puertos marítimos y aeropuertos y a lo largo de las redes de carretera, al ser el transporte una de las principales vías de dispersión.

En el año 2021, cuando la colocación de ovitrampas se extendió a los municipios de más de 10.000 habitantes, se pudo observar que este vector se había distribuido ampliamente por todo el territorio. En concreto, se detectó su presencia además de en Irun en Donostia / San Sebastián, Lasarte-Oria, Zarautz, Eibar y Bergara (Cevitanes et al., 2023). Por otro lado, de los diez casos de presencia de mosquito tigre notificados, a través de la plataforma de ciencia ciudadana *Mosquito Alert*, entre 2021 y 2023, siete se sitúan en Irun, dos en Donostia / San Sebastián y uno en Oiartzun.

Con respecto al reporte de picaduras, se observa un incremento significativo entre los años 2015 y 2018 (periodo para el que se dispone de datos). En el periodo 2015-2018 en la OSI Bidasoa se analizó la vigilancia de consultas por picadura de insecto en los residentes de Hondarribia e Irun. En 2018 se detectó un incremento de entre 39-49 % (incidencia 2016:2017 4,1-4,4 picaduras /1.000 habitantes vs. Incidencia año 2018: 6,1 picaduras/1.000 habitantes)

en comparación con los tres años previos. Este incremento podría estar ligado a un aumento de la presencia del mosquito en la zona¹. A pesar de este incremento en la tasa de picadura, no se ha detectado por el momento ningún caso autóctono de enfermedades transmitidas por este vector.

El mosquito tigre cría en pequeños volúmenes de agua, tanto de origen natural como artificial (cubos, macetas, bidones, neumáticos, envases, alcantarillas, etc.). Asimismo, lugares como estanques, charcas y áreas con vegetación densa también pueden albergar larvas de este mosquito. Además, su presencia en el territorio se ha asociado a las zonas urbanas, por ejemplo, se ha observado que su probabilidad de ocurrencia en zonas urbanas es aproximadamente 4,4 veces superior que en las zonas periurbanas y también se asocia su presencia a municipios con una mayor densidad de población (Cevitanes et al., 2023).



4.1.5. Fig. Ubicaciones de mosquito tigre (*Aedes albopictus*) y mosquito del Japón (*Aedes japonicus*) notificadas durante el periodo 2015-2023 a través del Sistema Global de Información sobre Biodiversidad- GBIF. Fuente: elaboración propia a partir de los datos disponibles en GBIF.

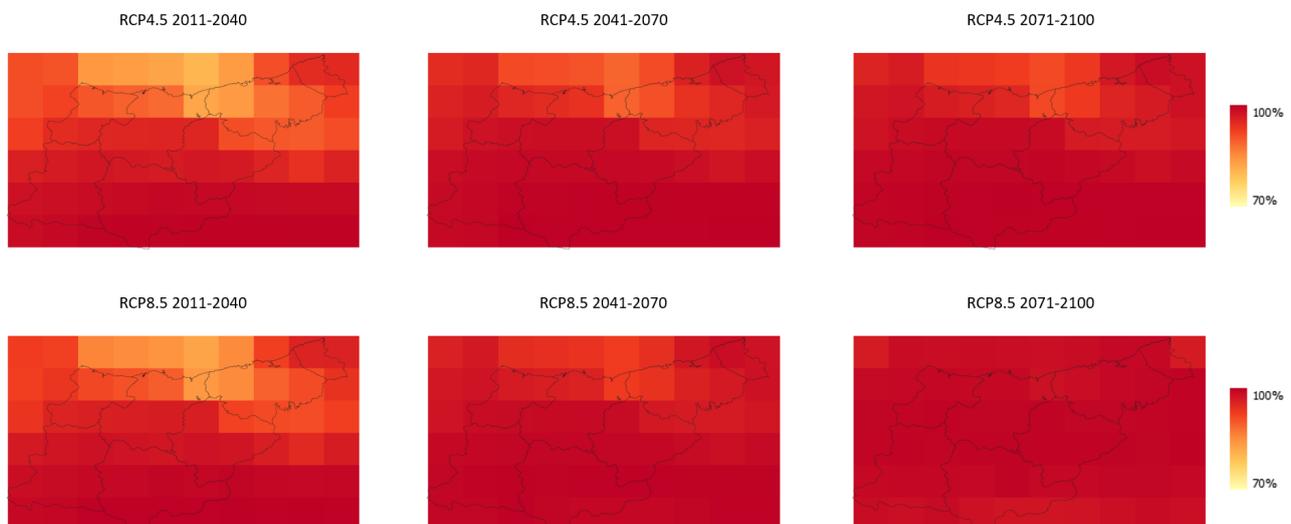
¹ Memorias unidad vigilancia epidemiológica. Departamento de Salud. Gobierno Vasco. <https://www.euskadi.eus/informacion/memorias-unidad-vigilancia-epidemiologica/web01-a3vipub/es/>

La abundancia estacional en una determinada zona geográfica está condicionada fundamentalmente por la temperatura, la presencia de agua y la disponibilidad de alimentos. Cuanta más alta sea la temperatura ambiente más se acelerará el desarrollo de las larvas, incrementándose el número de generaciones de adultos, y aumentando en consecuencia las tasas de huevos hibernantes. Por tanto, se prevé que el cambio climático facilite la propagación de este mosquito en toda Europa al cambiar los patrones de temperatura y precipitación, aumentando la superficie de hábitat adecuado.

Antes de analizar los resultados del modelo de distribución potencial aplicado para *Aedes albopictus*, se han analizado las proyecciones del índice de idoneidad y duración de la temporada para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 elaboradas por el Servicio de Climático Copernicus (C3S). El índice de idoneidad indica la probabilidad de que un área determinada presente condiciones ambientales favorables para la presencia del mosquito. Cuanto mayor sea su valor, más idóneas serán las condiciones climáticas para su desarrollo. La determinación de este índice se ha

basado en las proyecciones de la temperatura en verano y en el mes de enero y en la precipitación anual, no en un modelo de distribución de especies. La duración de la temporada se determina como el tiempo que transcurre desde la eclosión de los huevos del mosquito después del invierno hasta la entrada en diapausa (ya no eclosionan) durante el otoño. Las etapas de eclosión de los huevos y la diapausa otoñal se definen en base a la temperatura y el fotoperiodo.

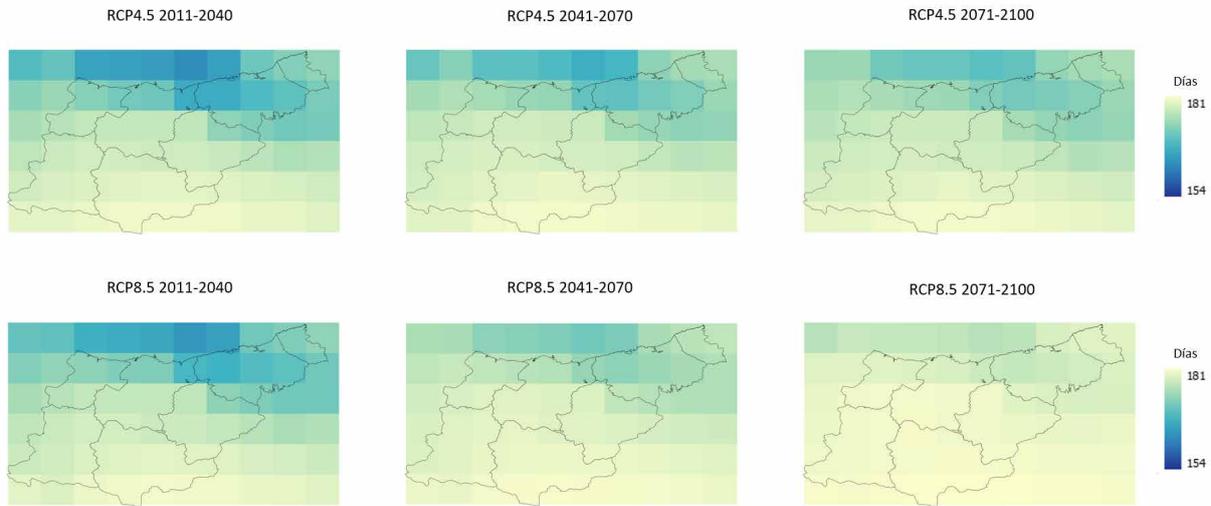
Las proyecciones del índice de idoneidad muestran cambios para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 respectivamente del +7,0 % y +7,7 % para el periodo 2011-2040 y del +9,7 % y +12,0 % para 2041-2070 con respecto al periodo de referencia 1986-2010. En el largo plazo no se observan diferencias significativas con las proyecciones para el medio plazo. El análisis de tendencias (Mann-Kendall) de las series temporales completas (1986-2085) indica incrementos estadísticamente significativos de +1,1%/década y +1,3%/década para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, respectivamente.



4.1.6. Fig. Evolución del índice de idoneidad (%) de mosquito tigre (*Aedes albopictus*) para el promedio de las proyecciones para cada periodo de impacto y los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 (10 km x 10 km). Fuente: elaboración propia a partir de los datos disponibles en Copernicus Climate Data Store (CDS).

En cuanto a la duración de la temporada, las proyecciones indican incrementos para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 del +2,0 % y +2,7 % para el periodo 2011-2040, del +2,4 % y +4,2 % para 2041-2070 y del +2,7 % y +4,9 % para 2071-2100 con respecto al periodo de referencia 1986-2010, respectivamente. El análisis de tendencias

(Mann-Kendall) de las series temporales completas (1986-2005) indica tendencias positivas estadísticamente significativas con valores de +0,49 días/década y de +1,0 días/década para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, respectivamente.

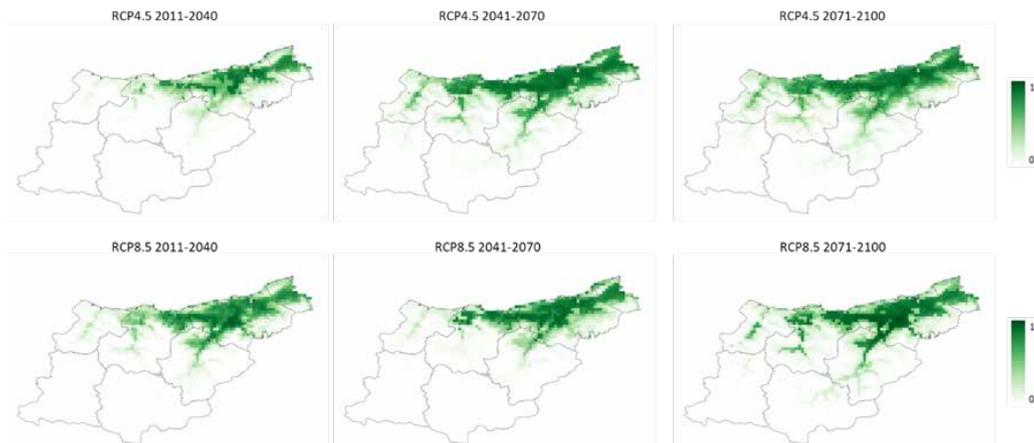


4.1.7. Fig. Evolución de la duración de la temporada (días) de mosquito tigre (*Aedes albopictus*) para el promedio de las proyecciones para cada periodo de impacto y los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 (10 km x 10 km). Fuente: elaboración propia a partir de los datos disponibles en Copernicus Climate Data Store (CDS).

Para el análisis de la distribución potencial del mosquito tigre en Gipuzkoa a partir del modelo de distribución de especies MAXENT, se han seleccionado las variables bioclimáticas de mayor relevancia en el ciclo vital de este mosquito de acuerdo a la metodología descrita por Cunze et al. (2016): (1) temperatura mínima del trimestre más frío, (2) rango anual de temperatura, (3) temperatura media del trimestre más cálido, (4) precipitación anual, (5) estacionalidad de las precipitaciones y (6) precipitación en el trimestre más cálido.

impacto respecto al periodo histórico (1960–2010) y en ambos escenarios. Este cambio es mayor en el escenario de altas emisiones (RCP8.5) con incrementos en el porcentaje de distribución por encima del 25 % para todos los periodos de impacto, siendo más intensos en el largo plazo (2071–2100), superiores al 50 %. La distribución actual y futura indica que este vector presenta una mayor probabilidad de presencia en las comarcas más densamente pobladas del territorio, Bidasoa Beherea y Donostialdea, y que así continuará en los distintos periodos de impacto y escenarios de emisión.

Los resultados indican un incremento del hábitat potencial del mosquito tigre en los distintos periodos de



4.1.8. Fig. Hábitat potencial idóneo del mosquito tigre (*Aedes albopictus*) para cada periodo de impacto bajo los escenarios de emisiones RCP4.5 y RCP8.5 (1 km x 1 km). Fuente: elaboración propia a partir de los datos disponibles en Copernicus Climate Data Store (CDS), bibliografía y bases de datos sobre biodiversidad.

| MOSQUITO TIGRE (<i>Aedes albopictus</i>) | RCP4.5 | | | RCP8.5 | | |
|-----------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 2011-2040 | 2041-2070 | 2071-2100 | 2011-2040 | 2041-2070 | 2071-2100 |
| % de cambio del hábitat potencial | +4,0% | +2,8% | +8,8% | +34,5% | +25,1% | +52,3% |

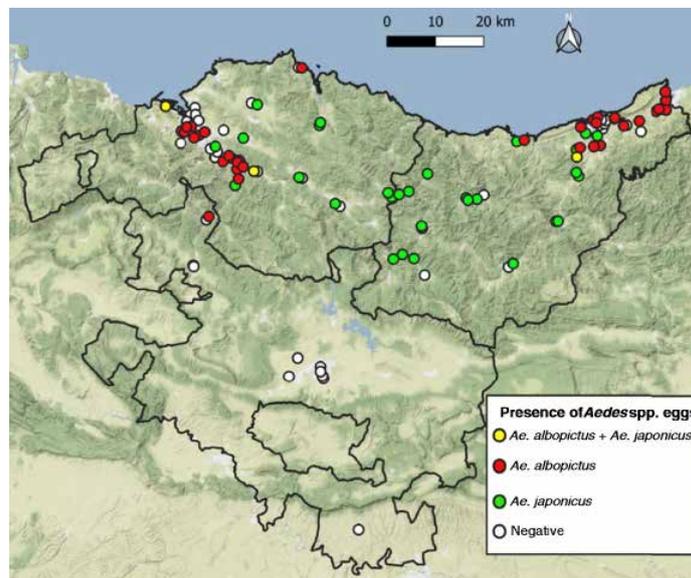
4.1.1. Tabla. Variación de la superficie del hábitat potencial (% de cambio de superficie de presencia) para el mosquito tigre (*Aedes albopictus*) para los tres periodos de impacto y los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 respecto al periodo de referencia 1960-2010.

4.1.2.2. MOSQUITO DEL JAPÓN (*Aedes japonicus*)

Otro mosquito invasor a escala global y presente también en nuestro territorio es el mosquito de Japón (*Aedes japonicus*). Es un mosquito endémico de Corea, Japón, Taiwán, el sur de China y Rusia y desde 1990 se ha propagado a amplias zonas de Norteamérica, Sudamérica y Europa. En Europa su presencia se detectó por primera vez en Francia en el año 2000 y en España, en Asturias, en 2018. En Gipuzkoa su presencia se detectó en el verano del 2020. Al igual que el mosquito tigre, es un vector transmisor de enfermedades. El virus que transmite más eficientemente es el de la fiebre del Nilo Occidental,

aunque también tiene capacidad para infectarse con el virus de la encefalitis japonesa, encefalitis equina oriental, de La Crosse, y menormente con el dengue y chikungunya.

Los resultados del programa de vigilancia de mosquitos invasores de la CAPV indicaban, para el año 2021, la presencia del mosquito en 10 municipios guipuzcoanos (de los 19 muestreados, municipios con más de 10.000 habitantes). Además, en tres de estos municipios se detectó la presencia conjunta con el mosquito tigre (*Aedes albopictus*).



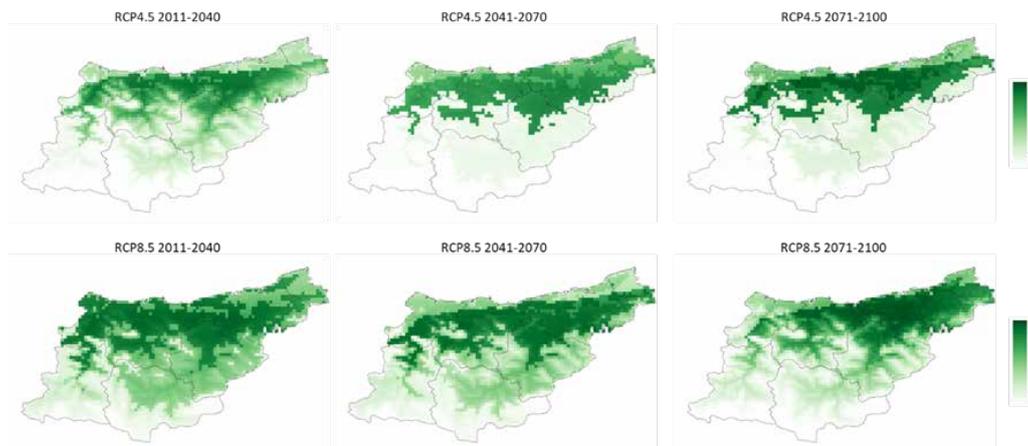
4.1.9. Fig. Distribución de *Aedes albopictus* (puntos rojos), *Aedes japonicus* (puntos verdes) y coexistencia de ambas especies (puntos amarillos) en la CAPV. Fuente: Cevidanes et al. (2023).

Su expansión se produce de manera activa y rápida siempre que existan espacios naturales o artificiales adecuados para la cría. A diferencia con el mosquito tigre, este mosquito prefiere hábitats boscosos y áreas tupidas, por lo que se espera que su distribución sea mayor en las zonas rurales y periurbanas, aunque también se ha detectado en zonas urbanas e industriales que, a priori, son más favorables para la proliferación del mosquito tigre.

Aedes japonicus está bien adaptado a climas templados y es capaz de tolerar inviernos fríos. Su presencia está limitada a regiones en las que la temperatura del agua es inferior a 30 °C, limitando este factor su presencia en ciertas regiones europeas. Además de la importancia de la temperatura en la distribución de esta especie, la precipitación también define la adecuación de su hábitat, ya que al igual que el mosquito tigre necesita de zonas encharcadas para completar su ciclo de vida. A escala europea, se proyecta una disminución paulatina del hábitat idóneo para esta especie como consecuencia de varios factores como su mayor sensibilidad al incremento de la

temperatura o al cambio en el patrón de precipitaciones a medida que avanza el siglo XXI (Cunze et al., 2016) o a su menor capacidad de competencia frente a la expansión del mosquito tigre.

Las variables bioclimáticas utilizadas para modelar la distribución potencial de *Aedes japonicus* han sido las mismas que para el mosquito tigre, siguiendo el estudio de Cunze et al. (2016). Los resultados no indican grandes variaciones en la distribución del hábitat potencial en Gipuzkoa en los distintos periodos y escenarios. En el corto plazo (2011-2040) se proyectan pequeños incrementos del hábitat idóneo con respecto al periodo de referencia. En cambio, en el medio plazo (2041-2070) para el escenario RCP8.5 y en el largo plazo (2071-2100) para ambos escenarios, las proyecciones indican una disminución del área potencial. En todos los casos los cambios proyectados son inferiores al 10 %.



4.1.10. Fig. Hábitat potencial del mosquito del Japón (*Aedes japonicus*) para cada periodo de impacto bajo los escenarios de emisiones RCP4.5 y RCP8.5 (1 km x 1 km). Fuente: elaboración propia a partir de los datos disponibles en Copernicus Climate Data Store (CDS), bibliografía y bases de datos sobre biodiversidad.

| MOSQUITO DEL JAPÓN (<i>Aedes japonicus</i>) | RCP4.5 | | | RCP8.5 | | |
|--------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 2011-2040 | 2041-2070 | 2071-2100 | 2011-2040 | 2041-2070 | 2071-2100 |
| % de cambio del hábitat potencial | +8,7% | +6,1% | -7,0% | +8,2% | -6,7% | -3,5% |

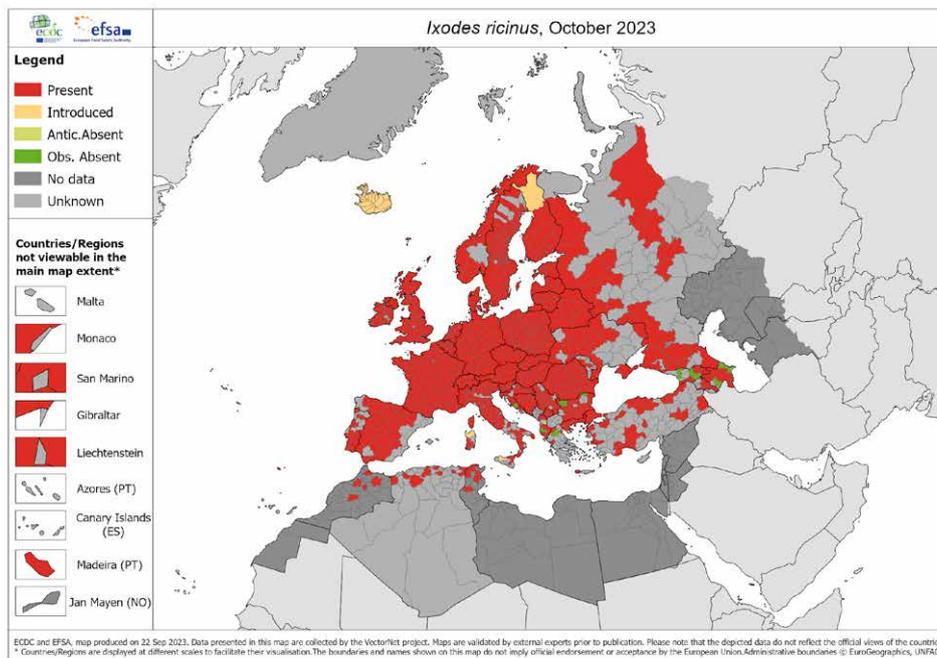
4.1.2. Tabla. Variación de la superficie del hábitat potencial (% de cambio de superficie de presencia) para el mosquito del Japón (*Aedes japonicus*) para los tres periodos de impacto y los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 respecto al periodo de referencia 1960-2010.

4.1.2.3. GARRAPATA EUROPEA DE LAS OVEJAS (*IXODES RICINUS*)

El segundo vector que más enfermedades transmite, después de los mosquitos, son las garrapatas. Se estima que en las regiones nórdicas aproximadamente el 41 % de las enfermedades infecciosas sensibles al clima son transmitidas por garrapatas (Omazic et al., 2019).

La principal enfermedad que transmite este vector, y la que más casos de hospitalización genera, es la enfermedad de Lyme o beriliosis, aunque también puede transmitir enfermedades de mayor gravedad como la encefalitis

centroeuropa. En Euskadi, entre los periodos 2005–2007 y 2017–2019 la incidencia de la enfermedad de Lyme aumentó en un 232,4 %. La principal causa de este incremento de la incidencia podrían ser el aumento local en la densidad de la garrapata, y una mayor actividad humana en las zonas naturales. Los principales afectados han sido hombres mayores de 60 años, coincidiendo con actividades profesionales ordinarias típicas de las zonas rurales.



4.1.11. Fig. Distribución actual de la garrapata europea de las ovejas (*Ixodes ricinus*) a nivel de regiones europeas (última actualización octubre de 2023). Fuente: Mosquito maps. European Centre for Disease Prevention and Control and European Food Safety Authority.

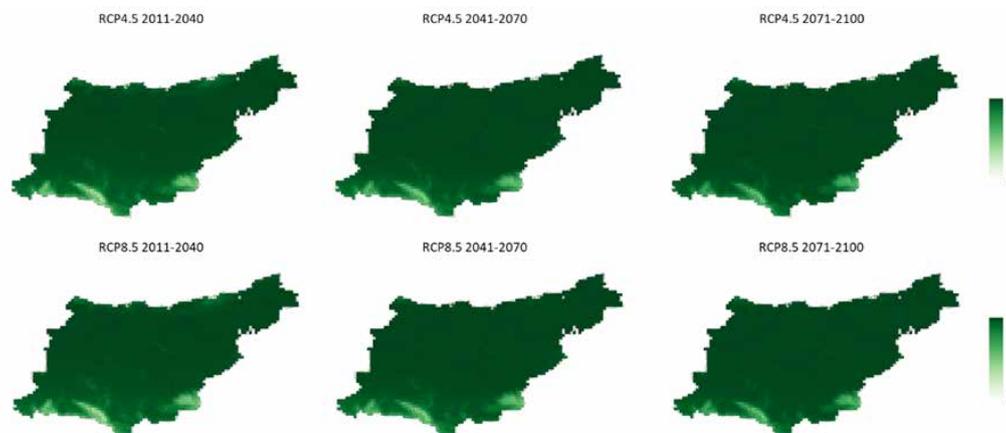
El género *Ixodes* es responsable de la mayoría de transmisiones a humanos. Las garrapatas jóvenes suelen alimentarse de pequeñas especies de roedores, principales hospedadores del virus de la encefalitis, mientras que las garrapatas adultas se alimentan de animales de mayor tamaño. Cuando las garrapatas se infectan, pueden permanecer infectadas durante el resto de su vida y transmitir el virus a los seres humanos y al ganado. A nivel europeo la garrapata europea de las ovejas (*Ixodes ricinus*) es la especie más ampliamente distribuida (ECDC, 2022).

La distribución geográfica de esta especie está relacionada con factores climáticos como la humedad relativa, humedad del suelo, y la temperatura y con factores como el tipo de vegetación y usos del suelo (Jore et al., 2014). Algunos estudios indican que, asociado al calentamiento global observado, los límites latitudinales y altitudinales de esta especie se han expandido (Lindgren et al., 2000). Bajo los distintos escenarios de cambio climático se proyecta que continúe esta expansión, un 10,8 % y un 11,5 % y de un 11,7 % y un 14,5 % para los años 2050 y 2070,

para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 respectivamente (Voyiatzaki et al., 2022).

Para el análisis de la distribución potencial de *Ixodes ricinus* en Gipuzkoa se han seleccionado las variables bioclimáticas de mayor relevancia en el ciclo vital de esta garrapata acuerdo a la metodología descrita por Alkische et al. (2017): (1) temperatura media anual, (2) rango medio diario, (3) isothermicidad, (4) rango anual de la temperatura, (5) precipitación anual, y (6) estacionalidad de la precipitación.

Los resultados del análisis indican un aumento generalizado de la superficie de hábitat idónea para esta especie a medida que transcurre el siglo XXI. Este cambio es sustancialmente mayor para el escenario RCP8.5 en todos los periodos de impacto analizados. Para el último periodo de impacto (2071-2100) bajo el escenario RCP8.5 se observa una disminución del 6,7 % con respecto al periodo de impacto anterior, probablemente como consecuencia de la disminución de la humedad durante este periodo, variable abiótica esencial para el ciclo reproductivo de la garrapata.



4.1.12. Fig. Hábitat potencial de la garrapata europea de las ovejas (*Ixodes ricinus*) para cada periodo de impacto bajo los escenarios de emisiones RCP4.5 y RCP8.5 (1 km x 1 km). Fuente: elaboración propia a partir de los datos disponibles en Copernicus Climate Data Store (CDS), bibliografía y bases de datos sobre biodiversidad.

De acuerdo a los resultados del modelo, la superficie idónea para el desarrollo de esta especie se extendería hacia las zonas más elevadas del territorio como consecuencia de unas condiciones bioclimáticas más suaves que favorecerían el ciclo vital de la garrapata. Este fenómeno

ya ha sido observado en ciertas regiones montañosas del centro de Europa donde el incremento de la temperatura ha favorecido su presencia (Shchuchinova et al., 2015).

| GARRAPATA EUROPEA DE LAS OVEJAS (<i>IXODES RICINUS</i>) | RCP4.5 | | | RCP8.5 | | |
|--------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 2011-2040 | 2041-2070 | 2071-2100 | 2011-2040 | 2041-2070 | 2071-2100 |
| % de cambio del hábitat potencial | +3,6% | +7,1% | +1,4% | +22,2% | +26,4% | +19,6% |

Tabla 4.1.3. Variación de la distribución del hábitat (% de cambio de la superficie de presencia) de la garrapata europea de las ovejas (*Ixodes ricinus*) con respecto al periodo de referencia para los distintos escenarios (RCP4.5 y RCP8.5) y periodos de impacto analizados.

4.1.3. CONCLUSIÓN

El aumento de la temperatura promedio a nivel mundial y las alteraciones en los patrones de precipitación están generando un impacto considerable en la prevalencia de enfermedades transmitidas por vectores. Estos cambios están propiciando la expansión de ciertas especies de artrópodos que son endémicas de regiones tropicales o subtropicales hacia latitudes más frías donde antes no se encontraban. Un ejemplo claro de este fenómeno es la expansión de mosquitos invasores. Desde finales de los años 70, se observa la aparición de ciertas especies como el mosquito tigre (*Aedes albopictus*) o el mosquito del Japón (*Aedes japonicus*). Si bien el comercio internacional ha favorecido la expansión de estas especies, su adaptación a las condiciones climáticas favorece su expansión y se prevé que continúe bajo los distintos escenarios de cambio climático. Estas especies pueden aumentar el riesgo de transmisión de enfermedades anteriormente no existentes en Europa como el Zika, chikungunya o dengue.

El análisis del índice de idoneidad y duración de la temporada para el mosquito tigre, así como el modelado de la distribución geográfica de esta especie y para el mosquito del Japón y la garrapata europea de las ovejas (*Ixodes ricinus*), indican, salvo para el mosquito del Japón, condiciones bioclimáticas futuras que favorecen su expansión y por ende un incremento de la exposición a su picadura y la posibilidad de transmisión de enfermedades.

A pesar de esta mayor amenaza por la mayor presencia de los vectores, hay que tener en cuenta que no existe una relación directa entre una mayor expansión y un aumento de los casos endémicos al depender la transmisión de la presencia del virus o patógeno y los cambios experimentados por efecto del cambio climático o su evolución genética. Además, en el modelado de distribución de especies tampoco se ha considerado la posible adaptación de los vectores a las condiciones bioclimáticas futuras.

