



Informe de Impacto
y Vulnerabilidad al
Cambio Climático
en Gipuzkoa

Gipuzkoako
Foru Aldundia
Departamento de Medio Ambiente
y Obras Hidráulicas



ETORKIZUNA ORAIN
Es futuro



Naturklima
Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa



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

Gipuzkoako
Foru Aldundia
Departamento de Medio Ambiente
y Obras Hidráulicas



ETORKIZUNA ORAIN
Es futuro



Naturklima

Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa

ÍNDICE

Resumen ejecutivo.....	11
Introducción.....	19
Parte I. Bases del cambio climático	27
1. Cambios observados en el sistema climático global.....	29
2. Principales causas del cambio climático.....	37
3. Cambios observados en las variables climáticas de Gipuzkoa	39
4. Proyecciones climáticas y escenarios futuros en Gipuzkoa	47
Parte II. Sistema natural	53
5. Edafología.....	55
6. Recursos hídricos.....	63
7. Medio natural.....	83
8. Zonas costeras.....	97
Parte III. Sistema socioeconómico	117
9. Salud.....	119
10. Núcleos de población	129
11. Sector agroforestal	143
12. Sector pesquero.....	161
13. Energía.....	181
14. Transporte.....	195
15. Industria.....	211
16. Turismo y actividades de ocio.....	219
17. Servicios financieros	231
18. Interacción entre sectores.....	237
Anexo. Glosario. Referencias	243
Anexo I. Relación de indicadores.....	245
Anexo II.....	252
Anexo III.....	284
Glosario	290
Referencias.....	294



Naturklima

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

Gipuzkoako
Foru Aldundia
Departamento de Medio Ambiente
y Obras Hidráulicas



ETORKIZUNA ORAIN
Es futuro

/G

Informe de Impacto
y Vulnerabilidad al
Cambio Climático
en Gipuzkoa

El cambio climático es una realidad incuestionable



**José Ignacio
Asensio Bazterra**

DIPUTADO FORAL DE MEDIO
AMBIENTE Y OBRAS HIDRÁULICAS

Así nos lo recuerda una y otra vez la comunidad científica, y lo vemos cada día reflejado en la modificación de las temperaturas y de las lluvias en las distintas estaciones, los temporales, las inundaciones, ... y Gipuzkoa no es ajena a esta situación.

Estos efectos, que se hacen patentes en nuestro territorio y en el mundo, requieren que seamos capaces de desarrollar una respuesta conjunta que nos permita mitigar y adaptarnos a los mismos.

Cada vez somos más conscientes de la importancia de la acción local, y conjunta con todos los agentes implicados en nuestro ámbito. El éxito de las políticas de cambio climático va a depender de la capacidad de que todos nosotros, instituciones, empresas y ciudadanía, seamos capaces de modificar nuestras pautas de comportamiento actuales y avanzar hacia hábitos más sostenibles, en definitiva de que seamos capaces de apostar de manera decidida por la sostenibilidad.

A la hora de hacer frente al desafío del clima, la actitud y las percepciones sociales son tan relevantes como el conocimiento experto. Aunque son los expertos los que diseñan las estrategias y las soluciones, la puesta en marcha de las soluciones, y los cambios y transformaciones que persiguen, dependen de la sociedad en su conjunto. Por ello, necesitamos actuar desde el mejor conocimiento de la realidad, pero con la vista puesta siempre en la ciudadanía, que es la protagonista de los cambios necesarios para hacer frente al desafío al que nos enfrentamos.

En este contexto, la Diputación Foral de Gipuzkoa ha establecido, a través de la Estrategia Gipuzkoa Klima 2050, las políticas y programas de cambio climático, economía circular y sostenibilidad energética dentro de su política territorial de desarrollo sostenible, asumiendo plenamente el espíritu y mandato de la normativa y criterios de la Unión Europea en cuanto a la utilización eficaz de los recursos, y su hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050.

Esta estrategia, es una herramienta para la gobernanza climática, con políticas transversales entre departamentos y entre las diversas instituciones. Permite aplicar en Gipuzkoa un marco de actuación coordinado y con medidas para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Y dentro del modelo de gobernanza climática de la Diputación Foral nace la Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa, Naturklima. Este centro se ha configurado como un espacio multidisciplinario de carácter público, con la misión expresa de generar capacidad institucional, técnica y social para hacer frente a los impactos del cambio climático, aportando conocimiento, valor y riqueza a la sociedad y al sector empresarial, convirtiéndose en acelerador de la transición ecológica necesaria en el contexto de la economía verde y de la eco-efectividad territorial.

La lucha contra el cambio climático es un reto global, pero requiere de una acción multinivel local clara, en la que la comunidad científica, las empresas, la industria, las instituciones y la ciudadanía, en definitiva, todos y cada uno de nosotros, seamos capaces de ir modificando determinados comportamientos en materia de movilidad, de consumo, de uso de la energía y agua, de la utilización de los diversos recursos, para avanzar en políticas efectivas.

Muchas gracias.



GIPUZKOA
ETORKIZUNA
ORAIN

ORAIN
INGURUMENA



Resumen ejecutivo Introducción



**Gipuzkoako
Foru Aldundia**
Departamento de Medio Ambiente
y Obras Hidráulicas



ETORKIZUNA ORAIN
Es futuro

BASES DEL CAMBIO CLIMÁTICO



El calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado (IPCC, 2013).

El calentamiento global se está acelerando, siendo los últimos cinco años los más cálidos registrados. La temperatura media global en 2019 fue alrededor de 1,1°C superior a la del periodo 1850–1900. Esta tendencia global al calentamiento solo puede explicarse por los efectos de las actividades humanas, especialmente las emisiones de gases de efecto invernadero.

La temperatura media de Gipuzkoa muestra también una tendencia positiva en los últimos años (0,024°C año⁻¹). La temperatura media de invierno no muestra ninguna tendencia significativa, al contrario que el resto de estaciones, con el calentamiento más acusado en primavera, seguido del verano.

Las tendencias del clima futuro dependen de los escenarios socioeconómicos que se utilicen y varían según los modelos generales de clima que se utilicen. Las

proyecciones regionales para el S. XXI en Gipuzkoa prevén un incremento de entre 1,4–2,4°C a mediados de siglo y de 2,7–3,9°C a finales de siglo, ambas estimaciones para el peor de los escenarios de emisión. Asimismo, se proyecta un incremento en la frecuencia e intensidad de las olas de calor, aumento del número de noches tropicales en verano o descenso del número de días de heladas.

Respecto a 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 en el T.H. una tendencia significativa desde 1970. Las tendencias de cambio a lo largo del siglo XXI no son por lo general uniformes, con notables discrepancias entre los modelos, lo que resta fiabilidad al resultado.

Las proyecciones no muestran cambios importantes hasta finales de siglo, cuando se prevé un descenso de la precipitación anual media entorno al 11%, en el peor de los escenarios, y de un 5% para el escenario RCP4.5. Es probable que la precipitación se concentre en un menor número de días, con precipitaciones más intensas, seguidos de periodos sin precipitación.

EDAFOLOGÍA



La temperatura, precipitación y composición química de la atmósfera inciden directamente en los procesos edáficos, como son la descomposición del carbono orgánico del suelo, la salinización, la erosión potencial del suelo y la biodiversidad edáfica. Por lo tanto, cambios en el régimen de precipitaciones y en la temperatura proyectados para los distintos escenarios pueden incidir en la calidad de los suelos y en los servicios ecosistémicos que prestan.

El contenido en carbono de los suelos es probable que disminuya debido a una mayor tasa de descomposición del carbono orgánico del suelo como consecuencia del aumento de la temperatura. El efecto de la temperatura contrarresta el efecto positivo de la disminución de las precipitaciones y el mayor aporte de carbono orgánico al suelo al aumentar la productividad vegetal a mayor concentración atmosférica de CO₂. Esta disminución del carbono orgánico del suelo afectará de forma negativa a sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

A medio o largo plazo, es previsible la pérdida de biodiversidad edáfica al disminuir el contenido de carbono orgánico como consecuencia del cambio climático, sin embargo, esta disminución será menor que la causada por cambios en los usos del suelo y por otras actividades antrópicas.

Actualmente, la erosión real de los suelos de Gipuzkoa es baja, con excepción de algunos enclaves que sufren erosión grave, y el índice de pérdida de suelo es tolerable. En el caso de reducción de la vegetación, debido a la menor precipitación, con un aumento de la temperatura y mayor frecuencia de incendios forestales, la erosión potencial en prácticamente todo el territorio sería muy grave.

RECURSOS HÍDRICOS



Todos los estudios prevén un aumento de la variabilidad climática, con una alteración importante de los patrones espaciales y temporales de precipitación, causando una reducción de las aportaciones hídricas y disminución de la calidad del agua. Los fenómenos extremos, como inundaciones y sequías, es probable que aumenten en intensidad y frecuencia.

Se observa una ligera tendencia positiva, aunque no significativa, en el caudal medio anual en las estaciones de aforo de Gipuzkoa. Las proyecciones para el S. XXI prevén para finales de siglo, en el peor de los escenarios de emisión, una reducción de caudales del 11-15%. Las sequías se harán más frecuentes conforme avance el S.XXI, con el consecuente aumento de la escasez de agua debido a la reducción de los recursos hídricos.

En general, las aguas subterráneas presentan un buen estado físico-químico y no presentan grandes cambios, al menos en los últimos 8 años, en su nivel medio. El principal impacto del cambio climático previsto para las aguas

subterráneas es el descenso de los niveles freáticos, así como la contaminación por intrusión salina en los acuíferos conectados al mar como consecuencia de la subida del nivel del mar.

Con respecto a las inundaciones, el incremento de precipitaciones intensas podría dar lugar al aumento de los caudales de avenida y, por tanto, a un empeoramiento de las condiciones de inundabilidad, esto es, el aumento de las superficies de inundación, de los valores de calado y velocidad de la corriente. Sin embargo, hay que considerar la elevada incertidumbre asociada a estas proyecciones.

En los meses de verano, en los que se proyecta un aumento de la temperatura y disminución de los caudales, cabe esperar un aumento en la demanda de agua. Los principales sistemas de abastecimiento están bien preparados para satisfacer las demandas actuales pero, el abastecimiento desde embalses de pequeño tamaño, podría tener limitaciones en el caso de sufrir largos periodos de sequía.

MEDIO NATURAL



El cambio climático afectará a la biodiversidad, tanto terrestre como marina. Estos impactos pueden ser alteraciones fisiológicas, fenológicas, demográficas o de dinámica de interacciones bióticas que modifican tanto la composición de las poblaciones y comunidades como el funcionamiento de los ecosistemas, afectando así a los servicios ecosistémicos.

Se espera una pérdida de riqueza específica potencial de especies forestales y de flora amenazada, destrucción y degradación de hábitats naturales de flora y fauna, desaparición de hábitats o especies en el borde de su área de distribución o la llegada y establecimiento de especies invasoras, plagas o enfermedades que afectarán a las especies autóctonas vulnerables.

Las especies amenazadas, es decir, las que en la actualidad se encuentran ya en una situación de fragilidad, podrían verse más afectadas en el contexto del cambio global, si bien se espera que los cambios se extiendan a la totalidad de los ecosistemas. Los elementos naturales que presentan una mayor vulnerabilidad al cambio climático en Gipuzkoa son los hábitats y flora dunares, hábitats y flora acuática de ecosistemas lénticos, hábitats y flora de turberas y trampales, hábitats y flora de prados y herbazales del piso montano, así como los anfibios y mamíferos semiacuáticos. Los elementos con menor vulnerabilidad son los peces marinos y estuarinos, reptiles terrestres y aves forestales.

ZONAS COSTERAS



El aumento de la temperatura del agua, la acidificación de los océanos, la elevación del nivel del mar, la erosión costera, los eventos extremos de oleaje y subida del nivel del mar, así como las precipitaciones son las principales amenazas del océano y zonas costeras.

La temperatura del agua en los primeros 100 m de la columna de agua se ha incrementado a una tasa de 0,024°C año⁻¹ desde 1986. Las proyecciones prevén cambios en la temperatura superficial del agua de entre 0,1–0,4°C para mediados de siglo y entre 0,4–1,3°C para finales de siglo en el peor de los escenarios de emisión. La profundidad de la capa de mezcla y la estratificación de la columna de agua presentan una gran variabilidad, dificultando el establecimiento de tendencias generalizadas. A pesar de ello, sí se ha descrito un aumento de la estratificación en la costa vasca, lo cual puede suponer una menor disponibilidad de nutrientes para la producción primaria.

Cambios en las condiciones hidrológicas, cambios de temperatura, salinidad, olas de calor marinas, cambios en la circulación, aumento de la estratificación o la acidificación darán lugar a impactos en la biodiversidad de estuarios y marismas.

Durante las últimas décadas ha habido una tendencia ascendente de la subida del nivel del mar (2–3 mm año⁻¹ en el golfo de Bizkaia), que se prevé que continúe a lo largo del siglo, con incrementos que varían entre 0,5–0,7 m, hasta 1 m en el nivel más extremo, para finales de siglo.

Los principales impactos de la elevación del nivel del mar son la inundación y la erosión costera, siendo los sistemas más vulnerables las zonas de estuario y marismas, así como las playas. En las playas y marismas, la subida del nivel del mar se traduce en la pérdida y fragmentación de hábitats, mayor frecuencia de inundación, reducción de la superficie útil y retroceso del arenal. Considerando el escenario de ascenso del nivel medio del mar de 0,5 m para las costas guipuzcoanas, ello podría suponer la desaparición del 25–40% de las playas, sin considerar la alimentación artificial de arena de las mismas.

SALUD



El cambio climático ya supone la presencia de riesgos adicionales para la salud de la población. Entre los principales y más intensos se encuentran las olas de calor, inundaciones y eventos extremos, mayor riesgo de enfermedades de transmisión vectorial, alimentaria e hídrica, y cambios en la distribución de especies vegetales alergénicas.

El aumento en la frecuencia e intensidad de las olas de calor en verano se vincula directamente con un mayor riesgo de enfermedad (ej. dermatitis, edemas, quemaduras, insolaciones, fatiga, calambres, agotamiento y síncope) y mortalidad. En general, no se espera un mayor riesgo al que existe actualmente ante estos fenómenos. Con un calentamiento continuado, se proyecta que las muertes relacionadas con el frío disminuirán y aumentarán las relacionadas con episodios de ola de calor.

El cambio climático afectará a la concentración de contaminantes en la atmósfera al provocar cambios en factores que determinan su distribución como son el viento, la temperatura o la interacción con el clima local. También puede incrementar la exposición a los alérgenos del polen presentes en el aire.

Se prevé que el aumento de la temperatura del aire y del agua y la intensificación de eventos extremos aumente la exposición a enfermedades transmitidas por el agua y los alimentos. También se prevé que el cambio climático altere el alcance geográfico y la distribución de insectos y plagas portadores de enfermedades.

NÚCLEOS DE POBLACIÓN



Los núcleos urbanos están sometidos a los efectos del cambio climático, tales como incremento de la temperatura, elevación del nivel del mar, deslizamientos de tierra, inundaciones fluviales o sequías por cambios en el patrón de precipitaciones. Estos cambios pueden suponer un mayor riesgo para infraestructuras críticas, como las de abastecimiento de agua y energía o las infraestructuras de transporte, así como para el medio natural y urbano y la salud de la población. Los impactos de estos factores pueden verse agravados por las propias condiciones de ubicación y orografía de los municipios.

Las olas de calor y sus impactos se ven incrementados por el efecto “isla de calor urbana”, que depende entre otros factores, de la forma espacial de la ciudad, morfología, la presencia de vegetación o el albedo de los materiales de las superficies urbanizadas. Estos procesos afectarán a la salud de la población, provocando problemas de salud relacionados con el calor y la contaminación, así como aumento en la demanda de energía de refrigeración para mantener un confort térmico en viviendas y edificios.

Las inundaciones fluviales y/o costeras afectarán a los municipios que presentan amplias superficies urbanas impermeables y la localización de espacios urbanos próximas a áreas inundables. La mayoría de municipios guipuzcoanos está expuesto al riesgo por inundación. Estos impactos afectarán a la población, las infraestructuras, los ecosistemas costeros y fluviales, y presenta riesgos para el comercio, la industria y otros sectores de actividad.

La sensibilidad del territorio al impacto de la sequía, desde el punto de vista económico, es reducida, ya que apenas el 1,24% del suelo se destina a usos agrícolas. Sin embargo, el 100% de los municipios del Territorio presentan riesgos ante este fenómeno.

En conjunto, 76 municipios se ven impactados por 3 o 4 de los eventos climáticos (olas de calor, inundación fluvial, inundación costera o sequía), siendo mayor el riesgo en los municipios localizados bien en el litoral o en la ribera de los ríos.

SECTOR AGROFORESTAL



El aumento de la concentración atmosférica de CO₂ podría aumentar la productividad de los cultivos. Sin embargo, el aumento de la temperatura y de la evapotranspiración puede contrarrestar el efecto anterior, con un incremento del estrés térmico en cultivos y plantaciones forestales. Además, la mayor frecuencia de incendios o el incremento de plagas y enfermedades aumenta el riego para el sector agroforestal. Por otro lado, los inviernos más suaves permitirán mayor productividad en esta época.

La variación en temperatura y precipitaciones que implica el cambio climático puede afectar a los aspectos relacionados con el bienestar, la reproducción, el metabolismo y la sanidad en el sector ganadero.

Las especies forestales son las que presentan mayor riesgo, siendo los monocultivos como *Pinus radiata* o eucalipto los más vulnerables frente a las amenazas climáticas. El riesgo de los cultivos herbáceos y leñosos es bastante variable, siendo menor para muchas hortalizas.

En el caso del ganado, las afecciones se deben al estrés

térmico, la disponibilidad de pastos o los cambios en los patrón de plagas y enfermedades. Se considera más vulnerable al ganado extensivo (bovino de carne, ovino, caprino, equino) que al intensivo (bovino de leche, porcino, avícola, cunícola) ya que estos últimos aun siendo más sensibles al cambio climático su capacidad de adaptación ya que se asume una mayor posibilidad de intervención humana.

El riesgo evaluado en cada una de las categorías que caracterizan el sector agroforestal es igual en todas las comarcas de Gipuzkoa. La importancia de cada categoría es distinta en cada comarca, por lo que los riesgos ponderados considerando la superficie de cultivo, la cantidad de ganado o su valoración económica, difieren entre comarcas. Con estos criterios, el riesgo es mayor para el caso del Goierri (sector forestal y ganadería) y Tolosaldea (ganadería y sector forestal), y les sigue de cerca Urola-Kostaldea (sector forestal y ganadería). El riesgo es moderado en Debagoena (sector forestal) y Donostialdea (sector forestal) y bajo en Debabarrena y Bidasoa -Beherea.

PESCA



El cambio climático está afectando a la distribución espacial y a los procesos esenciales de muchos organismos marinos, como el crecimiento, la alimentación, la reproducción y la supervivencia durante las primeras fases de vida. En general, todos los cambios físico-químicos del océano provocan una importante pérdida de biodiversidad y a nivel biológico pérdida de diversidad genética.

Se espera que, a causa del cambio climático, la mayor parte de las especies se desplace hacia los polos, que se expanda el área de distribución de las especies de aguas cálidas y se contraiga el de las aguas más frías. Además, desplazamientos en la columna de agua, en general a aguas más frías en profundidad. En el golfo de Bizkaia se ha observado, en términos generales, una tendencia hacia el aumento en la abundancia de aquellas especies de peces que presentan amplios rangos de distribución, principalmente especies subtropicales, mientras que las abundancias de especies de aguas más frías han sufrido un descenso. La distribución futura de la puesta del verdel se desplazaría hacia el oeste y hacia el norte, pero

con alta variabilidad. En el caso del atún rojo, se espera un hábitat futuro menos favorable en las zonas donde operan las flotas españolas.

El incremento de las temperaturas también implicará cambios en la fenología de los organismos marinos, como cambios en la proporción de sexos, alteración de la fecha de desove, alteración de los periodos migratorios o alteración de los periodos de abundancia máximas. Se traduce en una alteración de la cronología y reducción de la productividad, con efectos sobre las pesquerías. Por ejemplo, el pico de desove de la anchoa ha avanzado a una tasa de 5,5 días/década desde 1987 a 2015, o la llegada de los túnidos también se ha adelantado (de 2 a 5,6 días/década para el bonito y atún rojo, respectivamente).

Se prevén cambios en la abundancia relativa de especies, como la tendencia hacia el aumento en la abundancia de aquellas especies de peces que presentan amplios rangos de distribución, como la anchoa que se verá favorecida en las costas guipuzcoanas.

ENERGÍA



El cambio climático produce impactos sobre diferentes componentes del sistema energético, afectando tanto a la disponibilidad de los recursos energéticos, como también a la generación, transporte y distribución de la energía. De igual modo, los patrones de demanda energética también se verán afectados por el cambio climático.

La subida de temperatura es el principal factor de impacto que afectará al rendimiento de las centrales térmicas, así como a la cogeneración, la solar térmica y la biomasa. Los cambios anuales o estacionales de precipitación o temperatura del agua de refrigeración pueden afectar al rendimiento de las centrales térmicas, así como al transporte y distribución de electricidad.

El cambio climático afectará a la disponibilidad de recursos renovables (eólico, solar, hidráulico, biomasa, undimotriz). Es probable que aumenten los recursos solares por incremento de las horas de insolación, mientras que se reduzcan la biomasa y la hidráulica si se reducen las precipitaciones. Si se produjeran incrementos de episodios de viento fuerte, aunque las estimaciones no indican grandes cambios, podría incrementarse la producción de electricidad de origen eólico.

El cambio climático modificará la demanda energética al modificar los patrones temporales de consumo, se prevé un incremento de la demanda de energía durante los periodos cálidos para aire acondicionado y equipos de refrigeración, mientras que el consumo para calefacción (combustibles) disminuirá en invierno a medida que aumente la temperatura.

TRANSPORTE



El cambio climático podría provocar el deterioro, la pérdida temporal o permanente de infraestructuras, interrupciones en el servicio, cambios en la operatividad, en el mantenimiento o en los criterios de diseño de infraestructuras de transporte.

El envejecimiento y el deterioro de las infraestructuras se verá aún más acentuado por el aumento de las precipitaciones de carácter intenso, las inundaciones costeras, el calor, los incendios forestales, así como otros fenómenos extremos.

En general, no se prevé un cambio en la vulnerabilidad ya existente en la actualidad en algunos tramos de la red de transporte. Esta presenta un riesgo moderado ante las distintas amenazas del cambio climático.

El transporte no se verá muy afectado por el aumento de la temperatura. Sin embargo, sí se puede verse afectado por cambios en el patrón de precipitaciones, aumento en intensidad, incrementándose el riesgo de deslizamientos y desprendimientos, principal amenaza de los sistemas de transporte por carretera y ferroviarios y de la propia seguridad vial. La disminución del número de días de helada, así como de precipitación en forma de nieve, puede disminuir el riesgo asociado a estos fenómenos, con un efecto positivo al disminuir las necesidades de mantenimiento invernal y mejorar las condiciones de utilización de la red.

En los puertos y aeropuerto, los efectos de la subida del nivel medio del mar, de los eventos extremos o de los cambios en el patrón de vientos intensos son el principal riesgo, pudiendo dificultar o alterar la operatividad y el servicio prestado por estas infraestructuras.

INDUSTRIA



Los impactos del cambio climático previstos sobre el sector industrial pueden ser directos como daños en las instalaciones e infraestructuras, interrupciones en el transporte y cadenas de suministro, menor disponibilidad de ciertos recursos o materias primas, así como alteraciones en los procesos industriales, o indirectos motivados por cambios en la regulación normativa ligada a la mitigación del cambio climático, así como por cambios en el propio mercado de consumo.

El cambio climático es uno de los principales retos estratégicos para las compañías, pero también supone una oportunidad de innovación, liderazgo y negocio para las empresas.

El grado de vulnerabilidad de las compañías industriales frente al cambio climático varía en función de su grado de dependencia de los recursos naturales, del tipo de proceso industrial, de sus mercados de venta y de su ubicación geográfica.

Además del daño físico directo sobre sus instalaciones e infraestructuras, las compañías se enfrentan al efecto del cambio climático sobre recursos esenciales como la disponibilidad de agua o energía, viéndose afectada su competitividad.

En un mercado globalizado los efectos del cambio climático no sólo impactan sobre el sector industrial a escala local, sino que fenómenos extremos en otras regiones del planeta alteran la disponibilidad de materias primas, las vías de transporte y los tiempos de entrega de bienes y materiales.

Las respuestas para hacer frente al cambio climático por parte de la industria requerirán de nuevos productos y servicios orientados a minimizar los daños presentes y futuros derivados del cambio climático.

TURISMO Y ACTIVIDADES DE OCIO



El cambio climático impacta sobre el sector turístico y sobre las actividades de ocio y esparcimiento de tres modos, alterando recursos clave del sector, afectando a las infraestructuras y modificando la propia demanda turística y de ocio.

Las condiciones climáticas afectan a la demanda turística y la oferta de actividades de ocio directamente, al ser un factor clave en la decisión del destino y periodo temporal, e indirectamente, ya que las condiciones climáticas forman parte del contexto ambiental donde se desarrolla el turismo y ocio, cualquier alteración sobre el medio ambiente natural condiciona las actividades que soporta.

La recreación al aire libre y las economías turísticas dependen de los beneficios proporcionados por espacios naturales que se verán degradados por los impactos del cambio climático al ver alteradas sus cualidades ecológicas y estéticas, sus condiciones de fragilidad y en general su atractivo turístico-recreativo.

La previsible mejora del confort climático por el aumento de la temperatura y la reducción de las precipitaciones en verano, puede favorecer el turismo y las actividades de sol y playa. Sin embargo, la subida del nivel del mar puede afectar a los recursos e infraestructuras turísticas y de ocio situadas en la línea costera. Por efecto del cambio climático se puede producir también la degradación y/o pérdida de determinados recursos de ocio y turismo como los espacios naturales, los monumentos o edificios históricos en los cascos urbanos.

El cambio climático modificará el comportamiento del turismo disminuyendo los tiempos de estancia media en un destino, retrasando el momento de la toma de decisión de los viajes, promocionando unos destinos frente a otros o impulsando el turismo interior en cada país o región.

SERVICIOS FINANCIEROS



El impacto del cambio climático sobre bancos, aseguradoras y gestoras de activos es múltiple y significativo a corto, medio y largo plazo. La propia actividad sufre un impacto directo a través de la compensación de daños a los bienes y personas asegurados, pero hay otros ligados al marco regulatorio fruto de la lucha contra el cambio climático o la pérdida de valor de activos asociados a actividades contaminantes.

El sector financiero (inversión, banca y seguros) ha incorporado el riesgo climático como un riesgo financiero clave en sus operaciones.

Los impactos del cambio climático sobre el sector financiero se prevé que se manifiesten en el riesgo físico, directamente relacionado con eventos climáticos extremos, riesgo de transición hacia un nuevo modelo económico bajo en carbono y riesgo de responsabilidad por reclamaciones de afectados por el cambio climático.

El sector asegurador por su presencia en prácticamente todos los sectores de actividad dando cobertura a instalaciones, bienes, servicios, personas (salud), recursos naturales, etc. se ve afectado por variaciones en las condiciones de las pólizas, cambios en el tipo de inversión o regulación y normativa ambientalmente más exigente para las compañías.

Por el contrario, el sector financiero también se ve beneficiado por el impulso a la fiscalidad y los productos financieros “verdes” como los bonos sostenibles, el aumento de fondos de inversión en el sector de las energías renovables o los préstamos hipotecarios a viviendas eficientes.

INTERRELACIÓN ENTRE SECTORES



El cambio climático afecta a los sistemas naturales, sociales y económicos de forma específica y también afecta a las complejas y fuertes interconexiones y relaciones que se dan entre estos sistemas.

El cambio climático presenta riesgos adicionales a los sistemas interconectados que ya están expuestos a una serie de factores estresantes. La magnitud total de los riesgos del cambio climático para los sistemas interconectados, muchos de los cuales se extienden a lo largo de las fronteras regionales y nacionales, es a menudo mayor que la suma de los riesgos individuales para los distintos sectores. Factores no climáticos, como

los cambios demográficos, el crecimiento económico o las transformaciones en la actividad industrial pueden afectar también a la vulnerabilidad de los distintos sectores al cambio climático, así como a la interacción entre los propios sectores provocando la aparición de nuevas afecciones.

La sensibilidad a la disponibilidad de recursos hídricos es un factor clave que se repite en la vulnerabilidad al cambio climático en la mayoría de los sectores analizados. Especialmente sensibles a la variabilidad de dicho recurso son el sector agroforestal, el energético, la industria o los núcleos de población.

INTRODUCCIÓN



El cambio climático es uno de los grandes desafíos del siglo XXI. En el año 2014, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) hacía público su último Informe de Evaluación (V Informe de Evaluación). En el mismo se ponía de manifiesto que el cambio del sistema climático es inequívoco y que es sumamente probable que la causa principal sea las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) originadas por las actividades humanas. Las concentraciones actuales en la atmósfera de los GEI más habituales (dióxido de carbono, metano y óxido nítrico), son las mayores en, al menos, los últimos 800.000 años, habiendo crecido de forma exponencial desde la era preindustrial hasta la actualidad. Así mismo, el informe *“Unidos en la Ciencia”* elaborado en el marco de la Cumbre sobre la Acción Climática de las Naciones Unidas (Nueva York, septiembre 2019) ya muestra los cambios que el sistema climático está experimentando y que probablemente se estén acelerando los últimos años.

El IPCC alerta de que el cambio climático actual y sus efectos asociados continuarán durante siglos, incluso aunque ahora se alcanzase una limitación muy importante de las emisiones GEI. Las emisiones GEI continuas causarán a nivel global mayores cambios en el sistema climático, provocando que aumente la probabilidad de impactos severos, generalizados e irreversibles en los sistemas socioeconómicos y naturales. En todos los escenarios de emisiones GEI evaluados por el IPCC para la elaboración de su último informe, se prevé que la temperatura de la superficie continúe aumentando a lo largo del presente siglo, siendo muy probable un aumento de las olas de calor, tanto en frecuencia como en intensidad, así como mayores y más severos episodios de precipitaciones torrenciales. Todo ello ligado a un calentamiento y acidificación del océano y un aumento del nivel medio global del mar.

En diciembre de 2015, en el marco de la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se adoptó el Acuerdo de París. El objetivo principal de este acuerdo universal es evitar que el incremento de la temperatura media global del planeta en este siglo supere los 2°C respecto a los niveles preindustriales e impulsar los esfuerzos adicionales que hagan posible que el calentamiento no supere los 1,5°C. De esta manera, el Acuerdo recoge la mayor ambición posible para reducir los riesgos y los impactos del cambio climático en todo el mundo y, al mismo tiempo, incluye todos los elementos necesarios para que se pueda alcanzar este objetivo. También reconoce la necesidad de que las emisiones globales toquen techo lo antes posible, asumiendo que esta tarea llevará más tiempo para los países en desarrollo. En cuanto a las sendas de reducción de emisiones a medio y largo plazo, se establece la necesidad de conseguir la neutralidad de las emisiones, es decir, un equilibrio entre las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero en la segunda mitad de siglo.

Asimismo, el Acuerdo de París pone en valor la importancia de adaptarse a los efectos adversos del cambio climático, fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad, en un contexto en el que todos los países se están enfrentando a los impactos derivados del incremento de la temperatura global. Los cambios del sistema climático son específicos de cada lugar e impactan de manera específica a diversos sectores. Por lo tanto, las acciones e iniciativas de adaptación deben ser definidas e implementadas a nivel nacional o subregional.

La geografía guipuzcoana y sus características físicas contribuyen a la vulnerabilidad ante el fenómeno climático de este territorio. Estos riesgos son mayores, por ejemplo, en las zonas montañosas con ecosistemas especialmente sensibles y su franja litoral sobre la que, como consecuencia del aumento del nivel del mar, las

alteraciones en la frecuencia e intensidad de tormentas, y la fragilidad de sus ecosistemas costeros, ambos sistemas pueden ser fuertemente impactados por las variables del cambio climático.

La Estrategia Guipuzcoana de Lucha Contra el Cambio Climático (EGLCC) hace un primer diagnóstico de los cambios potenciales del cambio climático en el territorio de Gipuzkoa, así como de los principales impactos esperados en diversos sectores en el mismo. También establece el objetivo fundamental de asegurar la resiliencia del territorio en relación con los impactos del cambio climático. Este objetivo reconoce la necesidad de proteger la integridad del medio natural y los recursos naturales del territorio, preservando la biodiversidad y ayudando al sector agropecuario a superar los impactos de los cambios climáticos. Las principales metas de la EGLCC son:

1. Apostar por un modelo energético bajo en carbono
2. Caminar hacia un transporte sin emisiones
3. Incrementar la eficiencia y resiliencia del territorio
4. Aumentar la resiliencia del medio natural
5. Aumentar la resiliencia del sector primario y reducir sus emisiones
6. Reducir la generación de residuos urbanos y lograr el vertido cero sin tratamiento

7. Anticiparnos a los riesgos
8. Impulsar la innovación, mejora y transferencia de conocimiento
9. Administración pública guipuzcoana responsable, ejemplar y referente en cambio climático

En el marco de la Meta 9 de la EGLCC, en línea con el desarrollo de un modelo de gobernanza de cambio climático, se crea la Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa, NATURKLIMA, adscrita a la Dirección de Medio Ambiente, con el objeto de reforzar y apoyar a ésta en su misión de desarrollo de la propia Estrategia. La propia estrategia dispone también en su Meta 7. Anticipación a los riesgos, una acción específica de Control y Prospección del Cambio Climático en Gipuzkoa (7.3.2), acción ésta en la que se encuentra uno de los ejes de actuación de la Fundación, su Observatorio. Desde éste, se realiza un seguimiento de los impactos que el cambio climático está generando a nivel global y también, de manera específica, en Gipuzkoa. En esa labor de observación y análisis se manejan múltiples indicadores climáticos, pero también ambientales, económicos y sociales, entre otros. Además, se trabaja con series históricas de datos y escenarios que permiten comprender mejor la evolución del cambio climático en Gipuzkoa, así como los principales impactos derivados de este cambio.