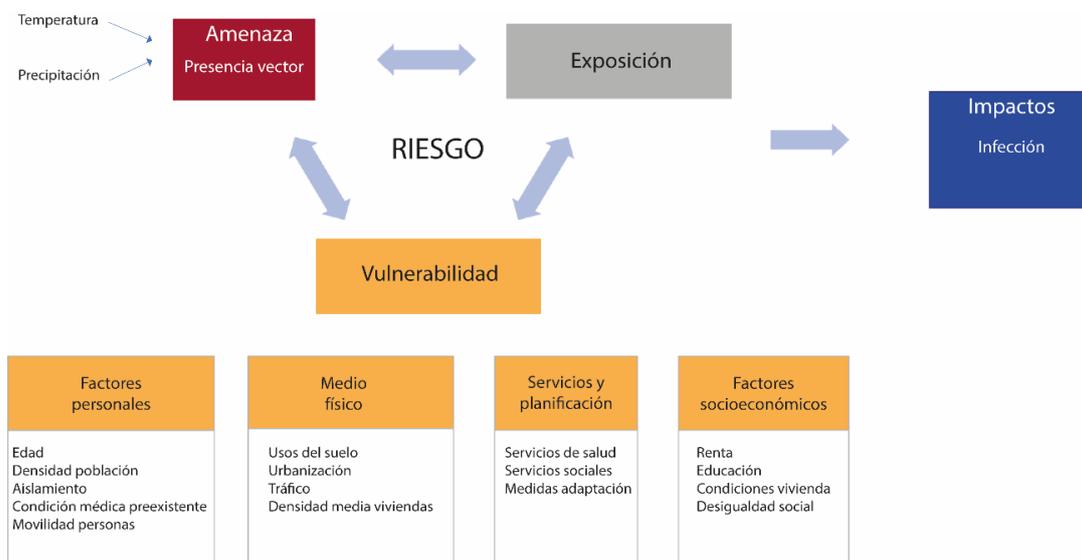
4.2. VULNERABILIDAD Y RIESGO PARA LA SALUD DE LA POBLACIÓN GUIPUZCOANA A LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES

El análisis del riesgo de contraer enfermedades transmitidas por vectores bajo condiciones de cambio climático depende de: cambios en la redistribución espacial y la abundancia del vector y patógeno, que determinan la amenaza y exposición de la población y de factores ambientales y socioeconómicos, que determinan a su vez la sensibilidad y capacidad de adaptación de la población.

El cambio climático provocará cambios en la distribución y en la abundancia de vectores y patógenos, al modificar la disponibilidad de hábitat idóneos y la tasa de reproducción, así como cambios en la estacionalidad de transmisión. En el caso del mosquito tigre (*Aedes Albopictus*) y de la garrapata de la oveja (*Ixodes ricinus*) los modelos indican condiciones bioclimáticas futuras, bajo

distintos escenarios climáticos, que favorecen la expansión de ambas especies en el Territorio. Esto modificará la exposición de la población a vectores infecciosos, modificando por tanto el riesgo de contraer enfermedades infecciosas.

La vulnerabilidad de las personas depende de un conjunto de factores sociales, demográficos, paisajísticos y socioeconómicos que determinan la sensibilidad de las personas al patógeno, derivado, por ejemplo, del estado global de salud, y la capacidad de adaptación, que depende de factores como la percepción del riesgo, la adopción de medidas individuales de protección o las campañas de seguimiento y eliminación de la presencia de vectores.



4.2.1. Fig. Factores que determinan la vulnerabilidad y riesgo de la población a las enfermedades infecciosas por la presencia del mosquito tigre. Fuente: elaboración propia.

La selección de indicadores que determinan la vulnerabilidad, incluyendo indicadores del medio construido, socioeconómicos, clima y paisaje, es más compleja que en caso de la determinación de la vulnerabilidad a las altas

temperaturas. En este caso, las características ambientales afectan de distinta forma a los distintos vectores ya que, cada especie tiene unos determinados requerimientos de hábitat que pueden variar mucho incluso entre

especies muy parecidas. Por ejemplo, mientras que el mosquito tigre prefiere ambientes urbanos, el mosquito del Japón es más abundante en ambientes más naturales con una mayor presencia de vegetación (Cevitanes et al., 2023).

En este capítulo se analiza la vulnerabilidad y riesgo para la salud de enfermedades transmitidas por dos vectores: mosquito tigre (*Aedes albopictus*) y la garrapata de la oveja (*Ixodes ricinus*).

4.2.1. ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL MOSQUITO TIGRE (*Aedes albopictus*)

El mosquito tigre es originario del sudeste asiático, pero se ha extendido rápidamente, incluido en nuestro territorio donde ya se ha confirmado su presencia en varios municipios. Este mosquito puede ser transmisor de enfermedades víricas como dengue, chikungunya o zika.

La sensibilidad de la población dependerá de factores personales, como edad, sexo, condición inmunológica o

la condición médica preexistente. Además de estos factores personales, otros factores como los usos del suelo o la densidad de población y la movilidad de las personas se han asociado con una mayor vulnerabilidad. Los colectivos con menores recursos socioeconómicos también se han asociado a una mayor vulnerabilidad (Semenza et al., 2016).

| COMPONENTE RIESGO | | INDICADOR | PESOS COMPONENTES | PESOS INDICADORES | | |
|---------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------|-------|---------|
| AMENAZA | | Distribución potencial del mosquito tigre (<i>Aedes albopictus</i>) | 0,333 | 1,000 | | |
| EXPOSICIÓN | | Densidad población | 0,333 | 1,000 | | |
| VULNERABILIDAD | Sensibilidad | | 0,333 | | | |
| | | Personas mayores | 0,500 | 0,04188 | | |
| | | Personas menores | | 0,05219 | | |
| | | Densidad de población urbana | | 0,08121 | | |
| | | Densidad de viviendas | | 0,06206 | | |
| | | Personas por vivienda | | 0,06460 | | |
| | | Índice de privación socioeconómica | | 0,01886 | | |
| | | Suelo artificializado | | 0,24353 | | |
| | | Capacidad alojamientos turísticos | | 0,05536 | | |
| | | Zonas verdes urbanas | | 0,11854 | | |
| | | Ruralidad | | 0,18799 | | |
| | | Distancia a carreteras principales | | 0,07373 | | |
| | | Capacidad adaptativa | | Renta personal media | 0,500 | 0,07368 |
| | | | | Renta media por hogar | | 0,03769 |
| | | | | Renta personal disponible | | 0,03283 |
| Estudios realizados | 0,09677 | | | | | |
| Número de farmacias | 0,67747 | | | | | |
| Accesibilidad al hospital | 0,08153 | | | | | |

4.2.1. Tabla. Indicadores considerados para cada una de las componentes del riesgo: *Aedes albopictus*.

La mayor temperatura en los entornos urbanos asociado al fenómeno de las islas de calor, se ha asociado con una mayor presencia del vector y del virus (Roche et al., 2015). Asimismo, también se ha asociado a las zonas verdes urbanas ya que estas áreas permiten el refugio y ofrecen condiciones adecuadas para la reproducción (Manica et al., 2016). En Euskadi, la presencia del mosquito tigre es mayor en entornos urbanos que en entornos periurbanos y es mayor en aquellos municipios con una mayor densidad de población (Cevidanez et al., 2023). Otro factor importante en la expansión y llegada a nuevas zonas del mosquito y del patógeno es la movilidad. El transporte accidental en coche es el mecanismo más evidente de expansión del mosquito tigre en España (Eritja et al., 2017), y la presencia del patógeno hasta el momento en Gipuzkoa se ha asociado a personas que viajan desde regiones donde estas enfermedades son endémicas.

En cuanto a los indicadores de capacidad adaptativa, su identificación y cuantificación también es compleja

ya que en muchos casos esta depende de la percepción del peligro por parte de la población local y la adopción de medidas individuales de protección. Factores como la renta individual, el nivel de estudios y el acceso a los sistemas de salud se han asociado en algunos estudios como factores que confieren capacidad de adaptación y reducen la vulnerabilidad (Semenza et al., 2016).

Tras la revisión bibliográfica, para el análisis del riesgo de la salud de la población a las enfermedades infecciosas transmitidas por el mosquito tigre se han seleccionado un total de 19 indicadores, que se han clasificado en: 1 indicador para la caracterización de la amenaza, 1 indicador para caracterizar la exposición, 11 indicadores para caracterizar la sensibilidad, y 6 indicadores para caracterizar la capacidad adaptativa. El detalle de la definición, la fuente de datos, el año de obtención de los datos y la distribución espacial de cada uno de estos indicadores se encuentra en el Anexo VI.

4.2.1.1. AMENAZA

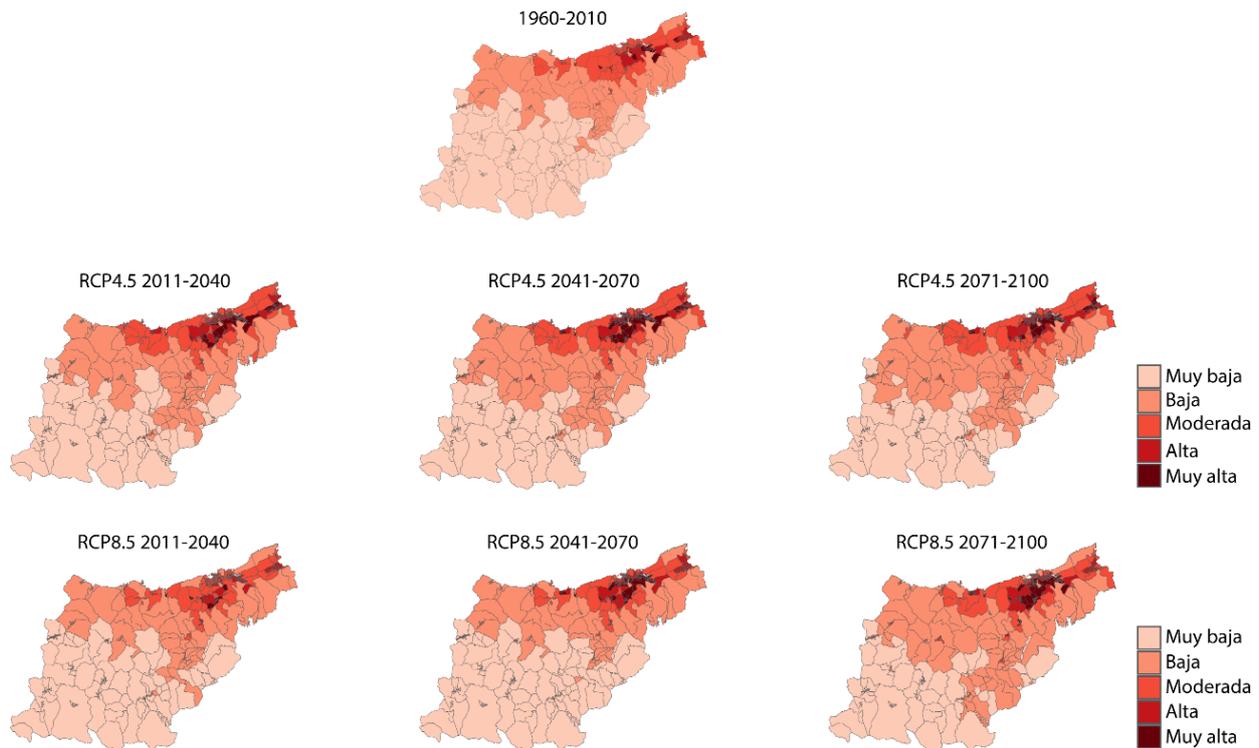
La presencia del vector, mosquito tigre en este caso, es necesaria para la transmisión de enfermedades. Un cambio en la idoneidad del hábitat alterará la distribución, desarrollo, supervivencia y las tasas reproductivas de los vectores y afectará así a la intensidad de la transmisión de la enfermedad y la exposición resultante de la población a la enfermedad. Por tanto, la información sobre cuáles son los hábitats más idóneos y la probabilidad de encontrar al vector proporcionan información básica sobre dónde se produce la amenaza.

Estos hábitats idóneos se redistribuirán bajo el cambio de las condiciones climáticas proyectadas para los distintos escenarios de cambio climático. En el capítulo anterior se ha estimado un incremento del hábitat potencial del mosquito tigre en el corto, medio y largo plazo bajo los escenarios de emisiones RCP4.5 y RCP8.5.

La amenaza media en el Territorio, determinada a partir de la probabilidad media de distribución de la especie en cada sección censal, se incrementa en todos los periodos y para ambos escenarios salvo en el corto plazo para el escenario RCP8.5. Los incrementos estimados bajo el escenario RCP4.5 son del +39,1 % para 2011-2040, del +72,9 % para 2041-2070 y +77,4 % para 2071-2100. En el escenario con un mayor nivel de emisiones, RCP8.5, en el

corto plazo se proyecta una reducción de la amenaza -8,7 %, mientras que en el medio y largo plazo se proyectan incrementos de la amenaza del +7,0 % y +79,1 %, respectivamente. Ninguno de estos cambios es estadísticamente significativo.

En los municipios en los que ya se encuentra presente el mosquito tigre y por tanto la amenaza ya está presente, esta es máxima en el periodo histórico de referencia. Esto ocurre, por ejemplo, en Irun, Lasarte-Oria, Lezo, Donostia / San Sebastián y Oiartzun. En general, bajo los dos escenarios analizados y en los tres periodos de impacto la amenaza es mayor en la franja costera oriental del territorio. Los mayores incrementos en el nivel de amenaza en el largo plazo se proyectan para municipios del Goierri (por ejemplo, Lazkao, Beasain u Ordizia) en el escenario RCP8.5, donde hasta entonces el nivel de amenaza es bajo. Por el contrario, en el escenario más pesimista en el largo plazo se proyecta una reducción de la amenaza en determinadas áreas de Donostia / San Sebastián, Hondarribia, Pasaia o Eibar. Mientras que bajo el escenario RCP4.5 se reduce en Irun, Oiartzun y Donostia / San Sebastián, donde en la actualidad la amenaza es mayor.

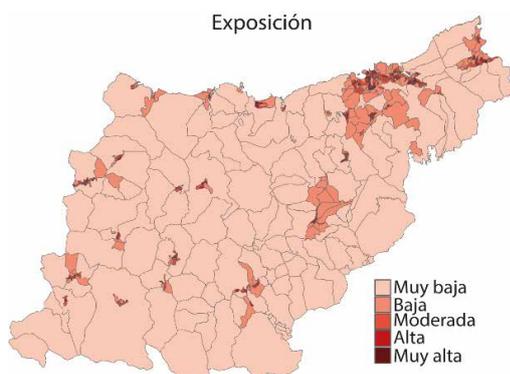


4.2.2. Fig. Índice de amenaza para el periodo de referencia 1960–2010 y los periodos 2011–2040, 2041–2070 y 2071–2100 para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. Fuente: elaboración propia.

4.2.1.2. EXPOSICIÓN

La tasa de incidencia de enfermedades como dengue, chikungunya o zika, transmitidas por el mosquito tigre en Gipuzkoa es baja. Hasta el momento no se han producido infecciones locales y todos los casos reportados corresponden a personas que han viajado desde regiones donde la enfermedad es endémica. Por tanto, toda

la población se puede considerar que es susceptible de contraer y desarrollar la enfermedad en presencia de vectores infectados. Ya que toda la población está expuesta, al igual que en el caso del riesgo por temperaturas elevadas, se ha considerado que la exposición está determinada por la densidad de la población.

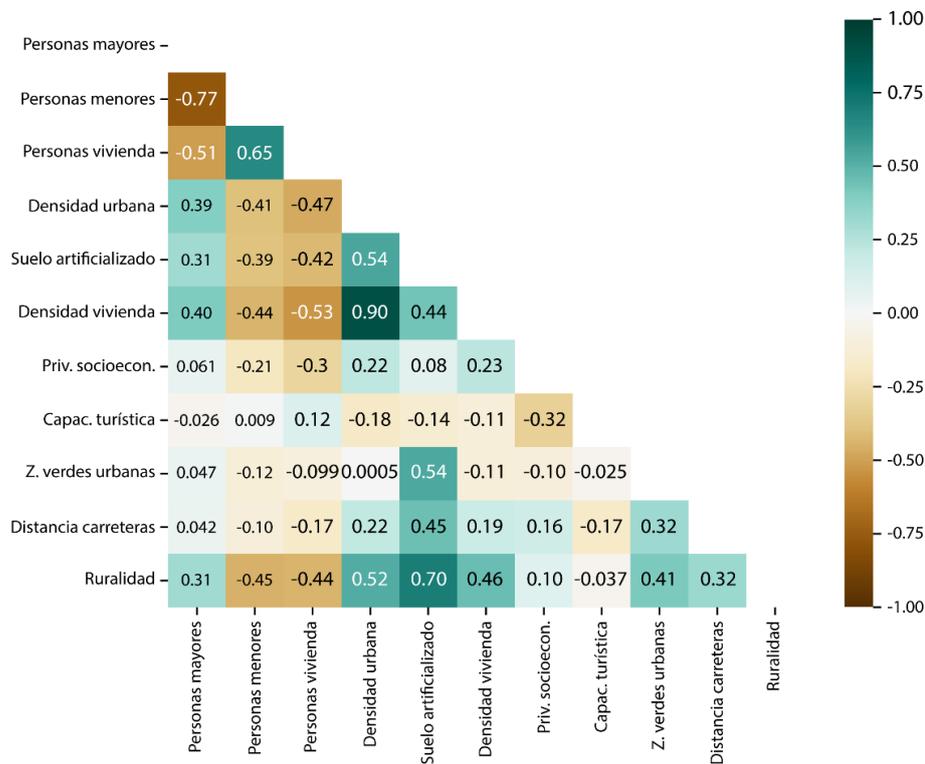


4.2.3. Fig. Índice de exposición para el análisis del riesgo de la salud de la población a enfermedades transmitidas por vectores: *Aedes albopictus*. Fuente: elaboración propia.

4.2.1.3. VULNERABILIDAD

Los factores con un mayor peso a la hora de determinar la sensibilidad son el suelo artificializado, la ruralidad, y la presencia de zonas verdes urbanas. Estos factores están correlacionados con la densidad urbana,

la densidad de viviendas y la distancia a las principales carreteras. El factor con menor peso asignado es el índice de privación socioeconómica.

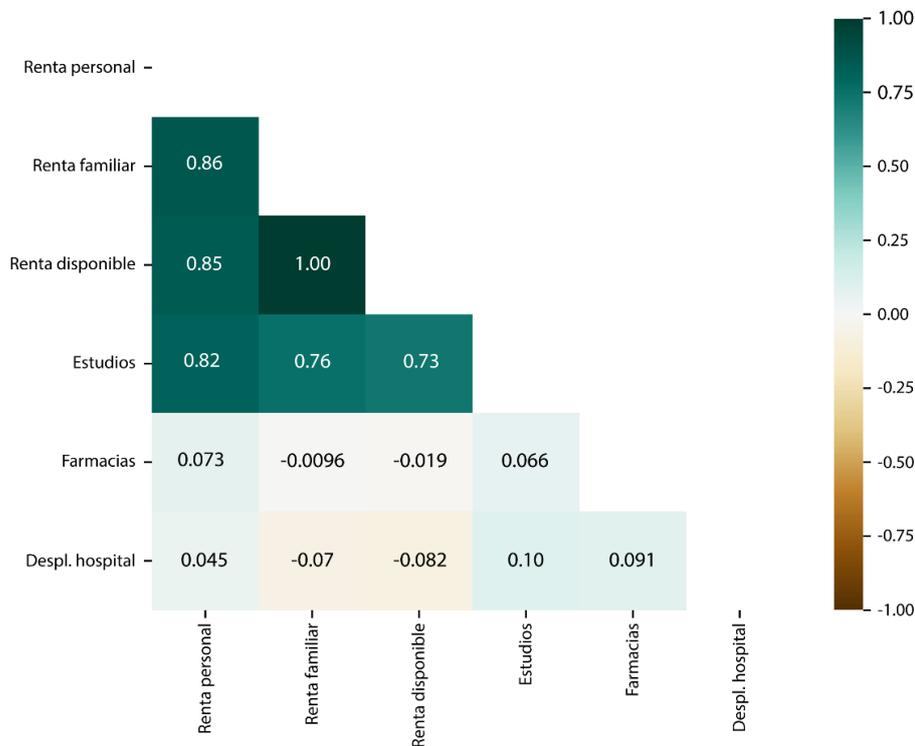


4.2.4. Fig. Análisis de correlación de los indicadores de sensibilidad: *Aedes albopictus*. Fuente: elaboración propia.

La sensibilidad es mayor en secciones censales de Donostia / San Sebastián, Zarautz, Zumaia, Pasaia, Irun, Errenteria, Tolosa, Bergara, Azpeitia, Andoain, Elgoibar, Hernani, Ordizia, Lasarte-Oria, Arrasate / Mondragón o Zumarraga. Por municipios, la sensibilidad media es mayor en los municipios de Zarautz, Donostia / San Sebastián, Errenteria, Irun, Zumarraga, Pasaia, Azpeitia, Lasarte-Oria o Eibar. La sensibilidad es menor en los municipios de menor tamaño con carácter rural como Gaintza, Amezketa, Elduain, Abaltzisketa, Mutiloa, Altzo, Albiztur, Oresa o Alkiza, con menor porcentaje de suelo artificializado, poca

superficie verde urbana pero sí superficie bosques y menor densidad urbana.

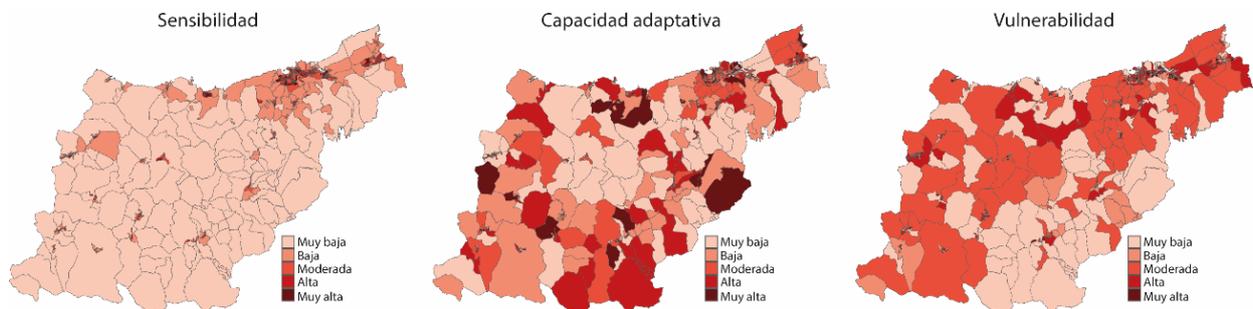
En cuanto a la capacidad adaptativa, los factores con un mayor peso son el número de farmacias por 10.000 habitantes, el nivel de estudios, la distancia al hospital y la renta personal. La renta personal, renta familiar, la renta disponible y el nivel de estudios están fuertemente correlacionados.



4.2.5. Fig. Análisis de correlación de los indicadores de capacidad adaptativa: *Aedes albopictus*. Fuente: elaboración propia.

La capacidad adaptativa es mayor en secciones censales de Donostia / San Sebastián, Eibar, Zumarraga, Zarautz, Bergara, Oñati, Irun, Ordizia, Hondarribia, Tolosa, Mutriku, Lasarte-Oria, Urretxu o Pasaia. Por municipios,

la capacidad adaptativa es mayor en Berrobi, Itsasondo, Olaberria, Aizarnazabal, Elgeta, Berastegi u Ormaiztegi y menor en Errezil, Orexa, Gaztelu, Lizartza o Beizama.



4.2.6. Fig. Sensibilidad, capacidad adaptativa y vulnerabilidad a enfermedades transmitidas por el mosquito tigre. Fuente: elaboración propia.

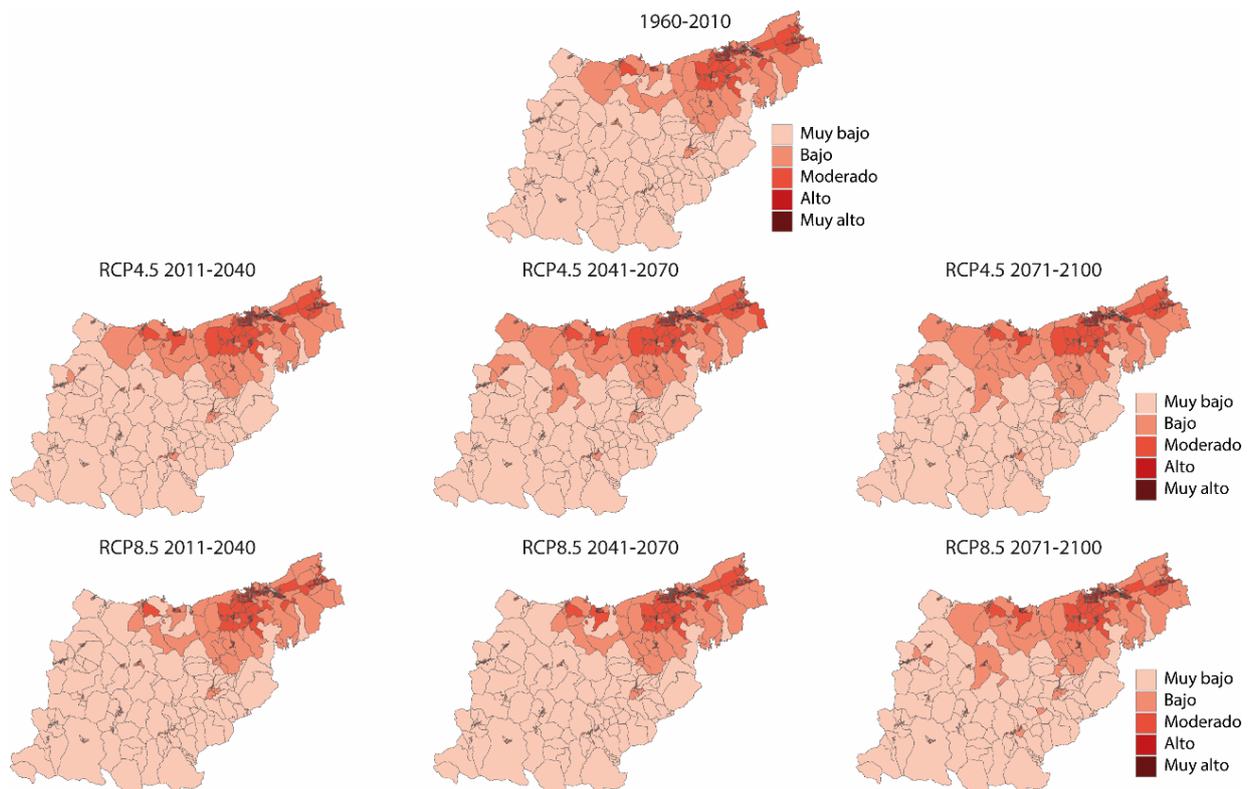
Combinando la sensibilidad y la capacidad adaptativa se determina la vulnerabilidad de la población de cada una de las secciones censales a las enfermedades infecciosas. La vulnerabilidad es mayor en secciones censales de Donostia / San Sebastián, Arrasate / Mondragón, Errenteria, Lasarte-Oria, Zumarraga, Pasaia, Ordizia o Hernani. La vulnerabilidad es menor en los municipios de carácter

rural con menor densidad de población como Amezketta, Berrobi, Berastegi, Aizarnazabal, Antzuola, Elgeta o Zegama, donde la sensibilidad es menor. Las comarcas con una menor vulnerabilidad son Tolosaldea y Goierri, donde la vulnerabilidad se concentra en determinadas secciones censales.

4.2.1.4. RIESGO

El riesgo es el resultado de la combinación de la amenaza, exposición y vulnerabilidad. El nivel de amenaza se incrementa especialmente en el escenario RCP4.5 y en el largo plazo para el escenario RCP8.5. Como resultado de este incremento en la amenaza, el riesgo también se incrementa, especialmente en el medio y largo plazo para el escenario RCP4.5 y el largo plazo en el escenario

RCP8.5. El único escenario en el que se reduce el riesgo en el corto plazo bajo el escenario RCP8.5. De media, el incremento del riesgo respecto al periodo de referencia es de +3,44 % y -0,46 % para 2011-2040, +6,04 % y +0,40 % para 2041-2070 y +5,70 % y +5,50 % para 2071-2100, en los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, respectivamente.



4.2.7. Fig. Índice de riesgo de la salud de la población a enfermedades transmitidas por el mosquito tigre, para el periodo de referencia 1960-2010 y los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 bajo los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. Fuente: elaboración propia.

En los tres periodos temporales analizados y en ambos escenarios, el riesgo es mayor en las comarcas de Donostialdea y Bidasoa-Beherea, así como en la costa desde Hondarribia hasta Zarautz, donde en la actualidad el riesgo es mayor. En estas zonas el mosquito ya está presente en la actualidad y se proyectan unas condiciones climáticas que favorecerán su desarrollo. En el resto de comarcas el nivel de riesgo se mantiene entre muy bajo y

moderado. Los mayores incrementos en el nivel de riesgo se producen en el largo plazo en la comarca de Tolosaldea y en Urola-Kosta en el largo plazo en el escenario RCP8.5, aunque este seguiría siendo bajo. También bajo este escenario RCP8.5 y en el largo plazo, se prevé una reducción del nivel de riesgo en determinadas secciones de Donostialdea y Bidasoa-Beherea, donde pasaría de moderado a bajo.

4.2.2. ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR LA GARRAPATA DE LA OVEJA (*IXODES RICINUS*)

Las garrapatas son el segundo artrópodo, después de los mosquitos, en importancia como vector de patógenos infecciosos para humanos y animales, después de los mosquitos. La garrapata europea de la oveja (*Ixodes ricinus*) es una garrapata endémica capaz de transmitir una gran variedad de patógenos, incluidos el virus de la encefalitis transmitida por garrapatas y la bacteria *Borrelia burgdorferi*, causante de la borreliosis de Lyme. La tasa de infecciones de enfermedades transmitidas por estos ha ido en aumento en Europa desde la década de 1980 (García-Martí et al., 2017).

El riesgo de contraer estas enfermedades varía geográficamente debido a la variabilidad de las características climáticas y ecológicas que determinan la amenaza (la densidad de garrapatas infectadas) y la vulnerabilidad de las personas, intrínsecamente ligado al comportamiento humano al aire libre y a diversos factores socioeconómicos que determinan la sensibilidad y la capacidad de adaptación.

La amenaza se ha determinado como la probabilidad de encontrar esta especie de garrapata, determinada por los mapas de distribución potencial mostrados en el capítulo 4.1. Al no disponer de datos sobre el número de garrapatas infectadas por la bacteria, la idoneidad del hábitat de esta especie se ha considerado una aproximación al riesgo de transmisión de enfermedades. La distribución

de esta especie depende de un conjunto de factores climáticos y ecológicos que les permite a ellas, sus hospedadores y a los patógenos completar su ciclo de vida. El hábitat principal de estas garrapatas son los bosques de hoja caduca con zonas de arbustos y pastizales (Rizzoli et al., 2014). A pesar de estos hábitats preferenciales, en los últimos años se ha encontrado también esta especie en zonas verdes periurbanas o parques y jardines urbanos (Rizzoli et al., 2014). Estos espacios que suponen una medida de adaptación para otras amenazas del cambio climático como las olas de calor, pueden implicar un aumento del riesgo si no se toman las medidas de protección necesarias.