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD E IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SISTEMA NATURAL Y SOCIOECONÓMICO DE GIPUZKOA.

El Observatorio es responsable, a partir de esa labor de observación y análisis, de sintetizar la información en Informes periódicos, como el presente, de contrastarla y revisarla con la Dirección General de Medio Ambiente de cara a dotar, tanto a la propia Institución Foral, como a los sectores afectados y a la propia sociedad, de conocimiento para poder adoptar futuras medidas de adaptación y reducir así la vulnerabilidad del territorio. Se trata de obtener una visión de conjunto del estado actual del clima, los cambios experimentados y los posibles impactos sobre los sectores socio-económicos y sobre el medio natural, que permitan actuar en consonancia. El Observatorio trasladará en sus diferentes informes el conocimiento existente en la actualidad sobre los efectos, riesgos y vulnerabilidad ante el cambio climático, así como la identificación de aspectos sobre los que extender el análisis y el conocimiento.

Este primer informe de la Fundación, *Análisis de*

Impacto y Vulnerabilidad del Cambio Climático en Gipuzkoa, se estructura en dos grandes bloques. El primero, que engloba los capítulos 1 a 5, describe las evidencias actuales del cambio climático a nivel global y para el T.H. de Gipuzkoa. Además, se presentan las proyecciones regionales más recientes para las variables de temperatura y precipitación en Gipuzkoa.

El segundo bloque, capítulos 5 a 18, recoge el análisis de la vulnerabilidad de los diferentes sectores socio-económicos y del propio medio natural del Territorio a los impactos previstos del cambio climático. Para la selección de los sectores se han tenido en cuenta los recogidos en la propia EGLCC, los propuestos en el Plan Nacional de Adaptación, así como los incluidos en la Plataforma Europea de Adaptación, Climate-Adapt, pilar de la Estrategia Europea de Adaptación. Por último, las interdependencias existentes entre los diferentes sectores se han descrito en el capítulo 18.

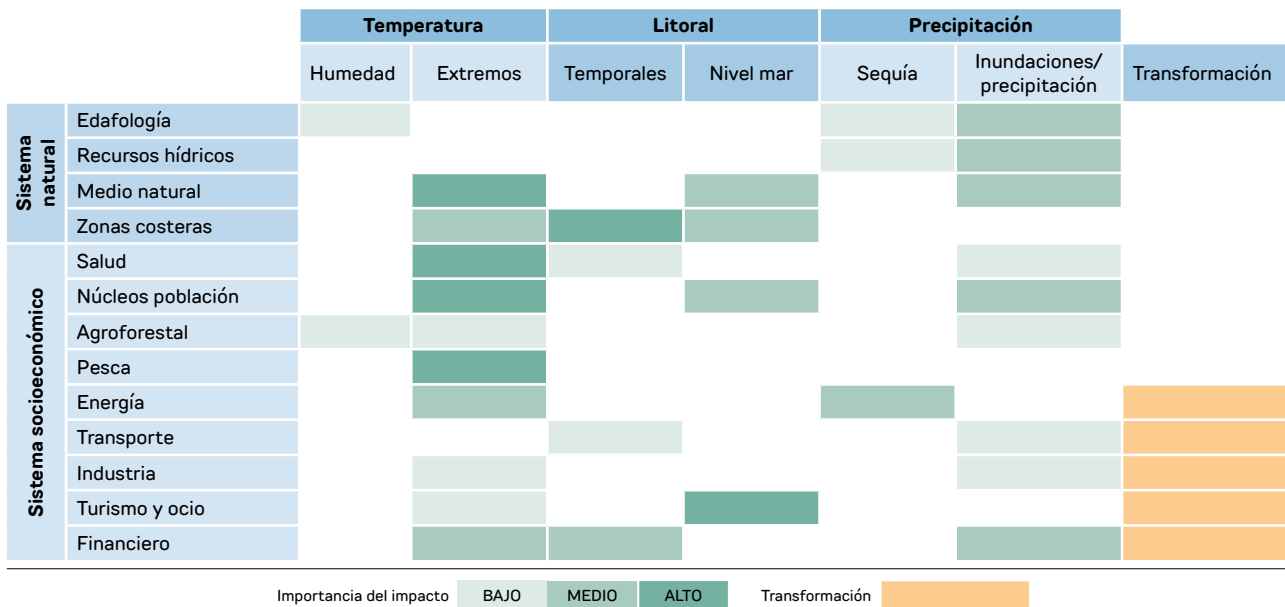


1.1. Fig. Sistemas y sectores analizados a lo largo del presente informe, entre los capítulos 5 y 17.

ASPECTO	EFECTO
TERMICIDAD	Incremento de las temperaturas medias y extremas. Aumento de la frecuencia y duración media de las olas de calor.
ZONAS COSTERAS	Ascenso en el nivel medio del mar. Aumento en la frecuencia e intensidad de los temporales
PRECIPITACIÓN	Disminución de la precipitación media. Cambios en los patrones de precipitación

1. Tabla. Efectos del cambio climático en Gipuzkoa.

En la evaluación del impacto probable y la vulnerabilidad de cada uno de los sectores, se han tenido en cuenta estos factores de riesgo, además de algunos otros más específicos para cada uno de ellos. La siguiente tabla recoge los principales efectos, a modo de resumen.



2. Fig. Resumen del análisis de impactos de los efectos del cambio climático en Gipuzkoa. Fuente: figura adaptada de la EGLCC (2018).

A lo largo del estudio se han identificado una serie de indicadores (Anexo I) que permitirán analizar los cambios en el clima y reflejar las afecciones experimentadas por los distintos sistemas y sectores analizados. Los indicadores son una variable que, mediante la síntesis de la información, pretende reflejar el estado del medio ambiente, o de algún aspecto del mismo, en un

momento y en un espacio determinados, y que por ello adquiere gran valor como herramienta en los procesos de evaluación. Estos indicadores se integrarán también en el Observatorio de la Fundación, permitiendo ampliar el análisis de la evolución de estos indicadores en el contexto del cambio climático.

Fuentes de información

El contenido de este Informe se basa principalmente en la información recogida de distintas publicaciones científicas y documentos técnicos publicados por los principales agentes que analizan, operan y emiten criterio sobre el cambio climático. Este informe presenta un resumen de dicha literatura y una primera evaluación de la misma. El objetivo es exponer una visión global del estado del clima, sus tendencias y escenarios y los posibles impactos, información que en su conjunto ayude a comprender la realidad guipuzcoana y favorezca la planificación regional y local frente al fenómeno.

Además, en el marco de este trabajo, desde la Fundación se han propuesto tres estudios específicos para el análisis de la vulnerabilidad en el medio natural ('Vulnerabilidad al cambio climático de los elementos naturales de Gipuzkoa'), sector agroforestal ('Vulnerabilidad al cambio climático del sector agroforestal de Gipuzkoa') y sector pesquero ('Elementos del sector pesquero de Gipuzkoa vulnerables al cambio climático') elaborados por Ekolur Asesoría Ambiental SLL, Neiker-Tecnalia y Azti-Tecnalia, respectivamente.

Además, a lo largo del proceso de elaboración se ha contado con la colaboración de la Dirección General de Medio Ambiente de la Diputación Foral de Gipuzkoa.

Tratamiento de la incertidumbre

Este informe adopta el tratamiento de la incertidumbre calibrado por el IPCC (Mastraneda et al., 2010). De este modo, tanto los autores del presente informe como los lectores podrán distinguir entre aquello que es bien conocido y ampliamente conocido sobre el cambio climático y aquello que presenta una mayor incertidumbre.

Se utilizan dos indicadores para comunicar el grado de certeza de los principales resultados:

- La confianza en la validez de un resultado basada en el tipo, la cantidad, la calidad y la coherencia de la evidencia (por ejemplo, la teoría, los datos, los modelos y el juicio experto) y el nivel de acuerdo. La confianza se expresa de forma cualitativa.
- Las mediciones cuantificadas de la incertidumbre de un resultado expresada de forma probabilística (según el análisis estadístico de las observaciones o los resultados de modelos, o bien del juicio experto).

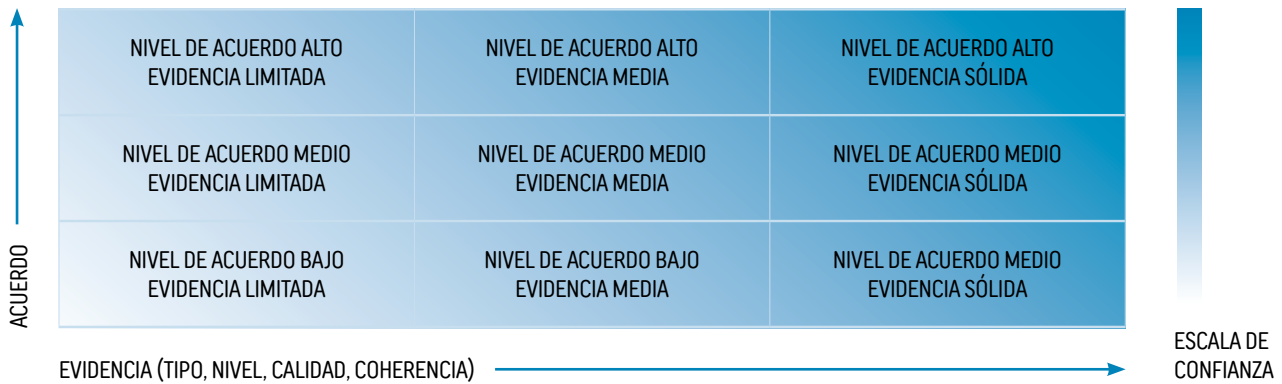
El indicador de confianza ofrece una síntesis cualitativa de la valoración que realiza el equipo de redacción sobre la validez de un resultado, según determinan la evaluación de la evidencia y el nivel de acuerdo. Si las incertidumbres se pueden cuantificar de forma probabilística, el equipo de redacción puede describir un resultado empleando el lenguaje de la probabilidad calibrada o realizando una presentación más precisa de la probabilidad. A menos que se indique lo contrario, un nivel de confianza alto o muy alto se atribuye a resultados a los que un equipo de redacción ha asignado un término de probabilidad.

Para describir la evidencia existente se emplean los términos explicativos siguientes: limitada, media o sólida, mientras que, para definir el nivel de acuerdo, se utiliza: bajo, medio o alto. El nivel de confianza se expresa mediante el empleo de cinco calificativos: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

Algunas de las conclusiones se expresarán sin especificar el nivel de confianza. Estos pueden ser hechos ampliamente aceptados o cuya alta probabilidad hace innecesaria su expresión.

TÉRMINO	PROBABILIDAD
PRÁCTICAMENTE SEGURO	99% - 100%
SUMAMENTE PROBABLE	95% - 100%
MUY PROBABLE	90% - 100%
PROBABLE	66% - 100%
TAN PROBABLE COMO IMPROBABLE	33% - 66%
IMPROBABLE	0% - 33%
MUY IMPROBABLE	0% - 10%
SUMAMENTE IMPROBABLE	0% - 5%
EXTRAORDINARIAMENTE IMPROBABLE	0% - 1%

3. Fig. Niveles de confianza y probabilidad de los diferentes enunciados en este informe son los mismos que los utilizados en el V informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 2013). La confianza aumenta hacia la esquina superior derecha como sugiere el aumento de la intensidad del sombreado. En general, la evidencia es más fiable cuando hay múltiples líneas coherentes e independientes de evidencia de alta calidad.



Marco temporal

En este Informe, se evalúan tanto los cambios observados como los proyectados en el clima de Gipuzkoa. Por lo tanto, se referirá tanto al pasado como al futuro. Los cambios observados se adscribirán principalmente a los cambios producidos desde algún momento en el S.XX hasta la actualidad.

El 'clima' suele definirse como la descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante de series temporales de, al menos, 30 años para una caracterización estadística, según recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial. El Cambio Climático se refiere a la 'variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos' (IPCC, 2013). Por lo tanto, en la evaluación del clima pasado son necesarias series históricas lo más largas posibles. En cada una de las variables analizadas esto dependerá de la disponibilidad de datos.

En cuanto a las proyecciones futuras, tampoco hay un periodo de tiempo de referencia. En este estudio se siguen aquellas utilizadas en distintos esfuerzos de análisis coordinados para modelizar el clima futuro. Para el presente estudio se consideran los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, que corresponden a los escenarios regionales elaborados en el marco de las ayudas KLIMATEK. En concreto, se utilizan las proyecciones de alta resolución espacial (1 km x 1 km, aproximadamente), elaboradas en los proyectos ESCENARIOS I-Elaboración de escenarios de cambio climático de alta resolución para el País Vasco (Klimatek, 2016) y ESCENARIOS II-Escenarios de cambio climático de alta resolución para el País Vasco. Fase II: datos diarios con metodologías de corrección de sesgo (Klimatek, 2017). Las proyecciones del proyecto ESCENARIOS-II se utilizan para el análisis de escenarios RCP8.5, mientras que para el escenario RCP4.5 se utilizan las proyecciones del proyecto ESCENARIOS I, al no estar todavía disponibles en el proyecto más reciente. También se utilizan las proyecciones para algunos indicadores la colección de Escenarios PNACC 2017¹. En el caso de las proyecciones marinas se utilizan los Escenarios en la costa española (C3E²).

¹<http://escenarios.adaptecca.es/info>

²<https://c3e.ihcantabria.com/>





Bases del cambio climático



Naturklima
Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa

**Gipuzkoako
Foru Aldundia**
Departamento de Medio Ambiente
y Obras Hidráulicas



ETORKIZUNA ORAIN
Es futuro

1.1 INTRODUCCIÓN

El sistema climático es un sistema complejo que consta de cinco componentes principales — atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera — y de las interacciones entre ellos. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y por efecto de forzamientos externos, como las erupciones volcánicas o las variaciones solares, y de forzamientos antropógenos, como el cambio de composición de la atmósfera o el cambio de usos del suelo.

La influencia humana sobre el sistema climático

es clara. A tenor de las crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera es evidente: contribuyen a un forzamiento radiativo positivo, y por tanto al calentamiento observado.

Numerosos análisis científicos independientes de observaciones del sistema climático proporcionan evidencias del calentamiento del sistema climático global. No solo se basa en la tendencia al alza en la temperatura media global, sino que la consistencia entre los distintos componentes del Sistema climático proporciona la evidencia inequívoca del calentamiento.

“ El calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado (IPCC, 2013). ”

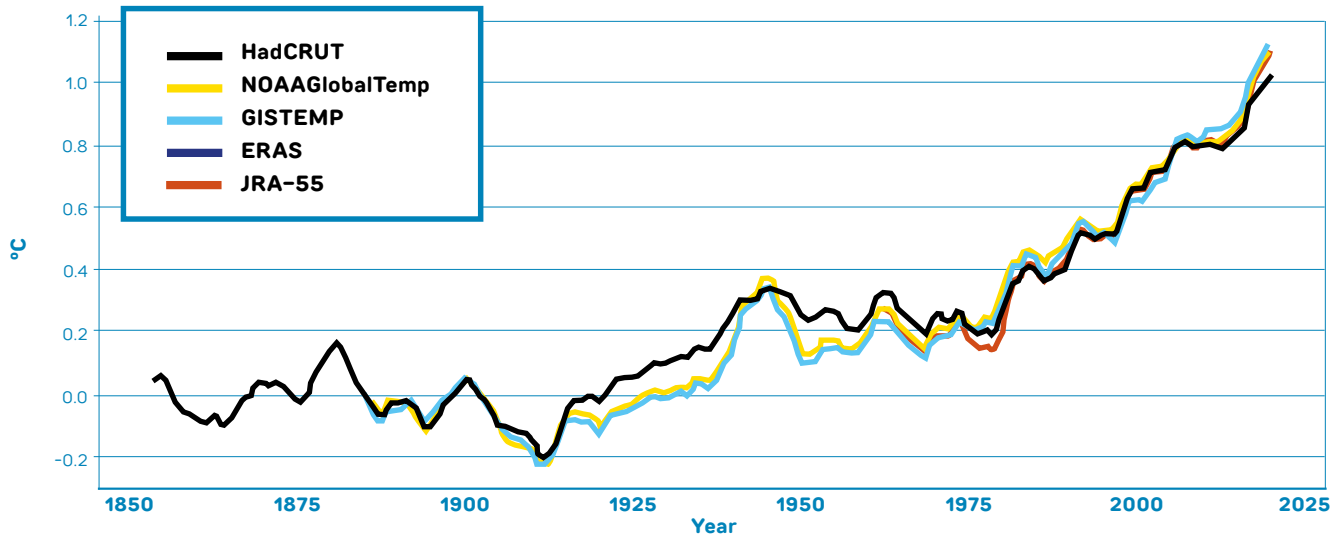
1.2 TEMPERATURA

Cada uno de los tres últimos decenios ha sido sucesivamente más cálido en la superficie de la Tierra que cualquier decenio anterior desde 1850 (IPCC,

2013). En el hemisferio norte, es probable que el período 1983–2019 haya sido el período más cálido de los últimos 1400 años (nivel de confianza medio).

GLOBAL	NASA-GISS	HadCRUT4	NOAA-Global Temp	JMA	ERA5	ERA-Int	JRA-55
SUPERFICIE TERRESTRE	+0.58	+0.48±0.13	+0.50±0.14	+0.56	+0.64	+0.58	+0.54
SUPERFICIE OCEÁNICA	+0.29	+0.27±0.07	+0.30±0.16	+0.24	+0.39	+0.37	+0.33
SUPERFICIE	+0.40±0.05	+0.30±0.08	+0.36±0.15	+0.31	+0.46	+0.43	+0.39

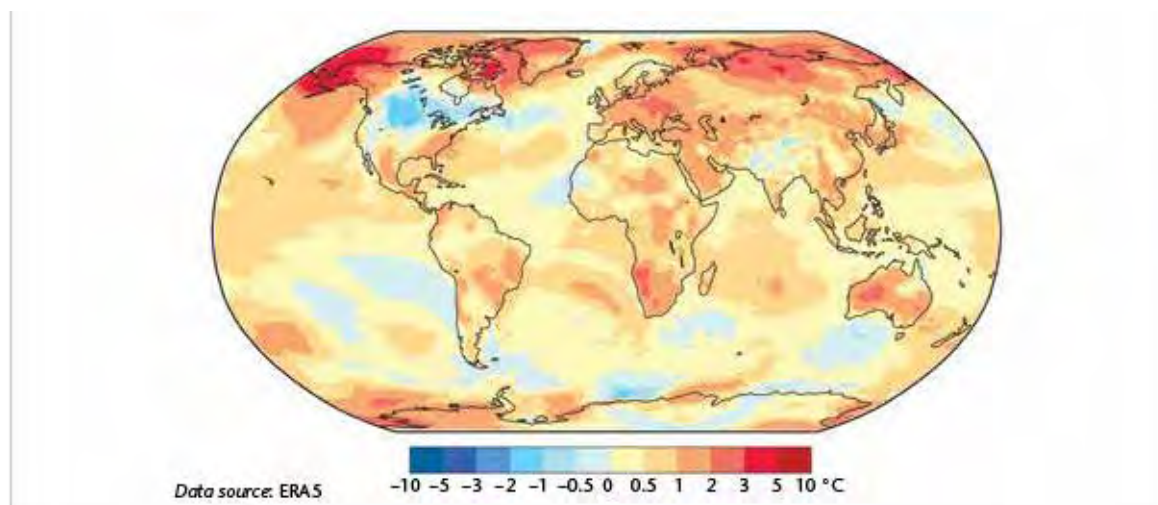
1.1 Tabla. Anomalía en el promedio temperatura (°C) e incertidumbre (I.C. 95%) en 2018 en la superficie terrestre, oceánica y combinada, relativa al periodo 1981–2010. Fuente: Blunden & Arndt (2019).



1.1 Fig. Media móvil de cinco años de la anomalía de la temperatura global (relativa a la pre-industrial) desde 1894 a junio de 2019 elaboradas a partir de cinco bases de datos: HadCRUT.4.6.0.0, NOAA GlobalTemp v5, GISTEMP v4, ERA5, y JRA-55. Fuente: Met Office (2019).

Los datos de temperatura de la superficie terrestre y oceánica, combinados y promediados globalmente, calculados a partir de una tendencia lineal, muestran un calentamiento de 0,85 [0,65 a 1,06] °C, durante el período 1880–2012, para el que se han producido de forma independiente varios conjuntos de datos. El incremento total entre el promedio del período 1850–1900 y el período 2003–2012 es de 0,78 [0,72 a 0,85] °C (IPCC, 2013).

A escala global, el período 2015–2019 es el período más cálido de la tierra desde que hay registros. Se estima que la temperatura está 1,1°C por encima de la temperatura anterior a la era industrial (1850–1900) y en torno a 0,2°C por encima del período 2011–2015. El año 2018 fue el cuarto año más cálido [0,3 a 0,4 °C superior al período 1981–2010], por detrás de 2016, 2015 y 2017 (Blunden & Arndt, 2019). Los meses de julio de 2019 y julio de 2016 los meses más cálidos del registro (C3S, 2019).

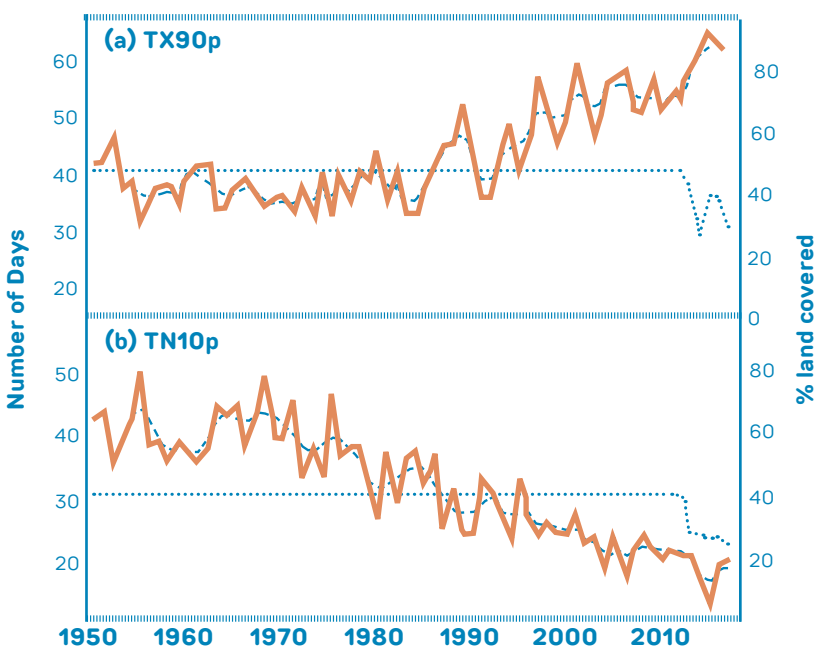


1.2 Fig. Anomalía de temperatura (°C) de 5 años, 2015–2019 (junio), respecto a la media 1981–2010 (NASA GISTEMP v4, 2019). Fuente: Blunden & Arndt (2019).

El calentamiento no es uniforme, debido a diversos factores como la variabilidad interna del clima y variaciones regionales en los mecanismos de retroalimentación y absorción del calor, hay regiones más expuestas al calentamiento, mientras que otras se enfrían ligeramente (Hartman et al., 2013). En general, el calentamiento ha sido mayor a altas latitudes, el este de Europa, Oriente Medio y partes del Atlántico Norte y Pacífico Norte, donde la temperatura fue, por lo menos, 1°C superior a la temperatura media para el periodo 1981–2010.

Asociada a este incremento de la temperatura media, las temperaturas máximas extremas también han subido, mientras que se ha reducido la frecuencia y la intensidad

de las temperaturas frías extremas. En 2018 continuó este patrón, con olas de calor más frecuentes e intensas, como los episodios de unos 10 días de duración en Europa central o el aumento generalizado del número de días con temperaturas máximas superiores a 30°C (Blunden & Arndt, 2019). Esta tendencia continuó en 2019, con dos olas de calor muy intensas en verano (finales de junio y de julio respectivamente) en las que se registraron nuevos récords en varios países europeos (Bélgica, Alemania, Luxemburgo, Holanda y Reino Unido) así como en numerosas localidades de Francia y España (C3S, WMO, 2019).



1.3 Fig. Serie temporal de (a) TX90p³ (días cálidos) y (b) TN10p⁴ (noches frías). Fuente: Blunden & Arndt (2019).

³TX90p: Frecuencia de temperaturas máximas superiores al percentil 90 (días cálidos)

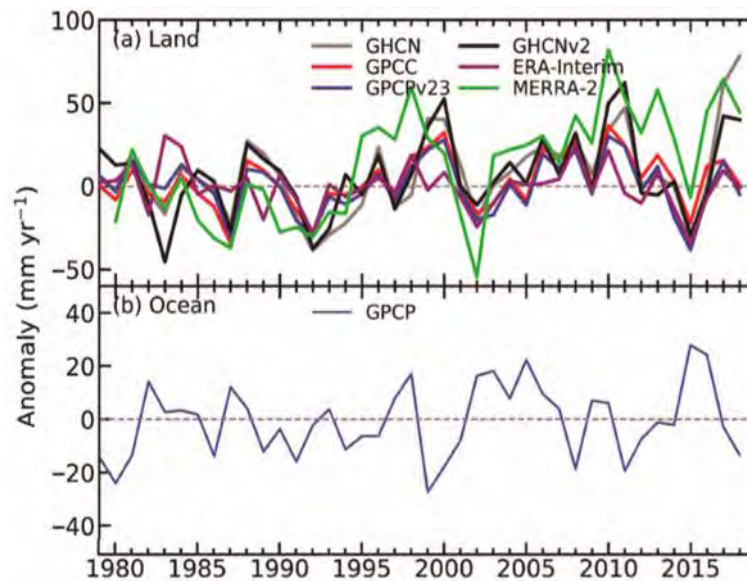
⁴ TN10p: Frecuencia de ocurrencia de temperaturas mínimas por debajo del percentil 10 (noches frías)

1.3 PRECIPITACIÓN

Los efectos del aumento de la concentración de GEI sobre el ciclo hidrológico y la precipitación son mucho más complejos de analizar que sobre la temperatura. Esto se debe a la mayor variabilidad de la precipitación, tanto espacial como temporal. Por ello, las tendencias en la serie temporal de precipitación son mucho menores que la variabilidad que muestra la temperatura.

Observar el valor promedio global de la precipitación es mucho más difícil que en el caso de la temperatura. Pueden llegar a existir grandes diferencias entre las distintas bases de datos, cuya precisión y sensibilidad dependen de la cobertura espacial de los datos, los

controles de calidad que aplican o los métodos de interpolación y promediado utilizados. Estas bases de datos sí que muestran tendencias parecidas para la variabilidad interanual o multidecadal, sin embargo, las estimaciones globales para un año en concreto pueden ser muy diferentes. En promedio, las precipitaciones han aumentado sobre las zonas continentales de latitudes medias del hemisferio norte desde 1951 (nivel de confianza alto). En otras latitudes, el nivel de confianza en las tendencias positivas o negativas a largo plazo es bajo (IPCC, 2013).



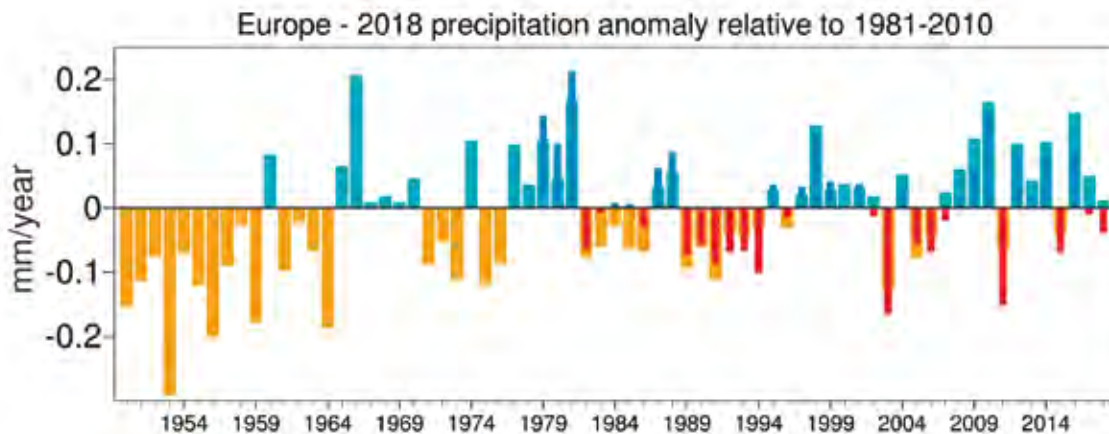
1.4 Fig. Anomalía de la precipitación global (mm año⁻¹) respecto al periodo base 1981-2010 sobre (a) superficie terrestre) y (b) superficie oceánica. Fuente: figura modificada a partir de Blunden & Arndt (2019).

Para el año 2018, las estimaciones de la anomalía de precipitación respecto al periodo 1981-2010 varía aproximadamente entre -5 mm a más de 78 mm, por lo tanto, existe una gran variabilidad entre las distintas bases de datos disponibles (ej., GPCP, Becker et al. 2013; GPCP, Adler et al. 2018; ERA-Interim, Dee et al. 2011; GHCNv2; Peterson & Vose 1996; MERRA-2, Reichle et al. 2017) (Blunden & Arndt, 2019).

En Europa, la precipitación promedio para 2018 estuvo dentro de los valores medios. Sin embargo, hubo marcadas diferencias espaciales. Así, en general, el año

fue seco en el norte de Europa mientras que en el sur fue muy húmedo (C3S, 2018). Por ejemplo, para el conjunto de España el año 2018 fue muy húmedo, un 25% por encima del valor medio según el periodo de referencia 1981-2010 (AEMET, 2018).

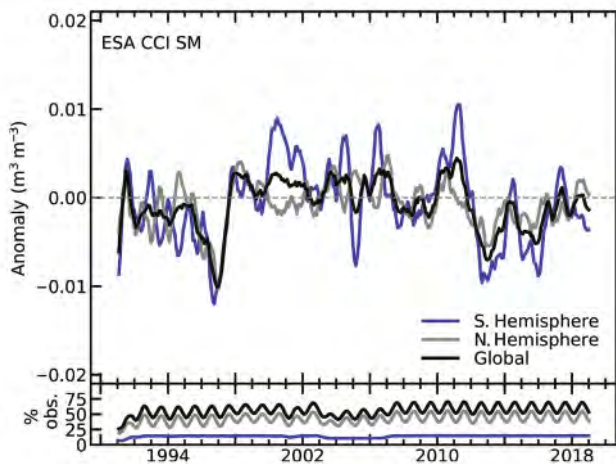
Los cambios observados en el patrón de precipitaciones extremas son en general mayores que para la precipitación promedio anual. En probable que, a escala global, el número de eventos de precipitación extrema haya aumentado en un gran número de regiones desde 1950 (Hartman et al., 2013).



1.5 Fig. Anomalía de la precipitación europea anual, respecto a la precipitación media anual para el periodo 1981-2010. Elaborado a partir de ERA5 (en rojo y azul) y E-OBS (en naranja y azul claro). Fuente: C3S (2018).

1.4 HUMEDAD DEL SUELO

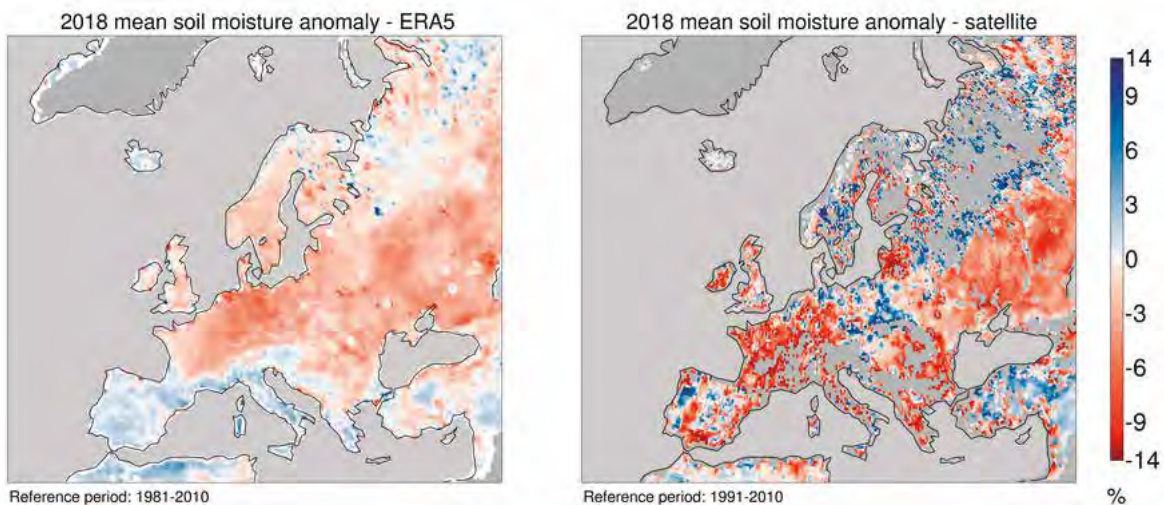
Las anomalías y tendencias de la humedad del suelo a nivel global presentan un nivel de acuerdo bajo, dependen en gran medida de la fuente de datos utilizada (de su cobertura temporal, cambios en el tiempo, imposibilidad de medir bajo vegetación densa o suelos cubiertos por hielo o nieve).