La sensibilidad depende a su vez de factores como la edad, el empleo o la visita a espacios naturales. Las tasas de incidencia de enfermedad y picadura son mayores en las personas mayores de 65 años y menores de 10 años, posiblemente debido a una mayor exposición en actividades laborales o de ocio al aire libre. Además, las personas de más de 65 años son las que han presentado mayores tasas de hospitalización (Amores Alguacil et al., 2022). La sensibilidad es también mayor en trabajadores expuestos a la picadura de garrapata como ganaderos, agentes forestales o agricultores y en las personas que realizan actividades lúdicas al aire libre en las zonas rurales sin la debida protección.

| COMPONENTE RIESGO | | INDICADOR | PESOS COMPONENTES | PESOS INDICADORES |
|---------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| AMENAZA | | Distribución potencial de la garrapata de la oveja (<i>Ixodes ricinus</i>) | 0,333 | 1,000 |
| EXPOSICIÓN | | Densidad población | 0,333 | 1,000 |
| VULNERABILIDAD | Sensibilidad | | 0,333 | |
| | | Personas mayores | 0,500 | 0,048 |
| | | Personas menores | | 0,058 |
| | | Ruralidad | | 0,140 |
| | | Superficie forestal | | 0,146 |
| | | Zonas verdes urbanas | | 0,187 |
| | | Huertas | | 0,205 |
| | NVDI | 0,216 | | |
| | Capacidad adaptativa | Estudios realizados | 0,500 | 0,059 |
| | | Número de farmacias | | 0,205 |
| Accesibilidad al hospital | | 0,195 | | |
| Suelo artificializado | | 0,540 | | |

4.2.2. Tabla. Indicadores considerados para cada una de las componentes del riesgo: *Ixodes ricinus*.

La capacidad adaptativa está determinada por el conocimiento del peligro y la adopción de comportamiento preventivos. Esto se debe a que la prevención de las enfermedades transmitidas por garrapatas es más eficaz en forma de comportamientos individuales, tales como el uso de repelentes o chequeos al llegar a casa (Due et al., 2013). La aplicación de medidas de protección y prevención varía en la población dependiendo de las características personales individuales (Jepsen et al., 2019). Un mayor conocimiento y la percepción del peligro y las posibles medidas de protección confiere una mayor capacidad de adaptación. Sin embargo, es difícil obtener datos relativos a ello. Por eso, en numerosos estudios se asocia con el nivel de estudios de la población. Además, un rápido

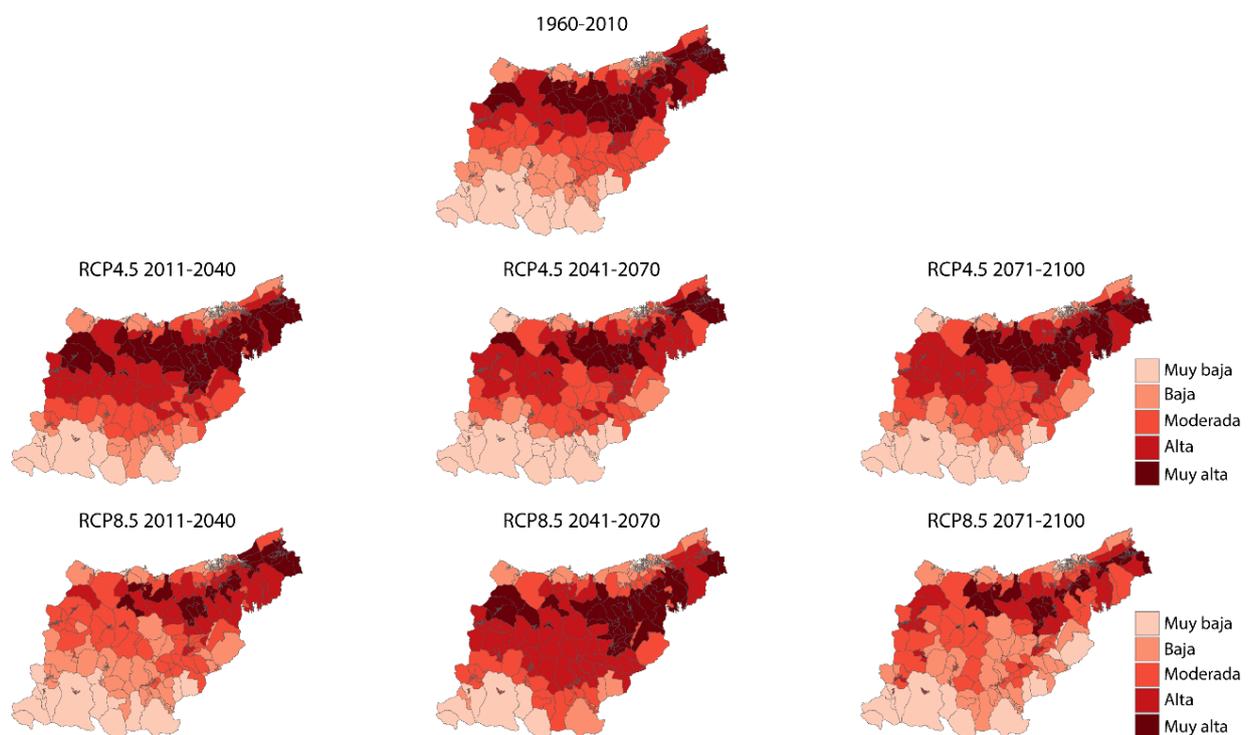
diagnóstico y seguimiento de las picaduras disminuye el riesgo de gravedad de la enfermedad.

Tras la revisión bibliográfica, para el análisis del riesgo de la salud de la población a las enfermedades transmitidas por garrapatas se han seleccionado un total de 12 indicadores, que se han clasificado en: 1 indicador para la caracterización de la amenaza, 6 indicadores para caracterizar la sensibilidad, y 4 indicadores para caracterizar la capacidad adaptativa. El detalle de la definición, la fuente de datos, el año de obtención de datos y la distribución espacial de cada uno de estos indicadores se encuentra en el Anexo VI.

4.2.2.1. AMENAZA

La abundancia de la población de garrapatas es un parámetro esencial para determinar el riesgo de transmisión de enfermedades. El modelo de distribución de especies aplicado en el capítulo anterior ha permitido predecir la probabilidad de ocurrencia de la presencia de la garrapata en base a datos climáticos para distintos

escenarios de cambio climático a lo largo del siglo XXI. Los cambios en la temperatura y humedad afectan a la biología y ecología de estos vectores. Se prevé que bajo condiciones más cálidas en el futuro debido al cambio climático aumente el rango de hábitat adecuado para las garrapatas.



4.2.8. Fig. Índice de amenaza para el periodo de referencia 1960-2010 y los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5: *Ixodes ricinus*. Fuente: elaboración propia.

La amenaza media en el Territorio, determinada a partir de la probabilidad media de distribución de la especie en cada sección censal, se incrementa en todos los periodos y ambos escenarios, salvo en el largo plazo para el escenario RCP4.5. Los cambios proyectados en los tres periodos son mayores bajo el escenario más pesimista. Los cambios estimados en el nivel de amenaza para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 son de +0,70 % y +1,57 % para

2011-2040, +0,56 % y +3,92 % para 2041-2070 y -0,86 % y -1,77 % para 2071-2100, respectivamente. Ninguno de estos cambios es estadísticamente significativo. En todos los escenarios la amenaza es mayor en general en las zonas con bioclima templado oceánico y templado hiperoceánico, a excepción de la franja costera.

4.2.2.2. EXPOSICIÓN

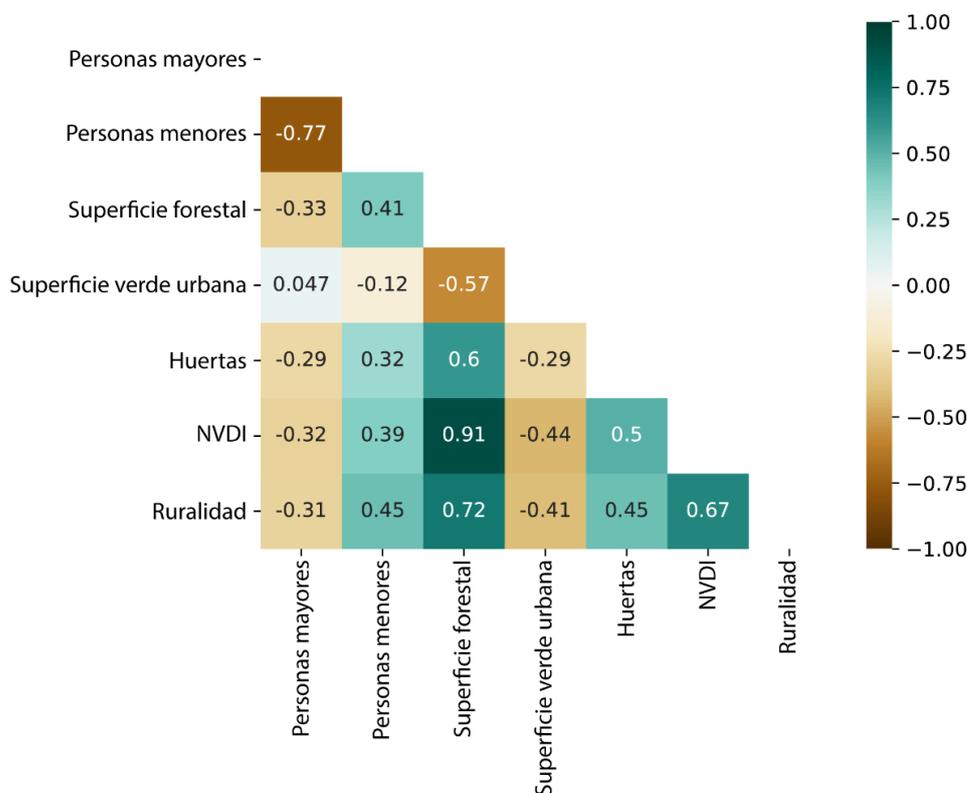
La densidad de población es un indicador de la población expuesta a la picadura de garrapatas. La población con una mayor exposición es aquella que vive más próxima al hábitat donde se encuentran las garrapatas, como pueden ser las zonas más rurales. También la población que realiza trabajos en el sector primario o las personas que por ocio visitan los entornos donde se encuentran las garrapatas estarían expuestas. Por ejemplo, se ha incrementado el número de picaduras ligadas a un mayor

uso de estos espacios para realizar deporte o salidas de fin de semana. Ante la dificultad para contabilizar las personas que se desplazan a estos entornos, se ha considerado que toda la población está igualmente expuesta al riesgo de picadura por garrapatas y desarrollo de la enfermedad. Por tanto, la exposición es la misma que la considerada para el riesgo de enfermedades transmitidas por el mosquito tigre (Fig. 4.2.3).

4.2.2.3. VULNERABILIDAD

Los factores con un mayor peso a la hora de determinar la sensibilidad son los índices de ruralidad y

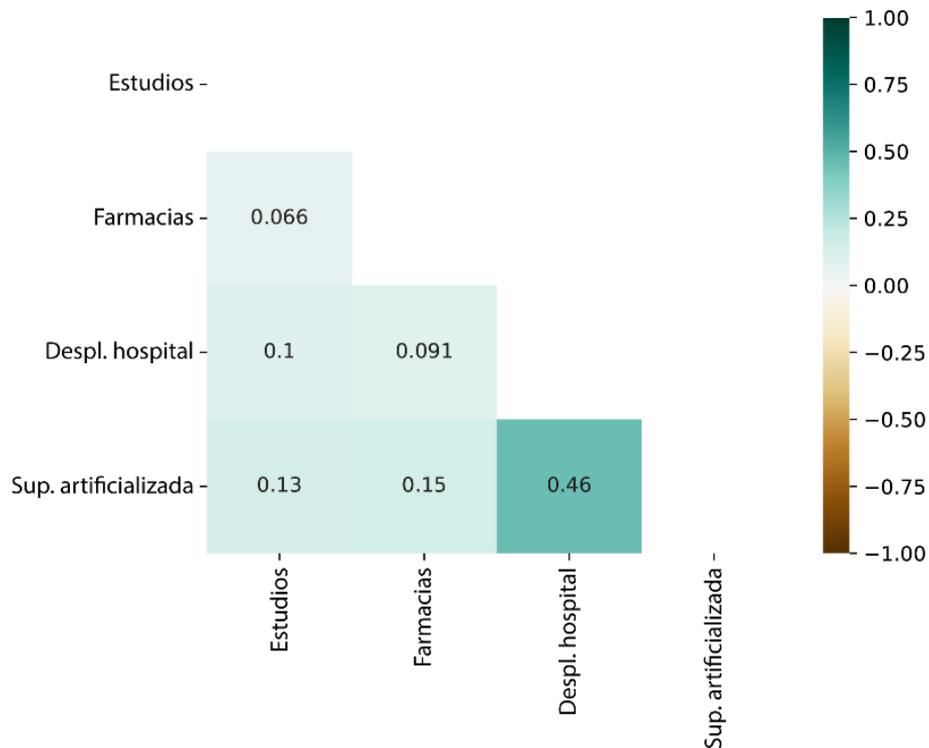
NVDI. Los factores con un menor peso son los porcentajes de personas mayores y menores en la población local.



4.2.9. Fig. Análisis de correlación de los indicadores de sensibilidad: *Ixodes ricinus*. Fuente: elaboración propia.

La sensibilidad es mayor en municipios pequeños de carácter rural con una amplia extensión forestal, como Arama, Antzuola, Ormaiztegi, Zerain, Gaintza, Berrobi o Altzo. En cambio, la sensibilidad es menor en secciones censales de municipios como Tolosa, Donostia / San Sebastián, Errenteria, Irun, Eibar, Hondarribia, Elgoibar, Zarautz, Zumarraga, Pasaia o Arrasate / Mondragón, con marcado carácter urbano y mínima superficie natural, de bosques, jardines urbanos o huertos.

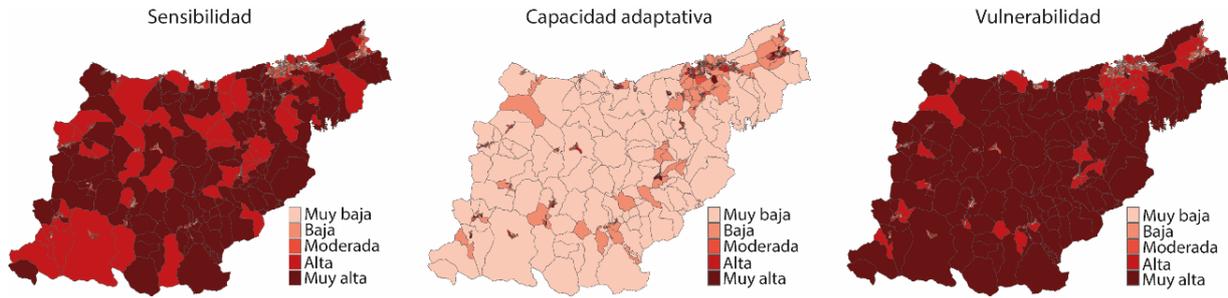
En cuanto a la capacidad adaptativa, el factor con mayor peso es el porcentaje de suelo artificializado y el que menor peso tiene es el porcentaje de población con estudios superiores. Las cuatro variables analizadas presentan una correlación positiva.



4.2.10. Fig. Análisis de correlación de los indicadores de capacidad adaptativa: *Ixodes ricinus*. Fuente: elaboración propia.

La capacidad adaptativa es mayor en secciones censales de Donostia / San Sebastián, Irun, Arrasate / Mondragón, Tolosa, Eibar, Hernani, Bergara, Hondarribia, Zumarraga, Elgoibar o Pasaia, donde el porcentaje de suelo artificializado es mayor y el acceso a los hospitales es más rápido. En cambio, la capacidad adaptativa es menor es

municipios más rurales y más alejados de los hospitales de referencia, como en Errezil, Orexa, Abaltzisketa, Zerain o Beizama. También se incrementa el riesgo en secciones censales con carácter más rural en municipios como Azpeitia, Bergara, Pasaia, Azkoitia, Zestoa u Oiartzun.



4.2.11. Fig. Sensibilidad, capacidad adaptativa y vulnerabilidad a enfermedades transmitidas por garrapata *Ixodes ricinus*. Fuente: elaboración propia.

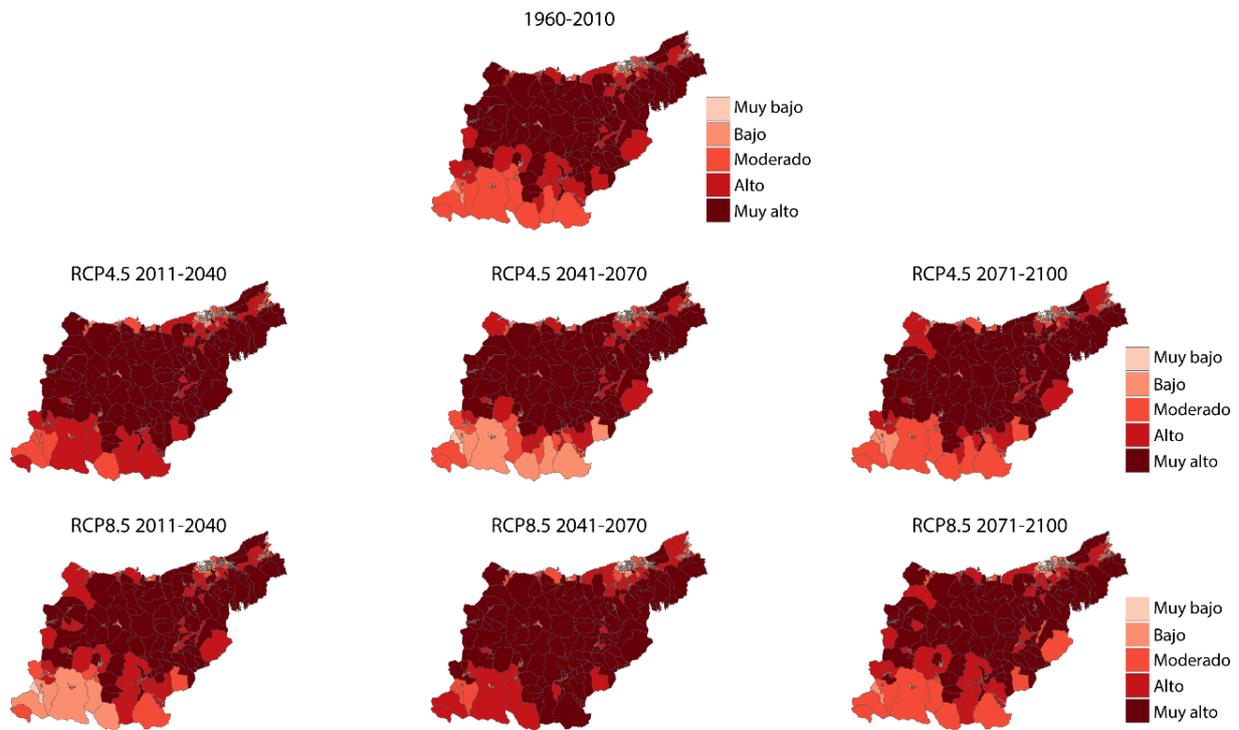
Combinando la sensibilidad y la capacidad adaptativa se determina la vulnerabilidad de la población en cada una de las secciones censales a las enfermedades transmitidas por la garrapata *Ixodes ricinus*. La vulnerabilidad es mayor en municipios pequeños con una superficie forestal grande como Errezil, Zerain, Abaltzisketa, Oresa,

Beizama, Gaintza o Gaztelu y secciones censales de municipios como Azpeitia, Bergara, Oiartzun, Ordizia, Azkoitia o Hernani. La vulnerabilidad es menor en secciones censales de municipios como Donostia / San Sebastián, Tolosa, Irun, Eibar, Errenteria o Elgoibar caracterizado principalmente por mayor porcentaje de suelo artificializado.

4.2.2.4. RIESGO

El riesgo es el resultado de la combinación de la amenaza, exposición y vulnerabilidad. El nivel de amenaza, bajo el escenario RCP4.5, se incrementa ligeramente, aunque no significativamente, respecto al periodo de referencia salvo en el último periodo de impacto, 2071-2100, bajo el escenario RCP4.5. Al no aumentar mucho la amenaza tampoco lo hace el nivel de riesgo en los distintos periodos y para ambos escenarios. El nivel de riesgo se

incrementa de forma ligera en los tres periodos analizados bajo el escenario RCP8.5. Bajo el escenario intermedio RCP4.5 únicamente se proyectan incrementos del riesgo para el largo plazo, 2071-2100. De media, el nivel de riesgo en el Territorio cambia respecto al periodo de referencia en un +0,02 % y +0,2 % para 2011-2040, -0,12 % y +0,25 % para 2041-2070 y -0,23 % y +0,15 % para 2071-2100, en los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, respectivamente.



4.2.12. Fig. Índice de riesgo de la salud de la población a enfermedades transmitidas por la garrapata *Ixodes ricinus* para el periodo de referencia 1960-2010 y los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 bajo los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. Fuente: elaboración propia.

El nivel de riesgo es mayor, tanto en el periodo histórico como en todos los periodos bajo los dos escenarios, en aquellos municipios y secciones censales con una gran superficie forestal. Esto se debe a que es el hábitat más idóneo para esta garrapata. La excepción son aquellas secciones censales con amplia extensión forestal al sur del territorio donde las condiciones climáticas son menos favorables para su desarrollo y, por tanto, la amenaza es menor. El riesgo es menor en todos los periodos y bajo

ambos escenarios en aquellas secciones con un carácter urbano y suelo principalmente artificializado y, por tanto, poca masa forestal. Ejemplo de esto son los centros urbanos de municipios como Donostia / San Sebastián, Tolosa, Irun, Eibar, Errenteria, Hondarribia, Elgoibar, Pasaia o Zarautz. No se observan grandes cambios en el nivel de riesgo, salvo en el extremo suroeste del territorio donde el nivel de riesgo se incrementa en los distintos periodos.

4.2.3. LIMITACIONES DEL ANÁLISIS

Estos resultados nos proporcionan una visión de cuáles son los puntos del territorio más vulnerables y con mayor riesgo frente a enfermedades transmitidas por el mosquito *Aedes albopictus* y la garrapata *Ixodes ricinus* bajo distintos escenarios de cambio climático.

Algunas de las limitaciones del análisis de riesgo realizado es la incertidumbre de los modelos de distribución de especies analizados. Estos modelos se han basado únicamente en las condiciones climáticas del hábitat favorable para el desarrollo de cada una de las especies. No se han tenido en cuenta otros factores importantes como el cambio en la distribución de hospedadores debido al cambio climático o los usos del suelo. Este último factor se ha considerado como un indicador de sensibilidad en el análisis de riesgo. Así, unas condiciones climáticas idóneas para el desarrollo de la especie junto con una superficie adecuada incrementan el riesgo de presencia del vector y, por tanto, de picadura y contagio. Tampoco se han tenido en cuenta las tasas de incidencia del patógeno

en la población de vectores que condicionan la transmisión de enfermedades. Además, no se ha podido incluir la adopción de medidas de protección individuales, que son las más eficaces en el caso de las enfermedades transmitidas por garrapatas o la visita a los lugares con mayor riesgo.

Si bien este estudio no permite conocer el riesgo exacto en un punto concreto del territorio, si permite comparar y conocer cuáles son aquellas áreas con mayor riesgo relativo y en las que el riesgo puede incrementarse en el futuro. Esto es, aquellas áreas en las que es necesaria una mayor vigilancia. Hay que considerar que estos resultados no se pueden comparar con otros estudios realizados también para el territorio, ya que, la escala de análisis, los indicadores seleccionados y el peso asignado a cada uno de ellos varía de unos estudios a otros.

5. ADAPTACIÓN PARA PROTEGER LA SALUD

En los capítulos anteriores se ha puesto de relieve los efectos que el cambio climático tiene sobre la salud y como estos se agravarán en el futuro bajo los distintos escenarios de cambio climático. Sin embargo, con una adaptación proactiva y eficaz, muchos de los riesgos previstos para la salud y el bienestar de las personas pueden reducirse o evitarse (Ebi et al., 2021; IPCC, 2022). Además de la adaptación, las medidas de mitigación también producen enormes co-beneficios en la salud.

La adaptación se refiere a las acciones que minimizan el potencial impacto del cambio climático y que reducen, con el menor coste, los efectos adversos sobre la salud. Esto significa reducir la exposición o vulnerabilidad de los sistemas humanos y naturales a los impactos reales esperados bajo los escenarios de cambio climático y preparar a la ciudadanía y los sistemas de salud ante estos riesgos. Todo ello contribuirá a su vez a la resiliencia climática.

La adaptación puede abarcar tanto respuestas individuales de la población, como respuestas planificadas desde las instituciones. Existen multitud de medidas de adaptación, como los sistemas meteorológicos de alerta temprana, planes de prevención, la formación de profesionales de la salud y de la ciudadanía en general, el asesoramiento médico oportuno, los servicios sociales y de salud dirigidos a grupos particularmente vulnerables, las mejoras en el medio urbano y construido, etc. Los análisis del riesgo y vulnerabilidad, como los realizados en este estudio, también constituyen una medida de adaptación. Estos permiten determinar los factores que determinan el riesgo, incluidos los factores de exposición y vulnerabilidad y, con ello, diseñar las acciones necesarias para reducir estas componentes y contribuir así a la capacidad de adaptación y la resiliencia.

Los ciudadanos, a nivel individual, también tenemos la responsabilidad de contribuir a la adaptación. Tenemos que conocer los riesgos a los que nos exponemos y tomar las medidas de autoprotección, prevención y de cambio de hábitos necesarias. Con ello reducimos el riesgo y los posibles impactos negativos de las amenazas climáticas sobre la salud, y ganamos capacidad de reacción en caso de que se produzcan.

En el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021–2030 (PNCC), en el ámbito de la salud, se establecen como objetivos fomentar las actuaciones preventivas antes los riesgos derivados del exceso de temperaturas sobre la salud y prevenir los riesgos para la salud derivados de enfermedades infecciosas y parasitarias, vectoriales y no vectoriales, favorecidas por el cambio climático. El análisis de vulnerabilidad y riesgo ante las altas temperaturas y las enfermedades transmitidas por vectores realizado en los capítulos previos ha permitido determinar los principales factores que determinan la sensibilidad y la capacidad adaptativa ante dichas amenazas para la salud de los guipuzcoanos. Medidas encaminadas a reducir la primera e incrementar la segunda contribuirán a reducir la vulnerabilidad. En el caso de las enfermedades transmitidas por vectores es clave el papel que juega la autoprotección para reducir el riesgo de enfermedad. En el caso de la exposición a altas temperaturas medidas relativamente simples también contribuyen a reducir la morbilidad y mortalidad. A continuación, basadas en numerosas publicaciones, se enumeran una serie de medidas de prevención y protección frente a estas dos amenazas.

5.1. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN FRENTE A LAS ALTAS TEMPERATURAS

El calor puede representar un riesgo importante para la salud, como el agotamiento por calor, la insolación y deshidratación y por el agravamiento a largo plazo de enfermedades crónicas. Sus efectos pueden ser inmediatos o en los días siguientes a la exposición. Las medidas de protección personal son esenciales para minimizar estos riesgos, especialmente durante episodios de altas temperaturas y cuando se trabaja al exterior bajo estas condiciones.

Distintos estudios indican que la mortalidad atribuible a las temperaturas extremas está disminuyendo, incluido en España (Gasparrini et al., 2015; Guo et al., 2017; Díaz et al., 2018). Esto está relacionado con la mejora de los servicios sanitarios, mejoras en las viviendas, aclimatación de la población y la activación de Planes de Prevención, así como una mayor concienciación individual sobre la necesidad de adoptar medidas de protección.

En España, desde 2004 disponemos de un Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud. El plan está activo entre el 15 de mayo y el 30 de septiembre, y su objetivo es prevenir y mitigar los efectos negativos que el calor excesivo puede tener sobre la salud de los ciudadanos, especialmente la de los colectivos más vulnerables. Una de las actuaciones prioritarias del Plan es alertar a las autoridades y a la ciudadanía, con la suficiente antelación, de posibles situaciones de riesgo. Por ello, el Ministerio de Sanidad facilita diariamente los niveles de riesgo por altas temperaturas y emite avisos relacionados. Este mapa de riesgos puede consultarse en la web del Ministerio de Sanidad, en la web de AEMET y en redes sociales. Además, existe

un Servicio de Suscripción de Temperaturas y Niveles de Riesgo que ofrece la posibilidad de recibir esta información de forma gratuita por e-mail y SMS. En Euskadi, entre el 1 de junio y el 30 de septiembre se encuentra activo el Plan de Calor. Euskalmet, en base a la predicción meteorológica califica diariamente el nivel de riesgo al que la población puede verse expuesta. Existe también un sistema de 'Avisos a la carta' disponibles para la población a través de Euskalmet.

La exposición a las altas temperaturas afecta especialmente a los niños, personas mayores y a las personas con patologías previas. Factores como la marginación, aislamiento, dependencia, discapacidad o las condiciones de habitabilidad incrementan la vulnerabilidad. Además, dicha exposición supone un riesgo laboral, especialmente en ciertos puestos de trabajo, como los realizados en espacios exteriores. Las medidas de autoprotección en estos colectivos vulnerables serán especialmente necesarias.