1.6 Fig. Serie temporal global, para el hemisferio norte y el hemisferio sur, de la anomalía de humedad del suelo para el periodo 1991-2018, respecto al periodo base 1991-2010. Fuente: ESA CCI Soil Moisture (2019).

El valor de la humedad del suelo promedio para 2018 fue muy próximo a los valores normales, si bien se produjeron distintos extremos tanto positivos como negativos en distintas regiones. Además, presenta una marcada estacionalidad. Sin embargo, el área afectada por condiciones de sequía aumentó respecto a 2017 (Blunden & Arndt, 2019). En Europa, el valor medio fue el más bajo

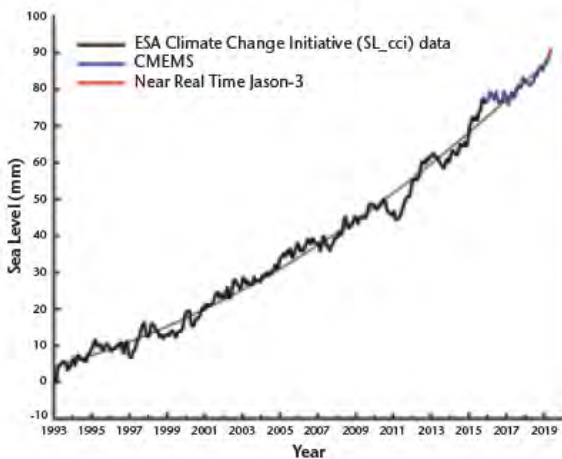
desde al menos 1979, mostrando una clara disminución durante las últimas cuatro décadas. Sin embargo, no todas las regiones mostraron valores bajos de humedad del suelo, éstas se concentraron en los países del norte, mientras que al sur de Europa la humedad del suelo fue más elevada de lo normal (C3S, 2018).



1.7 Fig. Anomalía de la humedad del suelo promedio anual para 2018 (izq.) respecto al periodo base 1981-2010 para ERA5 y (dcha.) respecto al periodo base 1991-2010 a partir de C3S soil moisture v201812 PASSIVE. Fuente: C3S (2018).

1.5 NIVEL DEL MAR

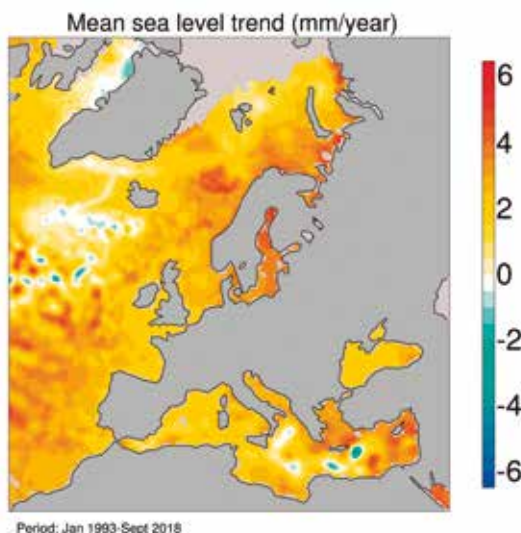
El nivel medio del mar se ha elevado cerca de 81 mm desde comienzos de 1993 (desde que se registran datos de altimetría). La tasa media de elevación es de $3,3 \pm 0,4 \text{ mm año}^{-1}$ (C3S, 2019). Sin embargo, este ritmo se ha intensificado durante los últimos años. Así, mientras que para el periodo 1997–2006 el ritmo de elevación fue de $3,04 \text{ mm año}^{-1}$, en la siguiente década, 2007–2016, este fue $4,36 \text{ mm año}^{-1}$ (WMO, 2019).



1.8 Fig. Serie temporal del nivel medio del mar determinado a partir de altimetría para el periodo enero 1993–mayo 2019. La línea fina negra muestra el ritmo de aceleración de la elevación del nivel del mar. Fuente de datos: ESA, CMEMS, Jason-3 (WMO, 2019).

Desde principios de la década de 1970, la combinación de la pérdida de masa de los glaciares y la expansión térmica del océano, provocada por el calentamiento (efecto estérico), dan razón de aproximadamente el 75% de la elevación observada del nivel medio global (nivel de confianza alto). Durante el período 1993–2010, la elevación media mundial del nivel del mar coincide, con un nivel de confianza alto, con la suma de las contribuciones observadas de la expansión térmica del océano debida al calentamiento ($1,1 [0,8 \text{ a } 1,4] \text{ mm año}^{-1}$), de los cambios en

los glaciares ($0,76 [0,39 \text{ a } 1,13] \text{ mm año}^{-1}$), el manto de hielo de Groenlandia ($0,33 [0,25 \text{ a } 0,41] \text{ mm año}^{-1}$), el manto de hielo de la Antártida ($0,27 [0,16 \text{ a } 0,38] \text{ mm año}^{-1}$) y el almacenamiento terrestre de agua ($0,38 [0,26 \text{ a } 0,49] \text{ mm año}^{-1}$), (IPCC, 2013). Sin embargo, la contribución de los cambios en los glaciares y los mantos de hielo oceánicos ha aumentado en el tiempo y ya son la principal causa de elevación del nivel medio global del mar (~70% del total), por delante de la contribución estérica (World Research Programme Sea Level Budget Group, 2018).



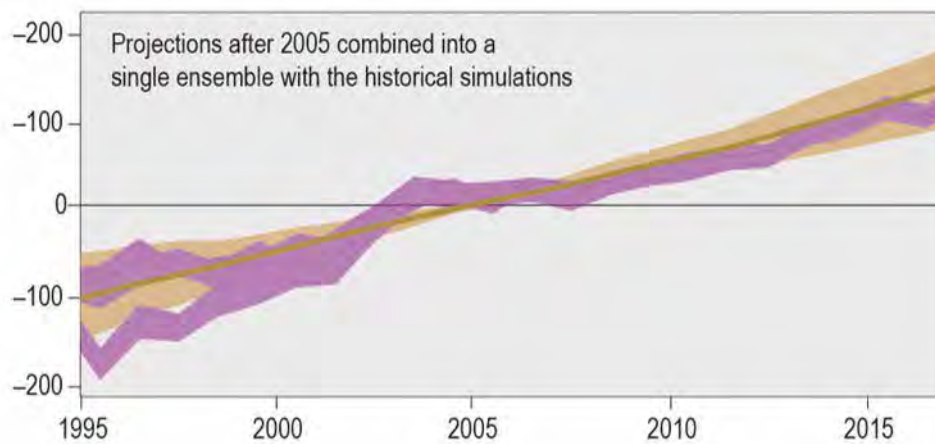
Los cambios observados regionalmente pueden ser muy diferentes de los cambios globales. A pesar de que el incremento global es de aproximadamente 8 cm, en algunas regiones la elevación ha sido de entre 15 y 20 cm. En Europa, la mayoría de las áreas muestran una elevación de $1\text{--}4 \text{ mm año}^{-1}$, incrementándose a $2\text{--}4 \text{ mm año}^{-1}$ en las proximidades a la costa (C3S, 2019). Sin embargo, esta tasa puede ser no representativa de los cambios reales observados en la costa. Esto se debe principalmente a que los satélites no capturan procesos locales como puede ser el remonte del oleaje en la costa y a la propia resolución espacial de las medidas (aproximadamente 25 km).

1.9 Fig. Tasa de elevación del nivel del mar (mm año^{-1}) desde que existen medidas de satélite (enero 1993–septiembre 2018). Los datos no han sido corregidos para el ajuste isostático glacial (elevación de la masa terrestre en respuesta a glaciares históricos). Fuente: C3S/CMEMS (2018).

1.6 OCÉANOS

Los océanos son elementos clave en la regulación del clima, desde la escala regional a la global. Absorben aproximadamente el 90% del calor acumulado en el sistema climático (nivel de confianza alta) (IPCC, 2013) y el 20-30% de las emisiones antropogénicas de CO₂ (Le Quéré et al., 2018).

El almacenamiento de calor y por tanto el calentamiento, se han intensificado desde 1993, desde 3,22 ± 1,61 ZJ año⁻¹ (0-700 m) y 0,97 ± 0,64 ZJ año⁻¹ (700-2000 m) entre 1969 y 1993, a 6,28 ± 0,48 ZJ año⁻¹ (0-700 m) y 3,86 ± 2,1 ZJ año⁻¹ (700-2000 m) para el periodo comprendido entre 1993 y 2017 (IPCC, 2019).



1.10 Fig. Serie temporal de la anomalía en el contenido de calor (ZJ) del océano global, integrado desde la superficie hasta 2000 (periodo de referencia 2000-2010). Las cuatro líneas magenta corresponden a valores muy probables de anomalía en el contenido de calor determinada a partir de cuatro grupos de observaciones independientes (Palmer et al., 2007; Lyman and Johnson, 2014; Cheng and Chen, 2017; Cheng et al., 2017; Ishii et al., 2017). La línea marrón corresponde a simulaciones para este periodo. Fuente: Bindoff et al. (2019).

	1969-1993	1993-2017	1970-2017	2005-2017
0-700m	3,22 ± 1,61	6,28 ± 0,48	4,35 ± 0,80	5,31 ± 0,48
700-2000m	0,97 ± 0,64	3,86 ± 2,09	2,25 ± 0,64	4,02 ± 0,97

1.2 Tabla. Tasa de absorción de calor en el océano (ZJ año⁻¹). Fuente: tabla modificada a partir de IPCC (2019).

Durante el año 2018, los primeros 2000 m de la columna de agua aumentaron su contenido en calor respecto al año 2017. La tendencia lineal para el periodo 2004-2018 es aproximadamente de 0,18 °C decada⁻¹ cerca de la superficie, disminuyendo con la profundidad a una tasa inferior a 0,03 °C decada⁻¹ por debajo de 300 dbar y alrededor de 0,01 °C decada⁻¹ a 2000 dbar.

Es muy probable que el océano haya absorbido hasta el 20-30% de las emisiones antropogénicas globales de CO₂, provocando su acidificación (IPCC, 2013). Esta

absorción se ha intensificado en las dos últimas décadas en respuesta al incremento de concentración de CO₂ en la atmósfera, de 2,0 ± 0,5 Pg C año⁻¹ a principios de la década de los 80, a 2,8 ± 0,5 Pg C año⁻¹ en el periodo 2010-2015. En consecuencia, el pH del agua del océano superficial ha disminuido en 0,1 desde el comienzo de la era industrial (nivel de confianza alto), lo que corresponde a un aumento del 26% en la concentración de iones de hidrógeno (IPCC, 2013).

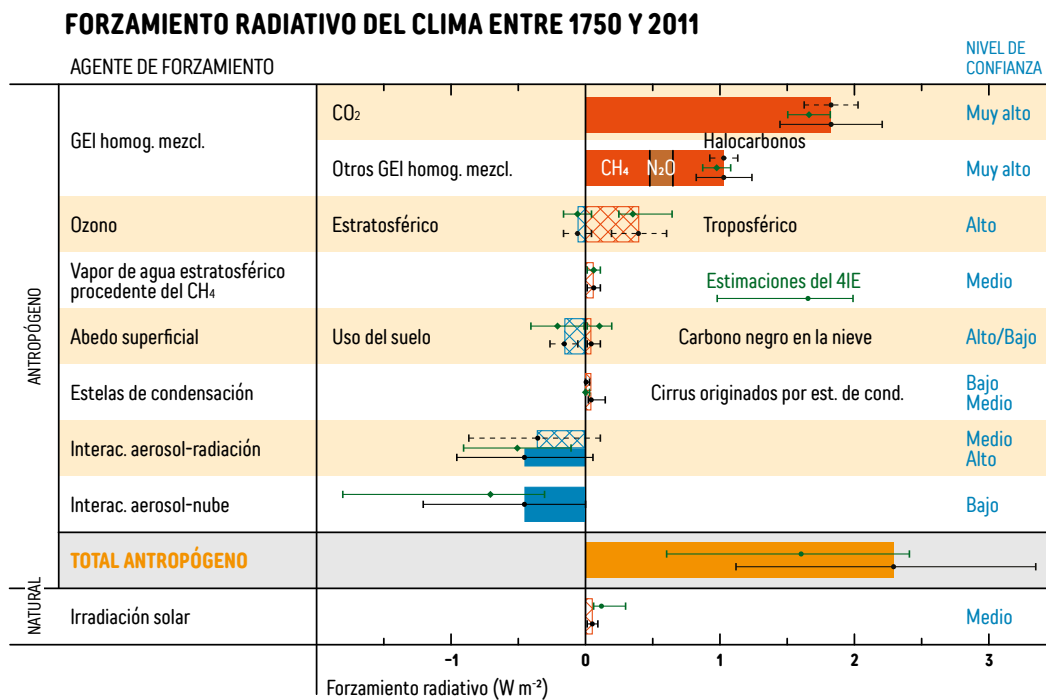
2.1 INTRODUCCIÓN

El balance energético de La Tierra es el resultado de la relación entre la radiación solar incidente, en forma de onda corta, y la radiación emitida hacia el espacio, en forma de radiación de onda larga. Las sustancias y procesos, tanto naturales como antropogénicos, que alteran este balance energético son impulsores del

cambio climático. El forzamiento radiativo es una medida de la variación neta del balance energético del sistema Tierra en respuesta a estas perturbaciones externas. Cuando el forzamiento radiativo es positivo conduce a un calentamiento y, cuando es negativo, a un enfriamiento.

“ El forzamiento radiativo total es positivo y ha dado lugar a la absorción de energía por el sistema climático. La principal contribución al forzamiento radiativo total proviene del aumento en la concentración de CO₂ en la atmósfera que se viene produciendo desde 1750 (IPCC, 2013). ”

A escalas temporales de décadas o siglos, los principales componentes del forzamiento radiativo que pueden inducir variaciones en el mismo son: cambios en la radiación solar, erupciones volcánicas, cambios en la composición atmosférica y de los usos del suelo.



2.1 Fig. Forzamiento debido a los cambios de concentración entre 1750 y 2011 con intervalos de incertidumbre asociados (las barras coloreadas representan el forzamiento radiativo efectivo, las barras rayadas el forzamiento radiativo, y los rombos verdes y las incertidumbres asociadas representan el forzamiento radiativo estimado en el Cuarto Informe de Evaluación (AR-4). Fuente: IPCC (2013).

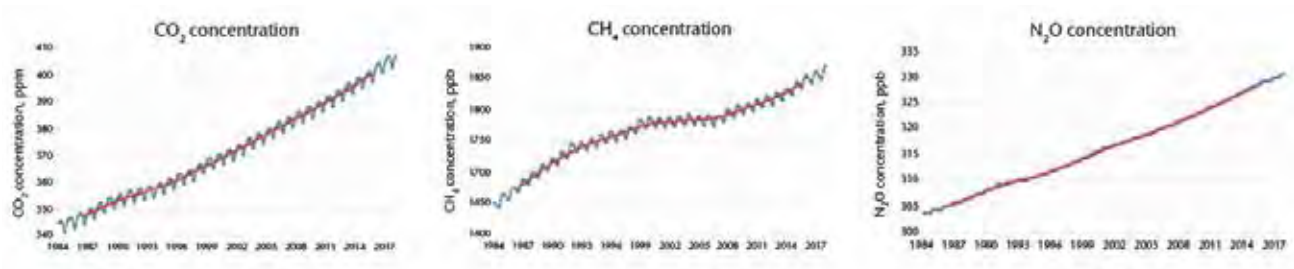
Durante todo el siglo pasado, el forzamiento radiativo natural total provocado por los cambios en la irradiación solar y los aerosoles volcánicos estratosféricos contribuyó poco al forzamiento radiativo neto, excepto en breves períodos posteriores a grandes erupciones volcánicas.

La actividad humana contribuye al cambio del balance

radiativo al modificar la composición atmosférica, ya sea de forma directa (mediante la emisión de gases o partículas) o indirecta (por medio de la química atmosférica) o al cambiar el albedo de la superficie por cambios de usos del suelo, y por tanto cambiando la cantidad de radiación solar absorbida.

	CONCENTRACIÓN			TASA DE CRECIMIENTO		
	2015-2017	2011-2015	2015-2017 % CAMBIO	2015-2017	2011-2015	% CAMBIO
CO₂	403	395,5	145	2,6	2,2	+18 %
CH₄	1851,7	1826,4	256	8,7	7,2	+21%
N₂O	329,1	326,2	122	0,87	0,73	+19%

2.1 Tabla. Concentración de CO₂ (ppm), CH₄ (ppb) y N₂O (ppb), su tasa de crecimiento (ppm/año para CO₂, ppb/año para CH₄ y N₂O) media para 2015-2017 y 2011-2015, el cambio relativo en tasas de crecimiento entre 2011-2015 y 2015-2017 y el porcentaje de la concentración de 2015-2017 relativa a la concentración pre-industrial (base 1750). Fuente: WMO Global Atmosphere Watch.



2.2 Fig. Serie temporal de la concentración media global de CO₂ (ppm), CH₄ (ppb) y N₂O (ppb). La línea azul corresponde a las medias mensuales mientras que la línea roja muestra la media móvil de 5 años de la concentración media mensual global. Fuente: WMO Global Atmosphere Watch.

Es seguro que la creciente carga atmosférica de la mayor parte de los gases de efecto invernadero homogéneamente mezclados, particularmente el CO₂, ha dado lugar a un nuevo aumento del forzamiento radiativo (IPCC, 2013). El aumento en las concentraciones de CH₄ y N₂O refuerzan también un mayor forzamiento radiativo.

Las concentraciones de CO₂, CH₄ y N₂O superan hoy, considerablemente, a las concentraciones más altas

registradas en los núcleos de hielo correspondientes a los últimos 800.000 años (Masson-Delmotte et al., 2013). Las concentraciones medias globales para el año 2018 son 407,4 ± 0,1 ppm para el CO₂, 1857,7 ± 0,8 ppb para el CH₄ y 330,9 ± 0,1 ppb para N₂O. Las tasas de crecimiento en 2018 respecto a 2017 son de 2,5 ± 0,1 ppm para CO₂, 8,1 ± 0,9 ppb para CH₄ y 1,1 ± 0,2 ppb para N₂O.

3.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo analiza los principales cambios observados en variables climáticas (temperatura y precipitación) en el territorio guipuzcoano. Las variaciones recientes e históricas de las variables climáticas, sobre todo de la temperatura y precipitación, analizadas a partir de series climáticas homogeneizadas, permiten evaluar la evolución del clima.

Gipuzkoa presenta un clima atlántico, esto es, un clima húmedo de latitudes templadas sin estación seca. Este se caracteriza por temperaturas moderadas con escasa oscilación térmica anual, normalmente inferior a 10°C, y abundantes precipitaciones, bien distribuidas a lo largo del año, aunque menos cuantiosas en los meses estivales.

La situación latitudinal del territorio se traduce en una compleja dinámica atmosférica, con predominio de situaciones frontales, que explican el elevado número de días con precipitación. Las temperaturas moderadas a lo largo del año se deben, en parte, también a estas situaciones frontales que se traducen en una abundante nubosidad, y en segundo lugar a la proximidad al mar. La orografía, y la disposición del relieve en particular, juegan asimismo un papel importante actuando como elementos que modifican los procesos atmosféricos, intensificándose la oscilación térmica en los valles del interior e incluso en el corredor sublitoral.

3.2 CAMBIOS EN LA TEMPERATURA

El análisis de los cambios observados en los principales indicadores del clima se basa en los datos climatológicos históricos para el periodo 1971-2016 de alta resolución (1 km x 1 km) elaborados en el marco del proyecto Klimatek-2016 y actualizados en 2019 (Klimatek, 2017) (datos disponibles en <http://escenariosklima.ihobe.eus>). Se ha analizado la evolución del clima pasado mediante el análisis de las tendencias de las distintas variables, esto es, la pendiente de la recta de regresión lineal ajustada a la serie temporal. Se ha determinado la significancia de la tendencia con un error tipo I del 5% ($\alpha=0,05$).

Es muy probable que la temperatura media de Gipuzkoa haya aumentado ligeramente y que se incremente más en el futuro.

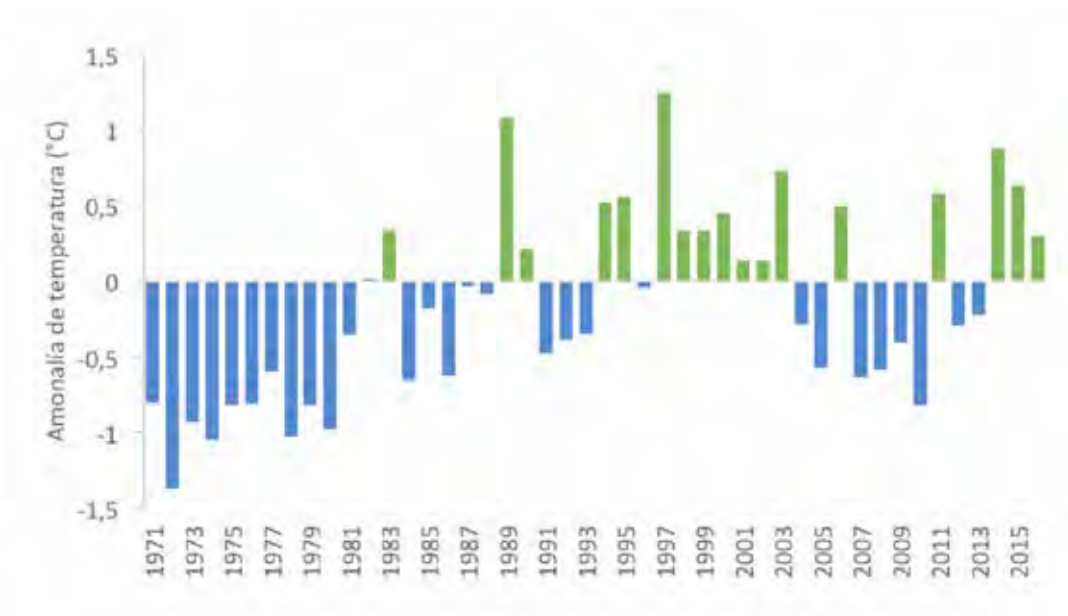
DÉCADA	PROMEDIO	ANOMALÍA
1971-1980	12,53	-0,92
1981-1990	13,41	-0,03
1991-2000	13,66	+0,21
2001-2010	13,27	-0,18
2010-2016	13,70	+0,31

3.1 Tabla. Promedio de la temperatura media y anomalía respecto al periodo de referencia 1981-2010. Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

La temperatura media anual presenta una ligera tendencia positiva desde el año 1971 (0,024°C año⁻¹). El calentamiento no es uniforme a lo largo de la serie. La anomalía de temperatura, respecto a la media del periodo 1981-2010, muestra tres periodos diferenciados. Uno hasta la década de los 80, marcada por temperaturas en torno a 1°C inferiores a este periodo medio, seguida de un periodo cálido, con alternancia de algún año frío, y con el máximo calentamiento para el año 1997. Entre 2001 y 2010 le sigue un periodo ligeramente más frío y los años 2014-2016 vuelven a mostrar temperaturas claramente superiores a la temperatura media.

La temperatura media anual presenta una ligera tendencia positiva desde el año 1971 ($0,024^{\circ}\text{C año}^{-1}$). La temperatura media de invierno no muestra ninguna tendencia significativa, al contrario que el resto de estaciones, con el calentamiento más acusado en primavera, seguido del verano.

Además, este calentamiento no es uniforme para las distintas estaciones del año. La temperatura media de invierno no muestra ninguna tendencia significativa, al contrario que el resto de estaciones, con el calentamiento más acusado en primavera, seguido del verano.



3.1 Fig. Evolución de la anomalía de temperatura media anual relativa a la temperatura media anual del periodo 1981-2010. Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

La serie de temperatura registrada en el observatorio de Igeldo muestra un aumento intenso de la temperatura durante las décadas de los 80 y 90 del pasado siglo y una temperatura más estable durante la primera década del S.XXI.

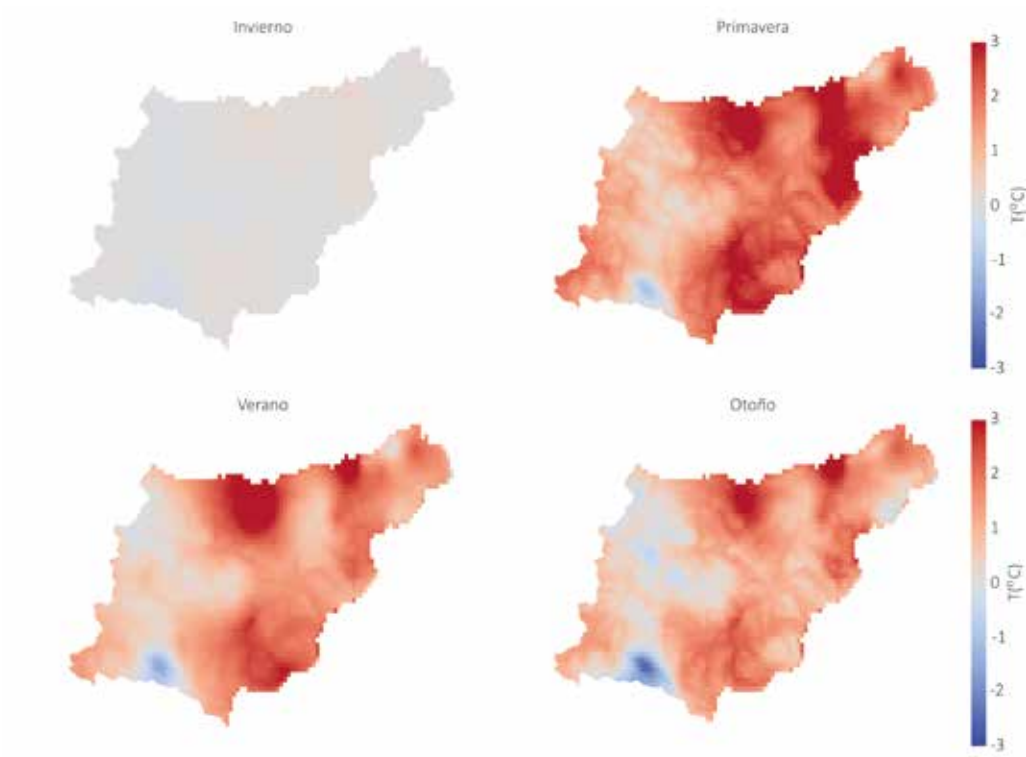


3.2 Fig. Evolución de la temperatura media anual en Donostia (1960–2018). La curva verde corresponde a una media móvil de 5 años. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la estación meteorológica Igueldo (AEMET).

Probablemente, el calentamiento tampoco ha sido uniforme a lo largo del territorio, aunque no se observan grandes diferencias. Las comarcas de Debabarrena y Debagoiena no muestran un calentamiento significativo para el periodo analizado, siendo probable el mayor calentamiento durante la primavera. Donostialdea muestra el mayor calentamiento, siendo más intenso durante la primavera que para el resto de estaciones.

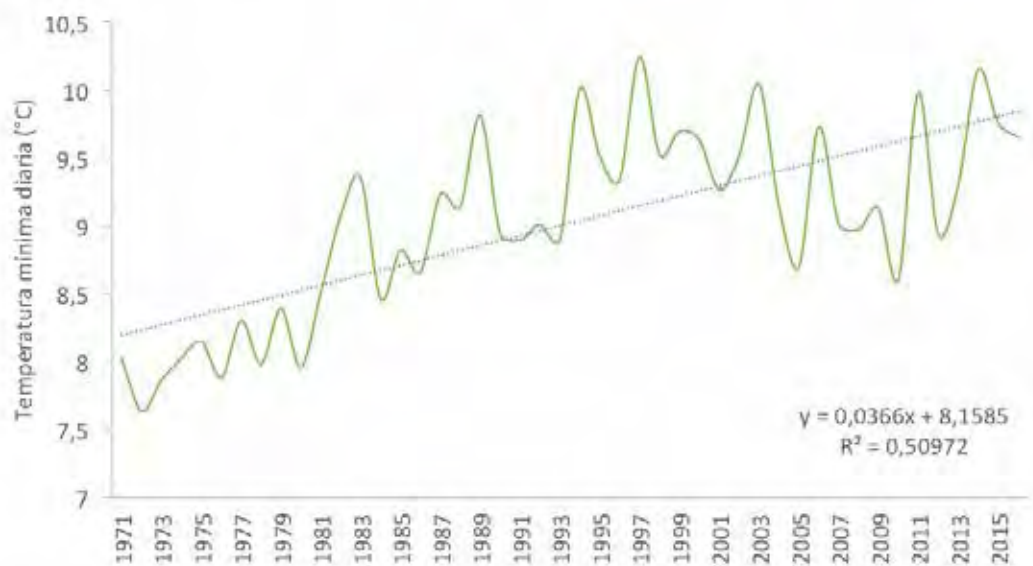
COMARCA	ANUAL	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO
BIDASOA BEHEREA / BAJO BIDASOA	0,030 ⁺	0,000	0,043 ⁺	0,034 ⁺	0,034 ⁺
DEBABARRENA/ BAJO DEBA	0,010	-0,01	0,021 ⁺	0,013	0,007
DEBAGOIENA / ALTO DEBA	0,010	-0,01	0,023 ⁺	0,011	0,008
DONOSTIALDEA / DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN	0,034 ⁺	0,012	0,052 ⁺	0,036 ⁺	0,033 ⁺
GOIERRI/GOIERRI	0,029 ⁺	0,006	0,042 ⁺	0,036 ⁺	0,031 ⁺
TOLOSALDEA / TOLOSA	0,028 ⁺	0,000	0,048 ⁺	0,034 ⁺	0,027 ⁺
UROLA-KOSTALDEA / UROLA COSTA	0,030 ⁺	0,000	0,043 ⁺	0,042 ⁺	0,030 ⁺
GIPUZKOA	0,024⁺	0,000	0,039⁺	0,030⁺	0,024⁺

3.2 Tabla. Tendencia de la temperatura media (°C año⁻¹) anual y estacional, para las distintas comarcas. ⁺ Indica las tendencias que resultan estadísticamente significativas (p-valor <0,05). Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

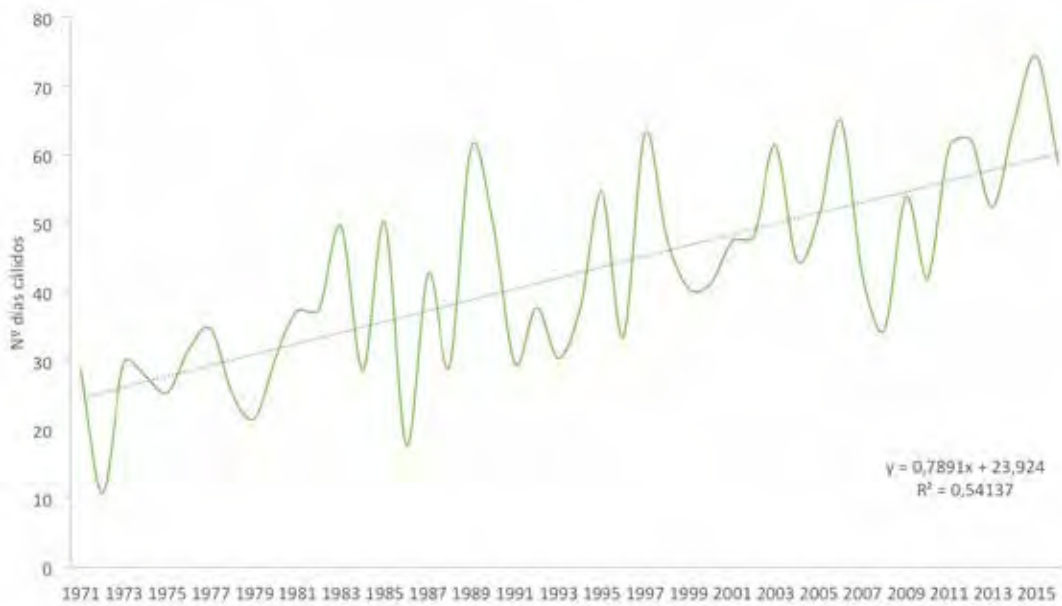


3.3 Fig. Cambios observados en la temperatura media estacional (°C) entre 1971 y 2016. Los cambios se han determinado a partir del ajuste lineal para dicho periodo a partir de la climatología de alta resolución. Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

Las temperaturas máximas y mínimas diarias han aumentado, siendo más acusado el ascenso de las temperaturas mínimas, así como los máximos de estas temperaturas mínimas. Asociado a ello, el número de días cálidos y noches cálidas y tropicales presenta una tendencia creciente. Por el contrario, el número de noches frías ha descendido.