Existen multitud de fuentes donde poder consultar medidas de autoprotección que podemos tomar frente a las temperaturas elevadas. Por ejemplo, el decálogo 'Disfruta este verano con salud' elaborado por el Ministerio de Sanidad, las recomendaciones recogidas en el Plan de Calor del Departamento de Salud del Gobierno Vasco, recomendaciones para trabajar en condiciones de calor del Ministerio de Sanidad o el documento 'Estrés térmico: recomendaciones para trabajar con calor' de Osalan – Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales. A continuación, se exponen las principales medidas recogidas en estos documentos.

| | |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CUIDADOS PERSONALES | <ul style="list-style-type: none"> • Beber agua y líquidos con frecuencia, hidratarse sin esperar a tener sed, con independencia de la actividad física que se realice. Evitar todo tipo de bebidas alcohólicas, azucaradas y con cafeína. No calman la sed y favorecen la deshidratación. Evitar también las bebidas excesivamente frías. • Si se toma de forma crónica alguna medicación, consultar con su médico; le recomendará la cantidad de líquidos que puede beber al día de acuerdo con su edad y estado. • Evitar las comidas calientes o pesadas. Recuerda la dieta tradicional del verano basada en platos fríos, ensaladas y frutas. • Usar ropa ligera, no apretada, de colores claros de materiales que favorezcan la transpiración, como el algodón y evitando la ropa sintética. Utilizar sombrero o gorra para protegerse del sol. • Evitar la exposición solar en las horas centrales del día. • Buscar la sombra siempre que sea posible, especialmente durante las horas centrales del día. • Usar protección para los rayos solares. Unos 30 minutos antes de la exposición al sol aplicar crema solar con Factor de Protección mayor de 30 y repita la operación a menudo. Protegerse mediante sombrero y gafas de sol. • Seguir las predicciones meteorológicas y utilizar las aplicaciones de aviso para estar informado sobre los avisos por calor y tomar las medidas de protección necesarias. |
| CUIDADO DE LOS COLECTIVOS MÁS VULNERABLES | <ul style="list-style-type: none"> • Aunque cualquier persona puede sufrir el impacto del calor, prestar especial atención a bebés y niños pequeños, mujeres gestantes y lactantes, así como personas mayores y personas con enfermedades que pueden agravarse con el calor y la deshidratación, como las patologías cardíacas. • No dejar nunca a nadie en un vehículo estacionado y cerrado, aunque esté a la sombra. • Las personas de edad avanzada, sobre todo las que viven solas o son dependientes, pueden tener dificultades en adoptar medidas protectoras, por lo que es conveniente visitarlas, al menos, una vez al día. • Si se sospecha que puede padecer algún síntoma importante o problema relacionado con el calor que no puede resolver, busque atención sanitaria. |
| PREVENCIÓN EN INTERIORES | <ul style="list-style-type: none"> • Mantener ventanas y persianas cerradas cuando las temperaturas son altas. • Aprovechar los momentos de menos calor durante la noche para ventilar y refrescar las estancias. • Evitar en las horas de más calor del día, el uso de electrodomésticos y aparatos que produzcan calor, como el horno. • Utilizar ventiladores o aparatos de aire acondicionado para refrescar los espacios interiores. Aunque los ventiladores no son útiles cuando la temperatura supera los 35°C. En caso de no disponer de estos sistemas, acudir durante 2 o tres horas a espacios que permiten protegernos del calor como edificios públicos con aire acondicionado o parques urbanos. Por ejemplo, Donostia / San Sebastián cuenta con una Red de Refugios Climáticos, que consta de 37 refugios interiores y 53 exteriores (https://www.donostia.eus/ataria/es/web/ingurumena/cambio-climatico/refugios-climaticos-donostia). • Si se nota mucho calor, conviene refrescarse el cuerpo, sobre todo cara y manos, con agua fresca. |
| PREVENCIÓN AL REALIZAR EJERCICIO FÍSICO | <ul style="list-style-type: none"> • Evitar hacer ejercicio físico a las horas centrales del día (12-17 h). Programar la actividad a primera hora de la mañana o al caer la tarde. • Favorecer una hidratación correcta, antes, durante y después del ejercicio, bebiendo agua y bebidas isotónicas que hidratan y remineralizan el organismo de forma más frecuente. • Si es al aire libre, utilizar ropa ligera, gorra y protección solar. • Al sentirse mal o notar calambres, debilidad o náuseas, cesar la actividad deportiva, descansar e hidratarse en sitio fresco. |

| | |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>PREVENCIÓN EN EL ÁMBITO LABORAL</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Informar y formar a los trabajadores sobre los riesgos, efectos, medidas preventivas y primeros auxilios frente a las altas temperaturas. • Reducir el exceso de temperatura en el interior de los lugares de trabajo, favoreciendo la ventilación natural o con ventiladores. • Adecuar el horario y la carga de trabajo al calor, programando las tareas de más esfuerzo en las horas de menor calor. • Modificar los procesos de trabajo para eliminar o reducir el esfuerzo físico excesivo. • Establecer rotaciones para reducir el tiempo de exposición y evitar que haya puestos permanentes bajo el sol, instalar medios como toldos para crear sombra. • Cuando trabaje al sol, nunca lo haga solo. Vigile el estado de sus compañeros y que alguien haga lo mismo por usted. • Proporcionar agua abundante y sitios de descanso frescos, cubiertos o la sombra para poder descansar. • Aumentar la frecuencia de las pausas y descansos. Las pausas regulares, en zonas sombreadas o refrigeradas siempre que sea posible, frenan la acumulación de calor en el cuerpo. • Utilizar ropa holgada, transpirable y de colores claros. • Favorecer que las personas trabajadoras adapten su ritmo de trabajo, así como planificar la aclimatación tras periodos de vacaciones. |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

5.1. Tabla. Recomendaciones generales para prevenir los efectos del calor.

5.2. MEDIDAS DE PREVENCIÓN, CONTROL Y PROTECCIÓN FRENTE A ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES

La llegada de especies invasoras transmisoras de enfermedades vectoriales (p. ej. mosquitos), así como de enfermedades emergentes asociadas a la presencia de vectores autóctonos (p. ej. garrapatas), ha ampliado el foco sobre la prevención y el control de los vectores.

En PNACC indica como medida de prevención y respuesta en el ámbito de la salud el Plan Nacional de

Preparación y Respuesta frente a Enfermedades Transmitidas por Vectores, como dengue, chikungunya y zika. El Plan establece seis elementos clave: la vigilancia epidemiológica y entomológica, la gestión del vector, la formación, información e investigación, la protección individual de la población.



5.1. Fig. Elementos clave para la prevención y control de enfermedades transmitidas por vectores. Fuente: Plan Nacional de Preparación y Respuesta frente a Enfermedades Transmitidas por Vectores. Fuente: elaboración propia a partir del PNACC.

La vigilancia epidemiológica y microbiológica tiene como objetivos detectar precozmente los casos importados y autóctonos para establecer las medidas de prevención y control vectorial que necesite cada caso, prevenir y controlar los brotes que puedan surgir de forma precoz y finalmente, en caso de que se produzca la transmisión de la enfermedad, garantizar el correcto manejo de los pacientes. La definición y clasificación de los casos de enfermedad se encuentran protocolizados en los sistemas de salud.

Otro elemento clave en la prevención y control de las enfermedades vectoriales es la vigilancia entomológica. Esta vigilancia es clave para la detección precoz de los vectores. Cuanto antes sea conocida su presencia en un área no colonizada previamente, mayores serán las posibilidades de erradicarlo. Por ello, es crucial que se lleve a cabo una vigilancia entomológica activa en los momentos y lugares de máximo riesgo de entrada y establecimiento, lo que requiere conocer exhaustivamente el ciclo biológico de cada uno de estos vectores. En Gipuzkoa, la labor

de vigilancia entomológica de los principales vectores la realiza el Gobierno Vasco a través del Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario NEIKER. Además, los ciudadanos a través de las plataformas de ciencia ciudadana, como *Mosquito Alert*, también podemos contribuir al conocimiento y control de vectores de enfermedades.

Las acciones de gestión de los vectores se dividen en medidas de prevención y control. Estas medidas tienen como objetivo evitar la presencia y la proliferación de estos insectos y reducir su abundancia de acuerdo con un umbral de tolerancia aceptable, de forma que los efectos

negativos que pueden ocasionar a la población sean los mínimos posibles.

Independientemente de las medidas de prevención y control que se adopten por parte de las administraciones públicas, la ciudadanía puede jugar un papel importante en la prevención y el control mediante la toma de medidas proactivas para evitar, por ejemplo, los focos de cría de estos vectores o tomando medidas de autoprotección para evitar picaduras.

| | |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>MEDIDAS GENERALES DE PREVENCIÓN EN EXTERIORES</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de acumulaciones de agua y recirculaciones en determinados huertos y fincas en desuso, circuitos de riego e imbornales. • Mantener limpios de vegetación los canalones de recolección de agua de los tejados. • Mantenimiento de los sumideros de los patios. • En el caso concreto de las piscinas de uso privado, hay que actuar para que el agua que contengan no se convierta en un foco de cría de mosquitos, realizando el correspondiente tratamiento y depuración del agua establecido para estas instalaciones. Durante el periodo que no se usen se recomienda mantenerlas secas, ya que incluso una fina lámina de agua constituye un hábitat adecuado para ciertos vectores, como el mosquito tigre. |
| <p>MEDIDAS GENERALES DE PREVENCIÓN EN INTERIORES</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Vaciado y limpieza, en la medida de lo posible, de todos los objetos y contenedores en los que se pueda acumular agua (jarras, cubos, ceniceros, comederos para animales domésticos, platos de las macetas, etc.), y evitar su posterior inundación, invirtiéndolos o poniéndolos a cubierto. En el caso de elementos fijos, se recomienda revisiones periódicas para evitar acumulaciones de agua, limpiando los recipientes y evitando que se vuelvan a llenar. En caso de que sea necesario mantener los depósitos de agua se recomienda que se mantengan cubiertos, mediante una tapa o una tela de mosquitera fina. • Uso de contenedores de basura con tapa lo más hermética posible. • Utilización de repelentes en áreas donde los insectos son un problema frecuente. • Almacenamiento de alimentos en recipientes herméticos. • Utilizar telas mosquiteras en ventanas, depósitos, recipientes, etc., para evitar el acceso del mosquito. |
| <p>MEDIDAS INDIVIDUALES DE PROTECCIÓN</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Evitar las áreas boscosas, con matorrales y cubiertas de hierba, especialmente durante los meses más cálidos. Caminar por la zona central de los caminos. • Evitar sentarse en el suelo en las zonas con vegetación. • Usar responsablemente repelentes de insectos autorizados y siguiendo las instrucciones. • Usar ropa protectora de colores claros. • Tratar su ropa y equipo con productos que contengan un 0,5 % de permetrina. • Utilizar manga larga y pantalón largo, incidiendo en la necesidad de tapar las zonas más vulnerables como los tobillos. • Evitar las sandalias o calzado abierto y procurar usar siempre botas cerradas con calcetines procurando que cubran la parte inferior de los pantalones. • Ante una sospecha de picadura de garrapata, se recomienda revisar toda la ropa y lavarla a alta temperatura. • Al llegar a casa revisar todo el cuerpo y a las mascotas para detectar si ha habido picadura. En caso de presencia de garrapata, retírela con cuidado, asegurándose que se extraen completamente. |

5.2. Tabla. Recomendaciones generales para prevenir las enfermedades transmitidas por vectores.

6. CONCLUSIONES

El año 2023 fue el año más cálido registrado hasta el momento. Además, otros muchos indicadores del cambio climático, como la temperatura superficial del mar o nivel del mar, también batieron récords. Todos estos cambios tienen un impacto en la salud y bienestar de las personas. El cambio climático es, por tanto, la mayor amenaza para la salud global que enfrenta el mundo en el siglo XXI (Lancet Countdown, 2023). La OMS estima que el cambio climático causará unas 250.000 defunciones adicionales al año entre 2030 y 2050 como consecuencia de las modificaciones en las características de las enfermedades (OMS, 2014).

El clima afecta a la salud de las personas directamente, con el aumento de la temperatura y del calor y los eventos extremos, e indirectamente a través de: la contaminación atmosférica, los aeroalérgenos, cambios en la disponibilidad y calidad del agua o cambios en la abundancia, distribución o estacionalidad de vectores de enfermedades infecciosas. Los riesgos para la salud continuarán mientras la temperatura global siga incrementándose y será mayor la amenaza para la salud cuanto mayor sea el calentamiento (IPCC, 2022).

La salud de todos los guipuzcoanos puede verse afectada por el cambio climático, sin embargo, los impactos y riesgos no son los mismos para cada persona. Los riesgos se derivan de la intersección de los peligros o amenazas creadas por los cambios en las condiciones climáticas (temperatura, precipitación, frecuencia e intensidad de eventos extremos), el grado en que la población está expuesta a estos peligros y la vulnerabilidad de las personas, determinada por la sensibilidad y la capacidad adaptativa de los individuos y los sistemas de salud. Distintos factores individuales, demográficos, socioeconómicos y/o debidos a las características del entorno físico, incrementan la vulnerabilidad y por tanto el riesgo para la salud.

El objetivo de este informe es realizar una evaluación, a escala de sección censal, del riesgo actual y proyectado del cambio climático en la salud de la población en Gipuzkoa. Esto es, proporcionar información para entender cómo está cambiando el clima en el territorio y los efectos que puede tener en la salud. Se han analizado la vulnerabilidad y el riesgo para dos amenazas prioritarias para la salud en Gipuzkoa, las altas temperaturas y el calor extremo y enfermedades infecciosas transmitidas por vectores, en concreto el mosquito tigre (*Aedes albopictus*) y la garrapata de la oveja (*Ixodes ricinus*). El análisis se ha realizado para tres periodos de impacto 2011–2040, 2041–2070 y 2071–2100 y para dos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero, RCP4.5 y RCP8.5. Asimismo, se ha examinado las posibilidades de prevenir y limitar a nivel individual los efectos en la salud ante dichas amenazas.

Los resultados expuestos en este informe están sujetos a ciertas incertidumbres de diversas magnitudes, inherentes a los estudios de impacto climático al basarse en proyecciones climáticas. El grado de incertidumbre en el caso del incremento de la temperatura es menor que en el caso de los cambios en la distribución de vectores. Algunas condiciones bioclimáticas usadas para el estudio de esta distribución están relacionadas con variables cuyo grado de incertidumbre es mayor, como es la precipitación, condicionando, por tanto, la certidumbre de los resultados obtenidos. Además, existen también otras incertidumbres como los cambios en la distribución de hospedadores o del propio patógeno o los cambios que puedan producirse en los usos del suelo en lo que resta de siglo. Tampoco se ha considerado la incidencia actual de las enfermedades en la población.

6.1. VULNERABILIDAD Y RIESGO PARA LA SALUD DE LA POBLACIÓN POR INCREMENTO DE LA TEMPERATURA

La mayoría de indicadores de calor extremo presentan tendencias crecientes en el periodo 1971–2023. Se observan incrementos en la temperatura media del verano (TX), el número de días de verano (SU), el número de días cálidos (TX90p), el número de noches cálidas (TN90) y noches tropicales (TR) y de los extremos absolutos de temperatura (TXX). En cuanto a las olas de calor, se observan incrementos en el número de olas al año y en el número de días que contribuyen a las olas de calor. En cuanto a la temperatura media y máxima en las olas de calor se observan tendencias crecientes, pero no significativas.

Las proyecciones indican que estos incrementos en los extremos de calor continuarán en las próximas décadas bajo los distintos escenarios de emisiones, siendo mayores estos cambios cuanto mayor sea el nivel de calentamiento global. Por tanto, se proyecta un incremento del peligro.

La vulnerabilidad de la población a las altas temperaturas es mayor en los centros urbanos de los municipios con mayor población, como Donostia / San Sebastián,

Eibar, Errenteria, Irun, o Arrasate / Mondragón. En estas áreas urbanas la sensibilidad es mayor al estar caracterizadas por un alto porcentaje de suelo artificializado y una alta densidad urbana. Además, la capacidad adaptativa es menor al ser menor el porcentaje de suelo no urbanizable y menor la superficie de espacios verdes por habitante. En cambio, la vulnerabilidad es menor en los núcleos pequeños de carácter rural como Gaintza, Leintz-Gatzaga, Elgeta, Beizama o Zerain, donde la capacidad adaptativa es mayor al disponer de amplios espacios verdes de calidad por habitante.

Como resultado del incremento del peligro en el corto, medio y largo plazo, el riesgo también se incrementa en los tres periodos de impacto, siendo mayor el incremento en el largo plazo bajo el escenario más pesimista, RCP8.5. El nivel de riesgo se incrementa en todas las secciones censales como consecuencia del incremento del peligro. En las secciones menos vulnerables el nivel de riesgo se mantiene entre bajo y moderado en todos los periodos analizados.

6.2. VULNERABILIDAD Y RIESGO PARA LA SALUD DE LA POBLACIÓN A LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES

El cambio climático influye en la distribución, estacionalidad, abundancia y prevalencia de la infección de vectores que transmiten enfermedades al alterar la disponibilidad de hábitat y las tasas de reproducción del vector y virus. Esto favorecerá la propagación de determinadas especies de vectores que ya se encuentran en nuestra región, como el mosquito tigre o la garrapata de la oveja y la llegada de nuevas especies de vectores a medida que se incrementa la temperatura global. Con ello se incrementa el riesgo de transmisión de enfermedades.

En el análisis de riesgo realizado, se ha considerado como peligro o amenaza la idoneidad del hábitat actual y futura bajo escenarios de cambio climático, basada en variables bioclimáticas derivadas de la temperatura y precipitación. Un cambio en la idoneidad del hábitat dentro de la distribución geográfica actual de la enfermedad alterará el desarrollo, la supervivencia y las tasas reproductoras de los vectores y patógenos y, por tanto, afectará a la densidad de transmisión de la enfermedad y la exposición

de la población a la misma. Ambas especies analizadas, mosquito tigre y garrapata de la oveja, ven incrementado su hábitat potencial en los tres periodos de impactos y bajo los dos escenarios, RCP4.5 y RCP8.5, siendo mayor el cambio en el medio y largo plazo bajo el escenario más pesimista. En el caso de la garrapata de la oveja, ya ampliamente extendida en el territorio, los cambios proyectados son algo menores, y se proyectan cambios en la altitud. Al incrementarse el área potencial de estas especies se incrementa el peligro y la población expuesta a enfermedades que puedan transmitir estos vectores.

La vulnerabilidad de la población a las enfermedades transmitidas por el mosquito tigre es mayor en áreas urbanas, con alto porcentaje de suelo artificializado y alta densidad urbana. Este es el caso de secciones censales con carácter claramente urbano de municipios como Donostia / San Sebastián, Arrasate / Mondragón, Errenteria, Lasarte-Oria o Zumarraga. En cambio, la vulnerabilidad es menor en las áreas rurales, con menor porcentaje de

suelo artificializado, menor densidad de población urbana y mayor distancia a las principales carreteras del territorio. Ejemplo de ello son municipios como Amezketa, Berrobi, Berastegi, Aizarnazabal o Elgeta.

Como consecuencia del incremento del peligro, el nivel de riesgo también se incrementa en los tres periodos analizados, especialmente bajo el escenario RCP8.5. En general, en todos los escenarios analizados, el riesgo es mayor en las comarcas de Donostialdea y Bidasoa-Behe-rea, así como en la franja costera entre Hondarribia y Zarautz, donde actualmente el riesgo es también mayor en comparación con otras comarcas del interior.

En el caso de las enfermedades transmitidas por la garrapata de la oveja, la vulnerabilidad es mayor en municipios de carácter rural como Errezil, Zerain, Abaltzisketa, Oresa o Beizama con grandes superficies de masas forestal. Por el contrario, la vulnerabilidad es menor en secciones censales de municipios como Donostia / San

Sebastián, Tolosa, Irun, Eibar, Errenteria o Elgoibar donde el porcentaje de suelo artificializado es elevado.

El nivel de amenaza, bajo el escenario RCP4.5, se incrementa ligeramente, aunque no significativamente, respecto al periodo de referencia salvo en el último periodo de impacto, 2071-2100. Al no aumentar mucho la amenaza tampoco lo hace el nivel de riesgo en los distintos periodos y para ambos escenarios.

El nivel de riesgo es mayor, tanto en el periodo histórico como en todos los periodos bajo los dos escenarios, en aquellos municipios y secciones censales con una gran superficie forestal. La excepción son aquellas secciones censales con amplia extensión forestal al sur del territorio donde las condiciones climáticas son menos favorables para su desarrollo y, por tanto, la amenaza es menor. El riesgo es menor en los centros urbanos de municipios como Donostia / San Sebastián, Tolosa, Irun, Eibar.

6.3. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN PARA PROTEGER LA SALUD

Las medidas de mitigación y adaptación y la anticipación y preparación ante los riesgos son un elemento clave para minimizar el riesgo y los impactos del cambio climático y proteger la salud. Las evaluaciones de vulnerabilidad y riesgo ante el cambio climático como los realizados en este informe constituyen una herramienta de adaptación esencial, al permitir identificar y comprender las causas fundamentales de la vulnerabilidad y las zonas con mayor riesgo. Esto es, proporcionan información esencial para la toma de decisiones en materia de adaptación y resiliencia del territorio.

Además, las medidas de protección individual también son esenciales para la prevención de impactos del cambio

climático en la salud. Existe un amplio rango de medidas adaptativas para la protección individual reflejadas en diferentes decálogos o guías de autoprotección como las editadas por el Ministerio de Sanidad u Osalan frente, por ejemplo, a las olas de calor. Así mismo, las administraciones públicas cuentan también con diferentes herramientas planificadas como son, por ejemplo, los sistemas de alerta temprana en caso de emergencia o catástrofe y planes especiales frente a eventos extremos como olas de calor o inundaciones o los planes de vigilancia epidemiológica para identificar especies invasoras transmisoras de enfermedades.



/G

Informe de Impacto
y Vulnerabilidad al

**Cambio Climático
en Gipuzkoa**



ANEXOS



GIPUZKOA

Jasangarritasuna · Sostenibilidad



Naturklima

Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa

ANEXO I

INDICADORES DE SEGUIMIENTO DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN GIPUZKOA

Con el objetivo de diseñar un cuadro de mando para la monitorización, seguimiento y evaluación de la situación y evolución de los efectos del cambio climático en Gipuzkoa, así como el efecto de las medidas de adaptación implementadas, se ha definido un sistema de indicadores. Esta batería de indicadores, estructurados en torno a sistemas (recursos hídricos, agroforestal, energía, infraestructuras y ordenación del territorio y salud), facilitarán la toma de decisiones, todo ello encaminado a mejorar e incrementar la resiliencia del territorio frente al cambio climático.

El objetivo de estos indicadores es:

- Identificar, cuantificar y monitorizar los principales riesgos derivados del cambio climático en los distintos sistemas naturales y socioeconómicos del territorio.
- Favorecer la identificación y adopción de acciones y políticas de adaptación para reducir los impactos del cambio climático.
- Sensibilizar a los principales agentes para lograr su implicación activa en la adaptación al cambio climático, principalmente a través de la difusión de información.

Los indicadores se clasifican, según la información que aportan, en indicadores de (A) adaptación, (E) exposición, (I) impacto, (P) peligro y (V) vulnerabilidad.

Los indicadores de seguimiento del sistema y evolución del sistema marino costero se presentan en los informes Focus.

| | | VARIABLES CLIMÁTICAS | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------|---|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| | P | 12,7 | 14,0 | 13,1 | 13,1 | 14,1 | 13,7 | 13,6 | 13,5 | 13,5 | 13,3 | 13,9 | 13,2 | 14,5 | 14,3 |
| Media de temperaturas mínimas diarias | P | 8,7 | 9,9 | 8,9 | 9,1 | 10,0 | 9,6 | 9,5 | 9,3 | 9,6 | 9,1 | 9,9 | 9,4 | 10,2 | 10,2 |
| Media de temperaturas máximas diarias | P | 17,6 | 18,8 | 18,2 | 17,5 | 19,0 | 18,7 | 18,5 | 18,6 | 18,0 | 18,7 | 19,0 | 17,7 | 19,6 | 19,3 |
| Mínimo de las temperaturas mínimas diarias | P | -4,8 | -3,0 | -5,2 | -2,6 | -3,1 | -3,8 | -1,7 | -4,7 | -5,7 | -2,8 | -1,1 | -3,1 | -2,6 | -2,6 |
| Máximo de las temperaturas máximas diarias | P | 36,1 | 38,4 | 39,6 | 37,6 | 35,6 | 37,4 | 38,2 | 37,0 | 34,9 | 38,9 | 38,9 | 34,2 | 40,5 | 38,1 |
| Número de días fríos | P | | 173 | 202 | 203 | 180 | 181 | 194 | 196 | 190 | 216 | 183 | 200 | 169 | 174 |
| Número de días cálidos | P | | 8 | 15 | 8 | 4 | 12 | 14 | 12 | 6 | 10 | 10 | 3 | 19 | 9 |
| Número de olas de calor | P | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| Número de días de helada | P | 25 | 11 | 21 | 12 | 5 | 12 | 6 | 20 | 14 | 9 | 6 | 9 | 15 | 16 |
| Precipitación media anual | P | 1.411,3 | 1.277,0 | 1.327,5 | 2.049,7 | 1.577,9 | 1.503,2 | 1.447,8 | 1.477,5 | 1.597,1 | 1.651,6 | 1.424,1 | 1.488,9 | 1.115,4 | 1.562,1 |
| Número de noches tropicales | P | | 1,2 | 3,6 | 4,4 | 1,4 | 2,9 | 1,8 | 2,7 | 1,9 | 1,9 | 2,9 | 1,4 | 7,5 | 5 |
| Número de días de lluvia | P | 186,5 | 165,0 | 188,0 | 210,0 | 213,0 | 185,8 | 198,0 | 185,0 | 211,0 | 143,0 | 187,0 | 177,0 | 168,3 | 189,0 |
| Número de días soleados/despejados | P | 31,7 | 45 | 38 | 33 | 28 | 38 | 33 | 47 | 29 | 44 | 42 | 36 | 44 | 48 |
| Precipitación máxima en 24 horas | P | 68,6 | 114,3 | 54,1 | 73,5 | 53,6 | 88,5 | 78,0 | 71,3 | 81,6 | 64,9 | 60,2 | 85,8 | 104,7 | 72,8 |
| Número máximo de días secos consecutivos | P | | 17 | 20 | 17 | 16 | 22 | 22 | 19 | 15 | 22 | 18 | 19 | 18 | 22 |
| Número máximo de días húmedos consecutivos | P | | 9 | 10 | 13 | 12 | 11 | 10 | 10 | 13 | 19 | 11 | 18 | 9 | 8 |
| Número de días con precipitación > 20 mm | P | | 14 | 16 | 30 | 22 | 19 | 16 | 21 | 19 | 21 | 19 | 20 | 14 | 21 |
| Máximo de precipitación acumulada en 5 días | P | | 220,6 | 114,9 | 188,5 | 136,3 | 175,6 | 131,8 | 155,6 | 147,8 | 153,3 | 124,5 | 211,4 | | 161,0 |
| Humedad relativa | P | 82,4 | 80,8 | 82,2 | 83,3 | 81,1 | 81,2 | 81,7 | 81,8 | 84,4 | 80,2 | 79,4 | 81,2 | 78,8 | 82,3 |
| Velocidad media del viento | P | 10,4 | 10,0 | 9,6 | 10,7 | 9,8 | 10,5 | 10,6 | 10,2 | 10,1 | 9,1 | 10,4 | 9,8 | 9,0 | 9,9 |
| Número de alertas meteorológicas | P | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 7 | 12 | 9 | 7 | 9 | 9 | 9 | 8 |
| Días grados de refrigeración | I | | 142,8 | 178,6 | 142,1 | 140,5 | 160,0 | 150,3 | 164,7 | 130,6 | 150,2 | 151,0 | 96,88 | 228,0 | 183,6 |
| Días grados de calefacción | I | | 947,2 | 1.133,6 | 1.119,5 | 902,8 | 1.000,2 | 981,0 | 1.081,2 | 1.004,2 | 969,0 | 945,1 | 976,5 | 895,0 | 971,3 |

| | | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | |
|-----------------------------------|------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | | RECURSOS HÍDRICOS | | | | | | | | | | | | | | |
| Caudal medio anual | | I | | | | | | | | | | | | | | |
| Endara | | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,6 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | |
| Oiartzun | | 0,5 | 4,0 | | | 2,8 | 2,0 | 2,2 | 3,6 | 2,0 | 2,7 | 2,5 | 2,8 | 2,5 | 2,6 | |
| Añarbe | 2,4 | 2,2 | 3,3 | 3,1 | 3,1 | 3,2 | 2,3 | 2,1 | 3,8 | 2,2 | 2,5 | 2,3 | 2,6 | 2,6 | 2,7 | |
| Ereñozu | 8,6 | 8,8 | 14,1 | 12,4 | 12,0 | 8,5 | 7,2 | 7,2 | 14,4 | 7,9 | 8,7 | 7,9 | 10,8 | 9,1 | 10,5 | |
| Estanda | 1,0 | 0,7 | 2,1 | 1,1 | 1,4 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | 1,5 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 1,2 | 1,0 | 0,7 | |
| Agauntza | 1,7 | 1,7 | 3,3 | 1,9 | 2,5 | 1,7 | 1,4 | 1,4 | 2,8 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,9 | 1,7 | 1,5 | |
| Amundarain | 0,9 | 0,9 | 1,5 | 1,1 | 1,2 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 1,5 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | |
| Alegia | 6,7 | 6,3 | 13,4 | 7,7 | 11,3 | 7,5 | 5,1 | 5,1 | 12,7 | 5,9 | 6,6 | 6,0 | 7,6 | 7,4 | 5,4 | |
| Araxes | | 3,5 | 6,6 | 4,3 | 4,9 | 3,7 | 3,0 | 3,0 | 6,2 | 3,3 | 3,4 | 3,1 | 4,0 | 4,1 | 3,8 | |
| Belauntza | 1,1 | 1,3 | 1,9 | 1,3 | 1,7 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,3 | 1,0 | 1,2 | |
| Leitzarain | 4,5 | 4,4 | 7,5 | 6,0 | 6,3 | 4,6 | 3,8 | 3,8 | 7,7 | 4,1 | 4,6 | 4,1 | 5,0 | 4,8 | 5,3 | |
| Lasarte-Oria | 21,3 | 22,2 | 40,6 | 25,8 | 29,3 | 21,1 | 17,5 | 17,5 | 36,9 | 18,2 | 19,7 | 18,6 | 25,1 | 23,0 | 20,9 | |
| Aitzu | 1,5 | 1,3 | 2,6 | 1,7 | 2,1 | 1,5 | 0,9 | 0,9 | 2,4 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 2,2 | 1,5 | 1,3 | |
| Ibaieder | 1,3 | 1,4 | 2,9 | 1,5 | 2,0 | 1,3 | 0,9 | 0,9 | 2,2 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,6 | 1,4 | 1,1 | |
| Matxinbenta | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | |
| Aizarnazabal | 6,6 | 7,4 | 13,0 | 7,7 | 9,4 | 6,7 | 5,4 | 5,4 | 11,1 | 5,3 | 6,2 | 6,2 | 8,4 | 7,2 | 6,6 | |
| San Prudentzio | 2,3 | 2,0 | 4,7 | 2,9 | 3,9 | 2,6 | 1,6 | 1,6 | 4,0 | 2,1 | 2,4 | 2,3 | 3,2 | 2,6 | 1,7 | |
| Oñati | 2,9 | 2,6 | 5,3 | 3,3 | 4,0 | 2,9 | 2,0 | 2,0 | 4,6 | 2,3 | 2,5 | 2,3 | 3,5 | 3,0 | 2,4 | |
| Altzola | 10,5 | 9,4 | 19,0 | 12,0 | 15,4 | 10,4 | 6,8 | 6,8 | 16,5 | 7,6 | 9,7 | 9,3 | 12,8 | 10,8 | 8,7 | |
| Nivel medio anual del agua | | I | | | | | | | | | | | | | | |
| Oiartzun | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | |
| Ereñozu | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | |
| Estanda | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| Agauntza | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,6 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | |
| Amundarain | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | |

| | | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| RECURSOS HÍDRICOS | | | | | | | | | | | | | | | |
| Número de eventos de inundación | I | | 1 | 0 | 2 | 1 | 2 | 0 | 1 | 3 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 |
| Número de eventos de embates de mar | I | | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 4 | 3 | 1 | 4 | 5 | 2 | 1 | 2 |
| Nivel piezométrico | P | | | | | | | | | | | | | | |
| Elduaien-3 | | | 218 | 198 | 10,7 | 17,9 | 17,6 | 23,9 | 23,4 | 15,7 | 20,3 | 22,8 | 22,9 | 24,40 | 21,28 |
| Kilimon-3 | | | 6,2 | 6,0 | 5,6 | 6,4 | 6,0 | 6,2 | 6,0 | 5,6 | 6,0 | 6,1 | 5,8 | 6,2 | 5,9 |
| Hernani-C | | | 3,4 | 3,6 | 3,3 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,4 | 3,5 | 3,6 | 3,5 | 3,7 | 2,1 |
| Legorreta-5 | | | -62,9 | | -64,5 | -63,0 | | | | | -31,2 | -54,8 | -57,0 | -57,7 | -58,2 |
| Aralar-P4 | | | -39,2 | -5,0 | -55,5 | -46,5 | -48,6 | -47,9 | -48,1 | -58,2 | -48,7 | -45,9 | -50,0 | -43,1 | -49,7 |
| DTH-1 | | | 109,9 | 110,0 | 106,6 | 107,7 | 24,2 | 107,8 | 108,1 | 105,4 | 105,7 | 105,1 | 102,8 | 108,0 | 109,6 |
| Jaizkibel-5 | | | | 38,2 | 37,6 | 36,3 | 35,7 | 35,9 | 38,8 | 36,1 | 36,2 | 36,2 | 35,8 | 36,0 | 36,3 |
| Makinetxe | | | 5,3 | 1,5 | 1,5 | 2,4 | 2,6 | 15,2 | 22,9 | 1,5 | 2,8 | 15,0 | 5,0 | 7,8 | 10,1 |
| Inurritza-3 | | | 2,0 | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 2,10 | 2,1 | 2,1 |
| Calidad de las aguas. Porcentaje de masas de agua con estado o potencial ecológico bueno o muy bueno. | V | | 35% | 41% | 63% | 62% | 53% | 53% | 60% | 76% | 67% | 46% | 58% | 69% | |
| Estado ecológico de las aguas de transición y costeras. Porcentaje de masas de agua con estado o potencial ecológico bueno o muy bueno. | I | | 56% | 56% | 33% | 67% | 67% | 78% | 78% | 89% | 89% | 89% | 89% | 77,8% | |
| Demanda total de agua por habitante (litros/habitante/día) | A | | 18,86 | 179,0 | 177,1 | 177,1 | 171,9 | 174,2 | 174,0 | 169,6 | 172,5 | 150,0 | 165,9 | 140,0 | |
| Número de habitantes que pueden verse afectados dentro de zonas inundables (hab./año) | E | | | | | | | 2,444 | 2,444 | 2,444 | 2,444 | 2,444 | 3,408 | 3,408 | 3,408 |
| N.º de EDAR en zonas inundables | E | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|----------------------------------------------------------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| SECTOR AGROFORESTAL | | | | | | | | | | | | | | |
| Bosque | V | 46.825 | | | | | 47.981 | | 47.721 | 48.299 | 47.928 | 48.046 | 48.091 | 48.095 |
| Bosque de plantación | V | 76.558 | | | | | 74.865 | | 72.231 | 72.359 | 72.827 | 72.897 | 72.913 | 72.978 |
| Bosque de galería | V | 956 | | | | | 944 | | 921 | 921 | 921 | 922 | 921 | 905 |
| Superficie del territorio bajo figura de protección | A | | | | | | 44.776,8 | 44.776,8 | 44.776,8 | 44.776,8 | 44.776,8 | 44.776,8 | 44.776,8 | 47.776,8 |
| Porcentaje de superficie forestal ordenada | V | | | | | | 47.981 | | 47.721 | 48.299 | 47.928 | 48.046 | 48.091 | |
| Hectáreas anuales quemadas por incendios forestales | I | 77,4 | 87,3 | 97,8 | 87,3 | 294,0 | 10,7 | 26,3 | 10,8 | 51,1 | 48,0 | 384,0 | 69,0 | |
| Superficie de agricultura ecológica (ha) | E | 430,8 | 456,3 | 467,5 | 511,2 | 626,8 | 666,0 | 750,0 | 848,0 | 1.224,0 | 1.326,0 | 1.619,0 | 1.619,0 | |
| Suelo agroforestal con actividades económicas | E | 63,20% | | | | | 62,6% | | 61,4% | 61,4% | 61,6% | 61,6% | 62,3% | |
| Superficie afectada por plagas forestales | I | | | | | | 5.660 | 4.554,0 | 19.208,0 | 8.541,0 | 7.935,0 | 11.446,0 | 9,05 | |
| Evapotranspiración de referencia | I | 2,1 | 2,0 | 1,9 | 2,1 | 2,2 | 2,1 | 2,1 | 2,0 | 2,1 | 2,1 | 2,0 | 2,2 | 2,1 |
| Duración o longitud de la estación de crecimiento | I | 354,0 | 337,0 | 325,0 | 364,0 | 343,0 | 365,0 | 329,0 | 351,0 | 346,0 | 356,0 | 346,0 | 345,0 | 358,0 |
| Porcentaje del Valor añadido bruto de agricultura, ganadería y pesca | V | 0,5% | 0,7% | 0,6% | 0,6% | 0,6% | 0,6% | 0,7% | 0,6% | 0,7% | 0,6% | 0,6% | 0,7% | |
| ENERGÍA | | | | | | | | | | | | | | |
| Consumo final de energía (ktep) | I | 1.978,3 | 1.950,2 | 1.887,7 | 1.852,8 | 1.868,1 | 1.860,4 | 1.981,1 | 1.933,8 | 1.912,2 | 1.642,1 | 1.787,1 | 1.813,8 | |
| Intensidad energética final (x10-4) | A | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | |

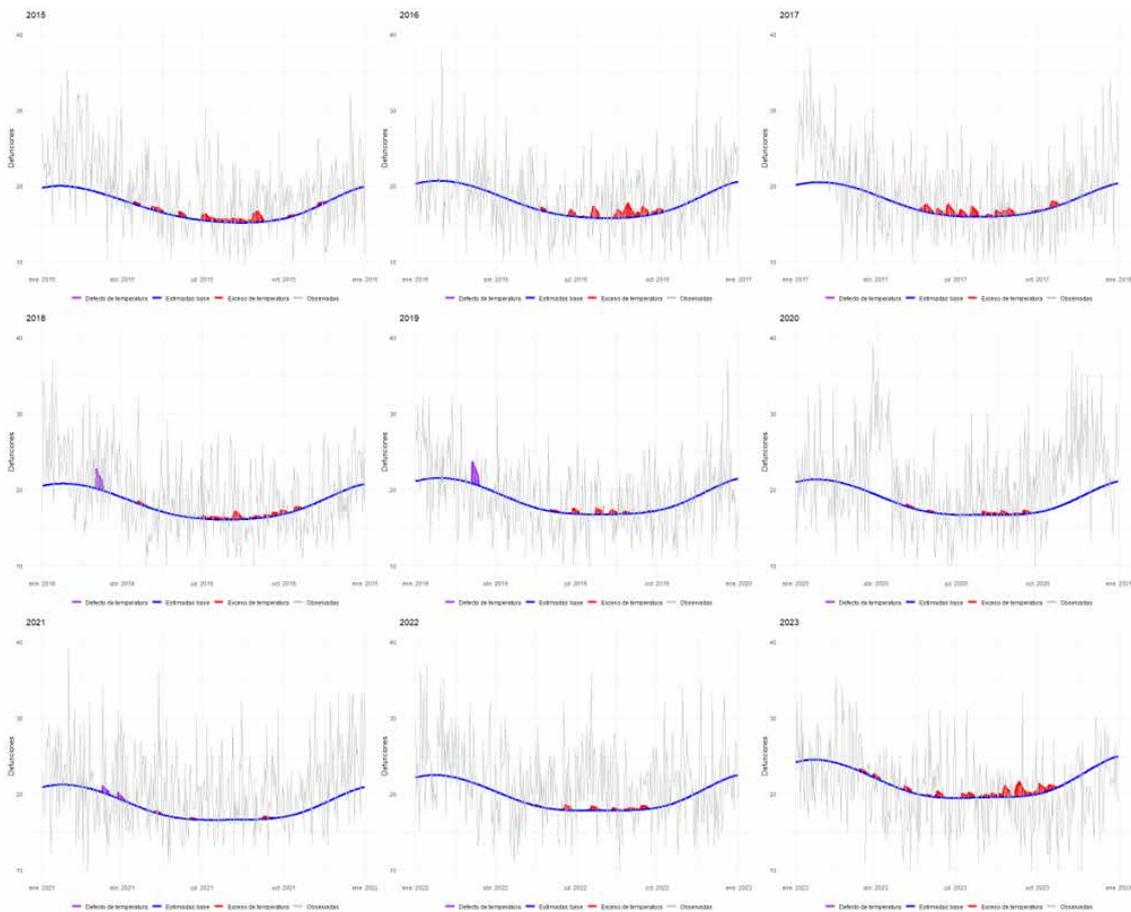
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------|------------|----------|--------------|------------|-------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| INFRAESTRUCTURAS Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO | | | | | | | | | | | | | | |
| Usos del suelo (ha) | | | | | | | | | | | | | | |
| Matorral | | 8.023,0 | | | | | 7.497,0 | | 10.252,0 | 9.722,0 | 9.592,0 | 9.472,0 | 9.431,0 | 9.366,0 |
| Herbazal | | 2.957,0 | | | | | 3.472,0 | | 3.572,0 | 3.523,0 | 3.509,0 | 3.502,0 | 3.501,0 | 3.477,0 |
| Monte sin veg. Superior | | 2.827,0 | | | | | 2.672,0 | | 2.672,0 | 2.670,0 | 2.669,0 | 2.667,0 | 2.667,0 | 2.667,0 |
| Agrícola | | 1.876,0 | | | | | 2.454,0 | | 2.454,0 | 2.447,0 | 2.440,0 | 2.437,0 | 2.522,0 | 2.494,0 |
| Artificial | | 10.024,0 | | | | | 10.612,0 | | 10.610,0 | 10.609,0 | 10.624,0 | 10.625,0 | 10.624,0 | 10.799,0 |
| Agua | | 1.144,0 | | | | | 1.097,0 | | 1.098,0 | 1.093,0 | 1.093,0 | 1.093,0 | 1.092,0 | 1.105,0 |
| Autopistas y autovías | I | 2.140,0 | | | | | 2.288,0 | | 2.288,0 | 2.294,0 | 2.293,0 | 2.301,0 | 2.302,0 | 2.340,0 |
| Minería-escombreras-vertederos | I | 589,0 | | | | | 575,0 | | 575,0 | 575,0 | 580,0 | 582,0 | 582,0 | 590,0 |
| Prado con setos / con sebes | V | 523,0 | | | | | 487,0 | | 487,0 | 517,0 | 517,0 | 517,0 | 514,0 | 514,0 |
| Prado | V | 37.217,0 | | | | | 36.887,0 | | 36.916,0 | 36.878,0 | 36.844,0 | 36.790,0 | 36.693,0 | 36.539,0 |
| Pastizal-matorral | V | 5.848,0 | | | | | 5.748,0 | | 5.778,0 | 5.672,0 | 5.743,0 | 5.730,0 | 5.728,0 | 5.723,0 |
| Porcentaje de población mayor de 65 años | V | 19,4% | 19,8% | 20,1% | 20,6% | 21,0% | 21,3% | 21,6% | 21,9% | 22,2% | 22,4% | 23,1% | 23,1% | 23,3% |
| Porcentaje de población menor de 4 años | V | 5,1% | 5,1% | 5,1% | 4,9% | 4,8% | 4,7% | 4,5% | 4,3% | 3,1% | 3,1% | 2,2 | 2,2% | 2,8% |
| Daños en los bienes causados por inundación (fluvial + embate de mar) | I | 1.560.017 | 58.343.775 | 1.490 | 4.186.806 | 14.789.777 | 4.203.583 | 2.698.444 | 4.192.497 | 994.685 | 794.239 | 50.383 | 4.971.339 | 952.397 |
| Superficie de espacios libres (parques, jardines y zonas verdes urbanas) por habitante (m ² /hab.) | V | 51,3 | 47,8 | 47,5 | 46,3 | 46,3 | 47,3 | 43,2 | 32,4 | 37,1 | 36,8 | 42,9 | 40,0 | |
| Daños en los bienes causados por embates del mar | I | 52.018,2 | 0,0 | 22.059,0 | 12.560.394,6 | 19.596,6 | 2.113.354,8 | 23.392,8 | 11.183,4 | | | | | |
| Densidad población | V | 354,9 | 356,3 | 357,4 | 357,8 | 358,9 | 359,2 | 360,3 | 361,0 | 362,5 | 364,2 | 363,4 | 362,2 | 352,6 |
| Porcentaje de suelo artificializado | V | | | | 5,87 | 6,19 | 6,15 | 6,22 | 6,26 | 6,27 | 6,26 | 6,25 | 6,17 | |
| Indemnizaciones por desastres naturales (consorcio de compensación de seguros) ² | I | 10.541.662 | 58.351.187 | 23.240 | 5.160.582 | 15.039.977 | 4.322.514 | 2.701.112 | 7.582.238 | 10.252.215 | 2.074.316 | 5.197.752 | 953.523 | |

| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| SALUD | | | | | | | | | | | | | | |
| Casos autóctonos e importados de paludismo, virus del Nilo Occidental, enfermedad de Lyme, etc. | I | | | 7,0 | 16,0 | 14,0 | 60,0 | 30,0 | 28,0 | 30,0 | 2,0 | 6,0 | | |
| Porcentaje de personas >80 años que vive solas | V | | | | | | | | | 29% | 31% | | | 12,9% |
| Número de alertas por altas temperaturas | P | 1 | 3 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 |
| Defunciones atribuibles a la temperatura (exceso o defecto) | I | | | | | 49 | 56 | 59 | 45 | 31 | 18 | 15 | 19 | 71 |
| Universal Thermal Climate Index (UTCi) | I | 14,9 | 15,7 | 17,1 | 14,0 | 16,8 | 16,8 | 18,9 | 17,6 | 16,9 | 16,5 | | | |
| Porcentaje de días en los que se supera el valor límite para la protección de la salud humana (O ₃) (considerando el peor valor de las estaciones de referencia) | P | | | 11% | 17% | 6% | 5% | 6% | 7% | 11% | 3% | 3% | 2% | 8% |
| Porcentaje de días en los que se supera el valor límite diario de PM ₁₀ (considerando el peor valor de las estaciones de referencia) | P | | | 13% | 11% | 7% | 1% | 1% | 2% | 4% | 2% | 3% | 4% | 1% |
| Porcentaje de días en los que se supera el valor límite diario de PM _{2.5} (considerando el peor valor de las estaciones de referencia) | P | | | | | 19% | 23% | 24% | 19% | 13% | 12% | 24% | 8% | 2% |

ANEXO II

DEFUNCIONES DIARIAS ESTIMADAS, OBSERVADAS Y ATRIBUIBLES A EXCESO Y DEFECTO DE LA TEMPERATURA EN GIPUZKOA (2015-2023).

ANEXO II. DEFUNCIONES DIARIAS ESTIMADAS, OBSERVADAS Y ATRIBUIBLES AL EXCESO O DEFECTO DE LA TEMPERATURA EN GIPUZKOA ENTRE LOS AÑOS 2015-2023



Fuente de los datos: Sistema MoMo (ISCI, 2024).

ANEXO III.
OLAS DE CALOR REGISTRADAS EN GIPUZKOA ENTRE 1982-2023

| AÑO | INICIO-FIN | T max registrada Igeldo | T max registrada Hondarribia |
|------|-----------------------|-------------------------|------------------------------|
| 2022 | 2022/06/12-2022/06/18 | 39,7 | 42,7 |
| 2022 | 2022/07/09-2022/07/26 | 38,3 | 40,4 |
| 2019 | 2019/07/20-2019/07/25 | 39,0 | 39,8 |
| 2016 | 2016/08/22-2016/08/25 | 34,4 | 33,3 |
| 2012 | 2012/08/08-2012/08/11 | 33,8 | 34,8 |
| 2003 | 2003/07/30-2003/08/14 | 38,5 | 39,6 |
| 1998 | 1998/08/07-1998/08/12 | 32,6 | 33,3 |
| 1990 | 1990/07/17-1990/07/24 | 32,4 | 31,0 |
| 1989 | 1989/07/16-1989/07/21 | 35,4 | 36 |
| 1987 | 1987/09/12-1987/09/17 | 35,0 | 32,8 |
| 1982 | 1982/07/05-1982/07/09 | 37,6 | 39,6 |

ANEXO IV

INDICADORES DE CALOR EXTREMO

A. Definición de indicadores de calor extremo

Las siguientes definiciones de indicadores de calor extremo útiles para la adaptación en salud corresponden a las definiciones del ETCCDI- Expert Team on Climate Change Detection and Indices.

- **SU:** número de días de verano. Es el número de días en los cuales la temperatura máxima supera los 25 °C.
- **TR:** número de noches tropicales. Número de días en que la temperatura mínima supera los 20 °C.
- **TXX:** Temperatura máxima absoluta. Es el valor máximo anual de las temperaturas máximas diarias.
- **TX90p:** número de días cálidos. Es el porcentaje de número de días en los que la temperatura máxima diaria de un periodo es superior al percentil 90.
- **WSDI:** índice de número de rachas cálidas u 'olas de calor'. Número anual de días que contribuyen a eventos donde 6 o más días consecutivos experimentan temperaturas máximas superiores al percentil 90 (TX90).
- **SU30:** Es el número de días en los cuales la temperatura máxima supera los 30 °C.
- **HWN-TX90:** número de olas de calor definida por el percentil 90 de la temperatura máxima. Número de olas de calor individuales que ocurren en verano (mayo-septiembre). Este indicador define la ola de calor como una racha de al menos 3 días consecutivos con temperaturas máximas diarias superiores al percentil 90.
- **HWM-TX90:** magnitud de ola de calor definida por el percentil 90 de la temperatura máxima. Temperatura media de todas las olas de calor identificadas por HWN-TX90.
- **HWA-TX90:** amplitud de ola de calor definida por el percentil 90 de la temperatura máxima. El valor máximo diario de la ola de calor más cálida, definida como la ola de calor con el mayor HWM-TX90.
- **HWD-TX90:** duración de ola de calor definida por el percentil 90 de la temperatura máxima. Longitud de la ola de calor más larga identificada por HWN-TX90.
- **HWF-TX90:** frecuencia de ola de calor definida por el percentil 90 de la temperatura máxima. El número de días que contribuyen a las olas de calor, según lo definido por HWN-TX90.
- **HWN-TN90:** número de olas de calor definida por el percentil 90 de la temperatura mínima. Número de olas de calor individuales que ocurren en verano (mayo-septiembre). Este indicador define la ola de calor como una racha de al menos 3 días consecutivos con temperaturas mínimas diarias superiores al percentil 90.
- **HWM-TN90:** magnitud de ola de calor definida por el percentil 90 de la temperatura mínima. Temperatura media de todas las olas de calor identificadas por HWN-TN90.
- **HWA-TN90:** amplitud de ola de calor definida por el percentil 90 de la temperatura mínima. El valor máximo diario de la ola de calor más cálida, definida como la ola de calor con el mayor HWM-TN90.
- **HWD-TN90:** duración de ola de calor definida por el percentil 90 de la temperatura mínima. Longitud de la ola de calor más larga identificada por HWN-TN90.
- **HWF-TN90:** frecuencia de ola de calor definida por el percentil 90 de la temperatura mínima. El número de días que contribuyen a las olas de calor, según lo definido por HWN-TN90.
- **HWN-EHF:** número de olas de calor definidas por el Factor de Exceso de Calor (EHF). Número de olas de calor individuales que ocurren en verano (mayo-septiembre). Este indicador define la ola de calor como una racha de al menos 3 días consecutivos con EHF positivo.
- **HWM-EHF:** magnitud de ola de calor definidas por el Factor de Exceso de Calor (EHF). Temperatura media de todas las olas de calor identificadas por HWN-EHF.
- **HWA-EHF:** amplitud de ola de calor definidas por el Factor de Exceso de Calor (EHF). El valor máximo diario de la ola de calor más cálida, definida como la ola de calor con el mayor HWM-EHF.
- **HWD-EHF:** duración de ola de calor definidas por el Factor de Exceso de Calor (EHF). Longitud de la ola de calor más larga identificada por HWN-EHF.
- **HWF-EHF:** frecuencia de ola de calor definidas por el Factor de Exceso de Calor (EHF). El número de días que contribuyen a las olas de calor, según lo definido por HWN-EHF.

B. Tendencias y significancia estadística de la tendencia de los indicadores de calor extremo en las estaciones meteorológicas de Igeldo y Hondarribia-Malkarroa.

| | IGELDO | | HONDARRIBIA-MALKARROA | |
|----------|-----------------|---------|-----------------------|---------|
| | Tendencia(/año) | p-valor | Tendencia(/año) | p-valor |
| SU | 0,218 | 0,005 | 0,594 | 0,001 |
| TR | 0,044 | 0,004 | 0,242 | 0 |
| TXX | 0,068 | 0,002 | 0,077 | 0,004 |
| WSDI | 0 | 0,438 | 0 | 0,148 |
| TX90P | 0,133 | 0 | 0,144 | 0 |
| TN90P | 0,223 | 0 | 0,293 | 0 |
| SU30 | 0,091 | 0,003 | 0,125 | 0,004 |
| HWM-TX90 | 0,019 | 0,345 | 0,001 | 0,96 |
| HWA-TX90 | 0,031 | 0,451 | 0,047 | 0,247 |
| HWN-TX90 | 0 | 0,044 | 0 | 0,011 |
| HWD-TX90 | 0 | 0,236 | 0 | 0,78 |
| HWF-TX90 | 0,059 | 0,118 | 0,083 | 0,016 |
| HWM-TN90 | -0,016 | 0,137 | 0,003 | 0,777 |
| HWA-TN90 | 0,005 | 0,761 | 0,046 | 0,003 |
| HWN-TN90 | 0,059 | 0 | 0,1 | 0 |
| HWD-TN90 | 0,03 | 0,116 | 0,08 | 0,004 |
| HWF-TN90 | 0,274 | 0 | 0,455 | 0 |
| HWM-EHF | -0,045 | 0,438 | 0,046 | 0,166 |
| HWA-EHF | 0,025 | 0,88 | 0,178 | 0,185 |
| HWN-EHF | 0,067 | 0 | 0,069 | 0 |
| HWD-EHF | 0 | 0,833 | 0 | 0,774 |
| HWF-EHF | 0,259 | 0 | 0,32 | 0 |

ANEXO V

CALOR EXTREMO. INDICADORES DE AMENAZA, SENSIBILIDAD Y CAPACIDAD ADAPTATIVA

1. RELACIÓN DE INDICADORES CONSIDERADO PARA EL ANÁLISIS DE CADA UNO DE LOS RIESGOS

| COMPONENTE RIESGO | INDICADOR | DEFINICIÓN | UNIDADES | FUENTE | FECHA |
|-------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|--------------------------------------------------|
| AMENAZA | TX: Media máxima | Media de las temperaturas máximas diarias. | °C | Ihobe | 1971-2000 2011-2041 2041-2070 2071-2100 |
| | TX90p: Número de días cálidos | Número de días en los que la media de la temperatura máxima diarias supera el percentil 90. | Días | Ihobe | 1971-2000 2011-2041 2041-2070 2071-2100 |
| | TN90p: Número de noches cálidas | Número de días en los que la media de la temperatura mínima diaria supera el percentil 90. | Días | Ihobe | 1971-2000 2011-2041 2041-2070 2071-2100 |
| | SU30: Número de días con TX>30 °C | Número de días con TX> 30 °C | Días | Ihobe | 1971-2000 2011-2041 2041-2070 2071-2100 |
| | HWF: Duración de ola de calor | Número de días por ola de calor. Se considera ola de calor al periodo de al menos 6 días consecutivos en los que la media de TX supera el percentil 90. | Días/ola de calor | Ihobe | 1971-2000 2011-2041 2041-2070 2071-2100 |
| | HWA: Temperatura máxima media durante la ola de calor | Temperatura máxima media durante la ola de calor. | °C | Ihobe | 1971-2000 2011-2041 2041-2070 2071-2100 |

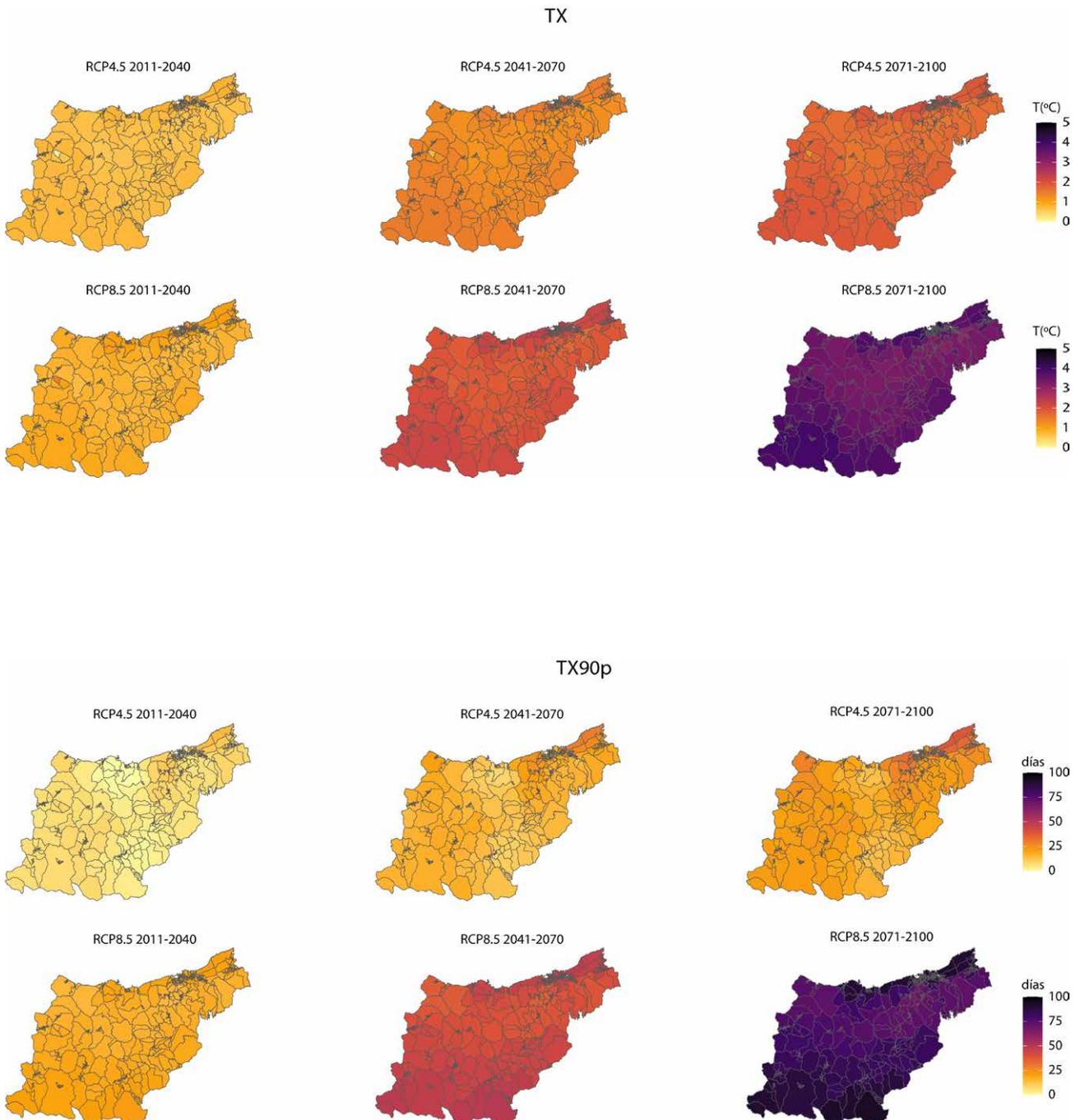
| COMPONENTE RIESGO | INDICADOR | DEFINICIÓN | UNIDADES | FUENTE | FECHA | |
|------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|------|
| EXPOSICIÓN | Densidad población | Número de personas con relación a la superficie total de la sección censal. | hab./m ² | Eustat | 2021 | |
| VULNERABILIDAD | Sensibilidad | Personas mayores | Porcentaje de personas mayores de 65 años. | % | Eustat | 2021 |
| | | Personas menores | Porcentaje de personas menores de 10 años. | % | Eustat | 2021 |
| | | Densidad de población urbana | Número de personas con relación a la superficie residencial del municipio. | hab./ha | Eustat | 2021 |
| | | Densidad de viviendas | Número de viviendas con relación a la superficie residencial. | Viv./ha | Eustat | 2021 |
| | | Personas por vivienda | Número promedio de personas por vivienda. | hab./viv. | Eustat | 2021 |
| | | Antigüedad de las edificaciones | Antigüedad media de las edificaciones. | años | Eustat | 2021 |
| | | Nivel de privación socioeconómica | Indicadores de desigualdad socioeconómica útiles en impactos en salud. Este índice se compone de siete indicadores socioeconómicos: desempleo, población trabajadora manual, población trabajadora eventual, nivel de instrucción insuficiente en la población de 16 y más años, nivel de instrucción insuficiente en la población de 16 a 29 años, población extranjera nacida en país de renta baja, renta garantía de ingresos. | | Departamento de Salud | 2021 |
| | Suelo artificializado | Porcentaje de suelo artificializado con relación a la superficie total. El suelo artificializado corresponde a suelo urbanizado con usos residenciales, de actividades económicas, sistemas generales (excepto cauces fluviales). | % | Udalplan | 2022 | |
| | Capacidad adaptativa | Superficie útil de la vivienda | Superficie útil media por vivienda. | m ² /viv. | Eustat | 2021 |
| | | Viviendas con ascensor | Porcentaje de viviendas familiares que disponen de ascensor. | % | Eustat | 2021 |
| Viviendas en propiedad | | Porcentaje de viviendas en propiedad en relación al total de viviendas. | % | Eustat | 2021 | |

ANEXO V

CALOR EXTREMO. INDICADORES DE AMENAZA,
SENSIBILIDAD Y CAPACIDAD ADAPTATIVA

| COMPONENTE RIESGO | INDICADOR | DEFINICIÓN | UNIDADES | FUENTE | FECHA | |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|------|
| VULNERABILIDAD | Capacidad adaptativa | Renta personal media | Promedio de la renta personal total. | €/hab. | Eustat | 2021 |
| | | Renta media por hogar | Promedio de la renta familiar total. Se genera como agregación de las rentas personales totales de todas las personas de una misma familia. | €/hab. | Eustat | 2021 |
| | | Renta personal disponible | Promedio de la renta, una vez descotados a la renta personal todos los gastos de seguridad social y la cuota líquida o las retenciones a cuenta. | €/hab. | Eustat | 2021 |
| | | Estudios realizados | Porcentaje de población que ha realizado estudios de nivel medio-superior o superior. | % | Eustat | 2021 |
| | | Espacios libres urbanos por habitante | Superficie de espacios libres en relación al número total de habitantes. | ha./hab. | Udalpla/ Eustat | 2022 |
| | | Espacios libres urbanos | Superficie de espacios libres con relación a la superficie de suelo artificializado. | m ² /ha | Udalplan | 2022 |
| | | Suelo no urbanizable | Porcentaje de suelo no urbanizable con relación a la superficie total del municipio. | % | Udalplan | 2022 |
| | | Espacios verdes por habitante | Superficie de espacios verdes por habitante. Se consideran espacios verdes las zonas verdes artificiales y el arbolado urbano, los prados, pastizales y los bosques. | m ² /hab. | SIOSE | 2017 |
| | | NVDI | Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, que es un indicador de biomasa fotosintéticamente activa, esto es, de la salud de la vegetación. | | Copernicus Land Monitoring Service | 2020 |
| | | Número de farmacias | Número de farmacias por cada 10.000 habitantes. | farmacias/ 10.000 hab. | Eustat | 2022 |
| Accesibilidad al hospital | Tiempo medio de desplazamiento al hospital de referencia. | min | | 2022 | | |