3.4 Fig. Evolución de la media anual de las temperaturas mínimas diarias. Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

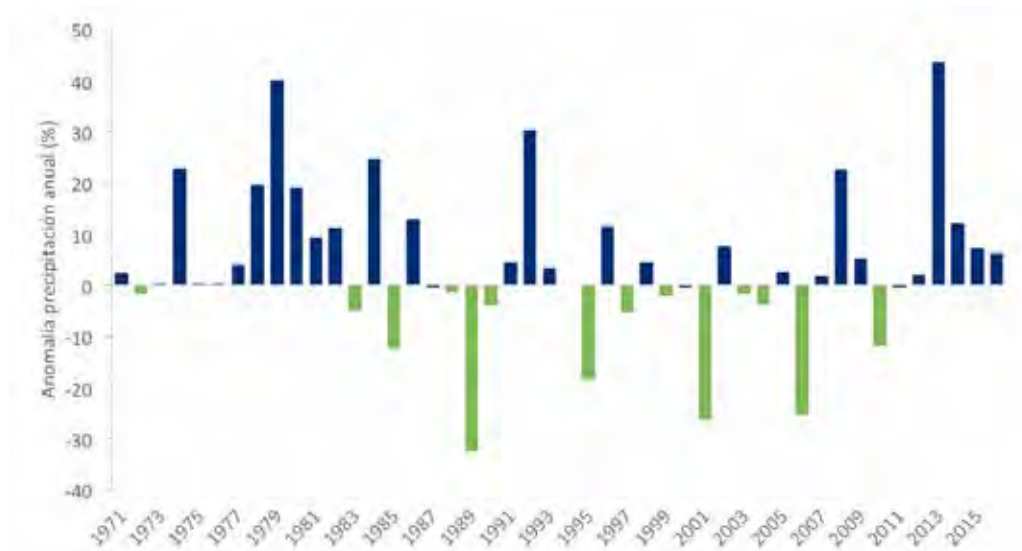


3.5 Fig. Evolución del número de días cálidos (días en los que la temperatura máxima diaria es superior al percentil 90). Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

3.3 CAMBIOS EN LA 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 analizado. Excepcionalmente, algunas de las comarcas del territorio y en determinadas estaciones del año, presentan tendencias significativas para determinadas variables.



3.6 Fig. Evolución de la anomalía de precipitación media diaria relativa a media anual del periodo 1981-2010. Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).



1.3

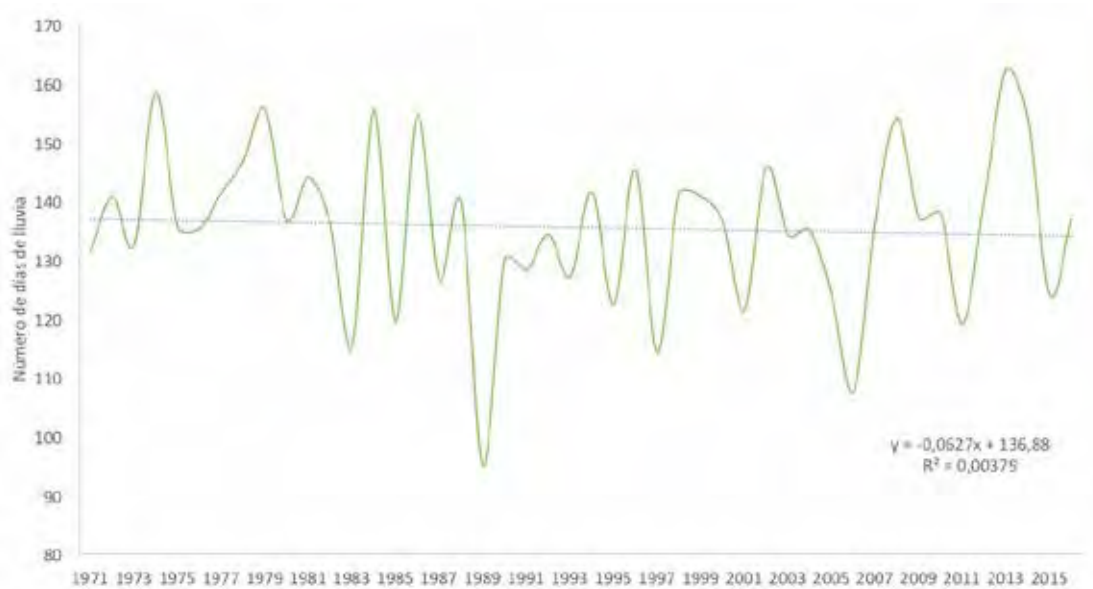
Cambios observados en las variables climáticas de Gipuzkoa



ETORKIZUNA ORAIN
Es futuro

No se observa ninguna tendencia clara en la evolución de la anomalía de precipitación media diaria respecto al periodo medio de 1981-2010. Se pueden diferenciar tres periodos, el primero más húmedo hasta 1983 cuando las

precipitaciones son, en general, superiores a la media, un periodo donde se alternan valores medios con algunos años más secos y los últimos 5 años donde la precipitación es ligeramente superior al valor normal.

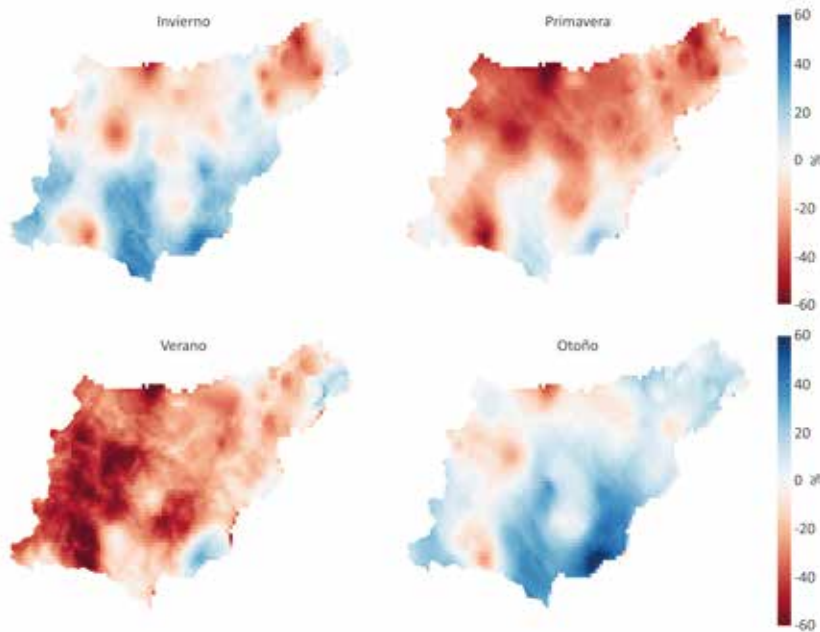


3.7 Fig. Evolución del número de días húmedos (Pr>1 mm). Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

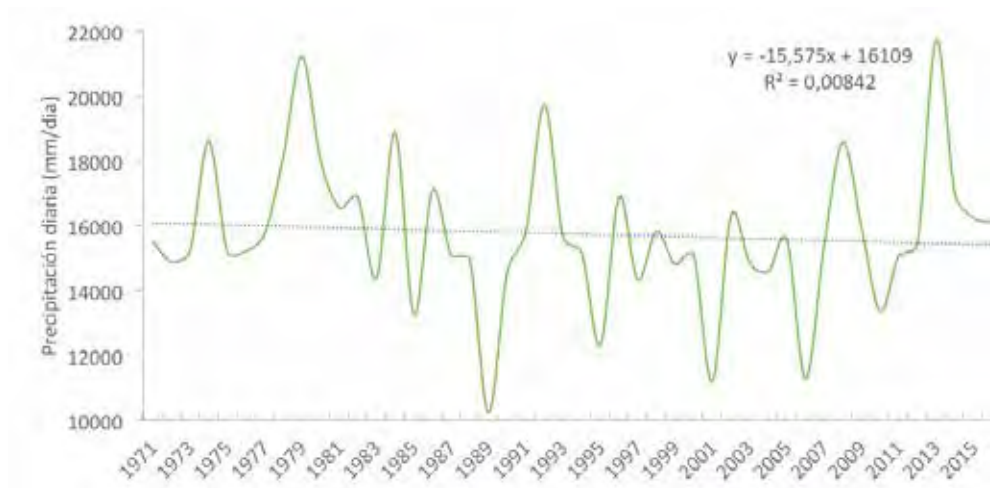
La precipitación media diaria presenta un ligero decrecimiento en la región costera, siendo únicamente significativo (p-valor<0,05) en Urola Kosta. El descenso de la precipitación media diaria es más intenso durante la

primavera, con descensos significativos en Donostialdea, Urola-Kostaldea y Debarrena. Durante el otoño, sin embargo, se observa un incremento generalizado de la 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.



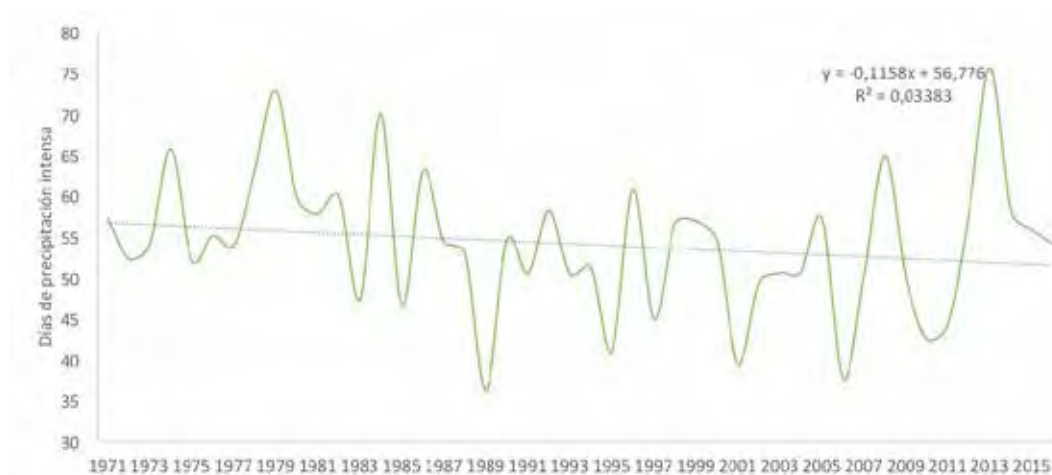
3.8 Fig. Cambios observados en la precipitación estacional normalizada (%) entre 1971 y 2016. Los cambios se han determinado a partir del ajuste lineal para dicho periodo a partir de la climatología de alta resolución. Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).



3.9 Fig. Evolución de la precipitación media diaria. Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

El promedio anual de la precipitación en días húmedos tampoco muestra ninguna tendencia para el conjunto del territorio. Son únicamente significativos los decrecimientos anuales de dicha variable en Debabarrena y Tolosaldea. Estacionalmente, se observa un decrecimiento de esta

variable en primavera para el conjunto del territorio. El número de días secos consecutivos tampoco ha variado en el periodo analizado, con un aumento significativo durante la primavera únicamente en Debabarrena y Debagoiena.



3.10 Fig. Evolución del número de días de precipitación intensa (Pr > 10 mm). Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

La evapotranspiración no muestra una tendencia clara para el conjunto del territorio. Sí se observan diferencias entre las distintas comarcas. Debagoiena, Goierri y Tolosaldea muestran un crecimiento en esta variable en

la serie histórica analizada, siendo especialmente intenso durante la primavera, coincidiendo con los mayores aumentos de temperatura media.

COMARCA	ANUAL	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO
BIDASOA BEHEREA / BAJO BIDASOA	-0,62	-0,32*	0,09	-0,33	-0,21
DEBABARRENA/ BAJO DEBA	0,00	-0,26	0,26	-0,12	-0,02
DEBAGOIENA / ALTO DEBA	0,86*	-0,12	0,54*	0,23	0,07
DONOSTIALDEA / DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN	-0,51	-0,32*	0,18	-0,29	-0,22
GOIERRI/GOIERRI	0,90*	-0,12	0,47*	0,16	0,10
TOLOSALDEA / TOLOSA	1,59*	-0,12	0,74*	0,59*	0,24
UROLA-KOSTALDEA / UROLA COSTA	0,67	-0,23	0,43*	0,24	0,08
GIPUZKOA	0,61	-0,19	0,44	0,16	0,04

3.3 Tabla. Tendencia de la evapotranspiración (mm año⁻¹) anual y estacional, para las distintas comarcas. * Indica las tendencias que resultan estadísticamente significativas (p-valor <0,05). Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

Las proyecciones de los futuros cambios del sistema climático se realizan utilizando una jerarquía de modelos climáticos, desde modelos climáticos sencillos y modelos climáticos de complejidad intermedia, hasta modelos completos y modelos del sistema Tierra. Estos son la herramienta principal para el análisis del cambio climático y su impacto en distintos sectores socio-económicos.

Estos modelos simulan cambios basados en un conjunto de escenarios de forzamientos antropógenos que afectan al sistema climático, como las emisiones de GEI. En el Quinto Informe de Evaluación (AR5-IPCC) del IPCC, para realizar las nuevas simulaciones de modelos climáticos se ha utilizado un nuevo conjunto de cuatro escenarios futuros de concentración de gases de efecto invernadero, denominados trayectorias de concentración representativas (RCP de sus siglas en inglés). Estos escenarios son una representación plausible de la evolución futura de las emisiones de sustancias que podrían ser radiativamente activas (ej. GEI y aerosoles), basadas en un conjunto coherente de supuestos sobre los

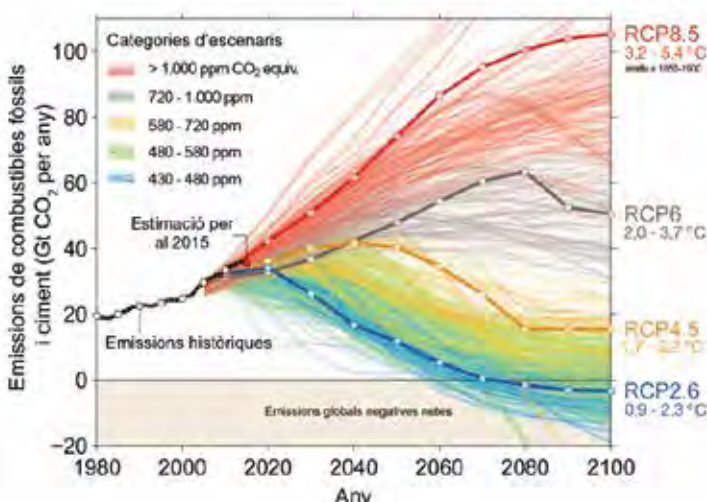
factores que las impulsan, como el desarrollo demográfico y socio-económico, el cambio tecnológico, la energía y el uso del suelo, y las principales relaciones entre ellos.

Los escenarios deberían considerarse plausibles e ilustrativos y no incluyen probabilidades. Las fuentes de incertidumbre en las proyecciones de cambio climático pueden agruparse en tres factores principales: incertidumbre asociada al escenario, debido a las inciertas emisiones y concentraciones futuras de los GEI y aerosoles; incertidumbre asociada a la modelización, debido a las limitaciones de los modelos numéricos que tratan de representar el sistema climático; y la incertidumbre asociada a la variabilidad natural, incertidumbre asociada a la variabilidad interna del sistema.

Las RCP hacen referencia, generalmente, a la trayectoria hasta el año 2100, para los cuales los modelos de evaluación integrados han generado los correspondientes escenarios de emisiones. Éstas se identifican por el forzamiento radiativo total aproximado para el año 2100 con respecto a 1750, comprenden una horquilla de entre 2,6 y 8,5 W m⁻².

	FORZAMIENTO RADIATIVO (FR)	TENDENCIA DEL FR	CO ₂ EN 20100
RCP2.6	2,6 W m ⁻²	DECRECIENTE EN 2100	421 ppm
RCP4.5	4,5 W m ⁻²	ESTABLE EN 2100	538 ppm
RCP6.0	6,0 W m ⁻²	CRECIENTE	670 ppm
RCP8.5	8,5 W m ⁻²	CRECIENTE	936 ppm

4.1 Tabla. Forzamiento radiativo (FR), tendencia del FR y concentración de CO₂ para los nuevos RCP en el AR5-IPCC (IPCC 2013).



4.1 Fig. Trayectorias de emisiones de CO₂ utilizadas en el AR5-IPCC (2013-2014). Las líneas gruesas corresponden a las cuatro trayectorias de concentración representativas utilizadas por el IPCC para generar las proyecciones de cambio climático y las líneas más difusas corresponden a las trayectorias utilizadas por el Grupo III de trabajo (WGIII) del IPCC para evaluar las alternativas de mitigación. La línea negra de las emisiones históricas proporcionadas por Carbon Dioxide Information Analysis Center y el Global Carbon Project. Fuente: Figura modificada del Tercer Informe sobre el Cambio Climático en Cataluña.

Desde los modelos globales, es necesario realizar una regionalización (término en inglés downscaling) que permita proyectar a una escala regional y local los cambios simulados por dichos modelos. En el ámbito europeo, las proyecciones regionales de cambio climático han sido producidas y actualizadas en distintos proyectos europeos: PRUDENCE (2001-2004), ENSEMBLES (2004-2009) y EURO-CORDEX (2009-actualidad). En el marco del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) se han ido elaborando también proyecciones regionalizadas de cambio climático para España, realizadas por AEMET, a partir de los modelos numéricos del AR5-IPCC y EURO-CORDEX (<http://escenarios.adaptecca.es/doc/pnacc.pdf?v=2019b>). A escala de la CAPV, en el marco de los proyectos Klimatek 2016 y Klimatek 2017-2018 (ESCENARIOS I-Elaboración de escenarios de cambio climático de alta resolución para el País Vasco y ESCENARIOS II-Escenarios de cambio climático de alta resolución para el País Vasco, Fase II: datos diarios con metodologías de corrección de sesgo) se han elaborado un atlas climatológico (periodo 1971-2015) y escenarios

regionalizados de cambio climático para el siglo XXI (2011-2040, 2041-2070, 2071-2100) de alta resolución (1km x 1 km) para distintas variables básicas (temperatura media, máxima y mínima, precipitación, evapotranspiración de referencia), a partir de simulaciones del proyecto EURO-CORDEX (<http://escenariosklima.ihobe.eus>).

A continuación, se presentan las principales proyecciones para Gipuzkoa para dos sendas representativas de concentración de CO₂ (RCP4.5 y RCP8.5), a partir de los escenarios de cambio climático de alta resolución para el País Vasco para distintos periodos (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100). Las anomalías, salvo indicación explícita, se refieren a la climatología del periodo 1971-2000.

Las distintas proyecciones de temperatura media proyectan un aumento generalizado a lo largo del S.XXI, que alcanzaría entre 3°C y 4°C a finales de siglo para el peor de los escenarios. No se observan grandes diferencias espaciales. El aumento de temperatura más elevado se espera para el otoño (4,24 ± 1,79 °C) y el menor para la primavera (2,94 ± 0,9 °C).

Las distintas proyecciones de temperatura media proyectan un aumento generalizado a lo largo del S.XXI, que alcanzaría entre 3°C y 4°C a finales de siglo para el peor de los escenarios. No se observan grandes diferencias espaciales. El aumento de temperatura más elevado se espera para el otoño (4,24 ± 1,79 °C) y el menor para la primavera (2,94 ± 0,9 °C).

COMARCA	2011-2040	2041-2070	2071-2100
BIDASOA BEHEREA / BAJO BIDASOA	0,9 (0,5-1,2)	2,0 (1,5-2,5)	3,4 (2,8-4,0)
DEBABARRENA/ BAJO DEBA	0,8 (0,4-1,2)	1,8 (1,4-2,3)	3,2 (2,7-3,8)
DEBAGOIENA / ALTO DEBA	0,8 (0,5-1,2)	1,9 (1,5-2,5)	3,3 (2,8-4,0)
DONOSTIALDEA / DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN	0,8 (0,4-1,2)	1,9 (1,4-2,4)	3,3 (2,7-3,9)
GOIERRI	0,8 (0,4-1,2)	1,9 (1,4-2,4)	3,3 (2,8-4,0)
TOLOSALDEA / TOLOSA	0,8 (0,4-1,2)	1,8 (1,4-2,4)	3,3 (2,7-3,9)
UROLA-KOSTALDEA / UROLA COSTA	0,8 (0,4-1,2)	1,8 (1,4-2,3)	3,1 (2,6-3,7)
GIPUZKOA	0,8 (0,4-1,2)	1,9 (1,4-2,4)	3,3 (2,7-3,9)

4.2 Tabla. Cambios en la temperatura media anual proyectadas, relativas al periodo base 1971-2000, bajo el escenario RCP8.5⁷. Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

Los cambios proyectados para las temperaturas máximas medias anuales, en el peor de los escenarios, coinciden con la de la temperatura media, esto es, un incremento en torno a 2°C para el segundo periodo (2041-2070) y un incremento generalizado y más acusado, 2,7-3,9°C, para finales de siglo. En el escenario RCP4.5 es probable que las temperaturas máximas asciendan alrededor de 2°C para finales de siglo. Asimismo, se proyecta una mayor frecuencia de olas de calor y de mayor duración, tanto para los escenarios RCP4.5 como RCP8.5.

Para la temperatura mínima media anual se proyecta igualmente un incremento para todo el S.XXI, más acusado para el último periodo. El incremento de temperatura mínima es ligeramente inferior, sino igual, que para la temperatura media y temperatura máxima. Como consecuencia del aumento de temperaturas mínimas, es probable que descienda el número de días de helada⁸ y aumente el número de noches tropicales⁹ (proyecciones de más de 20 noches tropicales al año en el peor de los escenarios).



4.2 Fig. Temperatura media: anomalías proyectadas por los RCPs de Euro-CORDEX bajo los escenarios RCP4.5 (izq.) y RCP8.5 (drcha.) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100. Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2016,2017).

En el caso de la precipitación, es probable un descenso de la precipitación anual media entorno al 11% para finales de siglo en el peor de los escenarios y de un 5% para el escenario RCP4.5. El descenso de la precipitación será ligeramente menor en zonas como Bidasoa Beherea, Donostialdea, o Urola-Kostaldea. En cuanto a la estacionalidad, los descensos de precipitación proyectados son mayores para el verano, con descensos que van incrementándose a lo largo del S.XXI, más acusado en el periodo 2041-2070 y el peor de los escenarios, un descenso de aproximadamente el 35%.

Es probable un descenso de la precipitación anual media entorno al 11% para finales de siglo en el peor de los escenarios y de un 5% para el escenario RCP4.5. En verano, en el peor de los escenarios se espera un descenso de las precipitaciones de aproximadamente el 35% para finales de siglo.

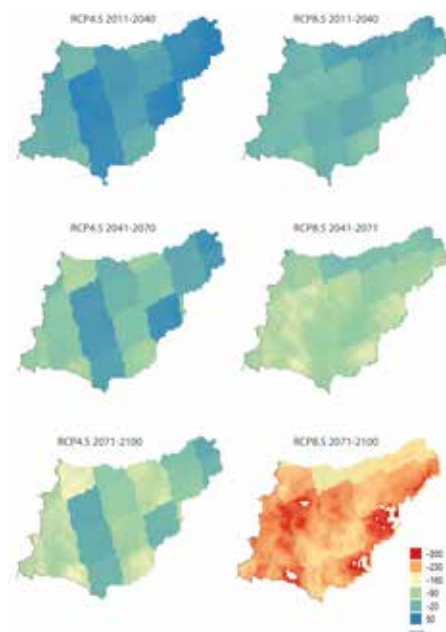
Se proyecta una disminución gradual del número de días húmedos ($Pr > 1 \text{ mm}$), alcanzando un descenso del 16% para el tercer periodo bajo el escenario RCP8.5. Todas las estaciones del año presentan un decrecimiento de estos días para finales del S.XXI, siendo esta más intensa para el verano, una disminución aproximadamente del 35% para la precipitación promedio de estos días húmedos. Sin embargo, se proyecta en general un aumento para todo el S.XXI, más acusado en el otoño.

⁷La mediana o el percentil 50 se han determinado a partir del conjunto de escenarios regionalizados Euro-CORDEX aplicando técnicas de corrección de sesgos. El percentil 25 indica que el 25% de las proyecciones de los distintos modelos muestran un cambio menor al de dicho valor. El percentil 75 señala que el 25% de las proyecciones muestran un cambio mayor al de dicho valor.

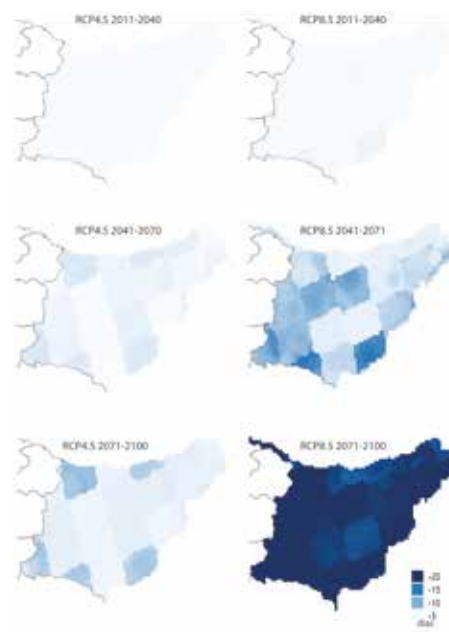
⁸Temperatura mínima < 0°C
⁹Temperatura mínima > 20°C

COMARCA	2011-2040	2041-2070	2071-2100
BIDASOA BEHEREA / BAJO BIDASOA	-3,2 (-15,2 9,0)	-3,6 (-15,3 7,5)	-7,7 (-20,9 2,3)
DEBABARRENA/ BAJO DEBA	-4,5 (-15,7 6,5)	-6,2 (-17,9 5,7)	-12,3 (-23,0 -0,3)
DEBAGOIENA / ALTO DEBA	-5,3 (-16,7 8,0)	-6,2 (-19,0 4,4)	-13,9 (-26,3 -3,6)
DONOSTIALDEA / DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN	-3,1 (-16,5 9,0)	-4,7 (-16,8 6,9)	-9,3 (-23,2 2,3)
GOIERRI	-4,7 (-16,6 9,4)	-5,3 (-17,8 5,4)	-12,3 (-22,9 3,2)
TOLOSALDEA / TOLOSA	-3,6 (-16,7 8,9)	-6,7 (-17,1 5,1)	-11,7 (-23,8 -0,8)
UROLA-KOSTALDEA / UROLA COSTA	-4,2 (-16,1 7,6)	-6,1 (-17,4 6,1)	-11,7 (-23,2 0,7)
GIPUZKOA	-4,4 (-16,2 8,4)	-5,6 (-17,6 5,4)	-11,2 (-23,2 -0,9)

4.3 Tabla. Porcentaje de cambio de la precipitación media anual proyectadas, relativas al periodo base 1971–2000, bajo el escenario RCP8.5¹⁰. Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).



4.3 Fig. Precipitación anual: anomalías (periodo base 1971–2000) proyectadas por los RCPs de Euro-CORDEX bajo los escenarios RCP4.5 (izq.) y RCP8.5 (drcha.) para los tres periodos futuros: 2011–2040, 2041–2070 y 2071–2100. Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2016,2017).



4.4 Fig. Número de días húmedos ($Pr \geq 1 \text{ mm}$): anomalías (periodo base 1971–2000) proyectadas por los RCPs de Euro-CORDEX bajo los escenarios RCP4.5 (izq.) y RCP8.5 (drcha.) para los tres periodos futuros: 2011–2040, 2041–2070 y 2071–2100. Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2016,2017).

Es probable que la precipitación se concentre en un menor número de días, con precipitaciones más intensas, seguidos de periodos sin precipitación. Así, en el peor de los escenarios, se proyecta un aumento de cerca del 10%, del número de días secos consecutivos¹¹.

¹⁰La mediana o el percentil 50 se han determinado a partir del conjunto de escenarios regionalizados Euro-CORDEX aplicando técnicas de corrección de sesgos. El percentil 25 indica que el 25% de las proyecciones de los distintos modelos muestran un cambio menor al de dicho valor. El percentil 75 señala que el 25% de las proyecciones muestran un cambio mayor al de dicho valor.

¹¹Días secos, días con $Pr < 1 \text{ mm}$





Sistema natural



Naturklima
Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa

**Gipuzkoako
Foru Aldundia**
Departamento de Medio Ambiente
y Obras Hidráulicas



ETORKIZUNA ORAIN
Es futuro

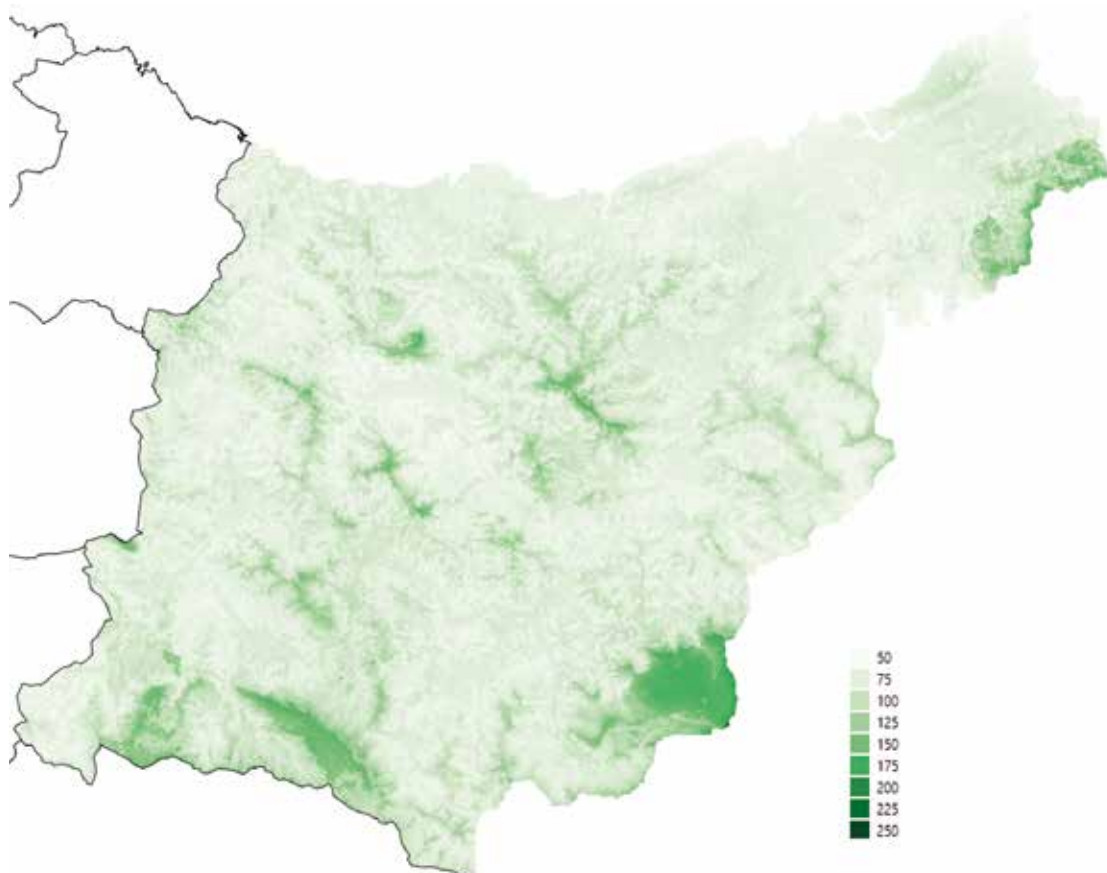
5.1 INTRODUCCIÓN

A escala humana, el suelo es un recurso no renovable que cumple diversas funciones esenciales: soporta el desarrollo de la vegetación; provee nutrientes, agua y aire a las raíces de las plantas y determina la productividad del suelo; almacena, filtra y transforma muchas sustancias como el agua, nutrientes y carbono; sirve de hábitat para muchas especies y constituye un elemento del paisaje.

Además, el suelo es un elemento importante del sistema climático y juega un doble papel en relación al cambio climático. Por un lado, actúa como captador o emisor de gases de efecto invernadero. Los primeros 30 cm del suelo, junto con la cobertura vegetal, contienen prácticamente el doble de carbono que la atmósfera, constituyendo así el segundo sumidero de carbono después de los océanos (IPCC, 2019). Por otro lado, el cambio climático puede modificar las propiedades y características de los suelos según los usos a los que se hayan destinado éstos, acelerando o retardando sus efectos y afectando a su resiliencia. Estos cambios

pueden ser directos, como consecuencia de cambios en la temperatura y consiguiente efecto sobre la materia orgánica del suelo, o indirectos como los cambios en contenido de humedad del suelo a través de cambios en la evapotranspiración de las plantas. Además, los cambios en los usos del suelo, como la deforestación o el abandono de cultivos agrava los impactos del cambio climático sobre los servicios proporcionados por el suelo.

Los suelos en Gipuzkoa presentan una cierta homogeneidad, debido por un lado a las abundantes precipitaciones que lavan los suelos generando un horizonte superficial generalmente ácido, y por otro, el predominio de terrenos con pendientes moderadas o abruptas en las que intensa erosión no permite desarrollos suficientemente largos. Así, predominan los suelos jóvenes. Las condiciones bioclimáticas de Gipuzkoa generan suelos con un horizonte superficial rico en materia orgánica y un horizonte inferior moderadamente arcilloso.



5.1 Fig. Contenido en carbono orgánico a 0-30 cm de profundidad (t C/ha). Fuente: Geoeuskadi.

5.2 IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA EDAFOLOGÍA

La temperatura, precipitación y composición química de la atmósfera inciden directamente en los procesos edáficos, como son la descomposición del carbono orgánico del suelo, la salinización, la erosión

potencial del suelo y la biodiversidad edáfica. Por lo tanto, cambios en el régimen de precipitaciones y en la temperatura proyectados para los distintos escenarios globales pueden incidir en la calidad de los suelos.

INCREMENTO DE LA TEMPERATURA	AUMENTO DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA FAVORECIENDO LA CANTIDAD DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO
INCREMENTO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN	AUMENTO DE LA DESCOMPOSICIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO AUMENTO DE LA SALINIZACIÓN
CAMBIO EN EL RÉGIMEN DE PRECIPITACIONES	AUMENTO DE LA EROSIÓN POTENCIAL DE LOS SUELOS
CAMBIOS EN LA CONCENTRACIÓN ATMOSFÉRICA DE CO₂	PÉRDIDA DE ESTRUCTURA DEL SUELO INCURSIONES SALINAS EN ZONAS COSTERAS DESLIZAMIENTOS Y DESPRENDIMIENTOS CAMBIOS EN LA BIODIVERSIDAD EDÁFICA

5.2 Tabla. Impactos del cambio climático en la edafología.

En general resulta difícil predecir los efectos del cambio climático en los suelos, ya que algunos de los posibles impactos se contrarrestan entre sí. Por ejemplo, esta complejidad es evidente al analizar los impactos sobre el carbono orgánico contenido en los suelos, una

de los factores más importantes de estos sistemas. Como se detalla a continuación, la mayor producción primaria neta proyectada incrementaría los niveles de carbono orgánico. Sin embargo, al aumentar la temperatura se incrementa también la tasa de descomposición del mismo.

Efectos del aumento de la concentración de CO₂

- Incremento de la biomasa en el subsuelo: concentraciones elevadas de CO₂ atmosférico favorecen el crecimiento de la biomasa vegetal, que a su vez estimula el crecimiento de las raíces y la secreción de las mismas. Así, aumenta el contenido el carbono orgánico del suelo, lo cual puede acelerar la descomposición y el ciclo de los nutrientes.
- Incremento de la respiración: el mayor contenido de carbono del suelo puede favorecer la mineralización (Schlessinger & Anchews, 2000). Este aumento de CO₂ en el suelo limita la capacidad de retener el carbono orgánico en el suelo. A pesar de ello, áreas con un aumento significativo de la producción primaria pueden ser todavía importantes sumideros de carbono (Sullivan et al., 2008).
- Alteración de las tasas de descomposición: una mayor concentración de CO₂ puede alterar el contenido en nitrógeno en la hojarasca, afectando a su descomposición (Melillo et al., 1982), puede provocar por tanto una reducción de la descomposición de materia orgánica (Norby et al., 2001).

Efectos del incremento de la temperatura:

- Incremento de la respiración: el aumento de las temperaturas incrementa la tasa de reacciones químicas y bioquímicas. Aumenta también la respiración microbiana.
- Pérdida del carbono almacenado: un aumento de la descomposición implica movimiento del carbono, reduciendo el carbono disponible para la biomasa vegetal. El carbono se podría perder por el aumento de la respiración.
- Mayores tasas de remineralización del nitrógeno

Efectos de los cambios en el régimen de precipitaciones:

- Incremento de la erosividad: incrementos en la intensidad de la precipitación pueden aumentar la erosión del suelo. Sequías prolongadas provocan la reducción de la cobertura vegetal, aumentando la erosión potencial del viento y precipitación.
- Pérdida de nutrientes: las capas más superficiales contienen la mayor parte de los nutrientes necesarios para el crecimiento de la vegetación. La erosión o incremento de la aridez del suelo provocan la pérdida de nutrientes.

A continuación, se especifican los principales impactos proyectados sobre los recursos edáficos.

5.2.1 CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO

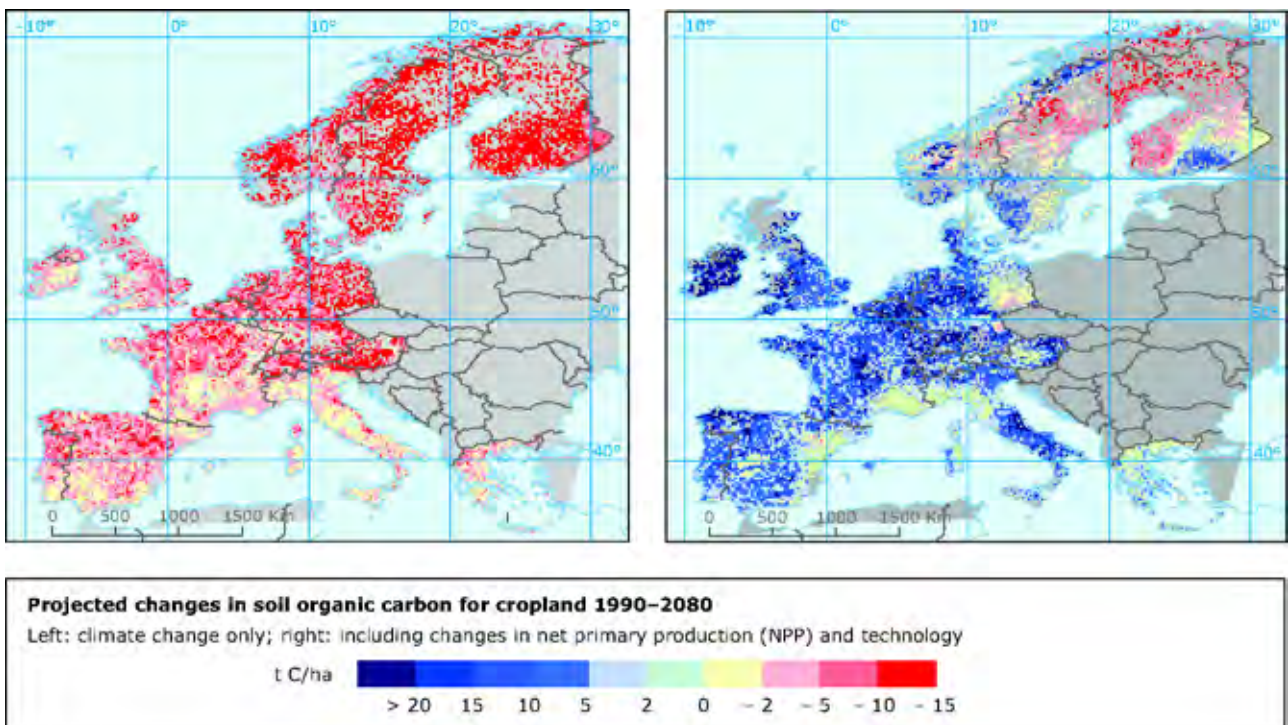
La cantidad de carbono orgánico presente en el suelo depende de la cantidad de materia orgánica. La cantidad, calidad, composición y distribución interna de la materia orgánica son, por tanto, clave para entender el comportamiento del suelo ante el cambio climático. La importancia del carbono orgánico en el suelo no se centra únicamente en su papel como almacenamiento de CO₂, sino que la materia orgánica del suelo contribuye también a mejorar la estructura y estabilidad del suelo, reduciendo así la erosión, a conservar la humedad del suelo o aumentar la biodiversidad edáfica, entre otros.

Se estima que la pérdida de carbono orgánico de los suelos podrá oscilar entre un 6% y 7% por cada grado que aumente la temperatura, aunque este valor podría variar en función de los cambios en el ciclo de precipitaciones y las características propias del suelo y sus usos (Moreno et al., 2005).

La cantidad de materia orgánica en el suelo depende fundamentalmente del balance entre producción primaria neta, la distribución de fotosintetizados entre las raíces y la parte aérea de la vegetación y el ritmo al que los componentes orgánicos se descomponen. La relación

de estos factores es compleja y depende de números factores climáticos y bióticos.

El aumento de las temperaturas y de la concentración atmosférica de CO₂ podría conllevar un mayor crecimiento de biomasa vegetal y un mayor almacenamiento de carbono en el suelo (Pendell et al., 2004). Sin embargo, estos dos factores también podrían intensificar la descomposición y mineralización de la materia orgánica del suelo, reduciendo el contenido de carbono orgánico (Kirschbaum, 2000). Además, hay que considerar que un incremento de la temperatura ligado a un descenso de la humedad del suelo, disminuiría estos procesos. Para las regiones húmedas de la península ibérica, como puede ser Gipuzkoa, los estudios sugieren un mayor efecto de la temperatura que de la humedad, por lo que cabría esperar una mayor tasa de mineralización de los suelos al aumentar la temperatura y por tanto la disminución del contenido de carbono orgánico (Guntiñas et al., 2000). La incertidumbre en la producción de biomasa en los distintos escenarios climáticos aporta incertidumbre a la predicción de los efectos en el contenido en carbono orgánico.



5.2 Fig. Cambios proyectados en el contenido de carbono orgánico del suelo en pastos y campos de cultivo para el periodo 1990–2080. Cambios debidos únicamente al cambio climático (izq.) y cambios como resultado de variaciones en la producción primaria neta y la aplicación de nuevas tecnologías de gestión en agricultura. Fuente: EEA (2009).

Por último, a corto plazo, cambios en los usos del suelo y la gestión de los mimos tendrán un mayor impacto en el contenido en carbono del suelo que los cambios en los factores climático.

5.2.2 BIODIVERSIDAD

La pérdida de hábitat es el mayor problema para la supervivencia de las especies edáficas. Normalmente estos se ven más afectados por cambios en los usos del suelo, pero también podrán verse afectados por el cambio climático.

Existen numerosos organismos saprófitos (cuya alimentación consiste en ingerir sustancias orgánicas en estado de descomposición) en el suelo que tienen un papel fundamental en la transformación de la materia orgánica previa a la acción de los microorganismos, que son sensibles a cambios en la temperatura y disponibilidad hídrica del suelo. La pérdida de materia orgánica del suelo podría conllevar también a la pérdida de biodiversidad edáfica (Jeffery & Gardi, 2010). Sin embargo, considerando que los principales cambios en la temperatura se producen en la superficie, amortiguándose en el interior, los organismos con movilidad pueden responder a este cambio en la temperatura trasladándose a mayor profundidad. El impacto sobre la fauna edáfica puede ser

moderado ya que la cadena trófica en este sistema es muy redundante, con un número de especies muy superior al que hace falta para un funcionamiento eficiente de los ciclos biogeoquímicos (Freckman et al., 1997).

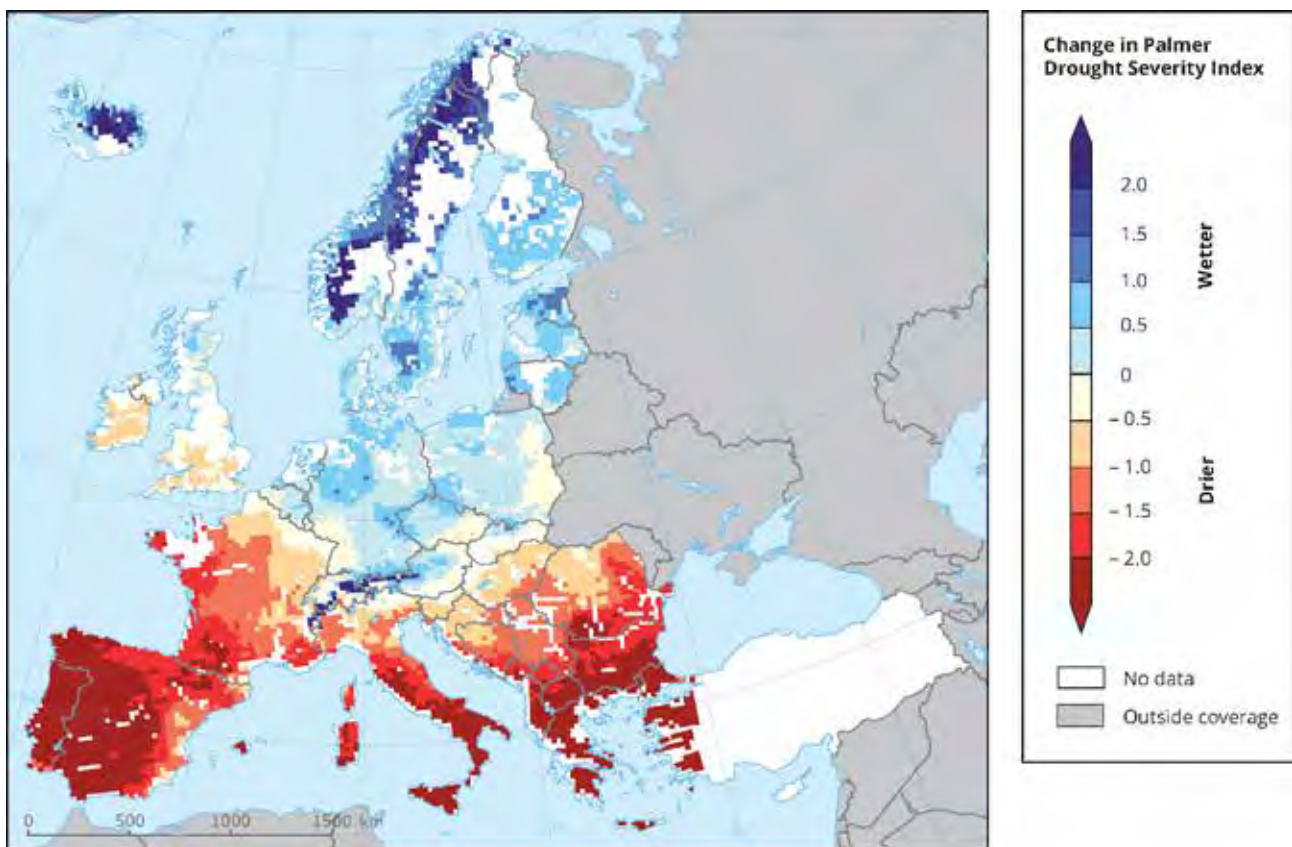
La inundación del suelo podría afectar negativamente a la biodiversidad. Estos eventos pueden causar una reducción en la concentración de oxígeno edáfico y la lixiviación de los nutrientes, impactando en las condiciones fisicoquímicas del suelo y por tanto en los seres vivos.

Los impactos en la comunidad microbiana no deberían ser muy significativos ya que están adaptadas a sobrevivir a cambios importantes en la temperatura del suelo, tales como los cambios día-noche, y al contenido hídrico. (Moscatelli et al., 2001). La actividad enzimática y actividad microbiológica podría verse favorecida por el aumento de la concentración atmosférica de CO₂ (Moscatelli et al., 2001), lo que en teoría intensificará la mineralización y por tanto la disminución del carbono orgánico del suelo.

5.2.3 EROSIÓN

La erosión hace referencia a la pérdida de material edáfico superficial por la acción del agua de lluvia o del viento. La pendiente del terreno y las prácticas de gestión son las que principalmente condicionan el potencial

erosivo del suelo. Además de estos condicionantes, los cambios proyectados en el régimen de precipitaciones y temperatura, tendrá también efectos en la erosionabilidad del suelo.



5.3 Fig. Cambios proyectados en la humedad del suelo en verano para los periodos 1961-1990 y 2021-2050 utilizando 12 modelos climático regionales para el escenario A1B (AR4-IPCC). Fuente: Heinrich & Gobiet (2012).

Cambios en el régimen de precipitaciones, junto con el incremento de la temperatura, contribuirían a reducir el contenido en humedad del suelo, aumentando la aridez de los mismos. Estos cambios serán más intensos en verano, cuando se proyecta una mayor reducción de las precipitaciones acompañado de un incremento de las temperaturas. Además, el aumento de la temperatura y disminución de la precipitación provocarán la disminución del carbono orgánico del suelo, o cambios en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas (cambios fenológicos, decaimiento forestal, cambios en la disponibilidad de nutrientes, etc.). Estos cambios favorecerán la erosión potencial de los suelos. En la actualidad, las áreas erosionables identificadas en Gipuzkoa son pequeñas y se concentran en pocas localidades.



5.4 Fig. Áreas erosionables. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Udalplan.

A su vez, se podría esperar un aumento de la erosión hídrica como consecuencia de la mayor frecuencia de lluvias intensas o torrenciales proyectados en escenarios de cambio climático (Yang & Yu, 2015). La erosividad de la lluvia depende tanto de la cantidad de precipitación como de su intensidad (Renard et al., 1997). Factores como la pendiente, o la cobertura del suelo también influyen en este impacto potencial (Yang, 2014). El riesgo de erosión es máximo en periodos de lluvia intensa, cuando el suelo se encuentra saturado de agua y con menor cubierta vegetal, y aumenta el movimiento de agua por la superficie del suelo. El efecto de la escorrentía resultante elimina importantes cantidades de suelo y origina regueros de erosión, acrecentando el problema.

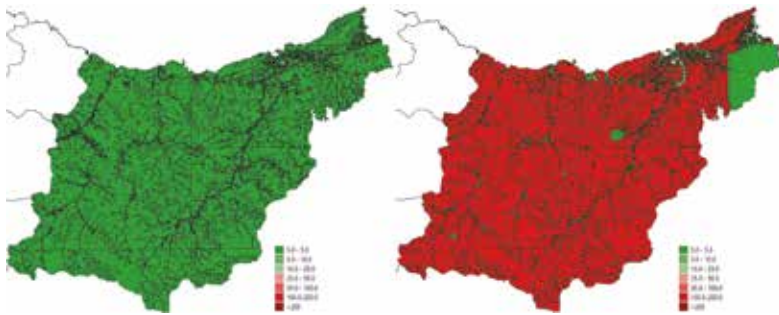
Actualmente, la erosión real de los suelos de Gipuzkoa es baja con pérdida de suelo que pueden ser tolerables. Hay algunos puntos con procesos erosivos graves o muy graves. En una situación desprovista de vegetación la erosión potencial en prácticamente todo el territorio es muy grave.

La subida del nivel del mar, en combinación con los cambios proyectados en la intensidad del oleaje y temporales de mar, puede dar lugar a la pérdida de suelo en zonas litorales o marismas, como playas o dunas.

Incrementos en la erosión del suelo suponen pérdidas en los horizontes superficiales del suelo, más ricos en carbono orgánico, retroalimentando la degradación de los mismos.

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo predice la erosión del suelo en función de seis factores, el relativo

a la agresividad de la lluvia, la susceptibilidad del suelo a la erosión, la longitud de la ladera, la pendiente, la cubierta de vegetación y las prácticas de conservación de los suelos. Actualmente, la erosión real de los suelos de Gipuzkoa es baja con pérdidas de suelo que pueden ser tolerables. Hay algunos puntos con procesos erosivos graves o muy graves. En una situación desprovista de vegetación la erosión potencial en prácticamente todo el territorio es muy grave.



5.5 Fig. (izq.) Erosión hídrica real del suelo (t/ha y año) para la situación actual y (drcha.) erosión hídrica potencial (t/ha y año) para la misma situación, pero con el suelo totalmente desprovisto de vegetación. Resultados para el modelo RUSLE (Renard et al., 1997). Fuente: Elaboración propia a partir de los Mapas del grado de erosión hídrica de los suelos de Geoeuskadi¹².

La mayor frecuencia de incendios también contribuirá a la erosión al provocar la pérdida de la cubierta vegetal que protege los suelos.

5.2.4 SALINIZACIÓN

A ctualmente este proceso es poco relevante en Gipuzkoa. Sin embargo, los nuevos escenarios climáticos podrían favorecer este problema. Los factores que contribuyen a la salinización del suelo son factores climáticos, la composición química del agua de riego, las condiciones del suelo y su capacidad de drenaje. El aumento de la temperatura y reducción de la precipitación

proyectada para finales de siglo, especialmente durante el verano, puede inducir negativamente sobre este factor, aumentando la salinización del suelo.

La subida del nivel del mar, además, puede contribuir a la salinización de suelos próximos al litoral.

5.3 CONCLUSIONES

Los principales impactos edafológicos, que podrían llevar a la pérdida de fertilidad de los suelos y por tanto a su degradación son la pérdida de carbono orgánico del suelo, empeoramiento de la estructura estable, reducción de la actividad biológica edáfica, aumento del riesgo de erosión y la salinización. Las afecciones del cambio climático al suelo también pueden limitar los posibles usos del mismo.

A medio o largo plazo, es probable la pérdida de biodiversidad edáfica como consecuencia del cambio climático, pero menor que la causada por cambios de usos del suelo y otras actividades antrópicas. Esto tendría repercusiones negativas sobre los ciclos biogeoquímicos de algunos nutrientes y el reciclaje de materiales del suelo.

La combinación de factores climáticos (temperatura, precipitación, humedad) y de la vegetación proyectan una probable tendencia al aumento de la erosión.

El contenido en carbono orgánico del suelo determina su papel como sumidero de carbono, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático. Cambios en el

contenido en carbono del suelo pueden modificar los niveles de carbono (Baldock et al., 2012) en la atmósfera, contribuyendo o mitigando sus efectos. Los cambios relativos de temperatura y precipitación determinarán los cambios en este componente del suelo.

Por lo tanto, además de la cartografía básica de suelos y usos de los mismos, desde el Observatorio de Cambio Climático de Gipuzkoa se tratará de monitorizar las siguientes propiedades de los suelos:

- Conductividad: Indicador de la salinización
- Tasa de absorción de sodio: Indicador de enriquecimiento en sodio
- Cartografías de erosión del suelo
- Medidas de transporte de sedimentos en las estaciones de aforo
- Cambios en el uso del suelo

¹²<https://www.euskadi.eus/mapa-erosion-suelos-euskadi/web01-a2inglur/es/>

6.1 INTRODUCCIÓN

Tanto los informes internacionales como nacionales sobre cambio climático, señalan el aumento de la variabilidad en la disponibilidad de recursos hídricos como unos de los efectos más relevantes del calentamiento global. En general, las proyecciones de precipitación presentan gran incertidumbre y gran variación espacial. Para el sur de europea se proyecta una disminución de la precipitación anual, más intensa en verano. Además, es muy probable que para el final de este siglo sean más intensos y frecuentes los fenómenos de precipitación extrema a medida que vaya aumentando la temperatura, al igual que inundaciones y sequías, que probablemente aumenten en intensidad y frecuencia. Se espera que el cambio climático afecte también a la calidad del agua.

Los cambios en la disponibilidad de recursos hídricos afectarán a la sostenibilidad territorial, al afectar a muchos elementos del medio natural (biodiversidad) y también a los servicios ecosistémicos de los que nos abastecemos (agua, alimentos, energía, salud, ocio, aire, etc.). De hecho, hay pocas actividades que no tengan algún tipo de relación de dependencia o interacción con los recursos hídricos.

Los principales efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos son el aumento de la temperatura, el cambio en el régimen de precipitaciones y la cubierta de nieve, el aumento de la frecuencia de las inundaciones y las sequías y el posible gran impacto de la elevación del nivel del mar (ej. AEMA, 2004; AEMA, 2005; CCI,

2005; IPCC, 2013). Sin embargo, el denominado 'cambio global' no incluye únicamente los cambios en el sistema climático, sino que también hace referencia a los cambios en los usos del suelo y gestión de las cuencas, ríos o acuíferos llevados a cabo durante el S.XX. Estos cambios han modificado el balance hídrico global, regional y de cuenca, de forma que las consecuencias son equiparables a las repercusiones que tienen las variaciones en la temperatura y precipitación (IPCC, 2014). Estas alteraciones tienen efectos tanto en los recursos hídricos superficiales como en los subterráneos y en la relación entre los dos componentes.

El cambio climático puede afectar al estado cuantitativo y cualitativo de los recursos hídricos, alterando el ciclo hidrológico, y los sistemas hidrológicos, lo cual afecta, a su vez, a sus parámetros, incluyendo:

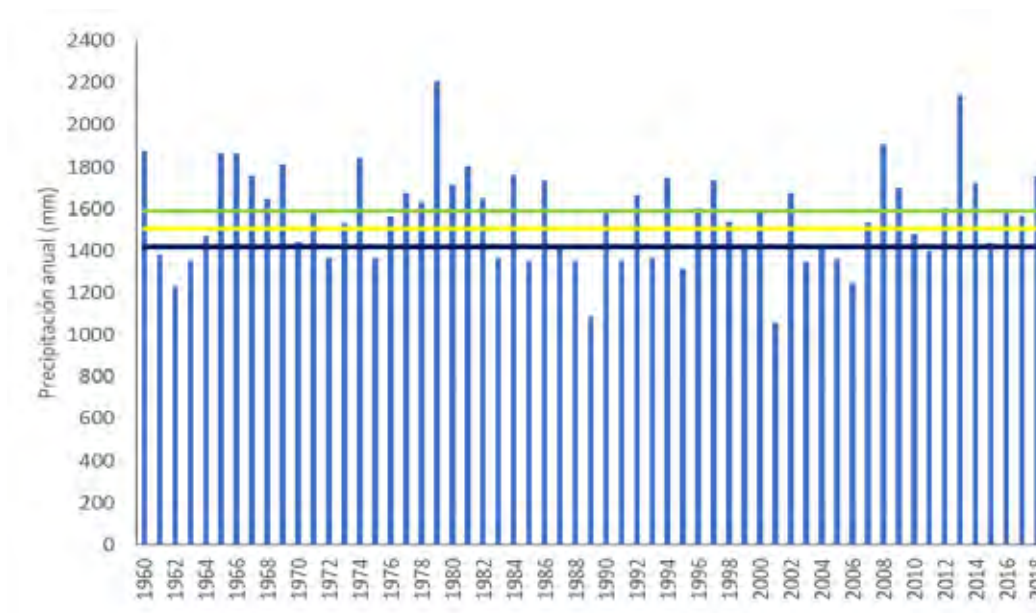
- la intensidad y la frecuencia de las sequías y las inundaciones;
- la disponibilidad y la demanda de agua;
- la calidad del agua, incluyendo su temperatura y el contenido de nutrientes,

Los cambios en estos parámetros generan impactos sobre todos los bienes y servicios socioeconómicos y ambientales que dependen de ellos de manera directa o indirecta.

6.2 CLIMA

La disponibilidad de agua está determinada por los distintos componentes del balance hídrico, entre los que la precipitación y temperatura podrán modificarse debido al cambio climático. El resultado del balance de estas componentes es la evapotranspiración, por un lado, y el exceso de agua por otro, que dará lugar a escorrentía superficial y la recarga de aguas subterráneas.

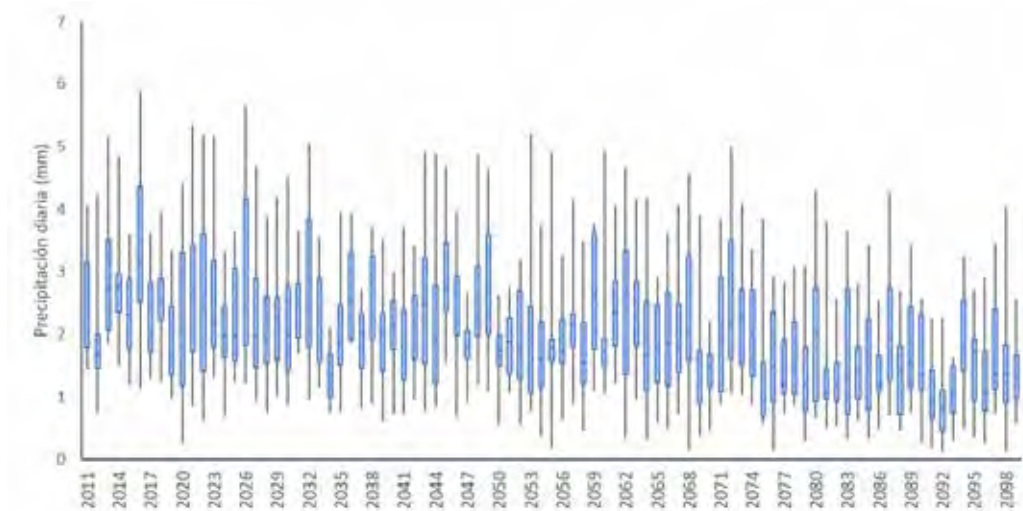
El régimen de precipitaciones de Gipuzkoa se caracteriza por presentar precipitaciones frecuentes a lo largo del año, con aproximadamente 140 días de lluvia. La precipitación media anual oscila entre 1.200 y 2.000 mm, siendo la media de 1.450 mm/año. En general, las precipitaciones máximas tienen lugar de octubre a abril, y las mínimas en junio y julio.



6.1 Fig. Precipitación anual (se indican los años seco, medio y húmedo en azul, amarillo y verde, respectivamente) en la estación meteorológica de Igueldo. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de AEMET.

Los distintos escenarios climáticos proyectan un aumento de la temperatura en Gipuzkoa durante todo el S.XXI y cambios muy pequeños para la precipitación total en el año, más acusados ambos a partir de 2070. Además, se prevé un menor número de episodios de precipitación, pero con precipitaciones más intensas, seguidos de

largos periodos de sequía. Estos cambios afectarán a la disponibilidad de los recursos hídricos, con aumento de la evapotranspiración, descensos de los caudales medios y probablemente una mayor variabilidad estacional y mayor frecuencia de sequías hidrológicas e inundaciones.



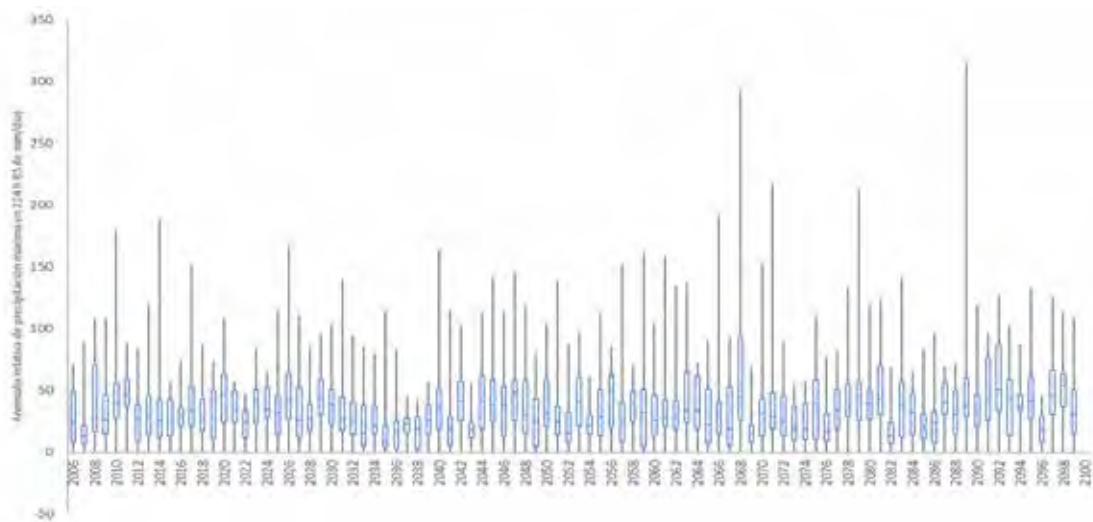
6.2 Fig. Proyección de la precipitación diaria en verano en Gipuzkoa para el escenario RCP8.5. Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

Un estudio reciente de la Dirección de Obras Hidráulicas del Departamento de Medio Ambiente y Obras Hidráulicas de la Diputación Foral de Gipuzkoa, (“Estudio de actualización del análisis de las precipitaciones intensas y recomendaciones de cálculo de caudales de avenidas en pequeñas cuencas del Territorio Histórico de Gipuzkoa”) analiza las precipitaciones intensas en pequeñas cuencas del T.H. de Gipuzkoa. En él se concluye que, en los últimos

años, desde 1990, las tormentas fueron ligeramente más intensas y cortas para todas las duraciones de lluvia que las anteriores a dicha fecha, por lo tanto, los valores máximos diarios son inferiores. Además, parte de las tormentas estivales se han retrasado al otoño, haciendo que prácticamente el 60% de los máximos diarios del año se produzcan entre octubre y enero.

INTENSIDAD DE LLUVIA (mm/h) PARA DURACIÓN (min)											
PERIODO	ESTADÍSTICA	10	20	30	60	120	180	240	360	720	1440
HASTA 1990	PROMEDIO	55,3	44,5	36,1	23,2	14,8	11,5	9,5	7,3	4,3	2,7
	MÁXIMA	157,2	121,2	82,2	46,6	37,6	28,4	22,0	14,8	11,5	6,3
	MÍNIMA	10,2	10,2	10,2	8,2	5,9	4,4	3,8	3,3	2,0	1,4
DESDE 1990	PROMEDIO	64,1	46,6	37,2	25,2	16,7	12,4	10,4	7,9	4,8	3,2
	MÁXIMA	119,4	90,9	86,8	73,4	39,05	26,07	19,55	13,03	6,81	10,3
	MÍNIMA	41,4	28,96	22,66	12,95	9,83	6,97	6,17	5,13	2,84	1,68

6.1 Tabla. Estadística de las intensidades de las tormentas más intensas observadas en el observatorio de Igeldo. Fuente: DGOH, DFG¹³.



6.3 Fig. Proyección de la anomalía (1981-2010) relativa de la precipitación media anual máxima en 24 h para el escenario RCP8.5. Fuente: Escenarios PNACC 2017.

¹³ Dirección de Obras Hidráulicas del Departamento de Medio Ambiente y Obras Hidráulicas de la Diputación Foral de Gipuzkoa

INTENSIDAD DE LLUVIA (mm/h) PARA DURACIÓN (min)											
PERIODO	ESTADÍSTICA	10	20	30	60	120	180	240	360	720	1440
HASTA 1990	PROMEDIO	43,75	33,01	27,67	20,22	13,61	10,87	9,15	7,09	4,35	2,73
	MÁXIMA	99,00	58,50	58,80	45,00	32,30	24,43	22,05	16,77	9,07	4,58
	MÍNIMA	17,40	15,90	11,60	8,40	6,80	6,23	5,65	4,30	2,64	1,32
DESDE 1990	PROMEDIO	58,81	47,16	39,26	26,20	17,27	13,88	11,82	9,03	5,65	3,57
	MÁXIMA	123,60	101,40	87,20	67,10	40,40	32,80	29,53	23,22	13,55	7,68
	MÍNIMA	31,69	20,88	19,64	11,81	8,11	7,23	5,58	4,10	2,58	1,88

6.2 Tabla. Estadística de las intensidades de las tormentas más intensas observadas en el observatorio de Hondarribia. Fuente: DGOH, DFG.