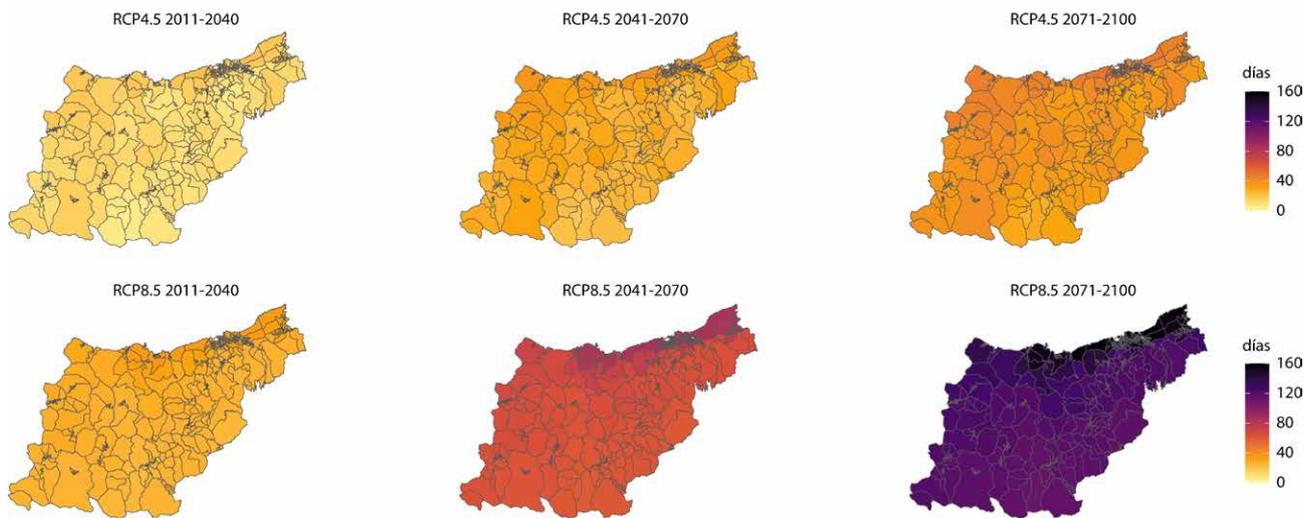
2. PROYECCIONES INDICADORES DE AMENAZA/PELIGRO CLIMÁTICA



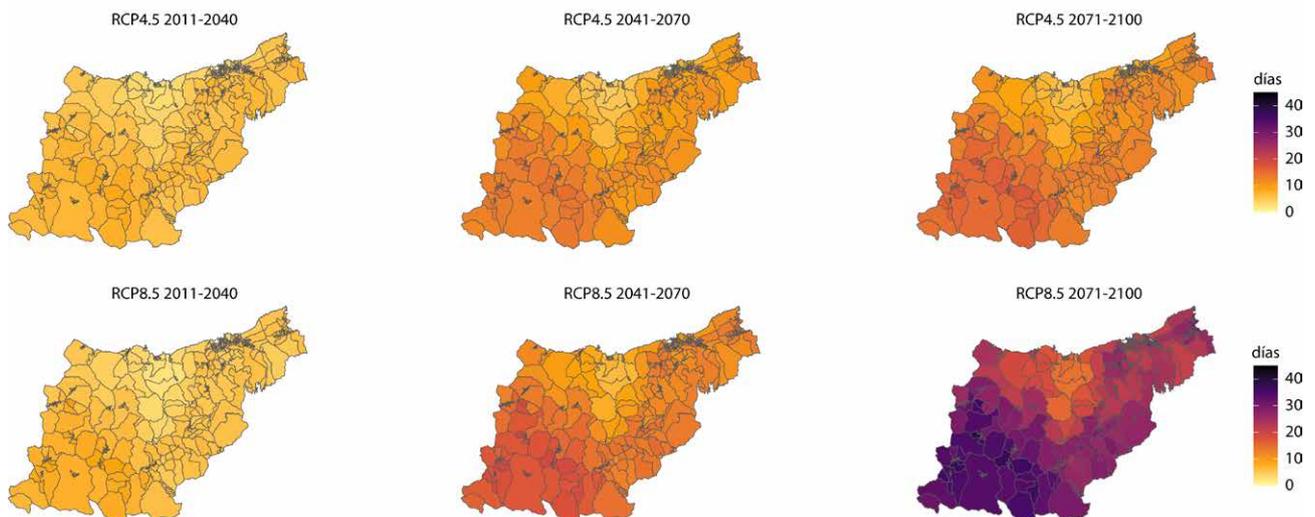
ANEXO V

CALOR EXTREMO. INDICADORES DE AMENAZA, SENSIBILIDAD Y CAPACIDAD ADAPTATIVA

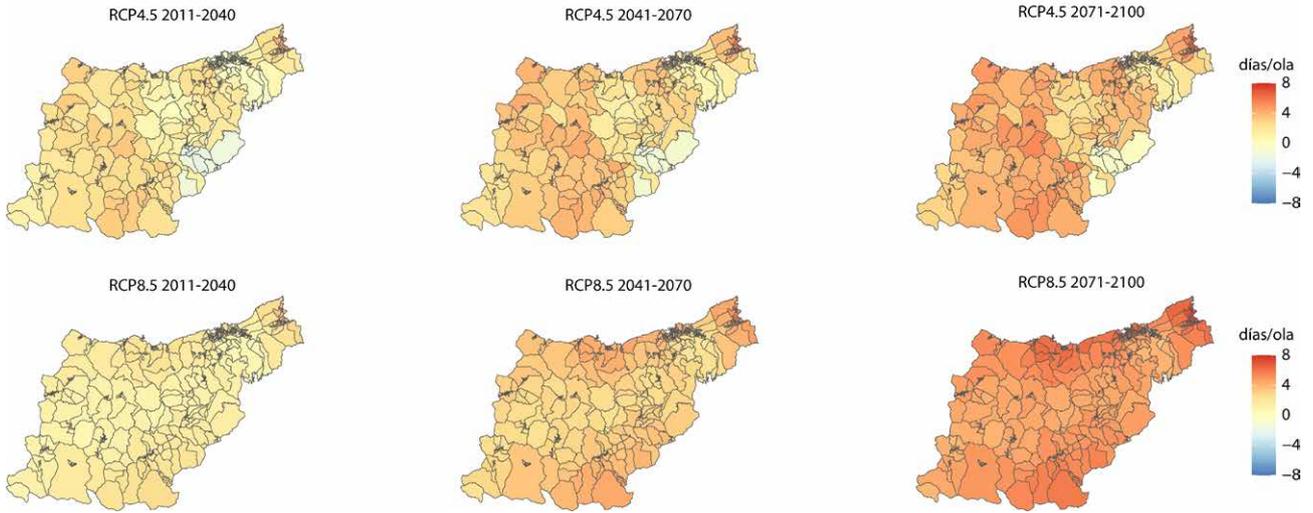
TN90p



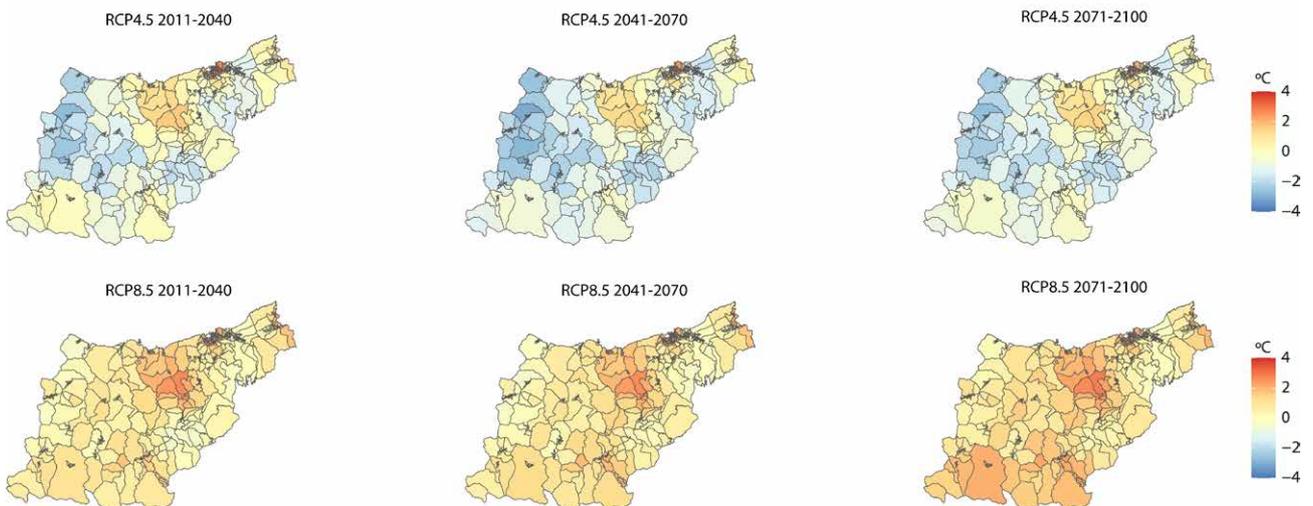
SU30



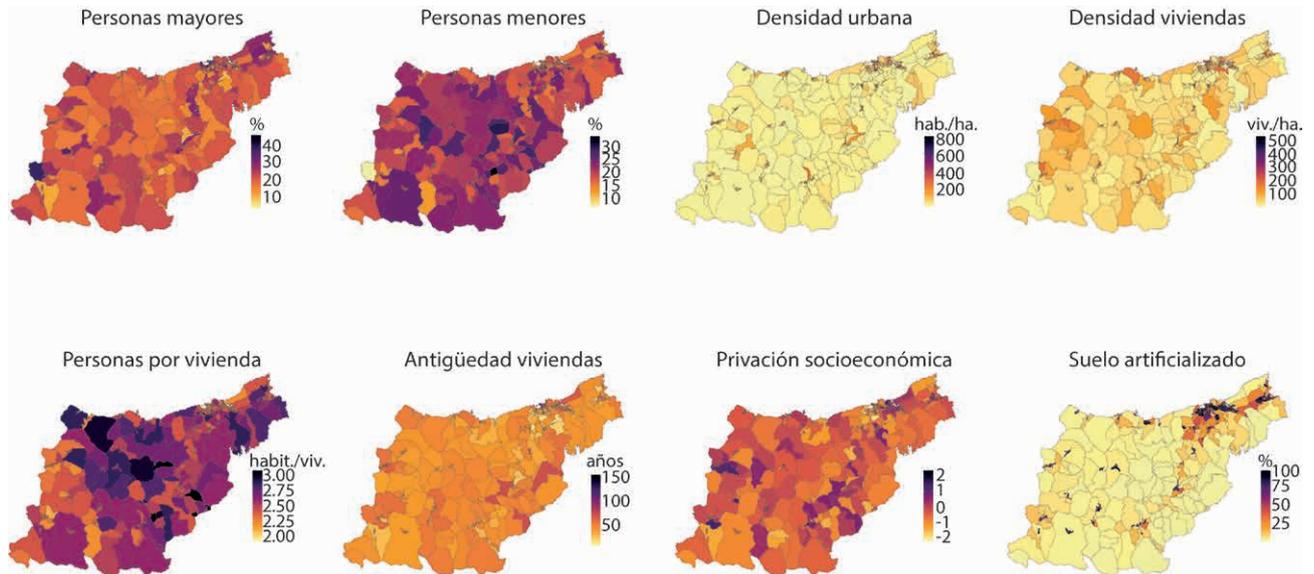
HWF



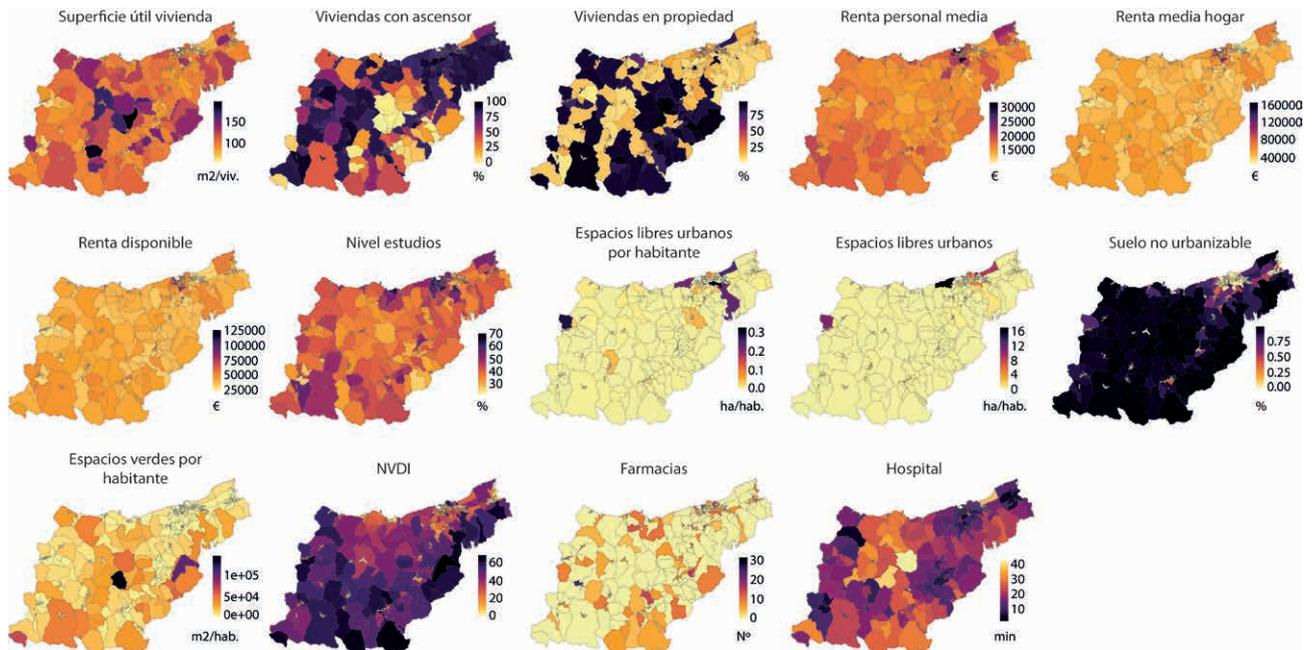
HWA



3. INDICADORES DE SENSIBILIDAD



4. INDICADORES DE CAPACIDAD ADAPTATIVA



ANEXO VI

ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES. INDICADORES DE AMENAZA, SENSIBILIDAD Y CAPACIDAD ADAPTATIVA

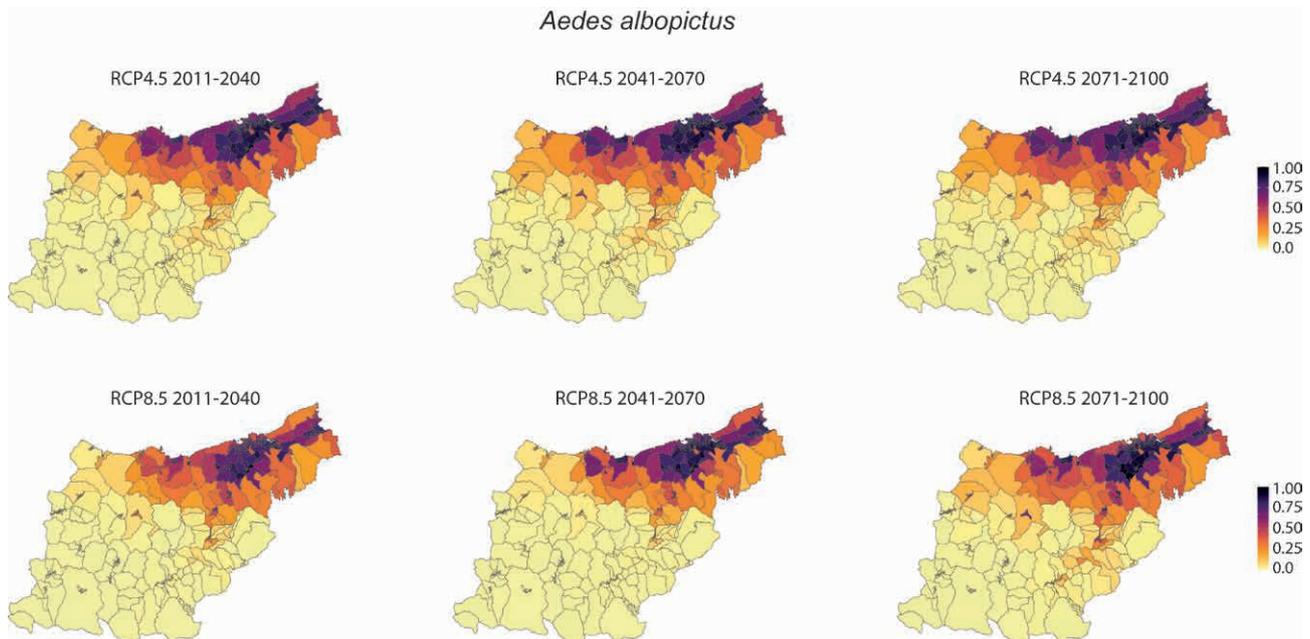
A. MOSQUITO TIGRE (*Aedes albopictus*)

1. RELACIÓN DE INDICADORES CONSIDERADO PARA EL ANÁLISIS DE CADA UNO DE LOS RIESGOS

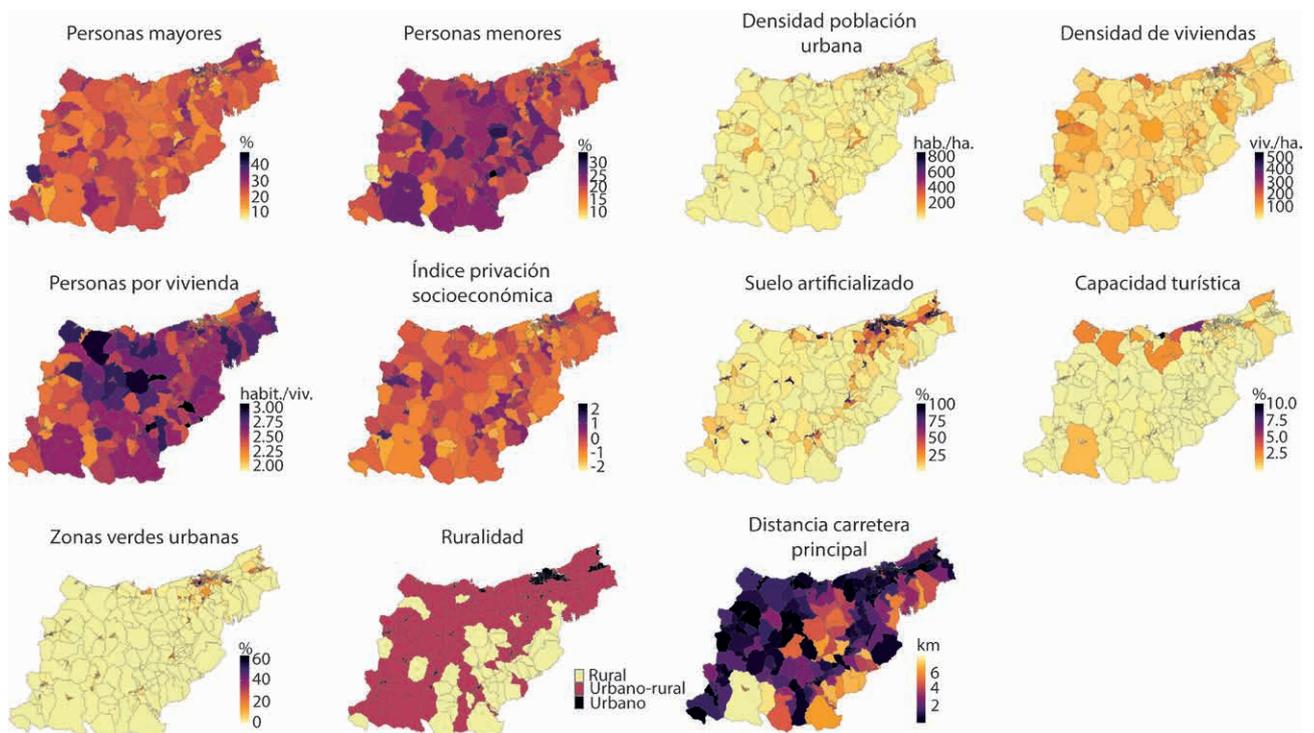
| COMPONENTE RIESGO | INDICADOR | DEFINICIÓN | UNIDADES | FUENTE | FECHA | |
|-------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------|------|
| AMENAZA | | Distribución potencial de <i>Aedes albopictus</i> | % | | 1971-2000 2011-2041 2041-2070 2071-2100 | |
| EXPOSICIÓN | Densidad población | Número de personas con relación a la superficie total de la sección censal. | hab./m ² | Eustat | 2021 | |
| VULNERABILIDAD | Sensibilidad | Personas mayores | Porcentaje de personas mayores de 65 años. | % | Eustat | 2021 |
| | | Personas menores | Porcentaje de personas menores de 10 años. | % | Eustat | 2021 |
| | | Densidad de población urbana | Número de personas con relación a la superficie residencial del municipio. | hab./ha | Eustat | 2021 |
| | | Densidad de viviendas | Número de viviendas con relación a la superficie residencial. | Viv./ha | Eustat | 2021 |
| | | Personas por vivienda | Número promedio de personas por vivienda. | hab./viv. | Eustat | 2021 |
| | | Nivel de privación socioeconómica | Indicadores de desigualdad socioeconómica útiles en impactos en salud. Este índice se compone de siete indicadores socioeconómicos: desempleo, población trabajadora manual, población trabajadora eventual, nivel de instrucción insuficiente en la población de 16 y más años, nivel de instrucción insuficiente en la población de 16 a 29 años, población extranjera nacida en país de renta baja, renta garantía de ingresos. | | Departamento de Salud | 2021 |

| COMPONENTE RIESGO | INDICADOR | DEFINICIÓN | UNIDADES | FUENTE | FECHA | |
|-------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------|------|
| VULNERABILIDAD | Sensibilidad | Suelo artificializado | Porcentaje de suelo artificializado con relación a la superficie total. El suelo artificializado corresponde a suelo urbanizado con usos residenciales, de actividades económicas, sistemas generales (excepto cauces fluviales). | % | Udalplan | 2022 |
| | | Capacidad alojamientos turísticos | Capacidad de los alojamientos turísticos (hoteles, pensiones, albergues, camping) en relación a la capacidad total del territorio. | % | Open Data Euskadi | 2024 |
| | | Zonas verdes urbanas | Porcentaje de superficie correspondiente a espacios de las zonas verdes artificiales y el arbolado urbano. | % | SIOSE | 2017 |
| | | Ruralidad | Caracterización de las zonas rurales 2023-2027. | | Viceconsejería de agricultura, pesca y política alimentaria de Euskadi | 2023 |
| | | Distancia carreteras principales | Distancia a carreteras principales desde el centroide de cada sección censal. | km | | 2024 |
| | Capacidad adaptativa | Renta personal media | Promedio de la renta personal total. | €/hab. | Eustat | 2021 |
| | | Renta media por hogar | Promedio de la renta familiar total. Se genera como agregación de las rentas personales totales de todas las personas de una misma familia. | €/hab. | Eustat | 2021 |
| | | Renta personal disponible | Promedio de la renta, una vez descotados a la renta personal todos los gastos de seguridad social y la cuota líquida o las retenciones a cuenta. | €/hab. | Eustat | 2021 |
| | | Estudios realizados | Porcentaje de población que ha realizado estudios de nivel medio-superior o superior | % | Eustat | 2021 |
| | | Número de farmacias | Número de farmacias por cada 10.000 habitantes | farmacias/10.000 hab. | Eustat | 2022 |
| | | Accesibilidad al hospital | Tiempo medio de desplazamiento al hospital de referencia | min | | 2022 |

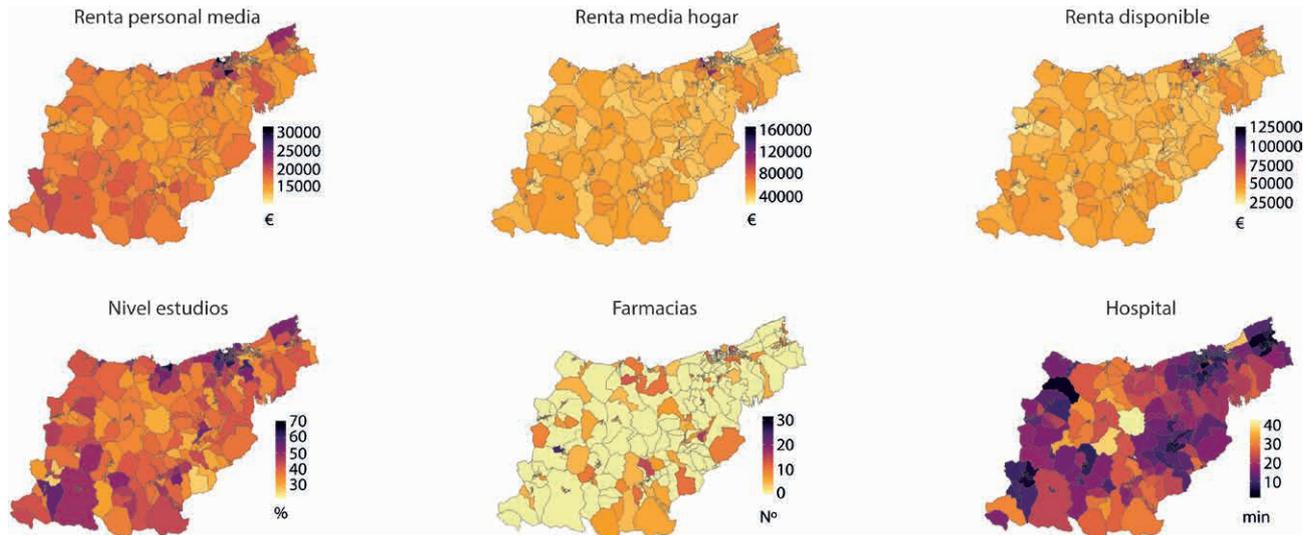
2. PROYECCIONES INDICADORES DE AMENAZA/PELIGRO CLIMÁTICA



3. INDICADORES DE SENSIBILIDAD



4. INDICADORES DE CAPACIDAD ADAPTATIVA



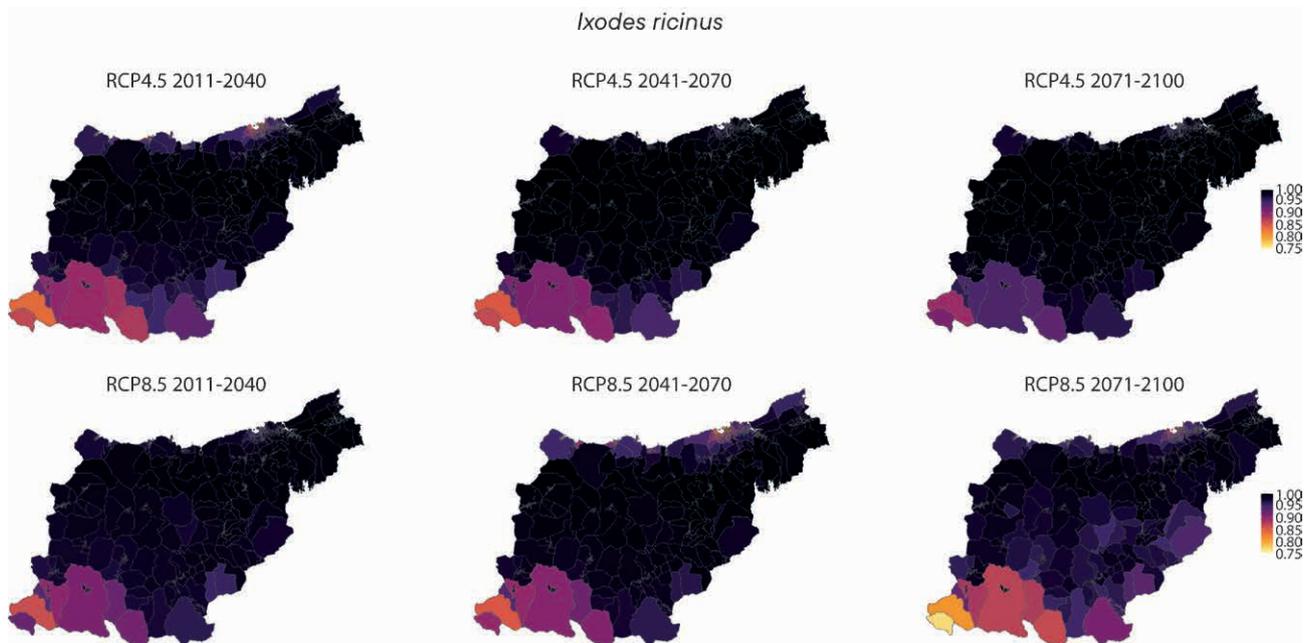
B. GARRAPATA EUROPEA DE LAS OVEJAS (*IXODES RICINUS*)

1. RELACIÓN DE INDICADORES CONSIDERADO PARA EL ANÁLISIS DE CADA UNO DE LOS RIESGOS

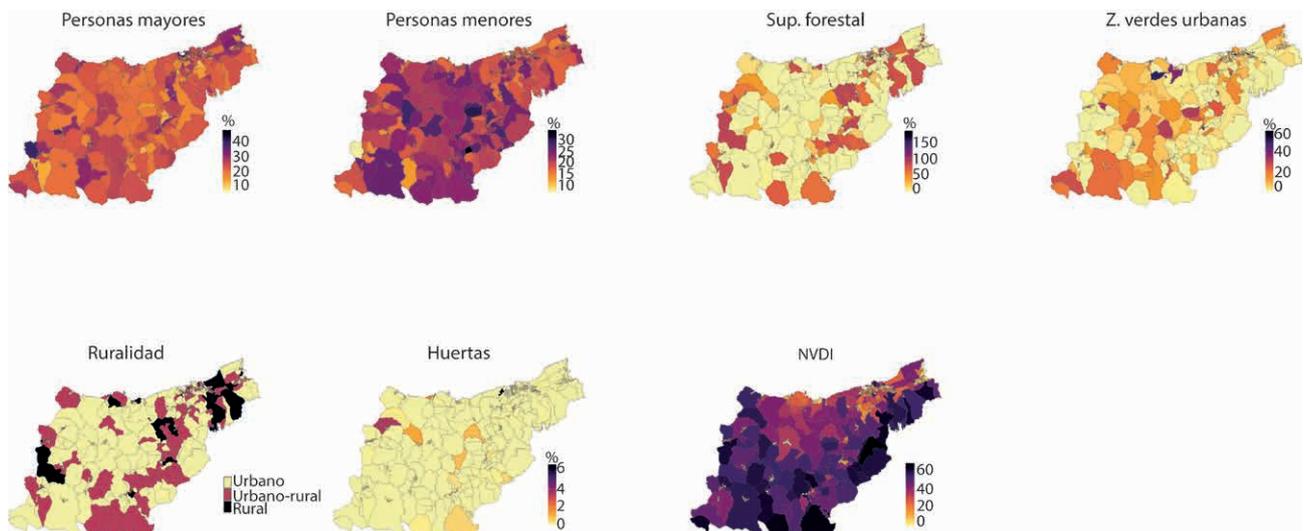
| COMPONENTE RIESGO | INDICADOR | DEFINICIÓN | UNIDADES | FUENTE | FECHA | |
|-------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------------|------|
| AMENAZA | | Distribución potencial de <i>Ixodes ricinus</i> | % | | 1971-2000 2011-2041 2041-2070 2071-2100 | |
| EXPOSICIÓN | Densidad población | Número de personas con relación a la superficie total de la sección censal. | hab./m ² | Eustat | 2021 | |
| VULNERABILIDAD | Sensibilidad | Personas mayores | Porcentaje de personas mayores de 65 años. | % | Eustat | 2021 |
| | | Personas menores | Porcentaje de personas menores de 10 años. | % | Eustat | 2021 |
| | | Superficie forestal | Porcentaje de superficie correspondiente a espacios de las zonas verdes artificiales y el arbolado urbano. | % | SIOSE | 2017 |
| | | Zonas verdes urbanas | Porcentaje de superficie correspondiente a espacios de las zonas verdes artificiales y el arbolado urbano. | % | SIOSE | 2017 |
| | | Ruralidad | Caracterización de las zonas rurales 2023-2027. | | Viceconsejería de agricultura, pesca y política alimentaria de Euskadi | 2023 |
| | | Huertas | Porcentaje de superficie correspondiente a huertas. | % | SIOSE | 2017 |
| | | NVDI | Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, que es un indicador de biomasa fotosintéticamente activa, esto es, de la salud de la vegetación. | | Copernicus Land Monitoring Service | 2020 |

| COMPONENTE RIESGO | INDICADOR | DEFINICIÓN | UNIDADES | FUENTE | FECHA | |
|-----------------------|----------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------|------|
| VULNERABILIDAD | Capacidad adaptativa | Estudios realizados | Porcentaje de población que ha realizado estudios de nivel medio-superior o superior | % | Eustat | 2021 |
| | | Número de farmacias | Número de farmacias por cada 10.000 habitantes | farmacias/ 10.000 hab. | Eustat | 2022 |
| | | Accesibilidad al hospital | Tiempo medio de desplazamiento al hospital de referencia | min | | 2022 |
| | | Suelo artificializado | Porcentaje de suelo artificializado con relación a la superficie total. El suelo artificializado corresponde a suelo urbanizado con usos residenciales, de actividades económicas, sistemas generales (excepto cauces fluviales). | % | Udalplan | 2022 |

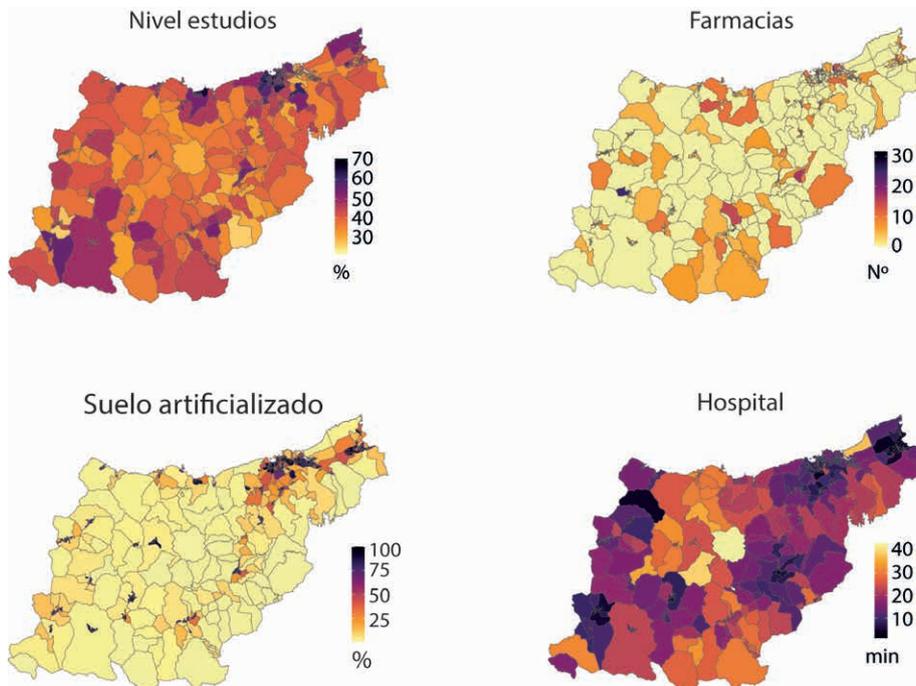
2. PROYECCIONES INDICADORES DE AMENAZA/PELIGRO CLIMÁTICA



3. INDICADORES DE SENSIBILIDAD



4. INDICADORES DE CAPACIDAD ADAPTATIVA



GLOSARIO

Aeroalérgenos: alérgeno transportado por el aire.