En la actualidad no disponemos de proyecciones regionales sobre la intensidad de las tormentas, únicamente disponemos de información regionalizada sobre la precipitación máxima en 24 horas, y la precipitación media máxima ligada a distintos periodos de retorno. La gran incertidumbre que existe en las proyecciones de la precipitación no permite observar una clara tendencia

en las precipitaciones máximas diarias, aunque sí señala cierta tendencia a intensificarse a finales de siglo. En otoño, cuando se observan los máximos diarios del año, no se observa ninguna tendencia en las proyecciones. Como se mostrará más adelante, las proyecciones sí señalan un incremento de las precipitaciones máximas diarias asociadas a periodos de retorno de 10 y 50 años.

6.3 IMPACTOS SOBRE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

El relieve accidentado del territorio da lugar a un total de 6 cuencas fluviales, caracterizadas por valles cortos, debido a su proximidad al mar, y profundos con una marcada orientación N-S. A pesar de su escaso desarrollo, los ríos son relativamente caudalosos, en términos de caudal medio anual, debido a las abundantes precipitaciones. Presentan eventos de grandes avenidas de corta duración.

En relación con las infraestructuras hidráulicas, los embalses de la región son en general de pequeño tamaño, salvo el embalse de Añarbe. En Gipuzkoa hay una capacidad de embalse de unos 82 hm³, mientras que la demanda anual es del orden de 105 hm³ año⁻¹ (URA, 2013).

El informe 'Vulnerabilidad hídrica: de las tendencias del pasado reciente a las del futuro'¹⁴ realizado por la Universidad del País Vasco para IHOBE (2017) se han analizado las tendencias de los caudales medios (Qm) y

bajos (Q20) para distintos periodos de tiempo. A escala diaria, durante el periodo 1995-1996 a 2014-2015, no se observa una tendencia clara, con estaciones de aforo mostrando aumentos de caudales y otras con tendencias decrecientes. Al considerar escalas de tiempo mayores (mensual, estacional y anual), y series de datos de 20 años, se observan tendencias positivas, aunque no significativas en la mayoría de las estaciones, no observándose diferencias espaciales. En otoño sí se observa una tendencia clara y significativa a la disminución de caudales, especialmente significativa en octubre. En invierno, sin embargo, es muy probable que los caudales hayan aumentado. En primavera y verano no se observan tendencias significativas. Los caudales bajos muestran una disminución en su duración y severidad en invierno y primavera y un ascenso en otoño.

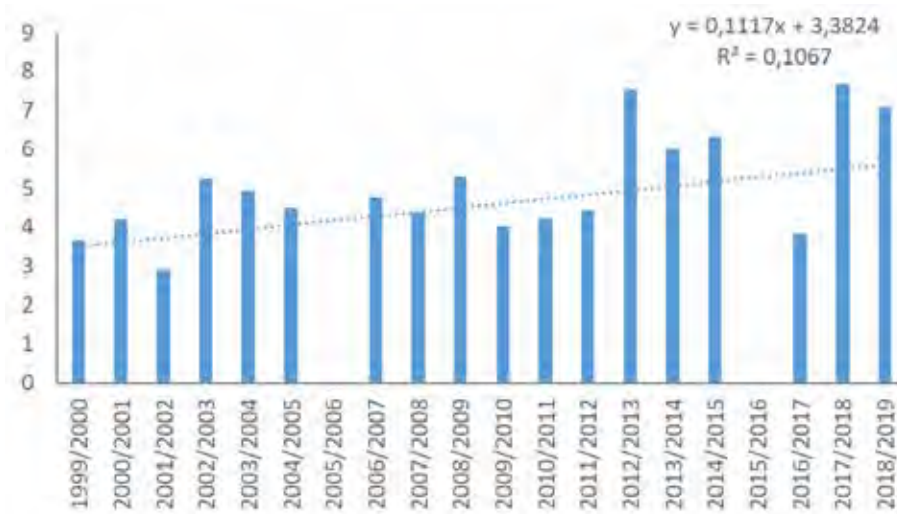
¹⁴https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/eghilur/es_def/adjuntos/O2KLIMATEK.pdf

SISTEMA	ÁREA (km ²)	LONGITUD (km)	LONGITUD ESTUARIO (km)	PRINCIPALES ACUÍFEROS
DEBA	554	60,33	6,67	IZARRAITZ
				AIZKORRI
				ARAMOTZ
UROLA	349	58,11	7,74	IZARRAITZ
				GATZUME
				ALBIZTUR
ORIA	908	66,44	11,35	ARALAR
				ELDUAIN
				ERNIO
				ALBIZTUR
URUMEA	302	47,05	11,74	-
OIARTZUN	93	14,44	5,37	JAIZKIBEL
BIDASOA	751	66,00	15,81	JAIZKIBEL
				OIARTZUN
				AIAKO HARRIA
				MACIZOS PALEOZÓICOS
				BASABURUA-ULZAMA

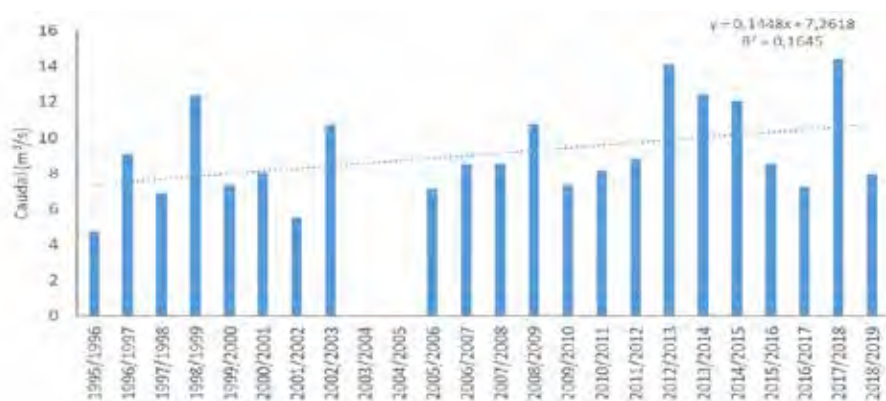
6.3 Tabla. Características de los sistemas fluviales. Fuente: URA.



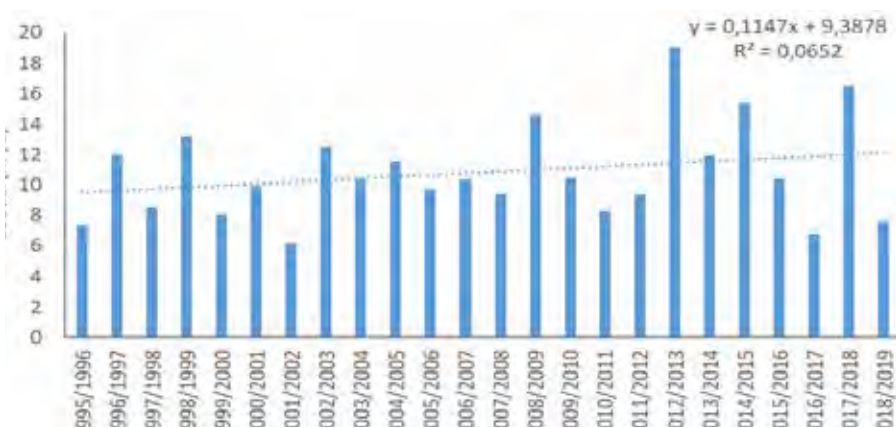
6.4 Fig. Mapas de tendencias de las series de caudales a escala diaria, anual y estacional, para el periodo de 20 años. Fuente: Vulnerabilidad hídrica: de las tendencias del pasado reciente a las del futuro (Klimatek, 2016).



6.5 Fig. Valores anuales de caudal medio para la estación de aforo de Leitzaran. Fuente: DGOH, DFG.



6.6 Fig. Valores anuales de caudal medio para la estación de aforo de Ereñozu. Fuente: DGOH, DFG.



6.7 Fig. Valores anuales de caudal medio para la estación de aforo de Altzola. Fuente: DGOH, DFG.

	CUENCA	SUPERFICIE (km ²)	APORTACIÓN MEDIA (hm ³ /año)	CAUDAL MEDIO (m ³ /s)	AÑOS HIDROLÓGICOS	TENDENCIA
AGAUNTZA	ORIA	69,64	54,35	1,714	1993-1994 A 2018-2019	0,027
AIXOLA	DEBA	5,03	2,96	0,094	1986-1987 A 2018-2019	0,0
AIZARNAZABAL	UROLA	269,77	226,90	7,195	1996-1997 A 2018-2019	0,08
ALEGIA	ORIA	333,34	234,50	7,436	1996-1997 A 2018-2019	0,10
ALTZOLA	DEBA	464,25	341,28	10,822	1995-1996 A 2018-2019	0,11
BELAUNTZA	ORIA	33,34	38,03	1,206	1996-1997 A 2018-2019	0,02
EREÑOZU	URUMEA	218,42	283,13	8,978	1995-1996 A 2018-2019	0,19
ESTANDA	ORIA	55,02	33,57	1,052	1994-1995 A 2016-2017	0,01
IBAIEDER	UROA	62,73	44,12	1,399	1991-1992 A 2016-2017	0,0
LEITZARAN	ORIA	110,01	149,83	4,751	1995-1996 A 2018-2019	0,11
SAN PRUDENTZIO	DEBA	121,78	79,82	2,531	1995-1996 A 2018-2019	0,0
URKULU	DEBA	9,00	6,18	0,196	1993-1994 A 2018-2019	0,0

6.4 Tabla. Características de las subcuencas y de las estaciones de aforo analizadas. Fuente: DGOH, DFG.

Como muestran las anteriores figuras y tabla, a pesar de no haber corregido la laguna de datos en algunas de las estaciones, el caudal medio anual presenta una ligera tendencia creciente en la mayoría de las estaciones, aunque estos cambios no son significativos.

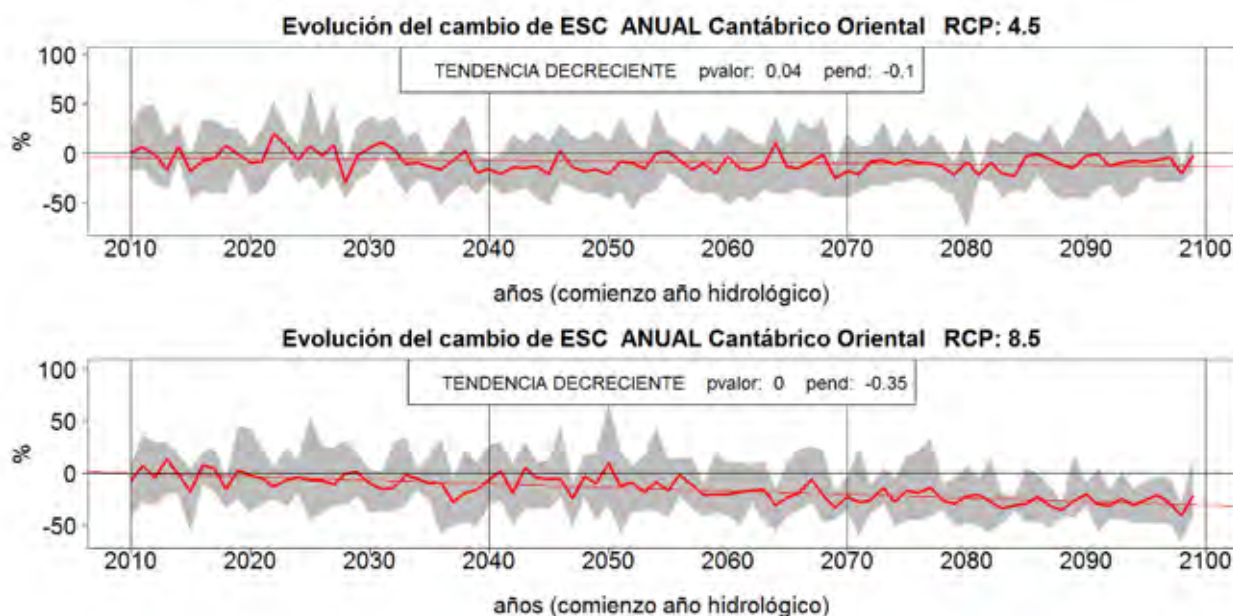
Hay que tener en cuenta que 20 años es un periodo muy corto para poder deducir tendencias espaciales significativas, más aún teniendo en cuenta la posible variedad de casuísticas en las intervenciones locales sobre los recursos tanto en términos de caudales medios como caudales bajos (extracciones, gestión de embalses...), puesto que la red foronómica recoge el régimen circulante alterado por los usos del agua. Habrá que estudiar más en detalle el comportamiento de la red fluvial.

El régimen futuro de caudales en los ríos no solo se verá afectado por el cambio climático (intensidad y distribución de las precipitaciones y temperatura) sino que

se verá condicionado también por los usos del suelo, tanto los derivados de la propia adaptación de la vegetación a cambios en el clima como de las derivadas de medidas de ordenación del territorio actuales, que afectará a la evapotranspiración y a la capacidad reguladora de las diferentes partes del territorio. Además, estos cambios no afectarán únicamente al régimen de aportaciones y al equilibrio del ciclo hidrológico, sino también al sistema de recursos hidráulicos disponibles.

La evaluación de la incidencia del cambio climático sobre los recursos hídricos ha sido analizada en el informe 'Evaluación del Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y Sequías en España'¹⁵ (CEH, 2017), a partir de las proyecciones climáticas regionalizadas. Este estudio proyecta una reducción de la escorrentía a medida que avanza el siglo, y mayor para el escenario RCP8.5 que para RCP4.5.

¹⁵https://www.adaptecca.es/sites/default/files/editor_documentos/CEDEX_Evaluacion_cambio_climatico_recursos_hidricos_sequias_Espa%fa.pdf



6.8 Fig. Evolución del cambio anual de escorrentía para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 en la Demarcación Hidrológica del Cantábrio Oriental. La banda gris indica el rango de resultados de las proyecciones. La línea roja gruesa indica su promedio y la recta delgada su pendiente. Se indica el p-valor del test de Mann Kendall. Fuente: Centro de Estudios Hidrográficos (2017).

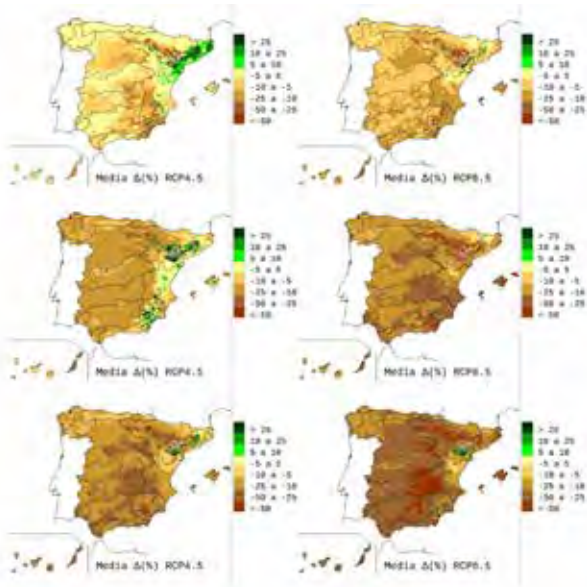
Según este estudio, las reducciones de escorrentía previstas para los RCP4.5 y RCP8.5 son del 3% y 7% para 2011–2040, 10% y 12% para 2040–2070 y 7% y 15% para 2070–2100, respectivamente, respecto al periodo de control 1961–2000. Un estudio regional predice descensos

de la escorrentía del mismo orden para los ríos que desembocan en el golfo de Bizkaia, del 17% para otoño, 16% para primavera, 11% en invierno y del 7% para verano para finales de siglo para el escenario RCP8.5 (Meaurio et al., 2017).

Las reducciones de escorrentía previstas para los RCP4.5 y RCP8.5 son del 3% y 7% para 2011–2040, 10% y 12% para 2040–2070 y 7% y 15% para 2070–2100, respectivamente.

Asimismo, el estudio del CEH (2017), en función del cambio del periodo de retorno de sequías, que en las cuencas del norte las sequías se harán más frecuentes conforme avance el S.XXI, con el consecuente aumento de

la escasez de agua debido a la reducción de los recursos hídricos. Además, el aumento de la evapotranspiración debido al aumento de la temperatura puede provocar una disminución de los recursos hídricos.



6.9 Fig. Media del incremento (Δ) de escorrentía anual para los periodos 2011-2040 (arriba), 2040-2070 (medio) y 2070-2100 (abajo) para los escenarios RCP4.5 (izq.) y RCP8.5 (drcha.). Fuente: Centro de Estudios Hidrográficos (2017).

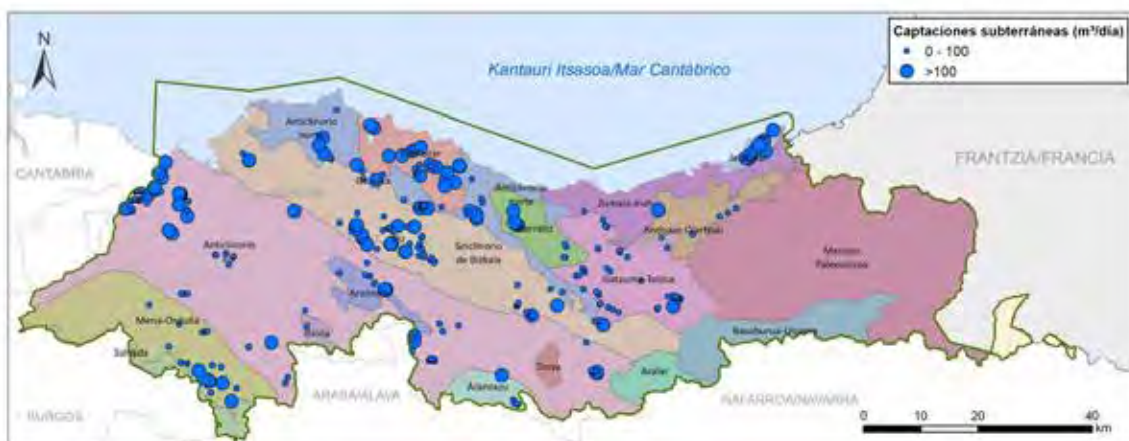
6.4 IMPACTOS SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Las masas de agua subterránea de Gipuzkoa están constituidas, en general, por acuíferos pequeños bastante compartimentados con numerosos puntos de descarga. En la actualidad no existen, en general, presiones significativas por extracción sobre estas masas de agua, aunque sí numerosos puntos de captación.

Los acuíferos subterráneos constituyen un importante elemento del ciclo hidrológico. Son fuentes de un agua crucial para la naturaleza, especialmente para los humedales, los ecosistemas costeros y también para el abastecimiento de agua potable. La recarga de los

acuíferos depende de algunas variables, siendo la más significativa la precipitación.

La mayor parte del agua que recarga los acuíferos se descarga de manera diferida en el tiempo a la red fluvial, de forma difusa o a través de manantiales, y en muchas cuencas es uno de los constituyentes básicos de la aportación de los ríos. Otra parte de la recarga, en general mucho más reducida, se transfiere subterráneamente a otros acuíferos o, en el caso de los acuíferos costeros, descarga al mar.



6.10 Fig. Extracciones subterráneas para abastecimiento a poblaciones. Fuente: URA.

MASA	SUPERFICIE (km ²)	RECURSOS RENOVABLES (hm ³ /año)	RECURSOS AMBIENTALES (hm ³ /año)	RECURSOS DISPONIBLES ¹⁶ (hm ³ /año)
MACIZOS PALEOZOICOS	1021,1	298,9	47,8	251,1
ANDOAIN-OIARTZUN	141,6	56,6	13,5	43,1
GATZUME-TOLOSA	327,7	170,6	23,8	146,8
ARALAR	77,8	58,3	11,1	47,2
TROYA	23,0	3,3	0,6	2,7
IZARRAITZ	112,4	54,2	7,5	46,6
JAIZKIBEL	34,0	12,2	2,9	9,4
ZUMAIA -IRUN	214,8	53,5	12,4	41,1

6.5 Tabla. Tabla. Recursos de aguas subterráneas. Fuente: URA.

La Red de control de aguas subterráneas de la Comunidad Autónoma del País Vasco (URA, DFG), creada en 1998, realiza el control de la cantidad y calidad de estas aguas, con el registro en continuo de niveles piezométricos en sondeos o caudales en manantiales

y el control bimestral de variables representativas del estado fisicoquímico. En general las aguas subterráneas presentan un buen estado físico-químico y no presentan grandes cambios, al menos en los últimos 8 años, en su nivel ni caudal medio.

PUNTOS DE CONTROL PIEZOMÉTRICO										
SONDEO	CUENCA	MASA DE AGUA	NIVEL MEDIO (m)							
			2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011
KILIMON-3	DEBA	IZARRAITZ	5,6	6,0	6,2	6,0	6,4	5,6	6,0	6,2
HERNANI-C	URUMUEA	ANDOAIN - OIARTZUN	3,4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,3	3,6	3,4
ARALAR-P4	ORIA	ARALAR	-58,2	-48,1	-47,9	-48,65	-46,48	-55,53	-63,17	-39,19
DTH-1	ORIA	TROYA	105,4	108,1	107,8	24,2	107,7	106,6	110,0	109,9
JAIZKIBEL-5	BIDASOA	JAIZKIBEL	36,1	38,8	35,9	35,7	36,3	37,6	38,2	-
MAKINETXE	ORIA	TROYA	1,5	22,9	15,2	2,6	2,4	1,5	1,5	5,3
INURRITZA-3	ORIA	ZUMAIA-IRUN	1,8	1,8	1,9	1,9	1,8	1,9	2,0	2,0

¹⁶El valor medio interanual de la tasa de recarga total de la masa de agua subterránea, menos el flujo interanual medio requerido para conseguir los objetivos de calidad ecológica para el agua superficial asociada para evitar cualquier disminución significativa en el estado ecológico de tales aguas, y cualquier daño significativo a los ecosistemas terrestres asociados.

RED DE ESTACIONES FORONÓMICAS										
ESTACIÓN	CUENCA	MASA DE AGUA	CAUDAL MEDIO							
			2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011
MANANTIAL URBELTZA	ORIA	GATZUME-TOLOSA	10,1	10,9	9,7	10,9	10,8	12,4	8,1	9,9
REGATA KILIMON	DEBA	IZARRAITZ	12,5	11,6	7,9	10,1	8,2	19,1	-	-
MANANTIAL SALUBITA	ORIA	GATZUME-TOLOSA	35,4	25,9	20,1	27,0	24,0	45,7	22,1	22,6
TROYA RAMPA NORTE	ORIA	TROYA	1,6	0,8	1,2	1,6	1,4	2,3	1,1	1,0
MANANTIAL ZAZPITURRIETA	ORIA	ARALAR	18,7	17,8	17,8	17,5	21,8	26,1	17,0	16,7
MANANTIAL ARDITURRI	OIARTZUN	MACIZOA PALEOZOICOS	1,4	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5	1,3	0,9
MANANTIAL ARTZU	BIDASOA	JAIZKIBEL	1,9	1,4	1,5	1,6	1,6	1,9	0,5	-

6.6 Tabla. Resumen de nivel y caudal en las estaciones piezométricas y foronómicas. Fuente: URA.

El principal impacto del cambio climático previsto para las aguas subterráneas es el descenso de los niveles freáticos, atribuido en parte a la menor duración de la estación de recarga. Aunque un aumento de las lluvias invernales puede en principio aumentar la recarga de los acuíferos, la saturación del suelo aumenta la escorrentía superficial y disminuye la infiltración.

En los acuíferos costeros conectados con el mar la intrusión salina representa un impacto significativo del cambio climático, como consecuencia del aumento del nivel del mar. La alta porosidad y conductividad hidráulica favorecen la penetración del agua marina por la base del acuífero. El aumento del nivel del mar acompañado del descenso del nivel freático aumentará la vulnerabilidad del agua subterránea ante la intrusión salina.

6.5 IMPACTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA

El cambio climático también puede alterar de forma significativa las variables que afectan a la calidad del agua. Estos impactos tienen su origen en las diversas alteraciones de la hidrología de las masas de agua, sus

atributos físico-químicos y biológicos y en los cambios de la presión antropogénica.

Algunos de los cambios previstos son:

- Problemas de calidad al disminuir los recursos hídricos, si se mantienen o aumentan las cargas contaminantes.
- Reducción de caudales hasta límites inferiores al caudal ecológico.
- Alteración geomorfológica de los cauces y sistemas estuarinos.
- Disminución del contenido de oxígeno. El aumento de la temperatura del agua en los ríos y arroyos acelera la respiración biológica y disminuye la concentración del oxígeno disuelto en el agua, principalmente durante el período estival de bajo caudal.
- Alteración del hábitat y la distribución de los organismos acuáticos. Por ejemplo, los organismos acuáticos cuyas preferencias térmicas determinan su distribución territorial. El aumento de la temperatura del agua modifica su distribución hacia el norte de Europa y puede incluso causar la extinción de algunas especies acuáticas.
- Cambio de las condiciones bacteriológicas y la incidencia de algunos patógenos, como el del botulismo, aconsejan la mejora de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR).
- Alteración del ciclo de nutrientes en los sistemas acuáticos y proliferación de las algas.
- Aumento de la temperatura del suelo. Las poblaciones de las bacterias que controlan los procesos de mineralización y nitrificación del nitrógeno en el suelo aumentan con la temperatura (Whitehead et al., 2002, 2006).

Muchas de las afecciones aquí mencionadas, como daños en la integridad de las riberas, o disminución del contenido de oxígeno pueden reducir la resiliencia de las poblaciones existentes en estos hábitats. Otra de las causas de estrés hídrico son los obstáculos a la conectividad longitudinal, esto es, barreras fluviales como

las presas y azudes, así como el derivado de la regulación y aprovechamiento de caudales. El análisis de estos impactos sobre las especies piscícolas se analiza en el capítulo dedicado a los elementos naturales del T.H. de Gipuzkoa.

6.6 IMPACTO SOBRE LAS CONDICIONES DE INUNDABILIDAD

En la actualidad, las inundaciones son uno de los riesgos naturales que mayores daños personales y materiales causan. El AR5-PCC indica que no existen evidencias que relacionen el cambio climático y el aumento en la frecuencia y magnitud de las inundaciones. Sin embargo, este informe sí describe cambios en varios componentes del ciclo hidrológico ligados al cambio climático. Además, señala que los eventos de precipitaciones extremas serán muy probablemente más intensas y más frecuentes, aunque la incertidumbre en cuanto al efecto sobre la frecuencia de inundaciones es elevada (IPCC, 2013).

Teniendo en cuenta estos factores, la Directiva de Inundaciones¹⁷, reconoce el cambio climático como uno de los factores que están contribuyendo a aumentar la probabilidad de ocurrencia de inundaciones, y exige que se considere su impacto en la elaboración de la “Evaluación y la gestión de los Riesgos de Inundación para

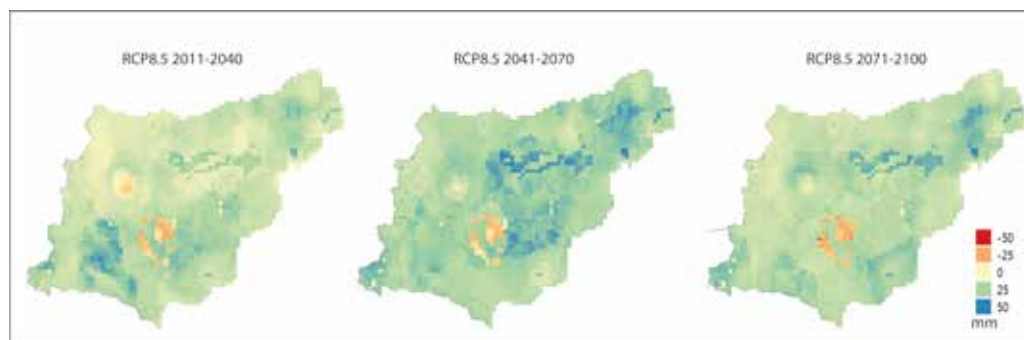
la identificación de zonas de mayor riesgo de la cuenca”.

Hasta el momento no se han observado variaciones en la ocurrencia de eventos extremos en las cuencas internas de la CAPV (MTE, 2018). Desde 1990, se observa un incremento en la intensidad de la precipitación máxima diaria (DGOH, DFCG, 2017) y en el futuro se proyectan cambios en las precipitaciones máximas diarias asociados a periodos de retorno de 10 y 50 años, mayor cuanto mayor es el periodo de retorno y peor el escenario de emisiones, aunque con un grado de confianza bajo.

El aumento de las lluvias intensas podría dar lugar a un aumento en la frecuencia de inundaciones. Sin embargo, el descenso de las precipitaciones totales podría llevar a que los suelos estuviesen más secos, por lo que es complejo establecer relaciones directas entre el aumento de la precipitación máxima y un aumento de los caudales.

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	ESCENARIO RCP4.5	ESCENARIO RCP8.5
10	+ 4,0%	+ 13,0%
50	+ 6,0%	+ 18,0%

6.7 Tabla. Porcentaje de cambio de las precipitaciones máximas diarias asociadas a periodos de retorno de 10 y 50 años. Fuente: proyecto Escenarios I (Klimatek, 2016) y Escenarios II (Klimatek, 2017).



6.11 Fig. Precipitación media máxima asociada a un periodo de retorno de 50 años: anomalía respecto al periodo base (1971-2000) para el escenario RCP8.5. Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

¹⁷ Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea, de 23 de octubre de 2007, relativa a la “Evaluación y la gestión de los riesgos de inundación”, traspuesta al ordenamiento jurídico español por el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio.

Los estudios sobre cambios en los caudales de inundación son menos numerosos que para la precipitación. En uno de ellos, se proyectan aumentos de caudales de periodo

de retorno de 100 años para el Cantábrico oriental (Alfieri et al., 2015).

2020	2050	2080
-10/0	0/+10	0/+10

6.8 Tabla. Porcentaje del cambio proyectado en el nivel de caudal diario máximo de 100 años para la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental. Fuente: Alfieri et al. (2015).

La Agencia Vasca del Agua elaboró el estudio 'Estimación del efecto del Cambio Climático en la frecuencia y magnitud de las crecidas fluviales del País Vasco'¹⁸ en el que se analizan los cambios en la frecuencia de los caudales. En él se concluye que para el horizonte 2100, para periodos de retorno bajos (10 años) los cambios en los caudales de avenidas serán nulos o con una

tendencia a la disminución, mientras que para periodos de retorno mayores (100 y 500 años) los modelos predicen incrementos de los caudales de avenida, por ejemplo, un aumento de 7-15% y 8-25% del caudal de periodo de retorno de 100 y 500 años, respectivamente, valores ligeramente superiores al estudio de Alfieri et al. (2015).

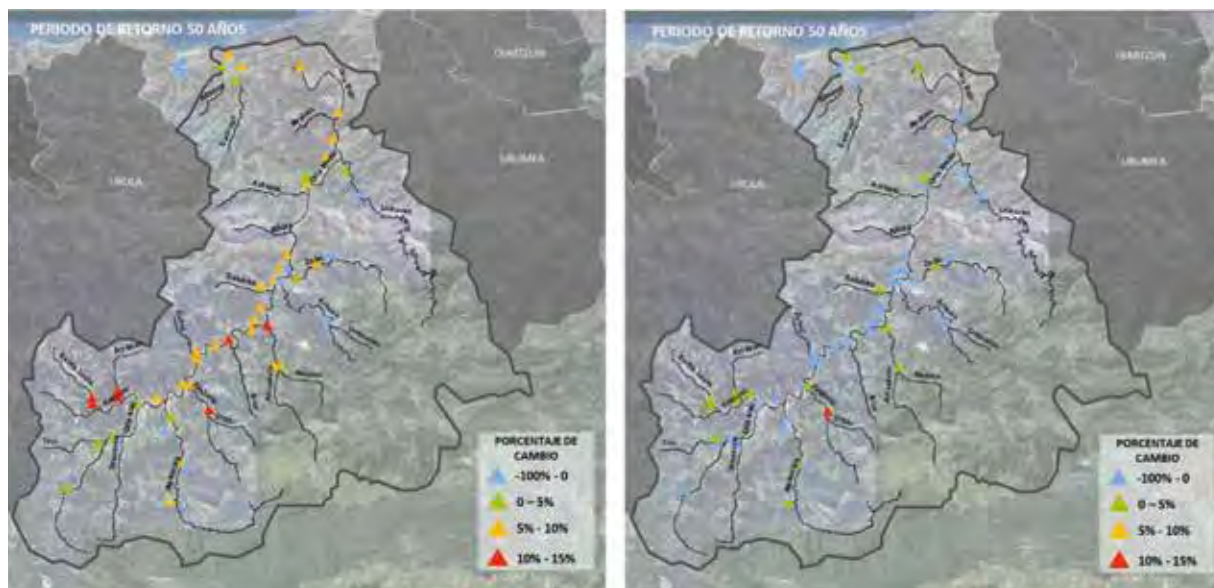
Para el horizonte 2100, para periodos de retorno bajos (10 años) los cambios en los caudales de avenidas serán nulos o con una tendencia a la disminución, mientras que para periodos de retorno mayores (100 y 500 años) los modelos predicen incrementos de los caudales de avenida, por ejemplo, un aumento de 7-15% y 8-25% del caudal de periodo de retorno de 100 y 500 años.