Alérgeno: sustancia que puede inducir una reacción de hipersensibilidad (alérgica) en personas susceptibles que han estado en contacto previamente con él.

Anomalía: al referirnos a datos climáticos, las anomalías son los cambios de esa variable con respecto a un valor de referencia, por lo que los resultados pueden presentarse como el cambio en relación con una climatología de referencia que podría ser 1971–2000, por ejemplo, en lugar del valor absoluto.

AR5: 5º Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Se publicó en 2014.

AR6: 6º Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Se publicó en 2021.

Calidad del aire: presencia en mayor o menor medida de contaminantes en la atmósfera que puedan ser nocivos para la salud humana, para el medio ambiente en su conjunto y para otros bienes de cualquier naturaleza,

Cambio climático: variación del estado del clima que persiste durante largos períodos de tiempo. El análisis estadístico de las propiedades del clima permite identificar cambios en el valor medio, o bien cambios en la variabilidad de dichas propiedades. Cuando estos cambios persisten durante períodos de al menos diez años, se habla de cambio climático.

Capacidad de adaptación: capacidad de las personas, instituciones, organizaciones y sistemas, mediante el uso de las aptitudes, valores, convicciones, recursos y oportunidades disponibles, para abordar, manejar y superar condiciones adversas a corto o mediano plazo.

Clima: el clima se suele definir en sentido restringido como el estado promedio del tiempo, y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta miles o millones de años. El período de promedio habitual es de treinta años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial.

Climatologías: variables promedio a lo largo de un período largo, normalmente 30 años.

Contaminación atmosférica: degradación de la calidad del aire que tiene efectos negativos para la salud humana o el entorno natural o edificado, debido a la introducción en la atmósfera, a través de procesos naturales o actividades humanas, de sustancias (gases, aerosoles) que conllevan efectos nocivos directos (contaminantes primarios) o indirectos (contaminantes secundarios).

Diapausa: estado fisiológico de inactividad. Es una estrategia común en insectos para sobrevivir en condiciones ambientales desfavorables y predecibles, como temperaturas extremas, sequía o carencia de alimento. En climas templados, ocurre sobre todo al llegar el invierno y cuando está vinculado a desencadenantes ambientales estos suelen ser cambios en el fotoperíodo o en las temperaturas.

Enfermedades cardiovasculares: conjunto de trastornos del corazón y de los vasos sanguíneos. Se clasifican en: hipertensión arterial (presión alta), cardiopatía coronaria (infarto de miocardio), enfermedad cerebrovascular (apoplejía), enfermedad vascular periférica, insuficiencia cardíaca, cardiopatía reumática, cardiopatía congénita y miocardiopatía.

Enfermedades respiratorias: son aquellas que afectan a las vías respiratorias, incluidas las vías nasales, los bronquios y los pulmones. Incluyen desde infecciones agudas como la neumonía y la bronquitis a enfermedades crónicas como el asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Epidemiología: rama de la medicina que estudia las causas de la distribución de enfermedades y eventos relacionados con la salud en una población.

Escenario climático: representación plausible y a menudo simplificada del clima, basada en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas, que se construye para ser utilizada de forma explícita en la investigación de las consecuencias potenciales del cambio climático antropogénico, y que sirve a menudo de insumo para las simulaciones de los impactos. Resultado de simular el clima global con un modelo general de circulación que se ha forzado con un escenario de emisiones.

Escenario de emisiones: representación plausible de la evolución futura de las emisiones de sustancias que son, en potencia, radiativamente activas (por ejemplo, gases

de efecto invernadero). En el IPCC-AR5 se han definido cuatro escenarios de emisión denominados Sendas Representativas de Concentración (RCP), que definen su forzamiento radiativo total para el año 2100 que varía entre 2,6 y 8,5 W m⁻².

Escenario socioeconómico: escenario que describe un posible futuro en términos de población, producto interno bruto (PIB) y otros factores socioeconómicos relevantes para comprender las consecuencias del cambio climático.

Evaluación de riesgos: estimación científica cualitativa o cuantitativa de los riesgos.

Evento extremo: un suceso meteorológico extremo es un suceso que es raro para un lugar determinado y una época del año. La definición de raro puede variar, pero en general, se refiere a un suceso que está por debajo/encima del percentil 10/90 de la correspondiente función de densidad de probabilidad estimada a partir de las observaciones. Cuando un suceso meteorológico extremo persiste durante un cierto tiempo puede clasificarse como suceso extremo climático, especialmente si da lugar a un valor promedio o total que a su vez es extremo.

Exceso de defunciones atribuibles a temperatura: diferencia entre las defunciones esperadas con el efecto de la temperatura y las defunciones estimadas base.

Exposición: presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, funciones ambientales, servicios y recursos, infraestructura o activo económico, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente.

Hospedador: organismo que da albergue y/o alimento a otro individuo (parásito).

Impactos climáticos: consecuencias o efectos sobre los sistemas naturales y humanos. En este informe, los impactos a largo plazo hacen referencia a los efectos sobre la salud de los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos y el cambio climático. Derivan de la interacción de las amenazas, la exposición y la vulnerabilidad.

Incertidumbre: expresión del grado de desconocimiento de un valor como, por ejemplo, el futuro estado del sistema climático.

Indicador: variable cuantitativa, cualitativa o binaria que se puede medir o describir, en respuesta a un criterio definido.

Índice bioclimático: combinación de parámetros climáticos (principalmente temperatura y precipitación) que

manifiestan la relación entre el clima y la vegetación o fauna.

IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Órgano científico de las Naciones Unidas, líder internacional en la evaluación del cambio climático, albergado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Morbilidad: se define como el estado de ser sintomático o no saludable para una enfermedad o afección. Suele estimarse utilizando la prevalencia o incidencia. La prevalencia describe la proporción de la población con un síntoma o calidad dada. Se calcula dividiendo el número de individuos afectados por el número total de individuos dentro de una población específica. Generalmente se presenta como una relación o como un porcentaje.

Mortalidad: número de muertes causadas por el evento de salud bajo investigación. Se puede expresar como una tasa o como un número absoluto. Generalmente se representa como una tasa por cada 1000 individuos denominada 'tasa de mortalidad'.

Ola de calor: periodo de tiempo anormalmente e incómodamente caliente.

Patógeno: agente infeccioso que puede originar enfermedades y malestar al organismo en el que se encuentra hospedado.

Ozono troposférico: ozono que se encuentra en la capa de la atmósfera más próxima a la superficie terrestre (la llamada troposfera, que comprende el tramo de atmósfera entre el suelo y unos 10 km).

Peligro o amenaza: posible aparición de un evento natural o evento físico, tendencia o impacto inducido por el ser humano, que puede causar la pérdida de vidas, lesiones u otros impactos negativos en la salud, así como daños y pérdida de bienes, infraestructuras, medios de vida, prestación de servicios, y recursos ambientales.

Periodo de control: periodo utilizado como referencia para evaluar los cambios futuros.

Periodo de impacto: periodo de años futuros en los que se analiza el impacto del cambio climático con relación al periodo de control. En este trabajo se utilizan tres periodos de impacto: 2011-2040, 2041-2070 y 2070-2100.

PM10: partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10 µm (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro). Están

formadas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín).

PM2.5: partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro es inferior 2,5 micras.

Precipitación: hidrometeoro consistente en la caída de un conjunto de partículas acuosas. Las formas de precipitación son: lluvia, llovizna, nieve, cinarra, nieve granulada, polvo diamante, granizo y gránulos de hielo.

Proyección climática: es la respuesta simulada –generalmente mediante el uso de modelos climáticos– del sistema climático a un escenario de emisiones o concentraciones futuras de gases de efecto invernadero y aerosoles. Las proyecciones climáticas se distinguen de las predicciones por su dependencia del escenario de emisión o concentración considerado. Las proyecciones están por lo tanto condicionadas a las suposiciones relativas a los escenarios que pueden o no tener lugar.

RCP: Vías de Concentración Representativa. Un escenario futuro de concentración de gases de efecto invernadero atmosférico utilizado para definir posibles futuros en la modelización climática definida en el IPCC-AR5.

RCP4.5: vía intermedia de estabilización en las cuales el forzamiento radiativo se estabiliza en 4.5 Wm^{-2} después de 2100.

RCP8.5: vía alta para la cual el forzamiento radiativo alcanza más de 8.5 Wm^{-2} para 2100 y continúa aumentando durante cierto tiempo.

Regionalización: técnicas de proyección regional ('downscaling') que trasladan los resultados obtenidos por los modelos climáticos globales a regiones de más detalle considerando las características locales, como la orografía, influencia oceánica, usos del suelo, etc.

Resiliencia: capacidad para hacer frente a un evento o perturbación peligroso, responder, reorganizarse de manera que se mantenga su función esencial, su identidad y estructura, al tiempo que se mantiene la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación.

Riesgo: potencial consecuencia cuando algo de valor está en peligro y cuando la ocurrencia y el resultado son inciertos. A menudo se representa como la probabilidad de acaecimiento de tendencias o sucesos peligrosos multiplicada por las consecuencias en caso de que ocurran

tales sucesos. El riesgo es analizado considerando la interacción entre el peligro, la exposición y la vulnerabilidad.

Riesgos para la salud sensibles al cambio climático: cualquier resultado de salud cuyo alcance geográfico, incidencia o intensidad de transmisión está directa o indirectamente asociado con el clima.

Rutas de Concentración Representativas (RCP -Representative Concentration Pathways-): escenarios que incluyen series temporales de emisiones y concentraciones del conjunto completo de gases de efecto invernadero y aerosoles y gases químicamente activos, así como el uso del suelo. La palabra representativa significa que cada RCP proporciona solo uno de los muchos escenarios posibles que conducirían a las características específicas de forzamiento radiativo.

Salud: estado completo de bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades (OMS).

Sección censal: partición del término municipal caracterizada por estar preferentemente definida mediante límites fácilmente identificables, tales como accidentes naturales del terreno, construcciones de carácter permanente y viales y tener un tamaño entre 1.000 y 2.500 residentes, excepto en el caso que el municipio completo tenga una población inferior.

Sensibilidad: grado en que un sistema resulta afectado, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climático. Los efectos pueden ser directos o indirectos.

Serie temporal: caso especial de una matriz de datos en la que los datos están ordenados cronológicamente con preferencia a cualquier otro orden.

Variabilidad climática: la variabilidad climática se refiere a las variaciones en el estado medio y otros estadísticos (p.ej., desviación estándar, ocurrencia de extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más allá de los sucesos individuales asociados con el tiempo. La variabilidad se produce por procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o por variaciones en los forzamientos externos naturales o antropogénicos (variabilidad externa). Un ejemplo de variabilidad interna es El Niño-Oscilación del Sur (ENSO, de sus siglas en inglés) o la Oscilación del Atlántico norte (NAO, de sus siglas en inglés). Un ejemplo de variabilidad externa es el ciclo solar de aproximadamente 11 años.

Vector: cualquier agente que transporta y transmite un agente infeccioso a otro organismo vivo. La mayoría de los agentes considerados vectores son organismos, parásitos o microbios intermedios, pero también podría ser un medio inanimado de infección como partículas de polvo.

Vulnerabilidad: propensión o predisposición a ser afectado negativamente por los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación.

REFERENCIAS

- Adger, W. N., Brooks, N., Bentham, G., Agnew, M., & Eriksen, S. (2004). New Indicators of Vulnerability and Adaptive Capacity. Tyndall Centre for Climate Change Research. Technical Report 7, Norwich.
- Aemet. (2024a). Avance Climático Nacional del año 2023. [Internet]. Disponible en: https://www.aemet.es/documentos/es/noticias/2024/01/avance_climatico2023.pdf
- Aemet. (2024b). Rejilla observacional con interpolación óptima (ROCIO). [Internet]. Disponible en: https://www.aemet.es/serviciosclimaticos/cambio_climat/datos/diarios?w=2
- Alkische, A. A., Peterson, A. T., & Samy, A. M. (2017). Climate change influences on the potential geographic distribution of the disease vector tick *Ixodes ricinus*. *PLoS one*, 12(12), e0189092.
- Amores Alguacil, M., Estévez Reboredo, R.M., Martínez de Aragón, M.V., Carmona, R., & Cano Portero, R. (2022). Carga hospitalaria de enfermedad de Lyme en España (2005–2019). *Boletín epidemiológico semanal*. Centro Nacional de Epidemiología, Instituto de Salud Carlos III., 30, 1, 1–11.
- Bayoh, M.N., & Lindsay, S.W. (2004). Temperature-related duration of aquatic stages of the Afrotropical malaria vector mosquito *Anopheles gambiae* in the laboratory. *Medical and Veterinary Entomology*, 18(2), 174–9.
- Berkeley Earth. (2024). Global Temperature Report: 2023 was warmest year since 1850. [Internet]. Disponible en: <https://berkeleyearth.org/press-release-2023-was-the-warmest-year-on-recordpress-release/>
- Bélangier, D., Gosselin, P., Valois, O., & Abdous, B. (2015). Neighbourhood and dwelling characteristics associated with the self-reported adverse health effects if heat in most deprived urban areas: a cross-sectional study in 9 cities. *Health & Place*, 32, 8–18.
- Blunden, J., Boyer, T., & Bartow-Gillies, E., Eds. (2023). State of the Climate in 2022. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 104 (9), Si–S501.
- Brugueras, S., Fernández-Martínez, B., Martínez-de la Puente, J., Figuerola, J., Montalvo Porro, T., Rius, C., Larrauri, A., & Gómez-Barroso, D. (2020). Environmental drivers, climate change and emergent diseases transmitted by mosquitoes and their vectors in southern Europe: A systematic review. *Environmental Research*, 191, 110038.
- Caminade, C., Medlock, J.M., Ducheyne, E., McIntyre, K.M., Leach, S., Baylis, M., & Morse, A.P. (2012). Suitability of European climate for the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus*: recent trends and future scenarios. *Journal of the Royal Society Interface*, 9, 22535696.
- Cevidanes, A., Goiri, F., Barandika, J. F., Vázquez, P., Goikolea, J., Zuazo, A., Etxarri, N., Ocio, G., & García-Pérez, A. L. (2023). Invasive *Aedes* mosquitoes in an urban–peri-urban gradient in northern Spain: evidence of the wide distribution of *Aedes japonicus*. *Parasites & Vectors*, 16(1), 234.
- Cheng, L., Abraham, J., Trenberth, K.E., Boyer, T., Mann, M.E., Zhu, J., Wang, F., Yu, F., Locarnini, R., Fasullo, J., Zheng, F., Li, Y., Zhang, B., Wan, L., Chen, X., Wang, D., Feng, L., Song, X., Liu, Y., Reseghetti, F., Simoncelli, S., Gouretski, V., Chen, G., Mishonov, A., Reagan, J., Von Schuckmann, K., Pan, Y., Tan, Z., Zhu, Y., Wei, W., Li, G., Ren, Q., Cao, L., & Lu, Y. (2024). New Record Ocean Temperatures and Related Climate Indicators in 2023. *Advances in Atmospheric Sciences*, 41, 1068–1082.
- Cheng, L. J., Trenberth, K.E., Fasullo, J., Boyer, T., Abraham, J., & Zhu, J. (2017). Improved estimates of ocean heat content from 1960 to 2015. *Science Advances*, 3, e1601545.
- Cissé, G., McLeman, R., Adams, H., Aldunce, P., Bowen, K., Campbell-Lendrum, D., Clayton, S., Ebi, K.L., Hess, J., Huang, C., Liu, Q., McGregor, G., Semenza, J., & Tirado, M.C. (2022). Health, Wellbeing, and the Changing Structure of Communities. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Pörtner, H.O, Roberts, D.C., Tignor, M., Poloczanska, E.S., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., Okem, A., Rama, B. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 1041–1170.
- Climate Change Service (C3S). (2024). European State of the Climate Report 2023. [Internet]. Disponible en: <https://climate.copernicus.eu/>
- Climate Change Service (C3S). (2024). Te year in review: C3S milestones in 2023. [Internet]. Disponible en: <https://climate.copernicus.eu/year-review-c3s-milestones-2023>

- Colón-González, F., Sewe, M.O., Tompkins, A.M., Sjödin, H., Casallas, A., Rocklöv, J., Caminade, C., & Lowe, R. (2021). Projecting the risk of mosquito-borne diseases in a warmer and more populated world: a multi-model, multi-scenario intercomparison modelling study. *The Lancet Planetary Health*, 5, 404–414.
- Coppola, E., Nogherotto, R., Ciarlò, J. M., Giorgi, F., van Meijgaard, E., Kadygrov, N., Iles, C., Corre, L., Sandstad, M., Somot, S., Nabat, P., Vautard, R., Levavasseur, G., Schwingshackl, C., Sillmann, J., Kjellström, E., Nikulin, G., Aalbers, E., Lenderink, G., Christensen, O.B., Boberg, F., Sørland, S.L., Demory, M.E., Bülow, K., Teichmann, C., Warrach-Sagai, K., & Wulfmeyer, V. (2021). Assessment of the European Climate Projections as Simulated by the Large EURO-CORDEX Regional and Global Climate Model Ensemble. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 126, e2019JD032356.
- Crespi, A., Terzi, S., Cocuccioni, S., Zebisch, M., Berckmans, J., & Füssel, H-M. (2020). Climate-related hazard indices for Europe. European Topic Centre on Climate Change impacts, Vulnerability and Adaptation (ETC/CCA) Technical Paper 2020/1.
- Cunze, S., Koch, L. K., Kochmann, J., & Klimpel, S. (2016). *Aedes albopictus* and *Aedes japonicus*-two invasive mosquito species with different temperature niches in Europe. *Parasites & vectors*, 9, 1–12.
- Dangendorf, S., Hay, C., Calafat, F.M., Marcos, M., piecuch, C.G., Berk, K., & Jensen, J. (2019). Persistent acceleration in global sea-level rise since the 1960s. *Nature Climate Change*, 9, 705–710.
- de Pascual-Collar, Á., Aznar, R., Levier, B., & García-Sotillo, M. (2023). Ocean heat content in the Iberian–Biscay–Ireland regional seas. In: *7th edition of the Copernicus Ocean State Report (OSR7)* [von Schuckmann, K., Moreira, L., Le Traon, P.-Y., Grégoire, M., Marcos, M., Staneva, J., Brasseur, P., Garric, G., Lionello, P., Karstensen, J., and Neukermans, G. (eds.)]. Copernicus Publications, State Planet, 1–osr7, 9.
- de Souza, W.M., & Weaver, S.C. (2014). Effects of climate change and human activities on vector-borne diseases. *Nature Reviews Microbiology*.
- Di Napoli, C., Barnard, C., Prudhomme, C., Cloke, H.L., & Pappenberger, F. (2021). ERA5–HEAT: A global gridded historical dataset of human thermal comfort indices from climate reanalysis. *Geoscience Data Journal*, 8, 2–10.
- Díaz, J., Carmona, R., Mirón, I.J., Luna, M.Y., & Linares, C. (2018). Time trend in the impact of heat waves on daily mortality in Spain for a period of over thirty years (1983–2013). *Environment International*, 116, 10–17.
- Díaz, J., Carmona, R., Mirón, I.J., Ortiz, C., León, I., & Linares, C. (2015). Geographical variation in relative risks associated with heat: Update of Spain's Heat Wave Prevention Plan. *Environmental International*, 85, 273–283.
- Díaz, J., Sáez, M., Carmona, R., Mirón, I.J., Barceló, M.A., Luna, M.Y., & Linares, C. (2019). Mortality attributable to high temperatures over the 2021–2050 and 2051–2100 time horizons in Spain: Adaptation and economic estimate. *Environmental Research*, 172, 475–485.
- Díaz-Poso, A., Lorenzo, N., & Royé, D. (2023). Spatio-temporal evolution of heat waves severity and expansion across the Iberian Peninsula and Balearic islands. *Environmental Research*, 217, 114864.
- Dong, B., Sutton, R.T. & Shaffrey, L. (2017). Understanding the rapid summer warming and changes in temperature extremes since the mid-1990s over Western Europe. *Climate Dynamics*, 48, 1537–1554.
- Dosio, A., Mentaschi, L., Fischer, E.M., & Wyser, K. (2018). Extreme heat waves under 1.5 °C and 2 °C global warming. *Environmental Research Letters*, 13, 054006.
- Due, C., Fox, W., Medlock, J.M., Pietzsch, M., & Logan, J.G. (2013). Tick bite prevention and tick removal. *BMJ*, 347, f7123.
- Ebi, K., Boyer, C., Ogden, N., Paz, S., Berry, P., Campell-Lendrum, D., Hess, J.J., & Woodward, A. (2021). Burning embers: synthesis of the health risks of climate change. *Environmental Research Letters*, 16, 0044042.
- European Centre for Disease Prevention and Control and European Food Safety Authority. Mosquito maps. (2023). [internet]. Stockholm: ECDC. Disponible en: <https://ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/surveillance-and-disease-data/mosquito-maps> *Aedes atropalpus* - current known distribution: October 2023.
- European Centre for Disease Prevention and Control and European Food Safety Authority. (2023). Mosquito maps [internet]. Stockholm: ECDC. Disponible en: <https://ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/surveillance-and-disease-data/mosquito-maps>
- EEA. (2022). Climate change as a threat to health and well-being in Europe: focus in heat and infectious diseases. EEA Report No 7/2022. [Internet]. Disponible en: [Climate change as a threat to health and well-being in Europe: focus on heat and infectious diseases – European Environment Agency \(europa.eu\)](https://www.eea.europa.eu/en/press-releases/2022/07/climate-change-as-a-threat-to-health-and-well-being-in-europe-focus-on-heat-and-infectious-diseases).

- EEA. (2023). Heat and cold – extreme heat. [Internet]. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-changing-climate-hazards-1/heat-and-cold/heat-and-cold-extreme-heat>
- Ellena, M., Breil, M., & Soriani, S. (2020). The heat-health nexus in the urban context: A systematic literature review exploring the socio-economic vulnerabilities and built environment characteristics. *Urban climate*, 34.
- Engdaw, M.M., Steiner, A.K., Hegerl, G.C., & Ballinger, A.P. (2023). Attribution of observed changes in extreme temperatures to anthropogenic forcing using CMIP6 models. *Weather and Climate Extremes*, 39.
- Eritja, R., Palmer, J.R.B., Roiz, Sanpera-Calbet, I., & Bartumeus, F. (2017). Direct evidence of adult *Aedes albopictus* dispersal by Car. *Scientific Reports*, 7, 14399.
- Espín-Sánchez, D., & Conesa-García, C. (2021). Spatio-temporal changes in the heatwaves and coldwaves in Spain (1950–2018): Influence of the East Atlantic Pattern. *Geographica Pannonica*, 25, 168–183.
- Estrada-Peña, A., & Fernández-Ruiz, N. (2020). A retrospective assessment of temperature trends in Northern Europe reveals a deep impact on the life cycle of *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae). *Pathogens*, 9 (5), 345.
- Fischer, E. M., & Schär, C. (2009). Future changes in daily summer temperature variability: driving processes and role for temperature extremes. *Climate Dynamics*, 33(7–8), 917–935.
- Forget, G., & Ponte, R.M. (2015). The partition of regional sea level variability. *Progress in Oceanography*, 137, 173–195.
- Frederikse, T., Landerer, F., Caron, L., Adhikari, S., Parkes, D., Humphrey, V.W., Dangendorf, S., Hogarth, P., Zanna, L., Cheng, L., & Wu, Y.H. (2020). The causes of sea-level rise since 1900. *Nature*, 584(7821), 393–397.
- Friedlingstein, P., Jones, M. W., O'Sullivan, M., Andrew, R. M., Bakker, D. C. E., Hauck, J., Le Quéré, C., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Sitch, S., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Alin, S. R., Anthoni, P., Bates, N. R., Becker, M., Bellouin, N., Bopp, L., Chau, T. T. T., Chevallier, F., Chini, L. P., Cronin, M., Currie, K. I., Decharme, B., Djeutchouang, L. M., Dou, X., Evans, W., Feely, R. A., Feng, L., Gasser, T., Gilfillan, D., Gkritzalis, T., Grassi, G., Gregor, L., Gruber, N., Gürses, Ö., Harris, I., Houghton, R. A., Hurtt, G. C., Iida, Y., Ilyina, T., Luijckx, I. T., Jain, A., Jones, S. D., Kato, E., Kennedy, D., Klein Goldewijk, K., Knauer, J., Korsbakken, J. I., Körtzinger, A., Landschützer, P., Lauvset, S. K., Lefèvre, N., Lienert, S., Liu, J., Marland, G., McGuire, P. C., Melton, J. R., Munro, D. R., Nabel, J. E. M. S., Nakaoka, S.-I., Niwa, Y., Ono, T., Pierrot, D., Poulter, B., Rehder, G., Resplandy, L., Robertson, E., Rödenbeck, C., Rosan, T. M., Schwinger, J., Schwingshackl, C., Séférian, R., Sutton, A. J., Sweeney, C., Tanhua, T., Tans, P. P., Tian, H., Tilbrook, B., Tubiello, F., van der Werf, G. R., Vuichard, N., Wada, C., Wanninkhof, R., Watson, A. J., Willis, D., Wiltshire, A. J., Yuan, W., Yue, C., Yue, X., Zaehle, S., & Zeng, J. (2022). Global Carbon Budget 2021. *Earth System Science Data*, 14, 1917–2005.
- Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Bakker, D. C. E., Hauck, J., Landschützer, P., Le Quéré, C., Luijckx, I. T., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Schwingshackl, C., Sitch, S., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Alin, S. R., Anthoni, P., Barbero, L., Bates, N. R., Becker, M., Bellouin, N., Decharme, B., Bopp, L., Brasika, I. B. M., Cadule, P., Chamberlain, M. A., Chandra, N., Chau, T.-T.-T., Chevallier, F., Chini, L. P., Cronin, M., Dou, X., Enyo, K., Evans, W., Falk, S., Feely, R. A., Feng, L., Ford, D. J., Gasser, T., Ghattas, J., Gkritzalis, T., Grassi, G., Gregor, L., Gruber, N., Gürses, Ö., Harris, I., Hefner, M., Heinke, J., Houghton, R. A., Hurtt, G. C., Iida, Y., Ilyina, T., Jacobson, A. R., Jain, A., Jarníková, T., Jersild, A., Jiang, F., Jin, Z., Joos, F., Kato, E., Keeling, R. F., Kennedy, D., Klein Goldewijk, K., Knauer, J., Korsbakken, J. I., Körtzinger, A., Lan, X., Lefèvre, N., Li, H., Liu, J., Liu, Z., Ma, L., Marland, G., Mayot, N., McGuire, P. C., McKinley, G. A., Meyer, G., Morgan, E. J., Munro, D. R., Nakaoka, S.-I., Niwa, Y., O'Brien, K. M., Olsen, A., Omar, A. M., Ono, T., Paulsen, M., Pierrot, D., Pocock, K., Poulter, B., Powis, C. M., Rehder, G., Resplandy, L., Robertson, E., Rödenbeck, C., Rosan, T. M., Schwinger, J., Séférian, R., Smallman, T. L., Smith, S. M., Sospedra-Alfonso, R., Sun, Q., Sutton, A. J., Sweeney, C., Takao, S., Tans, P. P., Tian, H., Tilbrook, B., Tsujino, H., Tubiello, F., van der Werf, G. R., van Ooijen, E., Wanninkhof, R., Watanabe, M., Wimart-Rousseau, C., Yang, D., Yang, X., Yuan, W., Yue, X., Zaehle, S., Zeng, J., & Zheng, B. (2023). Global Carbon Budget 2023. *Earth System Science Data*, 15, 5301–5369.
- García-Martí, I., Zurita-Milla, R., van Vliet, A.J.H., & Takken, W. (2017). Modelling and mapping tick dynamics using volunteered observations. *International Journal of Health Geographics*, 16, 41.
- Gasparrini, A., & Armstrong, B. (2011). The impact of heat waves on mortality. *Epidemiology*, 22(1), 68–73.
- Gasparrini, A., Guo, Y., Hashizume, M., Lavigne, E., Zanobetti, A., Schwartz, J., Tobias, A., Tong, S., Rocklöv, J., Forsberg, B., Leone, M., De Sario, M., Bell, M.L., Guo, Y.L., Wu, C.F., Kan, H., Yi, S.M., de Sousa, M., Saldiva, P.H., Honda, Y., Kim, H., & Armstrong, B. (2015). Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet*, 386(9991), 369–75.