El informe 'Cambios en las condiciones de inundabilidad en Gipuzkoa por el cambio climático'¹⁹ elaborado por la Dirección de Obras Hidráulicas del Departamento de Medio Ambiente y Obras Hidráulicas de la DFG, se ha tratado de identificar el impacto del cambio climático en las condiciones de inundabilidad en Gipuzkoa, como un primer análisis de cambios en la hidrología para el periodo

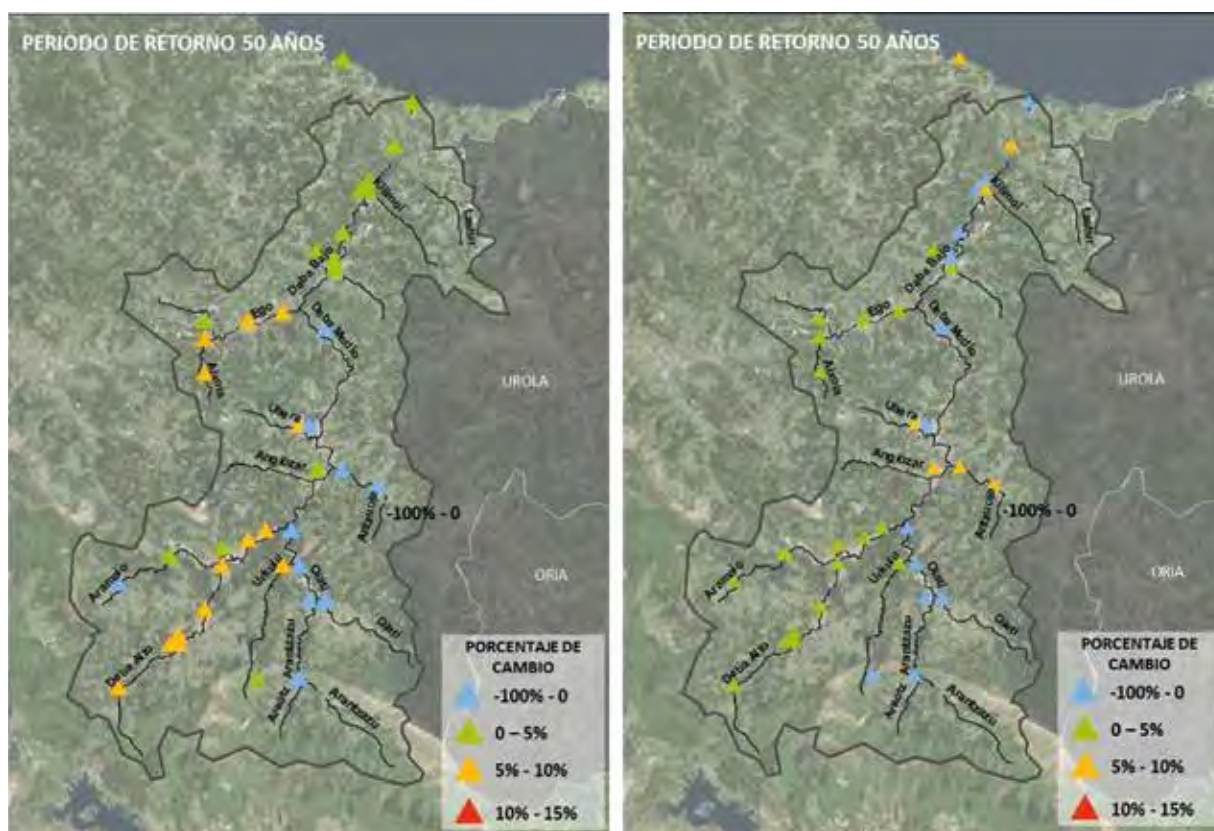
2071-2100 para periodos de retorno de 10, 25 y 50 años. La variación porcentual de los caudales para los distintos escenarios y tiempos de retorno varían entre un 0 y 10% para la cuenca del río Deba, 5 y 15% en la cuenca del Oria, 5%-20% en la cuenca del Urola, 1%-9% en la cuenca del río Urumea y 0-5% para la cuenca del río Oiartzun.

¹⁸ https://www.uragentzia.euskadi.eus/contenidos/informacion/2011_epri/es_doc/adjuntos/EPRI_2CICLO_DHC_ORI_Memoria_cas.pdf

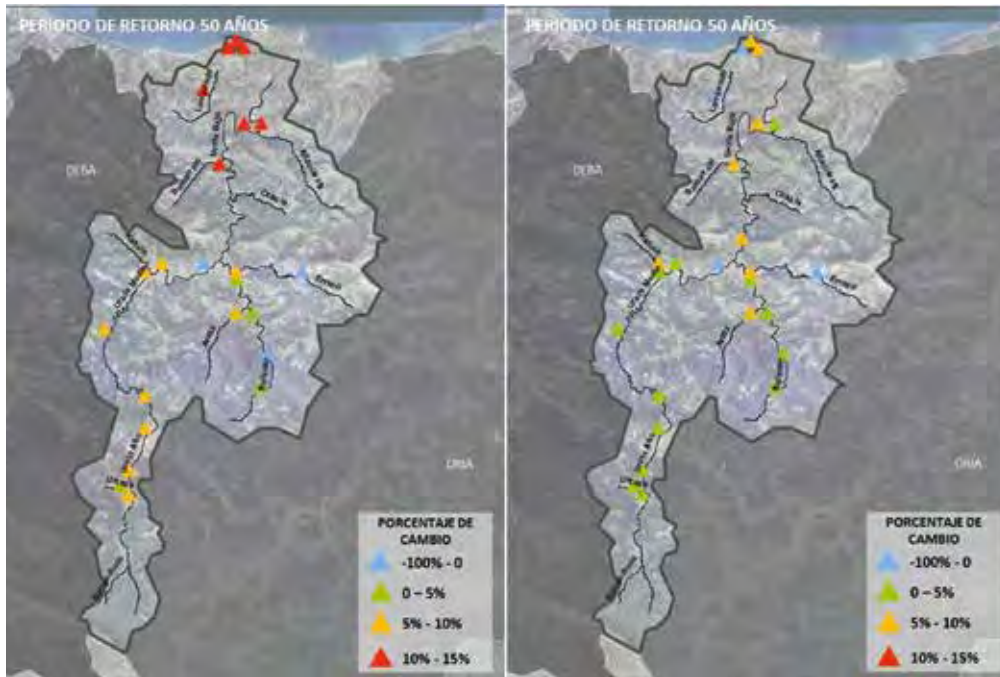
¹⁹ <https://www.gipuzkoa.eus/documents/2820648/5891269/Inundabilidad+en+Gipuzkoa/aba808e0-496f-38a1-c512-352a2925695f>



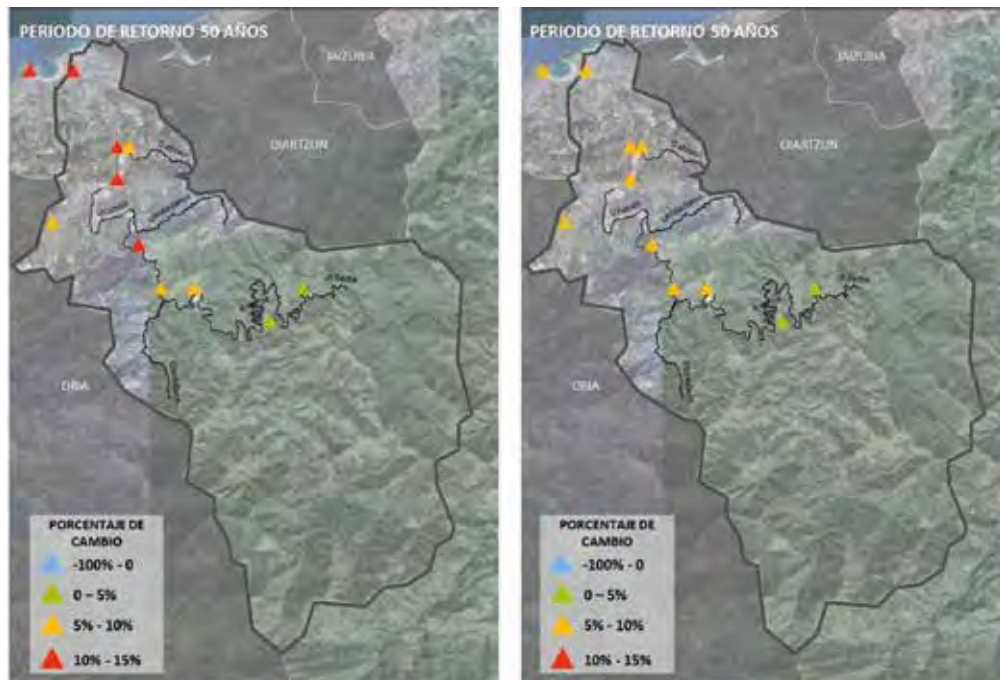
6.12 Fig. Variación porcentual de caudales en la cuenca del río Oria en los escenarios de cambio climático RCP4.5 (izq.) y RCP8.5 (drcha.). Periodo de retorno 50 años. Fuente: DGOH, DFG.



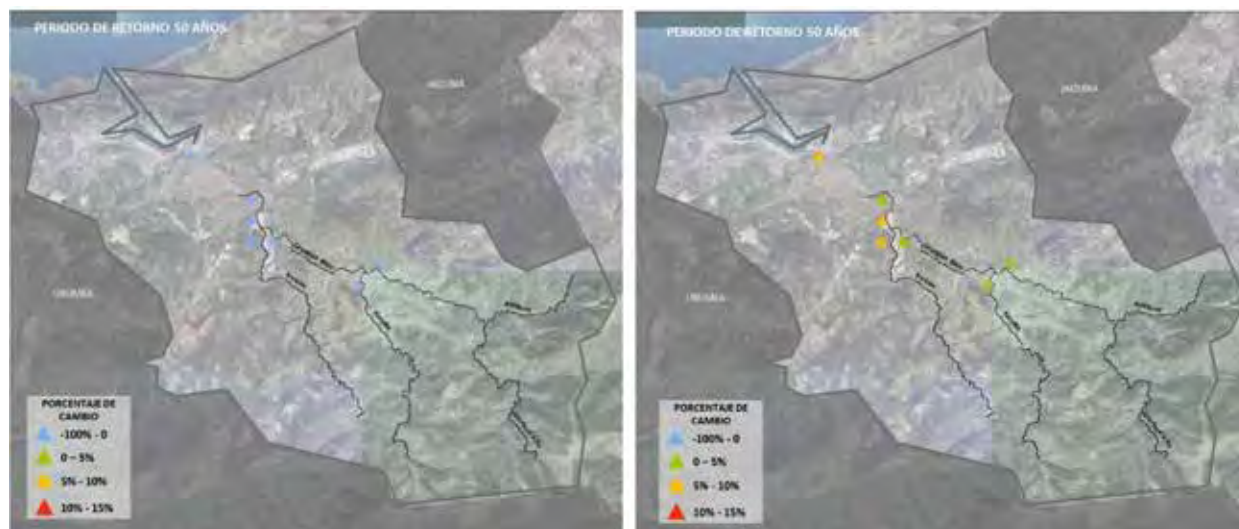
6.13 Fig. Variación porcentual de caudales en la cuenca del río Deba en los escenarios de cambio climático RCP4.5 (izq.) y RCP8.5 (drcha.). Periodo de retorno 50 años. Fuente: DGOH, DFG.



6.14 Fig. Variación porcentual de caudales en la cuenca del río Urola en los escenarios de cambio climático RCP4.5 (izq.) y RCP8.5 (drcha.). Periodo de retorno 50 años. Fuente: DGOH, DFG.



6.15 Fig. Variación porcentual de caudales en la cuenca del río Urumea en los escenarios de cambio climático RCP4.5 (izq.) y RCP8.5 (drcha.). Periodo de retorno 50 años. Fuente: DGOH, DFG.

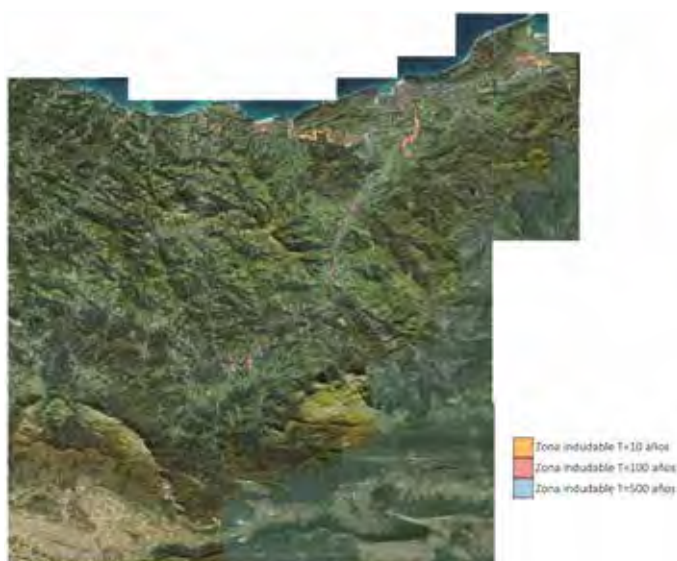


6.16 Fig. Variación porcentual de caudales en la cuenca del río Oartzun en los escenarios de cambio climático RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha). Periodo de retorno 50 años. Fuente: DGOH, DFG.

Este aumento de los caudales podría dar lugar a un empeoramiento de la inundabilidad, esto es, el aumento de las superficies de inundación y de los valores de calado y velocidad de la corriente y, por tanto, a un aumento del riesgo. Sin embargo, hay que considerar la elevada incertidumbre asociada a estas proyecciones. Además, estos incrementos de los caudales de avenida no se traducen en un aumento proporcional de la inundabilidad. El área afectada por estos eventos dependerá de un mayor número de factores como cambios en los usos del suelo. Considerando estos factores, este estudio concluye

que de momento “no existe evidencia científico-técnica suficiente para incorporar la variable cambio climático al análisis de las inundaciones fluviales y pluviales de la Evaluación Preliminar de Riesgos de Inundación”.

A continuación, se muestran los mapas de peligrosidad para distintos periodos de retorno²⁰, utilizando para ello los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación en la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental para las áreas de riesgo potencial significativo de inundación²¹.



6.17 Fig. Mapa de peligrosidad de inundación en Gipuzkoa. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de URA.

²⁰Estimación del intervalo de tiempo medio transcurrido entre distintos sucesos de un episodio (por ejemplo, una crecida o lluvias extremas) de (o mayores/menores de) un tamaño o intensidad definidos.

²¹https://www.uragentzia.euskadi.eus/u81-0003421/es/contenidos/informacion/demarcacion_cantabrico_orienta/es_def/index.shtml#tab_item5951



6.18 Fig. Mapa de peligrosidad de inundación ríos Bidasoa y Oiartzun. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de URA.



6.19 Fig. Mapa de peligrosidad de inundación en las cuencas del Oria y Urumea. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de URA.



6.20 Fig. Mapa de peligrosidad de inundación en la cuenca del Oria. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de URA.



6.21 Fig. Mapa de peligrosidad de inundación en las cuencas de los ríos Deba y Urola. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de URA.

6.7 RELACIÓN ENTRE RECURSOS HÍDRICOS Y DEMANDA DE AGUA

El estudio de los efectos del cambio global en los usos y demanda de agua es complejo. Los usos del agua incluyen un gran número de actividades como el abastecimiento de la población, regadíos y usos agrarios, usos industriales para producción de energía eléctrica, otros usos industriales o usos recreativos. En el año 2018 las masas de agua del T.H. de Gipuzkoa contaban con cerca de 4.400 aprovechamientos concedidos, con un caudal medio equivalente de 1,56 m³/s (Ura, 2018). De todos ellos, se pueden clasificar como usos consuntivos²² el abastecimiento de poblaciones, el uso industrial, los usos agrarios y algunos métodos de producción de energía eléctrica (térmicas y termosolares). Por su parte, como usos (esencialmente) no consuntivos²³ se consideran los caudales utilizados por la producción de energía hidroeléctrica, la acuicultura, los usos recreativos

y la navegación y transporte acuático. En algunas de estos casos el agua es suministrada desde la red de abastecimiento urbano mientras que en otros se utilizan tomas propias. En este apartado nos hemos centrado en la red de abastecimiento urbano (uso doméstico, turístico urbano, industrial-comercial urbano, riego urbano, ganadero urbano). El impacto del cambio climático en el abastecimiento para el resto de los usos más específicos, como la industria o generación hidroeléctrica, se analiza en los capítulos correspondientes.

La demanda de agua urbana se verá afectada principalmente por el incremento de la temperatura, y en menor medida por cambios en la precipitación (CEDEX, 2012). En los meses de verano en los que se proyecta un aumento de la temperatura y disminución de los caudales cabe esperar un aumento en la demanda de agua.

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	2015	2021	PUNTO DE CONTROL	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009
AGUAS DEL AÑARBE	25,96	25,78	EMBALSE AÑARBE	23,61	23,76	23,60	23,92	25,26	25,27	26,55	27,28
CONSORCIO DE AGUAS DE GIPUZKOA (VARIOS SISTEMAS)			VARIOS	19,76	19,51	19,53	19,66	20,06	20,61	21,13	21,80
SERVICIOS DE TXINGUDI	8,92	9,13	ELORDI	7,45	7,63	7,52	7,94	8,32	8,64	8,63	8,80
TOTAL	34,88	34,91		50,82	50,9	50,65	51,52	53,64	54,52	56,31	57,88

6.9 Tabla. Sistemas de abastecimiento (Datos de suministro en alta, salida de ETAP), Volúmenes anuales servidos (hm3). Fuente: Documentos iniciales del tercer ciclo de planificación hidrológica (2021-2027), URA²⁴

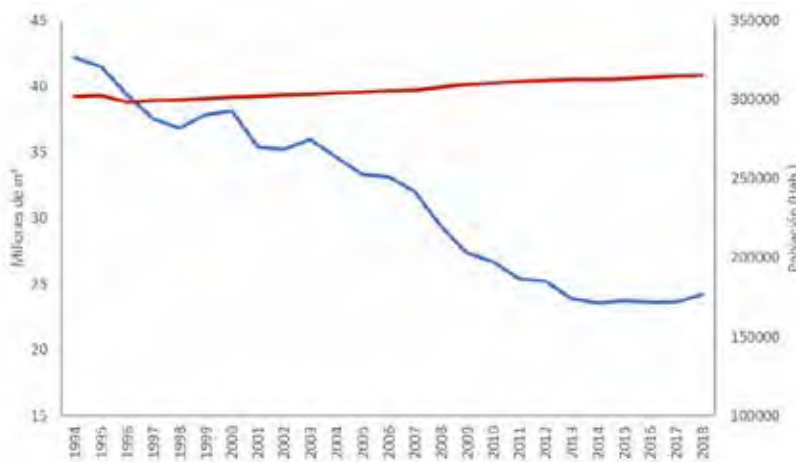
Los diagnósticos efectuados en el marco de la planificación hidrológica (URA) concluyen que los principales sistemas de abastecimiento (Añarbe), están bien preparados para satisfacer las demandas actuales, así como para garantizar al mismo tiempo el mantenimiento de los caudales ecológicos. Además, el agua suministrada por los distintos sistemas ha ido disminuyendo desde

2009, siendo esta reducción del 12,2%. Esta disminución se debe a dos efectos principalmente, mejoras en las redes de abastecimiento y la disminución del consumo. Las previsiones de demanda de agua futuras estarán condicionadas por el crecimiento demográfico y la eficiencia del uso, no siendo probable el crecimiento notable de las necesidades hídricas.

²³Usos no consuntivos: el agua utilizada es devuelta posteriormente al medio del cual ha sido extraída.

²⁴https://www.uragentzia.euskadi.eus/contenidos/informacion/documentos_iniciales_2021_2027/es_def/adjuntos/Anejo_4_Extracciones.pdf

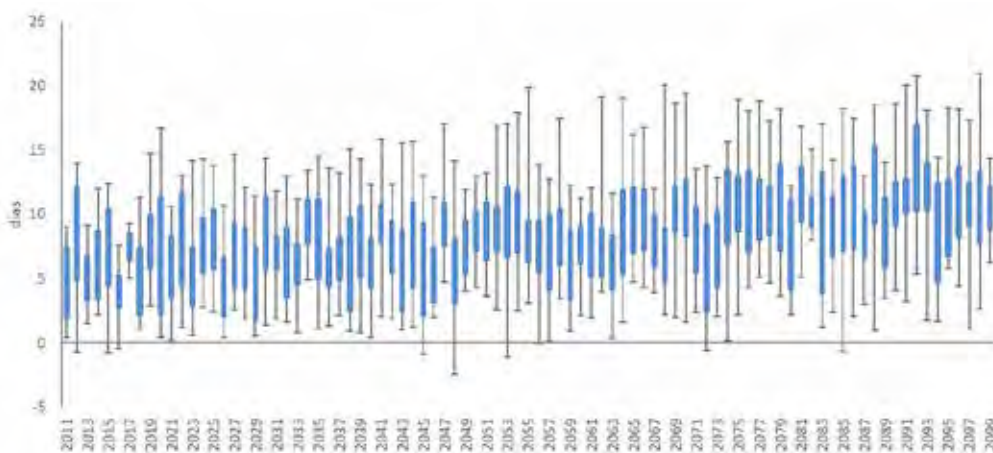
²⁵Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental 2015-2021 https://www.uragentzia.euskadi.eus/informacion/ultimos-informes/u81-0003342/es/#tab_item1877



6.22 Fig. Evolución temporal del agua suministrada y de la población asociada a la presa de Añarbe. Fuente: Aguas del Añarbe-Añarbeko Urak, S.A.

Sin embargo, en las comarcas en las que el abastecimiento se realiza desde embalses de pequeño tamaño, la capacidad de estos no garantiza el suministro en caso de sufrir largos periodos de sequía. Las proyecciones, a pesar de la elevada incertidumbre en las predicciones de precipitación, prevén un incremento del número máximo de días secos consecutivos ($Pr < 1mm$)

para todas las estaciones, siendo especialmente intenso en verano, donde estos días pueden aumentar entre 5 y 15 días respecto al periodo de referencia en el peor de los escenarios. En estos escenarios estos sistemas no podrían garantizar el suministro incrementando la presión sobre acuíferos u otras captaciones superficiales.



6.23 Fig. Proyección temporal de la anomalía del número de días secos consecutivos ($Pr < 1mm$) para el escenario RCP8.5. Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

6.8 CONCLUSIONES

El agua es un recurso esencial en nuestra sociedad, indispensable en el desarrollo de la actividad económica, y recurso ambiental, cultural y de bienestar social. Las previsiones de cambio climático proyectan cambios tanto en la cantidad como calidad de los recursos hídricos y el aumento de la magnitud y frecuencia de fenómenos climáticos extremos, como las inundaciones y las sequías.

Hasta el momento los registros históricos de precipitación no muestran ninguna tendencia en la precipitación media diaria. Las precipitaciones más intensas sí muestran ciertos cambios. Así, desde 1990, parte de las tormentas estivales se han retrasado al otoño. Además, las tormentas han aumentado su intensidad y son probablemente más cortas, de forma que la precipitación máxima media diaria se ha reducido en dicho periodo.

Las proyecciones prevén, con un nivel de incertidumbre alto, una disminución de la precipitación total en el año del orden del 5,6% para mediados de siglo y del 11% para el año 2100 en el peor de los escenarios. Además, las proyecciones prevén incrementos de las precipitaciones máximas diarias asociadas a periodos de retorno de 10 y 50 años.

Las series temporales de aproximadamente 20 años muestran una ligera tendencia creciente del caudal medio anual en la mayoría de las estaciones, aunque los coeficientes de correlación (no mostrados) son muy bajos y los cambios no son significativos. En otoño sí se observa una tendencia clara y significativa a la disminución de caudales, especialmente significativa en octubre. En invierno, sin embargo, es muy probable que los caudales

hayan aumentado. En primavera y verano no se observan tendencias significativas.

Los estudios regionalizados predicen descensos de la escorrentía para la cuenca del Cantábrico Oriental, del 17% para otoño, 16% para primavera, 11% en invierno y del 7% para verano para finales de siglo para el escenario RCP8.5 (Meaurio et al., 2017). Asimismo, es probable el descenso de los niveles freáticos de las aguas subterráneas, atribuido en parte a la reducción de la precipitación y a la menor duración de la estación de recarga.

Los cambios previstos en la frecuencia y magnitud de las inundaciones no son concluyentes. Un estudio centrado en la identificación el impacto del cambio climático en las condiciones de inundabilidad en Gipuzkoa, muestra que los caudales para los distintos escenarios y tiempos de retorno varían entre un 0 y 10% para la cuenca del río Deba, 5 y 15% en la cuenca del Oria, 5%-20% en la cuenca del Urola, 1%-9% en la cuenca del río Urumea y 0-5% para la cuenca del río Oiartzun.

Los sistemas de abastecimiento pequeños (todos los sistemas del territorio menos Añarbe) podrían no garantizar el suministro durante periodos prolongados de sequía.

Con el objetivo de monitorizar y evaluar los cambios en los recursos hídricos, en el marco del observatorio de cambio climático de Naturklima se han incorporado una serie de indicadores propuestos por la OMM, definidos como variables climáticas esenciales. Estas variables se registran en la red de estaciones permanentes que mantiene la Dirección de Obras Hidráulicas de Medio Ambiente y Obras Hidráulicas de la DFG.



6.24 Fig. Red de puntos de muestreo de DGOH-DFG.

TOTAL PRECIPITACIÓN ANUAL
NÚMERO DE DÍAS DE LLUVIA
VOLUMEN EMBALSADO
CAUDAL MEDIO ANUAL
NIVEL MEDIO ANUAL DEL AGUA
NIVEL PEIZOMÉTRICO
RECARGA DE ACUIFEROS
CALIDAD DE LAS AGUAS

6 10. Tabla. Indicadores de cambio climático.

7.1 INTRODUCCIÓN

Los cambios en el clima afectan a la biodiversidad, tanto terrestre como marina. Estos impactos pueden ser alteraciones fisiológicas, fenológicas, demográficas o de dinámica de interacciones bióticas que modifican tanto la composición de las poblaciones y comunidades como el funcionamiento de los ecosistemas, afectando así a los servicios ecosistémicos.

Sin embargo, cuantificar la contribución del cambio climático sobre estos impactos resulta complicado ya

que los factores climáticos interactúan con otros motores de cambio, entre los que destacan: los cambios de usos del suelo, la pérdida y fragmentación de hábitats e introducción de especies invasoras. Estos cambios ambientales producidos por la actividad humana forman parte, junto al cambio climático, del denominado “Cambio global” y suelen actuar sinérgicamente agravando los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas.

Los impactos del cambio climático pueden modificar la composición de las comunidades y el funcionamiento de los ecosistemas.

Incluso los escenarios de futuro más optimistas predicen que los impactos del cambio climático irán en aumento progresivamente y se prevé que a lo largo del S.XXI se produzca en nuestras latitudes un aumento en las temperaturas tanto máximas como mínimas y, relacionado con estas, en la frecuencia de los eventos climáticos extremos (olas de calor, temporales, etc.), en la

duración de los periodos secos, etc. Todo esto afectará de manera diferente a los organismos, que mostrarán una vulnerabilidad distinta en función de su capacidad de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático.

Algunos ejemplos de los impactos esperados sobre la biodiversidad son (Herrero & Zavala, 2015):

- Adelanto de la foliación y retraso de la caída de la hoja en varias especies arbóreas
- Cambios en la fenología, como la migración de las aves, fechas de foliación, la caída de las hojas, floración o fructificación.
- Aceleración de la duración de las fases larvarias en especies de insectos.
- Decaimiento forestal en diversos bosques españoles: defoliaciones, reducciones en el crecimiento y aumentos en la mortalidad.
- Desplazamientos altitudinales y latitudinales, asociado al desplazamiento de las condiciones climáticas favorables.
- Establecimiento de nuevas interacciones bióticas negativas para diversas especies.

7.2 LOS ELEMENTOS NATURALES DE GIPUZKOA

7.2.1 VEGETACIÓN

Desde el punto de vista biogeográfico, el T.H. de Gipuzkoa pertenece a la región Eurosiberiana, provincia Cántabro-Atlántica, sector Cántabro-Euskaldún (Rivas-Martínez, 1987). De acuerdo al Mapa de Series de Vegetación de la CAPV (Loidi et al., 2011), la vegetación potencial en el territorio guipuzcoano, es decir, la comunidad clímax que se desarrollaría naturalmente en condiciones ambientales estables, combina distintos tipos de bosques de frondosas, cuya distribución depende de las condiciones climáticas generadas por el gradiente altitudinal y del sustrato rocoso sobre el que se asientan y, además de los bosques, algunos tipos de matorrales y prados allí donde predomine algún factor ecológico que impida el desarrollo de masas forestales como roquedos, cumbres venteadas, zonas encharcadas, enclaves salobres, etc.

Así, en el piso colino y hasta aproximadamente 600 m de altitud, se desarrollarían el bosque mixto, con el roble

pedunculado (*Quercus robur*) como especie dominante, acompañada de otras especies como el fresno (*Fraxinus excelsior*), el arce (*Acer campestre*) y otras, y el roblel acidófilo de roble pedunculado. Por encima de los 600 m, en el piso montano, domina el hayedo (*Fagus sylvatica*).

En función del sustrato pueden aparecer los encinares cantábricos (*Quercus ilex*) en zonas de piso colino sobre sustrato de calizas recifales, en condiciones de falta de humedad edáfica. Sobre suelos silíceos de escaso desarrollo también se desarrollarían los marojales (*Quercus pirenaica*).

A su vez, en las riberas de cauces la vegetación característica sería la aliseda cantábrica o eurosiberiana, con presencia de alisos (*Alnus glutinosa*), fresnos (*Fraxinus excelsior*), etc.

Por último, en las zonas de estuarios se desarrollaría la vegetación de las marismas y en el litoral, la vegetación de acantilados, etc.



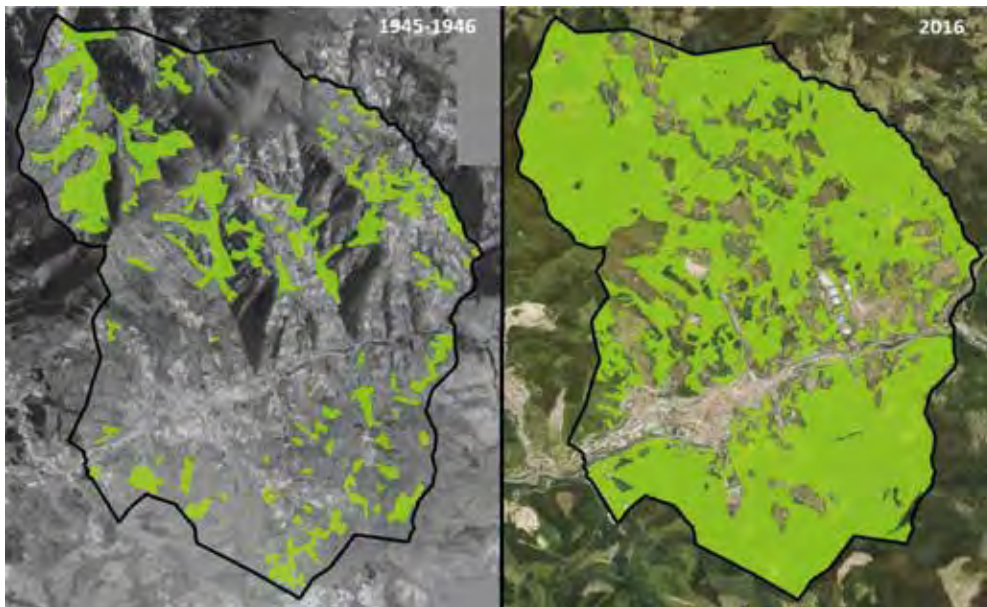
7.1 Fig. Vegetación potencial de Gipuzkoa. Fuente: Ekolur (2020).

7.2.2 VEGETACIÓN ACTUAL. USOS DEL SUELO

En contraposición a la vegetación potencial, la vegetación real o actual es la que se observa en la actualidad como resultado de las modificaciones antrópicas sucedidas en el territorio, es decir, de la sucesión de usos del suelo.

La distribución de usos del suelo no ha sido siempre tal y como la conocemos en la actualidad, que difiere enormemente de la potencial, sino que ha ido cambiando en el tiempo, en ocasiones muy notablemente,

consecuencia de los cambios en el panorama socio-económico del T.H. Por ejemplo, en el término municipal de Eibar, la predominancia de un paisaje de tipo agroganadero con extensos pastos, helechales y tierras de labor, presente en la primera mitad del siglo pasado (en área potencial de robledal, bosque mixto, encinar o hayedo), dio paso en pocas decenas de años al actual dominio forestal (mayoritariamente coníferas alóctonas) que se aprecia en la figura que sigue.



7.2 Fig. Evolución de la cobertura arbórea en el término municipal de Eibar. Fuente: Ekolur (2018).

Esta transformación del paisaje descrita en Eibar es extrapolable al conjunto del T.H. Las formaciones autóctonas han visto reducida su superficie potencial inicialmente sustituida por pastos, cultivos, helechales, etc., y en las últimas décadas, por plantaciones forestales ocupando terrenos anteriormente utilizados para uso agropecuario. Adicionalmente, los fondos de valle han sido ocupados por desarrollos urbanos, industriales e infraestructuras.