- Gasparrini, A., Guo, Y., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A.M., Huber, V., Tong, P.S., Staglioro, M.Z., Nascimento, P.H., Lavigne, E., Correa, P.M., Valdes, N., Kan, H., Osorio, S., Kyselý, J., Urcan, A., Kaakkpla, J.K., Rytí, N.R.I., Pascal, M., Goodman, P.G., Zeka, A., & Armstrong, B. (2017). Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *The Lancet Planetary Health*, 1, 360–367.
- Goiri, F., González, M. A., Goikolea, J., Oribe, M., de Castro, V., Delacour, S., Lucientes, J., Ortega-Araiztegi, I., Barandika, J.F., & García-Pérez, A. L. (2020). Progressive invasion of *Aedes albopictus* in Northern Spain in the period 2013–2018 and a possible association with the increase in insect bites. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(5), 1678.
- Gu, G., & Adler, R.F. (2023). Observed variability and trends in global precipitation during 1979–2020. *Climate Dynamics*, 61, 131–150.
- Gulev, S.K., P.W. Thorne, J. Ahn, F.J. Dentener, C.M. Domingues, S. Gerland, D. Gong, D.S. Kaufman, H.C. Nnamchi, J. Quaas, J.A. Rivera, S. Sathyendranath, S.L. Smith, B. Trewin, K. von Schuckmann, and R.S. Vose, 2021: Changing State of the Climate System. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 287–422
- Guerreiro, S.B., Dawson, R.J., Kilsby, C., Lewis, E., & Ford, A. (2018). Future heat-waves, droughts and floods in 5,71 European cities. *Environmental Research Letters*, 13, 034009.
- Guo, Y., Gasparrini, A., Armstrong, B.G., Tawatsupa, B., Tobias, A., Lavigne, E., Coelho, M.S.Z.S., Pan, X., Kim, H., Hashizume, M., Honda, Y., Guo, Y.L., Wu, C.F., Zanobetti, A., Schwartz, J.D., Bell, M.L., Scortichini, M., Michelozzi, P., Punnasiri, K., Li, S., Tian, L., Garcia S.D.O., Seposo, X., Overcenco, A., Zeka, A., Goodman, P., Dang, T.N., Dung, D.V., Mayvaneh, F., Saldiva, P.H.N., Williams, G., & Tong, S. (2017). Heat wave and mortality: a multicountry, multicomunity study. *Environmental Health Perspectives*, 125(8):087006.
- Haines, A., Ebi, K. (2019). The imperative for climate action to protect health. *The New England Journal of Medicine*, 380, 263–273.
- Hamed, K.H., & Rao, A.R. (1998). A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*, 204, 182–196.
- Hulley, G. C., Dousset, B., & Kahn, B. H. (2020). Rising trends in heatwave metrics across Southern California. *Earth's Future*, 8, e2020EF001480.
- IHOBE. (2019). Evaluación de la vulnerabilidad y riesgo de los municipios vascos ante el cambio climático. [Internet]. Disponible e: https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/municipios_cc/es_def/adjuntos/vulnerabilidad_municipios_cambio_climatico.pdf
- IHOBE. (2023). Escenarios climáticos en Euskadi y series de datos elaborados por Neiker, Grupo de Meteorología de Santander (Universidad de Cantabria) y Predictia, para IHOBE-Gobierno Vasco, con financiación de los programas: KLIMATEK I+B+G del Gobierno Vasco (proyectos I+D, innovación y demostración en adaptación al cambio climático: “ESCENARIOS” y “ESCENARIOS II”) y LIFE de la Unión Europea (LIFE18 IPC/ES/000001, “LIFE-IP URBAN KLIMA 2050”).
- IPCC, 2022: *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- Jácome, R., Carrasco-Hernández, R., Campillo-Balderas, J.A., López-Vidal, Y., Lazcano, A., Wenzel, R.P., & Ponce de León, S. (2019). A yellow flag on the horizon: the looming threat of yellow fever to North America. *International Journal of Infectious Diseases*, 87:143–150.
- Jepsen, M.T., Jokelainen, P., Jore, S., Boman, A., Slunge, D., & Krogfelt, K.A. (2019). Protective practices against tick bites in Denmark, Norway and Sweden: a questionnaire-based study. *BMC Public Health*, 19(1):1344.
- Jore, S., Vanwambeke, S.O., Viljugrein, H., Isaksen, K., Kristoffersen, A.B., Woldehiwet, Z., Johansen, B., Brun, E., Brun-Hansen, H., Westermann, S., Larsen, I.-L., Ytrehus, B., & Hofshagen, M. (2014). Climate and environmental change drives *Ixodes ricinus* geographical expansion at the northern range margin. *Parasites Vectors*, 7, 11.
- King, A.D., & Karoly, D.J. (2017). Climate extremes in Europe at 1.5 and 2 degrees of global warming. *Environmental Research Letters*, 12, 114031.

- Kendall, M.G. (1975). Rank Correlation Methods, 4th Ed. Charles Griffin, London.
- Kovats, R.S., R. Valentini, L.M. Bouwer, E. Georgopoulou, D. Jacob, E. Martin, M. Rounsevell, and J.-F. Soussana, 2014: Europe. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1267–1326
- Kuhlbrodt, T., Swaminathan, R., Ceppi, P., & Wilder, T. (2024). A glimpse into the future: the 2023 ocean temperature and sea ice extremes in the context of longer-term climate change. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 105, E474–E485.
- Laaidi, K., Zeghnoun, A., Dousset, B., Bretin, P., Vandentorren, S., Giraudet, E., & Beaudeau, P. (2012). The impact of heat islands on mortality in Paris during the August 2003 heat wave. *Environmental Health Perspectives*, 120(2):254–9.
- Laufkötter, C., Zscheischler, J., & Frölicher, T.L. (2020). High-impact marine heatwaves attributable to human-induced global warming. *Science*, 369, 1621–1625.
- Linares, C., López-Bueno, J.A., Navas-Martín, M.A., & Díaz, J. (2024). Determinación de umbrales de mortalidad por ola de calor según regiones isoclimáticas en España. Instituto de Salud Carlos III. [Internet]. Disponible en: <https://repisalud.isciii.es/handle/20.500.12105/17386>
- Lindgren, E., Tälleklint, L., & Polfeldt, T. (2000). Impact of climatic change on the northern latitude limit and population density of the disease-transmitting European tick *Ixodes ricinus*. *Environmental Health Perspectives*, 108(2):119–23.
- Liu, Y., Lillepold, K., Semenza, J.C., Tozan, Y., Quam, M.B.M., & Rocklöv, J. (2020). Reviewing estimates of the basic reproduction number for dengue, zika and chikungunya across global climate zones. *Environmental Research*, 182, 109114.
- Lorenz, R., Stalhandske, Z., & Fischer, E. M. (2019). Detection of a climate change signal in extreme heat, heat stress, and cold in Europe from observations. *Geophysical Research Letters*, 46, 8363–8374.
- Lorenzo, M.N., & Alvarez, I. (2022). Future changes of hot extremes in Spain: towards warmer conditions. *Natural Hazards*, 113, 383–402.
- Lorenzo, N., Díaz-Poso, A., & Royé, D. (2021). Heatwave intensity on the Iberian Peninsula: Future climate projections. *Atmospheric Research*, 258, 1056555.
- Lhotka, O., & Kyselý, J. (2022). The 2021 European heat wave in the context of past major heat waves. *Earth and Space Science*, 9, e2022EA002567.
- Manica, M., Filipponi, F., D'Alessandro, A., Screti, A., Neteler, M., Rosà, R., Solomini, A., della Torre, A., & Caputo, B. (2016). Spatial and temporal hot spots of *Aedes albopictus* abundance inside and outside a South European metropolitan area. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 10(6): e0004758.
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica*, 13(3), 245–259.
- Mari-Dell'Olmo, M., Tobías, A., Gómez-Gutiérrez, A., Rodríguez-Sanz, M., García de la Olalla, P., Camprubí, E., Gasparrini, A., & Borrel, C. (2018). Social inequalities in the association between temperature and mortality in a South European context. *International Journal of Public Health*, 64, 27–37.
- Matthews, H.D., & Wynes, S. (2022). Current global efforts are insufficient to limit warming to 1.5°C. *Science*, 376, 1404–1409.
- McGovern, E., Schilder, J., Artioli, Y., Birchenough, S., Dupont, S., Findlay, H., Skjelvan, I., Skogen, M.D., Álvarez, M., Büsher, J.V., Chierici, M., Aagaard Christensen, J.P., Diaz, P.L., Grage, A., Gregor, L., Humphreys, M., Järnegren, J., Knockaert, M., Krakau, M., Nogueira, M., Ólafsdóttir, S.R., von Schuckmann, K., Carreiro-Silva, M., Stiasny, M., Walsham, P., Widdicombe, S., Gehlen, M., Chau, T.T.T., Chevallier, F., Savoye, N., Clark, J., Galli, G., Hordoir, R. and Moffat, C. 2022. Ocean Acidification. In: *OSPAR, 2023: The 2023 Quality Status Report for the North-East Atlantic*. OSPAR Commission. Disponible en: <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/other-assessments/ocean-acidification>
- Méndez-Lázaro, P., Muller-Karger, F.E., Otis, D., McCarthy, M.J., & Rodríguez, E. (2018). A heat vulnerability index to improve urban public health management in San Juan, Puerto Rico. *International Journal of Biometeorology*, 62, 709–722.
- Meyssignac, B., Slangen, A.B., Melet, A., Church, J.A., Fettweis, X., Marzeion, B., Agosta, C., Ligtenberg, S.R.M., Spada, G., Richter, K., Palmer, M.D., Roberts, C.D., &

- Champollion, N. (2017). Evaluating Model simulations of twentieth-century sea-Level rise. Part II: regional sea-level changes. *Journal of Climate*, 30, 8565–8593.
- Montero, J.C., Mirón, I.J., Criado-Álvarez, J.J., Linares, C., & Díaz, J. (2012). Influence of local factors in the relationship between mortality and heat waves: Castile-La Mancha (1975–2003). *Science of The Total Environment*, 414, 73–80.
- Nairn, J.R., & Fawcett, R.J. (2014). The excess heat factor: a metric for heatwave intensity and its use in classifying heatwave severity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(1):227–53.
- Nairn, J., Ostendorf, B., & Bi, P. (2018). Performance of Excess Heat Factor severity as a global heatwave health impact index. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15 (11), 2494.
- Nicholls, R.J., Lincke, D., Hinkel, J., Brown, S., Vaeidis, A.T., Meyssignac, B., Hanson, S.E., Merkens, J.L., & Fang, J. (2021). A global analysis of subsidence, relative sea-level change and coastal flood exposure. *Nature Climate Change*, 11, 338–342.
- NOAA. (2024). Annual 2023 National Climate Report. [Internet]. Disponible en: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/national/202313#:~:text=The%20U.S.%20Climate%20Extremes%20Index,in%20the%20114%2Dyear%20record.>
- Oliveira, A., Lopes, A., & Soares, A. (2022). Excess Heat Factor climatology, trends, and exposure across European functional urban areas. *Weather and Climate Extremes*, 36, 100455.
- Oliver, E.C.J., Donat, M.G., Burrows, M.T., Moore, P.J., Smale, D.A., Alexander, L.V., Benthuisen, J.A., Feng, M., Gupta, A.S., Hobday, A.J., Holbrook, N.J., Perkins-Kirkpatrick, S.E., Scannell, H.A., Straub, S.C., & Wernberg, T. (2018). Longer and more frequent marine heatwaves over the past century. *Nature Communications*, 9, 1324.
- Omazic, A., Bylund, H., Boqvist, S., Högberg, A., Björkman, C., Tryland, M., Evengård, B., Koch, A., Berggren, C., Malogolovkin, A., Kolbasov, D., Pavelko, N., Thierfelder, T., & Albiñ, A. (2019). Identifying climate-sensitive infectious diseases in animals and humans in Northern regions. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 61(1), 1–12.
- Paci, D. (2014). Human health impacts of climate change in Europe. *Report for the PESETA II project. JRC Scientific and Policy Reports*, 26494.
- Pardo, S.K., & Paredes-Fortuny, L. (2024). Uneven evolution of regional European summer heatwaves under climate change. *Weather and Climate Extremes*, 43, 100648.
- Peña-Angulo, D., Reig-Gracia, F., Domínguez-Castro, F., Revuelto, J., Aguilar, E., van der Schrier, G., & Vicente-Serrano, S. M. (2020). ECTACI: European climatology and trend atlas of climate indices (1979–2017). *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 125, e2020JD032798.
- Perkins, S.A. (2015). A review on the scientific understanding of heatwaves-their measurement, driving mechanisms, and changes at the global scale. *Atmospheric Research*, 164–165, 242–267.
- Perkins, S. E., & Alexander, L.V. (2013). On the measurement of heat waves. *Journal of Climate*, 26, 4500–4517.
- Perkins, S. E., Alexander, L.V., & Nairn, J.R. (2012). Increasing frequency, intensity and duration of observed global heatwaves and warm spells. *Geophysical Research Letters*, 39, L20714.
- Perkins-Kirkpatrick, S.E., & Lewis, S.C. (2020). Increasing trends in regional heatwaves. *Nature Communications*, 11, 3357.
- Purkey, S. G., & Johnson, G.C. (2010). Warming of global abyssal and deep Southern Ocean waters between the 1990s and 2000s: contributions to global heat and sea level rise budgets. *Journal of Climate*, 23, 6336–6351.
- Qiu, W., & Yan, X. (2020). The trend of heatwave events in the Northern Hemisphere. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 116, 102855.
- Raei, E., Nikoo, M., AghaKouchak, A., Mazdizasni, O., & Sadegh, M. (2018). GHWR, a multi-method global heatwave and warm-spell record and toolbox. *Scientific Data*, 5, 180206.
- Rizzoli, A., Silaghi, C., Obiegala, A., Rudolf, I., Hubálek, Z., Földvári, G., Plantard, O., Vayssier-Taussat, M., Bonnet, S., Spitalská, E., & Kazimírová, M. (2014). *Ixodes ricinus* and its transmitted pathogens in urban and peri-urban areas in Europe: new hazards and relevance for public health. *Frontiers Public Health*, 2, 251.
- Roca, J., Arellano, B., & Zhang, X. (2023). Global warming in Spanish cities (1971–2022). EGU General Assembly, Vienna, Austria, 23–28 Apr 2023, EGU23–16349.

- Roche, B., Léger, L., L'Ambert, G., Lacour, G., Foussadier, R., Besnard, G., Barré-Cardi, H., Simard, F., & Fontenille, D. (2015). The spread of *Aedes albopictus* in metropolitan France: contribution of environmental drivers and human activities and predictions for a near Future. *PLoS ONE*, 10(5): e0125600.
- Romanello, M., di Napoli, C., Green, C., Kennard, H., Lampard, P., Scamman, D., Walawender, M., Ali, Z., Ameli, N., Ayeb-Karlsson, S., Beggs, P.J., Belesova, K., Ford, L.B., Bowen, K., Cai, W., Callaghan, M., Campbell-Lendrum, D., Chambers, J., Cross, T.J., van Daalen, K.R., Dalin, C., Dasandi, N., Dasgupta, S., Davies, M., Dominguez-Salas, P., Dubrow, R., Ebi, K.L., Eckelman, M., Ekins, P., Freyberg, C., Gasparian, O., Gordon-Strachan, G., Graham, H., Gunther, S.H., Hamilton, I., Hang, Y., Hänninen, R., Hartinger, S., He, K., Heidecke, J., Hess, J.J., Hsu, S.-C., Jamart, L., Jankin, S., Jay, O., Kelman, I., Kiesewetter, G., Kinney, P., Kniveton, D., Kouznetsov, R., Larosa, F., Lee, J.K.W., Lemke, B., Liu, Y., Liu, Z., Lott, M., Batista, M.L., Lowe, R., Sewe, M.O., Martinez-Urtaza, J., Maslin, M., McAllister, L., McMichael, C., Mi, Z., Milner, J., Minor, K., Minx, J.C., Mohajeri, N., Momen, N.C., Moradi-Lakeh, M., Morrissey, K., Munzert, S., Murray, K.A., Neville, T., Nilsson, M., Obradovich, N., O'Hare, M.B., Oliveira, C., Oreszczyn, T., Otto, M., Owfi, F., Pearman, O., Pega, F., Pershing, A., Rabbaniha, M., Rickmann, J., Robinson, E.J.Z., Rocklöv, J., Salas, R.N., Semenza, J.C., Sherman, J., Shumake-Guillemot, J., Silbert, G., Sofiev, M., Springmann, M., Stowell, J.D., Tabatabaei, M., Taylor, J., Thompson, R., Tonne, C., Treskova, M., Trinanes, J.A., Wagner, F., Warnecke, L., Whitcombe, H., Winning, M., Wyns, A., Yglesias-González, M., Zhang, S., Zhang, Y., Zhu, Q., Gong, P., Montgomery, H., & Costello, A. (2023). The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms. *The Lancet*, 402, 2346-2394.
- Royé, D., Codesido, R., Tobías, A., & Taracido, M. (2020). Heat wave intensity and daily mortality in four of the largest cities in Spain. *Environmental Research*, 182, 109027.
- Russo, S., Dosio, A., Gravensén, R.G., Sillmann, J., Carrao, H., Dunbar, M.B., Singleton, A., Montagna, P., Barbola, P., & Vogt, J.V. (2014). Magnitude of extreme heat waves in present climate and their projection in a warming world. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 119, 12,500-12,512.
- Russo, S., Sillmann, J., & Fischer, E.M. (2015). Top ten European heatwaves since 1950 and their occurrence in the coming decades. *Environmental Research Letters*, 10, 124003.
- Russo, S., Sillmann, J. & Sterl, A. (2017). Humid heat waves at different warming levels. *Scientific Reports*, 7, 7477.
- Ryan, S.J., Carlson, C.J., Mordecai, E.A., & Johnson, L.R. (2019). Global expansion and redistribution of Aedes-borne virus transmission risk with climate change. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 13(3), e0007213.
- Sallam, M.F., Michaels, S.R., Riegel, C., Pereira, R.M., Zipperer, W., Lockaby, B.G., & Koehler, P.G. (2017). Spatio-temporal distribution of Vector-Host Contact (VHC) ratios and ecological niche modeling of the West Nile Virus mosquito vector, *Culex quinquefasciatus*, in the city of New Orleans, LA, USA. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(8), 892.
- Scalley, B.D., Spicer, T., Jian, L., Xiao, J., Nairn, J., Robertson, A., & Weeramanthri, T. (2015). Responding to heatwave intensity: Excess Heat Factor is a superior predictor of health service utilisation and a trigger for heatwave plans. *Australian and New Zealand Journal of Public Health*, 39, 582-587.
- Shchuchinova, L. D., Kozlova, I. V., & Zlobin, V. I. (2015). Influence of altitude on tick-borne encephalitis infection risk in the natural foci of the Altai Republic, Southern Siberia. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 6(3), 322-329.
- Semenza, J.C., & Paz, S. (2021). Climate change and infectious disease in Europe: Impact, projection and adaptation. *The Lancet Regional Health – Europe*, 9.
- Semenza, J.C., & Suk, J.E. (2018). Vector-borne diseases and climate change: a European perspective. *FEMS Microbiology Letters*, 365(2), fnx244.
- Semenza, J.C., Rocklöv, J., Penttinen, P., & Lindgren, E. (2016). Observed and projected drivers of emerging infectious diseases in Europe. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1382(1), 73-83.
- Sen, P.K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63, 1379-1389.
- Seneviratne, S.I., Zhang, X., Adnan, M., Badi, W., Dereczynski, C., Di Luca, A., Ghosh, S., Iskandar, I., Kossin, J., Lewis, S., Otto, F., Pinto, I., Satoh, M., Vicente-Serrano, S.M., Wehner, M., & Zhou, B. (2021). Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy,

- J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1513–1766.
- Serrano-Notivoli, R., Lemus-Canovas, M., Barrao, S., Sarricolea, P., Meseguer-Ruiz, O., & Tejedor, E. (2022). Heat and cold waves in mainland Spain: Origins, characteristics, and trends. *Weather and Climate Extremes*, 37, 100471.
- Serrano-Notivoli, R., Tejedor, E., Sarricolea, P., Meseguer-Ruiz, O., de Luis, M., Saz, M.A., Longares, L.A., & Olcina, J. (2023). Unprecedented warmth: A look at Spain's exceptional summer of 2022. *Atmospheric Research*, 293, 106931.
- Sutherst RW. (2004). Global change and human vulnerability to vector-borne diseases. *Clinical Microbiology Reviews*, 17(1):136–73.
- Tapia, C., Abajo, B., Feliu, E., Mendizabal, M., Martinez, J.A., Fernández, J.G., Laburu, T., & Lejarazu, A. (2017). Profiling urban vulnerabilities to climate change: An indicator-based vulnerability assessment for European cities. *Ecological Indicators*, 78, 142–155.
- Twardosz, R., Walanus, A. & Guzik, I. (2021). Warming in Europe: recent trends in annual and seasonal temperatures. *Pure and Applied Geophysics*, 178, 4021–4032.
- Trancoso, R., Syktus, J., Toombs, N., Ahrens, D., Wong, K., & Pozza, R.D. (2020). Heatwaves intensification in Australia: A consistent trajectory across past, present and future. *Science of the Total Environment*, 742, 140521.
- Trenberth, K. E., Fasullo, J.T., & Balmaseda, M.A. (2014). Earth's energy imbalance. *Journal of Climate*, 27, 3129–3144.
- van Daalen, K.R., Romanello, M., Rocklöv, J., Semenza, J.C., Tonne, C., Markandya, A., Dasandi, N., Jankin, S., Achebak, H., Ballester, J., Bechara, H., Callaghan, M.W., Chambers, J., Dasgupta, S., Drummond, P., Farooq, Z., Gasparyan, O., Gonzalez-Reviriego, N., Hamilton, I., Hänninen, R., Kazmierczak, A., Kendrovski, V., Kennard, H., Kiesewetter, G., Lloyd, S.J., Lotto Batista, M., Martinez-Urtaza, J., Milà, C., Minx, J.C., Nieuwenhuijsen, M., Palamarchuk, J., Quijal-Zamorano, M., Robinson, E.J.Z., Scamman, D., Schmoll, O., Sewe, M.O., Sjödin, H., Sofiev, M., Solaraju-Murali, B., Springmann, M., Triñanes, J., Anto, J.M., Nilsson, M., & Lowe, R. (2022). The 2022 Europe report of the Lancet Countdown on health and climate change: towards a climate resilient future. *Lancet Public Health*, 7(11):e942–e965.
- Varghese, B.M., Barnett, A.G., Hansen, A.L., Bi, P., Nairn, J., Rowett, S., Nitschke, M., Hanson-Easey, S., Heyworth, J.S., Sim, M.R., & Pisaniello, D.L. (2019). Characterising the impact of heatwaves on work-related injuries and illnesses in three Australian cities using a standard heatwave definition- Excess Heat Factor (EHF). *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, 29, 821–830.
- Vicedo-Cabrera, A.M., Guo, Y., Sera, F., Huber, V., Schleussner, C-F., Mitchell, D., Tong, S., de Souza, M.Z.S.C., Saldiva, P.H.N., Lavigne, E., Correa, P.M., Valdes Ortega, N., Kan, H., Osorio, S., Kysely, J., Urban, A., Jaakkola, J.J.K., Rytö, N.R.I., Pascal, M., Goodman, P.G., Zeka, A., Michelozzi, P., Scortichini, M., Hashizume, M., Honda, Y., Hurtado-Diaz, M., Cruz, J., Seposo, X., Kim, H., Tobias, A., Íñiguez, C., Forsberg, B., Åström, D.O., Ragettli, M.S., Röösli, M., Guo, Y.L., Wu, C-F., Zanobetti, A., Schwartz, J., Bell, M.L., Dang, T.N., Van, D.D., Heaviside, C., Vardoulakis, S., Hajat, S., Haines, A., Armstrong, B., Ebi, K.L. & Gasparrini, A. (2018). Temperature-related mortality impacts under and beyond Paris Agreement climate change scenarios. *Climatic Change*, 150, 391–402.
- Viceto, C., Pereira, S.C., & Rocha, A. (2019). Climate change projections of extreme temperatures for the Iberian Peninsula. *Atmosphere*, 10(5), 229.
- von Schuckmann, K., Cheng, L., Palmer, M. D., Hansen, J., Tassone, C., Aich, V., Adusumilli, S., Beltrami, H., Boyer, T., Cuesta-Valero, F. J., Desbruyères, D., Domingues, C., García-García, A., Gentine, P., Gilson, J., Gorfer, M., Haimberger, L., Ishii, M., Johnson, G. C., Killick, R., King, B. A., Kirchengast, G., Kolodziejczyk, N., Lyman, J., Marzeion, B., Mayer, M., Monier, M., Monselesan, D. P., Purkey, S., Roemmich, D., Schweiger, A., Seneviratne, S. I., Shepherd, A., Slater, D. A., Steiner, A. K., Straneo, F., Timmermans, M.-L., & Wijffels, S. E. (2020). Heat stored in the Earth system: where does the energy go?. *Earth System Science Data*, 12, 2013–2041.
- von Schuckmann, K., Palmer, M. D., Trenberth, K. E., Cazenave, A., Chambers, D., Champollion, N., Hansen, J., Josey, S.A., Loeb, N., Mathieu, P-P., Meyssignac, B., & Wild, M. (2016). An imperative to monitor Earth's energy imbalance. *Nature Climate Change*, 6, 138.
- Voyiatzaki, C., Papailia, S. I., Venetikou, M. S., Pouris, J., Tsoumani, M. E., & Papageorgiou, E. G. (2022). Climate changes exacerbate the spread of *Ixodes ricinus* and the occurrence of Lyme borreliosis and tick-borne encephalitis in Europe—how climate models are used as a risk assessment approach for tick-borne diseases. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(11), 6516.

- Wang, L., Wang, W.J., Wu, Z., Du, H., Shen, X., & Ma, S. (2018). Spatial and temporal variations of summer hot days and heat waves and their relationships with large-scale atmospheric circulations across Northeast China. *International Journal of Climatology*, 38, 5633–5645.
- Wijffels, S., Roemmich, D., Monselesan, D., Church, J., & Gilson, J. (2016). Ocean temperatures chronicle the ongoing warming of Earth. *Nature Climate Change*, 6, 116–118.
- Williams, H.W., Cross, D.E., Crump, H.L., Drost, C.J., & Thomas, C.J. (2015). Climate suitability for European ticks: assessing species distribution models against null models and projection under AR5 climate. *Parasites Vectors*, 8, 440.
- Williams, S., Venugopal, K., Nitschke, M., Nairn, J., Fawcett, R., Beattie, C., Wynwood, G., & Bi, P. (2018). Regional morbidity and mortality during heatwaves in South Australia. *International Journal of Biometeorology*, 62, 1911–1926.
- Winokur, O.C., Main, B.J., Nicholson, J., & Barker, C.M. (2020). Impact of temperature on the extrinsic incubation period of Zika virus in *Aedes aegypti*. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 14(3): e0008047.
- WHO Europe (2021). [Internet]. Disponible en: The European Health Report 2021. [Internet]. <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289057547>
- WHO. Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s. World Health Organization, Geneva 2014. [Internet]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241507691>
- WMO. (2023). Provisional State of the Global Climate 2023. [Internet]. Disponible en: <https://wmo.int/files/provisional-state-of-global-climate-2023>
- WMO. (2024). State of the Global Climate 2023. [Internet]. Disponible en: <https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2023>
- Woodward, A., Ebi, K.L., & Hess, J.J. (2020). Commentary: Responding to hazardous heat: think climate not weather. *International Journal of Epidemiology*, 49(6), 1823–1825.
- Woppelmann, G., Pouvreau, N., & Simon, B. (2006). Brest sea level record: a time series construction back to the early eighteenth century. *Ocean Dynamics*, 56, 487–497.
- Xu, Z., Cheng, J., Hum W., & Tong, S. (2018). Heatwave and health events: A systematic evaluation of different temperature indicators, heatwave intensities and durations. *Science of The Total Environment*, 630, 679–689.
- Xu, Z., FitzGerald, G., Guo, Y., Jalaludin, B., & Tong, S. (2016). Impact of heatwave on mortality under different heatwave definitions: A systematic review and meta-analysis. *Environmental International*, 89–90, 193–203.
- Yavaşlı, D. D., & Erlat, E. (2024). Tropical nights in the Mediterranean: A spatiotemporal analysis of trends from 1950 to 2022. *International Journal of Climatology*, 44(5), 1472–1488.
- Yeh, S.W., Lee, E.H., Min, S.K., Lee, Y.H., Park, I.H., & Hong, J.S. (2021). Contrasting factors in the trends in hot days and warm nights over Northern Hemisphere land during summer. *Weather and Climate Extremes*, 34, 100389.
- Zeebe, R. E., Ridgwell, A., & Zachos, J. C. (2016). Anthropogenic carbon release rate unprecedented during the past 66 million years. *Nature Geosciences*, 9, 325–329.
- Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G.C., Jones, P., Tank, A.K., Peterson, T.C., Trewin, B., & Zwiers, F.W. (2011). Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *WIREs Climate Change*, 2, 851–870.
- Zhang, G., Wang, H., Gan, T. Y., Zhang, S., Shi, L., Zhao, J., Su, X., & Song, S. (2022). Climate change determines future population exposure to summertime compound dry and hot events. *Earth's Future*, 10, e2022EF003015.





Salud

2024

Informe de Impacto
y Vulnerabilidad al
Cambio Climático
en Gipuzkoa