7.3 Fig. Mapa de Gipuzkoa describiendo los diferentes tipos de vegetación. Fuente: Ekolur (2020).

7.2.3 HÁBITATS

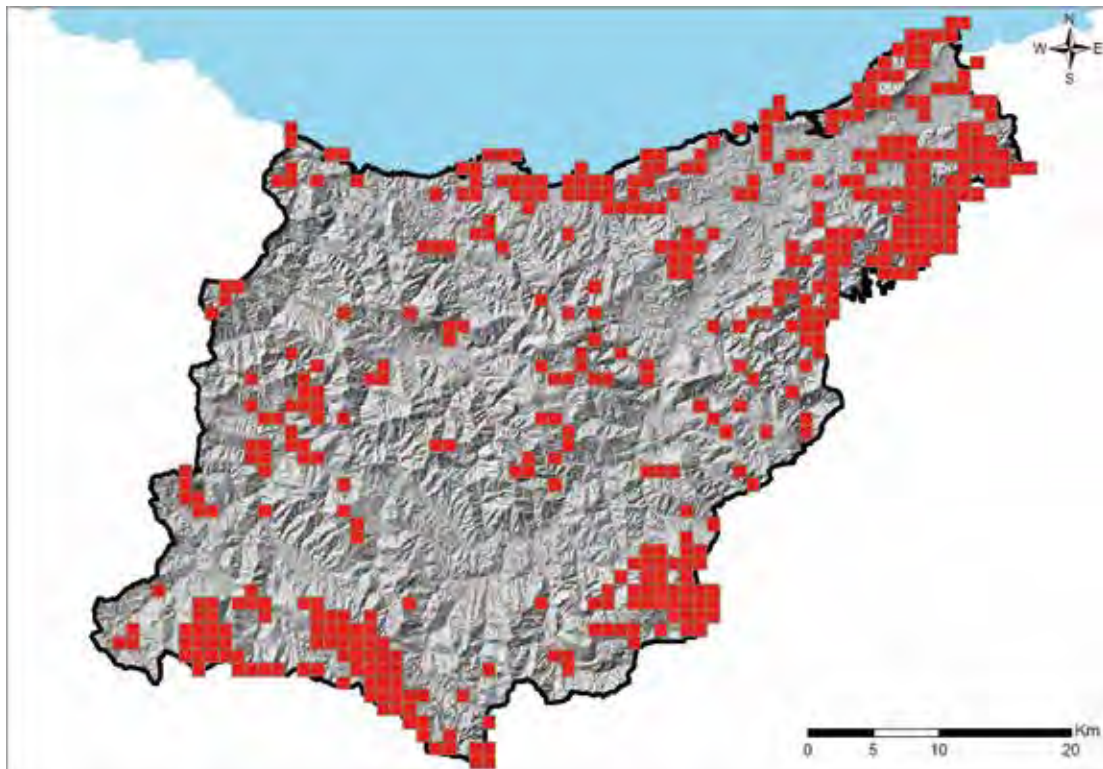
El concepto de hábitat se refiere en ecología al medio en el que vive una población o especie. No se limita al espacio topográfico que ocupa, sino que incluye además de los factores ambientales, las interacciones entre los seres vivos que conforman la comunidad. Por ello, en los distintos sistemas de clasificación de hábitats que existen, se suelen identificar por el tipo de vegetación que lo conforman.

De acuerdo con el sistema de clasificación EUNIS, en Gipuzkoa se distinguen 149 tipos de hábitats distintos, algunos de los cuales se consideran 'hábitats de interés comunitario' al estar incluidos en el anexo I de la Directiva Hábitats²⁶.

7.2.4 FLORA

De acuerdo con las citas recogidas en la base de datos de ARAN (2019)²⁷, en Gipuzkoa se han localizado ejemplares de 108 especies de flora incluidas en el Catálogo Vasco de Especies amenazadas (en

adelante CVEA): 27 especies (25% de las catalogadas) en la categoría de 'en peligro de extinción', 40 especies (37%) en la categoría de 'vulnerables', 30 en la categoría de 'raras' (28%) y 11 en la categoría 'de interés especial' (10%).



7.4 Fig. Cuadrículas UTM de 1 x 1 km con citas de flora incluidas en la Lista Roja. Fuente: Ekolur (2020).

²⁶<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1992-81200>

²⁷<http://www.aranzadi.eus/busqueda-cientifica?lang=eu>

7.2.5 FAUNA

De las 156 especies de fauna incluidas en el CVEA, han sido citadas en el territorio guipuzcoano 126 especies: 86 especies de aves, 21 mamíferos, 6 especies de anfibios, 6 de reptiles, 4 especies de invertebrados y 3 especies piscícolas.

El 40% de estas especies catalogadas aparecen en la categoría de 'Interés Especial' (50 especies); el 26% en la categoría 'Rara' (33 especies); 22% en la categoría 'Vulnerable' (28 especies) y el 12% en la categoría de 'En peligro de extinción' (15 especies). En esta última categoría

se han incluido 6 mamíferos (desmán ibérico, visón europeo, murciélago de bosque, murciélago ratonero grande, murciélago bigotudo y murciélago mediterráneo de herradura), 6 aves (carricerín común, avetoro, fumarel común, quebrantahuesos, buscalar unicolor y milano real), 1 especie piscícola (lamprea marina), 1 anfibio (ranita meridional) y, por último, 1 invertebrado (cangrejo de río común).

7.2.6 ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS

Hay un consenso general de que el cambio climático favorecerá las especies exóticas invasoras, dando lugar a nuevas invasiones y facilitando la propagación de las ya establecidas (Capdevilla et al., 2011).

En la 'Diagnosis de la flora alóctona invasora de la CAPV (Campos & Herrera, 2019) se catalogaron 478

especies alóctonas en el territorio del País Vasco, lo cual supone cerca del 21% de la flora total. Estas especies alóctonas se clasificaron en 5 categorías, dependiendo del grado de naturalización que presenta cada especie en el proceso de invasión:

- Categoría A: especies transformadoras
- Categoría B: especies naturalizadas invasoras
- Categoría C: especies naturalizadas no invasoras
- Categoría D: especies casuales
- Categoría E: especies criptogénicas o de estatus autóctono dudoso

Entre las especies incluidas en la categoría más preocupante, la A, en Gipuzkoa se citan 21, la mayoría de las cuales se instalan en hábitats húmedos, zonas costeras y en terrenos degradados como cunetas y taludes.

En la 'Diagnosis de la fauna exótica invasora de la CAPV' (Desma, 2009), se recogen 20 especies introducidas, establecidas y que causan un impacto negativo sobre especies autóctonas o sobre hábitats naturales de la CAPV.

De estas especies, se citan 13 en territorio guipuzcoano, todas de medios acuáticos. Además, con posterioridad a la fecha de elaboración del citado informe, se han producido introducciones de otras especies exóticas invasoras, entre las cuales merecen ser mencionadas la avispa asiática (*Vespa velutina*) y el mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*) ya que la Diputación Foral dirige esfuerzos para su control y erradicación.

7.2.7 CONECTIVIDAD ECOLÓGICA

La conectividad ecológica se define como el grado en que el territorio facilita o impide los movimientos de las especies (intercambio de individuos y genes) entre las diferentes zonas de hábitat existentes en el mismo, o como la capacidad de conexión entre ecosistemas similares en un paisaje fragmentado, ya sea como consecuencia de

procesos de destrucción de hábitats, de cambios de usos del suelo o de desarrollos urbanos e infraestructurales.

Son varios los estudios que se han realizado con el fin de caracterizar la conectividad ecológica que incluyen parte o la totalidad del territorio guipuzcoano:

- Red de Corredores Ecológicos de la CAPV (Gurrutxaga, 2005)
- Cartografía de la Red de Corredores Ecológicos de la Eurociudad Vasca Bayonne-San Sebastián (Ekolur-Eten, 2014)
- Infraestructura verde de la CAPV, Propuesta metodológica para la identificación y representación de la infraestructura verde a escala regional de la CAPV (Ekolur, 2016)
- Conectividad ecológica en Donostialdea-Bajo Bidasoa, Elaboración de las bases técnicas para la inclusión de los requisitos de la conectividad ecológica en la planificación territorial a escala de Unidad Funcional (Ekolur, 2017).

Todos estos trabajos, basados en modelizaciones que analizan las distintas tramas de las que se compone el territorio, identifican una serie de corredores ecológicos que conectan áreas núcleo, así como zonas de conflicto y obstáculos crítico. En la actualidad se está elaborando un diagnóstico para la planificación de la red de

Infraestructuras Verdes de Gipuzkoa a la que habrá que prestar atención puesto que la preservación o creación de conectividad en el territorio resulta una estrategia clave para proteger la biodiversidad, mantener ecosistemas viables, y facilitar el movimiento y la adaptación de las poblaciones de vida silvestre ante el cambio climático.

7.3 IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA BIODIVERSIDAD

La vulnerabilidad de especies y ecosistemas al cambio climático se da a distintos niveles de organización, desde el individuo al ecosistema. La siguiente tabla recoge algunas de las principales vulnerabilidades al cambio climático de los ecosistemas.

ORGANISMOS: FENOLOGÍA

- CAMBIOS EN LA FOLIACIÓN, CAÍDA DE HOJAS, FLORACIÓN Y FRUCTIFICACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS.
- CAMBIOS EN LA MIGRACIÓN DE AVES DEBIDO A CAMBIOS CLIMÁTICOS EN LAS ZONAS DE INVERNADA Y REPRODUCCIÓN.
- MUCHAS ESPECIES DE LEPIDÓPTEROS PUEDEN VER ADELANTADA LA FECHA DE EMERGENCIA DE LARVAS Y ADULTOS.

POBLACIONES: DEMOGRAFÍA

- EL AUMENTO DE LA TEMPERATURA PUEDE ALTERAR LA PROPORCIÓN DE SEXOS EN LOS RECIÉN NACIDOS DE ALGUNAS ESPECIES DE REPTILES.
- EL CRECIMIENTO DE ESPECIES ARBÓREAS PUEDE VERSE REDUCIDO Y LA MORTALIDAD INCREMENTADA, PRINCIPALMENTE EN BOSQUES DENSOS.
- LOS INDIVIDUOS JÓVENES O DE MENOR TAMAÑO DE ESPECIES ARBÓREAS SON ESPECIALMENTE VULNERABLES A LOS EFECTOS DE LA SEQUÍA Y AL INCREMENTO DE LA TEMPERATURA.

POBLACIONES: DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA

- DESPLAZAMIENTOS ALTITUDINALES Y LATITUDINALES
- LAS MIGRACIONES EN ALTITUD PUEDEN SUPONER UNA DISMINUCIÓN DEL ÁREA POTENCIAL DE DISTRIBUCIÓN CUANDO OCURREN EN ÁREAS DE MONTAÑA CERCANA A LAS CUMBRES.
- LAS POBLACIONES SITUADAS EN LAS COTAS ALTITUDINALES SUPERIORES SE ENCUENTRAN ENTRE LAS MÁS VULNERABLES.
- LAS MIGRACIONES ESTÁN LIMITADAS POR LA CAPACIDAD DE DISPERSIÓN DE LAS ESPECIES Y POR LA DISTRIBUCIÓN DE SUS HÁBITATS FAVORABLES.

COMUNIDADES: ESTRUCTURA Y DINÁMICA

- LOS CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES PUEDEN PRODUCIRSE DEBIDO A LOS CAMBIOS EN LA DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES Y A LAS RESPUESTAS ESPECÍFICAS DE CADA ESPECIE FRENTE AL ESTRÉS CLIMÁTICO.
- LOS CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES PUEDEN AFECTAR AL FUNCIONAMIENTO DEL ECOSISTEMA.

COMUNIDADES: INTERACCIONES BIÓTICAS

- EL CAMBIO CLIMÁTICO PUEDE MODIFICAR INTERACCIONES YA EXISTENTES O ESTABLECER NUEVAS QUE AFECTEN NEGATIVAMENTE A ORGANISMOS Y ECOSISTEMAS.
- LAS ESPECIES INVASORAS PUEDEN VERSE FAVORECIDAS DEBIDO A SU RÁPIDA RESPUESTA A LOS CAMBIOS AMBIENTALES.
- LOS CAMBIOS EN LA FENOLOGÍA PUEDEN DESACOPLAR INTERACCIONES DEL DIPO DEPREDADOR-PRESA Y PLANTA-POLINIZADOR QUE AFECTEN NEGATIVAMENTE A ORGANISMOS Y ECOSISTEMAS.

ECOSISTEMAS: PERTURBACIONES Y EXTREMOS CLIMÁTICOS

- SE ESPERA UN AUMENTO DE LA FRECUENCIA DE LOS INCENDIOS FORESTALES Y LAS PLAGAS ASOCIADOS A UN INCREMENTO DE LAS TEMPERATURAS.
- LAS PERTURBACIONES RECURRENTE PUEDEN PROVOCAR CAMBIOS PERSISTENTES EN LAS FUNCIONES Y ESTRUCTURA DEL ECOSISTEMA.

7.1. Tabla. Vulnerabilidad frente al cambio climático. Fuente: Herrero & Zavala (2015).

La tabla 7.2 recoge los principales impactos, directos o indirectos, esperados en los elementos naturales de Gipuzkoa, a partir del análisis “Vulnerabilidad al Cambio Climático de los elementos naturales de Gipuzkoa” (Ekolur, 2020).

IMPACTOS SOBRE LA BIODIVERSIDAD TERRESTRE

REDUCCIONES EN POBLACIONES Y/O EXTINCIONES LOCALIZADAS EN DISTINTAS ESPECIES DE PLANTAS, ANIMALES O MICROORGANISMOS. INCAPACIDAD DE ADAPTACIÓN A LAS NUEVAS CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS DENTRO DE UN PERIODO DE TIEMPO RELATIVAMENTE CORTO. INCAPACIDAD DE MIGRACIÓN HACIA OTRAS REGIONES O HÁBITATS DEBIDO A GRANDES DISTANCIAS Y/O PRESENCIA DE OBSTÁCULOS GEOGRÁFICOS/FÍSICOS EN EL RECORRIDO.

LLEGADA Y ESTABLECIMIENTO DE ESPECIES INVASORAS Y/O PLAGAS, LO QUE TIENE LA CAPACIDAD DE CAUSAR LA EXTINCIÓN LOCAL DE ESPECIES VULNERABLES AUTÓCTONAS.

LLEGADA DE NUEVAS ENFERMEDADES CAUSANDO LA DESAPARICIÓN DE CIERTAS ESPECIES AUTÓCTONAS.

COLAPSO DE ECOSISTEMAS Y COMUNIDADES LOCALES DEBIDO A LA ELIMINACIÓN (EXTINCIÓN LOCAL) DE CIERTAS ESPECIES CLAVES DENTRO DEL ECOSISTEMA, INTERRUMPIENDO GRAVEMENTE EL BALANCE NATURAL DEL ECOSISTEMA ANTERIOR.

DESAPARICIÓN DE LOS HÁBITATS Y ESPECIES RELICTAS O QUE SE ENCUENTRAN EN EL BORDE DE SU ÁREA DE DISTRIBUCIÓN COMO CONSECUENCIA DE LA MODIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS CLIMÁTICOS.

IMPACTOS SOBRE LA BIODIVERSIDAD MARINA

BLANQUEAMIENTO DE LOS CORALES AUTÓCTONOS (QUE SON DE AGUA FRÍA) POR CAUSA DEL AUMENTO DE LA TEMPERATURA MEDIA DEL MAR; ESTE IMPACTO ACARREA LA MUERTE DEL PROPIO CORAL, IMPLICANDO LA PÉRDIDA SIGNIFICATIVA DE HÁBITAT USADO POR OTROS ORGANISMOS MARINOS PARA SU PROPIA SUPERVIVENCIA.

AUMENTO DE CONDICIONES EXTREMAS DEL TIEMPO, INCLUYENDO LAS TORMENTAS Y TEMPORALES, PUEDEN CAUSAR EL AUMENTO EN LA MORTALIDAD DE ESPECIES MARINAS Y EL DAÑO A LOS HÁBITATS Y ECOSISTEMAS FÍSICOS QUE USAN DETERMINADAS POBLACIONES MARINAS.

AUMENTO DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS PUEDE PERJUDICAR DIRECTAMENTE EL METABOLISMO Y AL CICLO DE VIDA DE DETERMINADAS ESPECIES MARINAS. POR EJEMPLO, EN MUCHAS ESPECIES, EN LAS QUE EL CAMBIO DE TEMPERATURA INDICA EL MOMENTO DE REPRODUCCIÓN, ESTOS CAMBIOS PUEDEN ALTERAR EN EL TIEMPO SU CICLO REPRODUCTIVO, LO QUE HACE QUE LA PROBABILIDAD DE SUPERVIVENCIA DE ESTOS ORGANISMOS PREMATURAS DISMINUYA.

LA ACIDIFICACIÓN DEL MAR, CAUSADA POR EL AUMENTO EN LA ABSORCIÓN DE CO₂ (DEBIDO A LAS CONCENTRACIONES DE CO₂ MÁS ELEVADAS EN LA ATMÓSFERA), IMPACTA NEGATIVAMENTE SOBRE EL BIENESTAR DE LOS ORGANISMOS; POR EJEMPLO, EL AUMENTO DE LA ACIDIFICACIÓN DEL AGUA HACE QUE SEA MÁS DIFÍCIL LA RESPIRACIÓN DE MUCHOS ORGANISMOS MARINOS.

IMPACTOS SOBRE EL LITORAL/ACANTILADO Y PLAYAS
<p>LA SUBIDA DEL NIVEL DEL MAR PROVOCARÁ UN RETROCESO EROSIVO DE LAS PLAYAS, CON UNA REDUCCIÓN DE LA SUPERFICIE ÚTIL TOTAL Y/O DESPLAZAMIENTO DE LAS MARISMAS, CAUSANDO LA DESTRUCCIÓN Y DEGRADACIÓN DE HÁBITATS NATURALES DE FLORA Y FAUNA.</p>
<p>DEGRADACIÓN DE LAS ESTABILIDAD ESTRUCTURAL Y AUMENTO DEL RITMO DE EROSIÓN DE LOS ACANTILADOS, CAUSANDO LA DESTRUCCIÓN Y DEGRADACIÓN DE HÁBITATS NATURALES DE FLORA Y FAUNA.</p>
IMPACTO DE LAS INUNDACIONES/PRECIPITACIONES INTENSIVAS SOBRE RIBERAS, LADERAS Y EL SUELO
<p>LAS PRECIPITACIONES INTENSIVAS SUELEN CAUSAR CAUDALES EXCESIVOS DE AGUA, LOS CUALES PUEDEN DAÑAR LA INTEGRIDAD FÍSICA DE LAS RIBERAS, QUE, EN CASOS EXTREMOS, PUEDEN CAUSAR LA DESTRUCCIÓN FÍSICA DEL MISMO. ADEMÁS, LOS CAUDALES EXCESIVOS DE AGUA Y PERÍODOS EXTENDIDOS DE INUNDACIONES PUEDEN IMPACTAR NEGATIVAMENTE SOBRE LA FLORA Y FAUNA PRESENTE, ASÍ REDUCIENDO LA RESILIENCIA DE ESTAS POBLACIONES.</p>
<p>LAS INUNDACIONES Y PRECIPITACIONES EXTREMAS PUEDEN PROVOCAR DESLIZAMIENTOS DE LADERAS, UN FENÓMENO QUE YA ESTÁ CAUSANDO DISRUPCIONES IMPORTANTES EN EL TERRITORIO DE GIPUZKOA Y QUE EN TÉRMINOS DE ELEMENTOS NATURALES, SE TRADUCE EN UNA PÉRDIDA DE SUELO CON CONSECUENCIAS PARA LOS HÁBITATS Y LAS ESPECIES.</p>
<p>LAS INUNDACIONES PUEDEN CAUSAR UNA REDUCCIÓN GRAVE EN LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO EDÁFICO Y LA LIXIVIACIÓN DE NUTRIENTES, IMPACTANDO NEGATIVAMENTE EN LAS CONDICIONES FÍSICOQUÍMICAS DEL SUELO Y PROVOCANDO UN DESCENSO EN LA PRODUCCIÓN QUE SE PUEDA DESARROLLAR EN ÉL.</p>
IMPACTOS DE LOS CAMBIOS DE LA HUMEDAD ATMOSFÉRICA EN EL TERRITORIO FORESTAL Y SOBRE EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO
<p>EN UN CORTO/ MEDIO PLAZO ES DE ESPERAR UN INCREMENTO EN LA FRECUENCIA E INTENSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES DEBIDOS A CAUSAS NATURALES, LO CUAL CONLLEVA RIESGOS IMPORTANTES PARA LA POBLACIÓN, ADEMÁS DE CAUSAR IMPACTOS IMPORTANTES SOBRE LA FLORA Y FAUNA DEL TERRITORIO. ASIMISMO, EVENTOS ATMOSFÉRICOS EXTREMOS COMO LAS NIEVES INTENSAS (SUELEN SER, A SU VEZ, LA ANTESALA DE INUNDACIONES CUANDO VAN SEGUIDAS DE VIENTO SUR), VENDAVALES, ETC., GENERAN IMPACTOS SOBRE LAS MASAS FORESTALES.</p>
<p>SE PREVÉ UNA REDUCCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN LOS ECOSISTEMAS Y LA DESAPARICIÓN TEMPORAL DE ARROYOS Y ESTANQUES, POR EJEMPLO, CON CONSECUENCIAS IMPORTANTES PARA LAS POBLACIONES DE FLORA Y FAUNA QUE DEPENDEN DE ESTOS RECURSOS.</p>

7.2 Tabla. Impactos del cambio climático sobre los elementos naturales de Gipuzkoa. Fuente: Ekolur (2020).

De todo esto se puede decir que, si bien las especies amenazadas, es decir, las que en la actualidad se encuentran ya en una situación de fragilidad, podrían verse más afectadas, se esperan cambios que se extiendan a la totalidad de los ecosistemas.

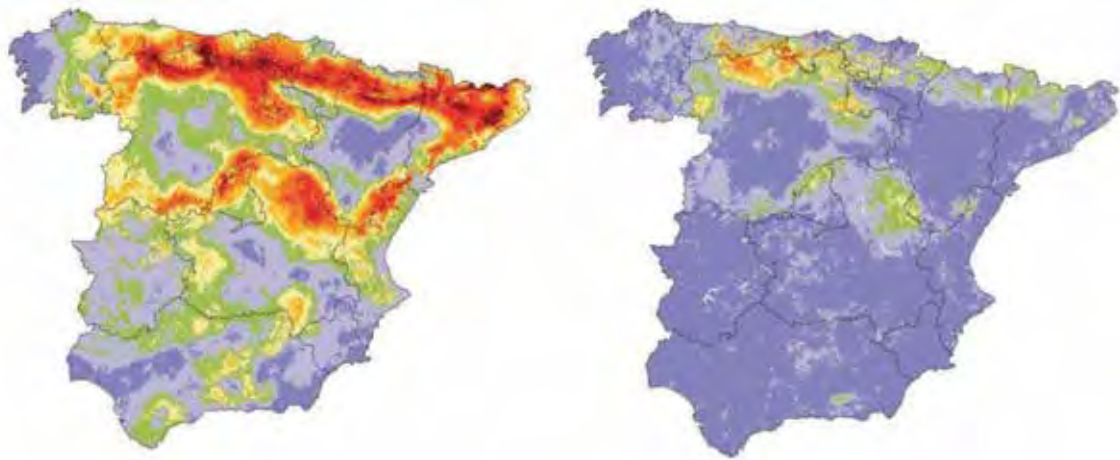
Por una parte, Pinto et al. (Tecnalia, 2011) prevén cambios en la distribución de los pisos bioclimáticos, con

un aumento de la extensión del ombrotipo subhúmedo y una disminución de las áreas con ombrotipo húmedo e hiperhúmedo. Esto se traducirá en la reducción del área potencial de especies arbóreas como el haya (*Fagus sylvatica*) y el roble (*Quercus robur*), incrementándose el de especies típicamente mediterráneas como la encina (*Quercus ilex*) y el melojo (*Quercus pirenaica*), actualmente de distribución restringida en Gipuzkoa.

“ De acuerdo con estos resultados de Felicísimo et al. (2011), se espera una pérdida de riqueza específica potencial de especies forestales y de flora amenazada. ”

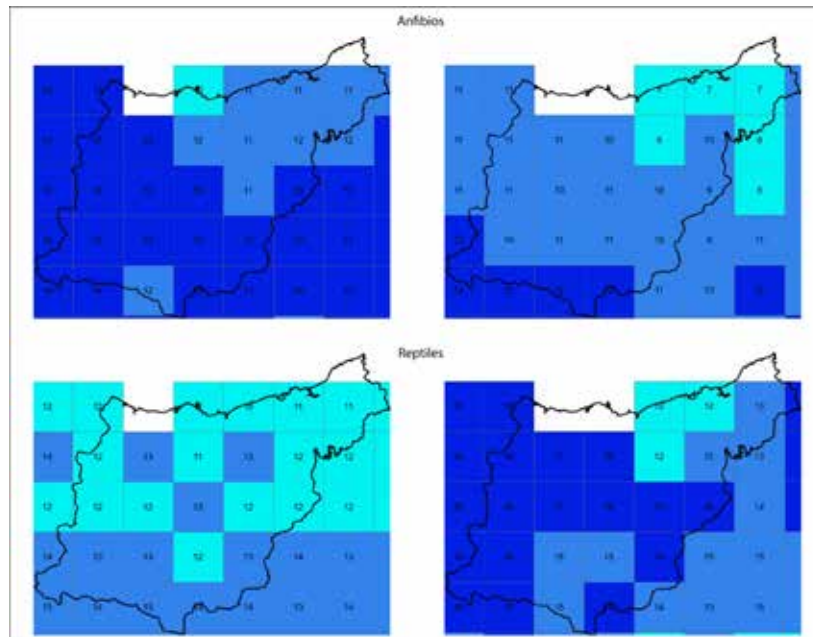
En términos de riqueza de especies forestales y especies de flora amenazada, Felicísimo et al. (2011) han elaborado mapas de riqueza específica potencial actual y futura a partir de los taxones del Mapa Forestal de España. Los resultados muestran un deterioro general de las

condiciones para albergar especies entre la distribución actual y en el periodo 2071-2100, según el modelo A2/CGCM2 (AR4-IPCC). De acuerdo con estos resultados, en el T.H. se espera una pérdida de riqueza específica potencial de especies forestales y de flora amenazada.



7.5 Fig. Riqueza específica potencial de especies forestales y de flora amenazada por cuadrículas UTM de 10x10 km en la situación actual (izq.) y en el escenario A2/CGM2 2071-2100 (drcha.). Los valores se representan desde el azul (menos de 6 especies) hasta el rojo (más de 40 especies potenciales). Fuente: Felicísimo et al. (2011).

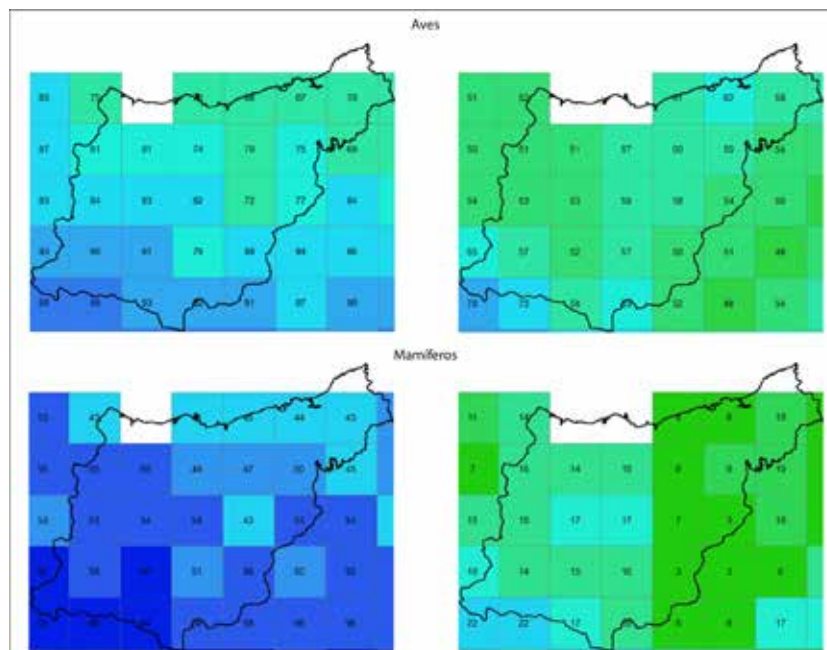
Por otra parte, en Araújo et al. (2011) se han proyectado las áreas de distribución potencial actuales y futuras para una amplia representación de los vertebrados de la España peninsular por efecto del cambio climático utilizando diferentes modelos bioclimáticos.



7.6 Fig. Riqueza específica potencial de la herpetofauna por cuadrículas UTM de 10x10 km en la situación actual (izq.) y en el escenario A2/ECHAM4 2071-2100 (drcha.) en Gipuzkoa. Fuente: Araujo et al. (2011).

Los autores del trabajo reconocen la existencia de limitaciones que pueden condicionar la interpretación y alcance de sus resultados: “Además de las incertidumbres inherentes al proceso de modelación del clima futuro, la incapacidad de prever mecanismos de adaptación fenotípicas de las especies y el hecho de no haber considerado en este estudio otras amenazas para la biodiversidad como es el caso de la degradación y

fragmentación de los hábitat, las alteraciones en el uso del suelo, la contaminación, la expansión de especies exóticas invasoras, la extracción excesiva de recursos biológicos o la propagación de enfermedades con efecto sobre la fauna, existen limitaciones propias de los modelos bioclimáticos que deben ser consideradas para comprender la relevancia y el alcance de los resultados obtenidos”.



7.7 Fig. Riqueza específica potencial de la avifauna y la mastofauna por cuadrículas UTM de 10x10 km en la situación actual (izq.) y en el escenario A2/ECHAM4 2071-2100 (drcha.) en Gipuzkoa. Fuente: Araujo et al. (2011).

7.4 VULNERABILIDAD DE LOS ELEMENTOS NATURALES

Se ha evaluado la vulnerabilidad de los distintos hábitats y especies de Gipuzkoa, agrupados en función de sus características y representatividad. La metodología utilizada para valorar la vulnerabilidad se ha adoptado la definición del AR5-IPCC que se basa

únicamente en conceptos de sensibilidad y de capacidad de adaptación. Se ha puntuado, con criterio de experto, por un lado, la sensibilidad y por otra la capacidad de adaptación y se han sumado las puntuaciones, atribuyendo un grado de vulnerabilidad a cada puntuación total:

SENSIBILIDAD (S)			CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN (CA)		
BAJA	MEDIA	ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA
0	1	2	0	1	2
VULNERABILIDAD V=S+CA)					
0	1	2	3	4	
MUY BAJA	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA	

7.3 Tabla. Método de valoración de la vulnerabilidad de los elementos naturales de Gipuzkoa empleado en este análisis. Fuente: Ekolur (2020).

Para la valoración de la vulnerabilidad de los distintos elementos naturales de Gipuzkoa, se han seleccionado unas especies representativas de cada grupo funcional y aplicado la metodología explicada (Ekolur, 2020). El Anexo II recoge en detalle el análisis de cada uno de estos elementos. En resumen, la vulnerabilidad de los elementos naturales en Gipuzkoa es:

VULNERABILIDAD AL CC	ELEMENTOS NATURALES
0 MUY BAJA	<p>PECES MARINOS Y ESTUARINOS REPTILES TERRESTRES AVES FORESTALES</p>
1 BAJA	<p>HÁBITATS Y FLORA DE ACANTILADOS LITORALES HÁBITATS Y FLORA DE BOSQUES DE RIBERA HÁBITATS Y FLORA DE BOSQUES DEL PISO COLINO HÁBITATS Y FLORA DE MATORRALES HÁBITATS Y FLORA DE ROQUEDOS Y GLERAS INVERTEBRADOS DE ZONAS ABIERTAS REPTILES ACUÁTICOS</p>
2 MEDIA	<p>HÁBITATS Y FLORA DE MARISMAS Y ESTUARIOS HÁBITATS Y FLORA ACUÁTICA DE ECOSISTEMAS LÓTICOS HÁBITATS Y FLORA DE PRADOS Y HERBAZALES DEL PISO COLINO INVERTEBRADOS DE ECOSISTEMAS FORESTALES AVES ACUÁTICAS AVES DE CAMPIÑA MAMÍFEROS MARINOS MAMÍFEROS TERRESTRES DE TAMAÑO MEDIO-GRANDE QUIRÓPTEROS</p>
3 ALTA	<p>HÁBITATS Y FLORA DE BOSQUES DEL PISO MONTANO INVERTEBRADOS DE ECOSISTEMAS DULCEACUÍCOLAS PECES CONTINENTALES PECES DIÁDROMOS AVES MARINAS AVES RUPÍCOLAS MAMÍFEROS TERRESTRES DE PEQUEÑO TAMAÑO</p>
4 MUY ALTA	<p>HÁBITATS Y FLORA DUNARES HÁBITATS Y FLORA ACUÁTICA DE ECOSISTEMAS LENÍTICOS HÁBITATS Y FLORA DE TURBERAS Y TRAMPALES HÁBITATS Y FLORA DE PRADOS Y HERBAZALES DEL PISO MONTANO ANFIBIOS MAMÍFEROS SEMIACUÁTICOS</p>

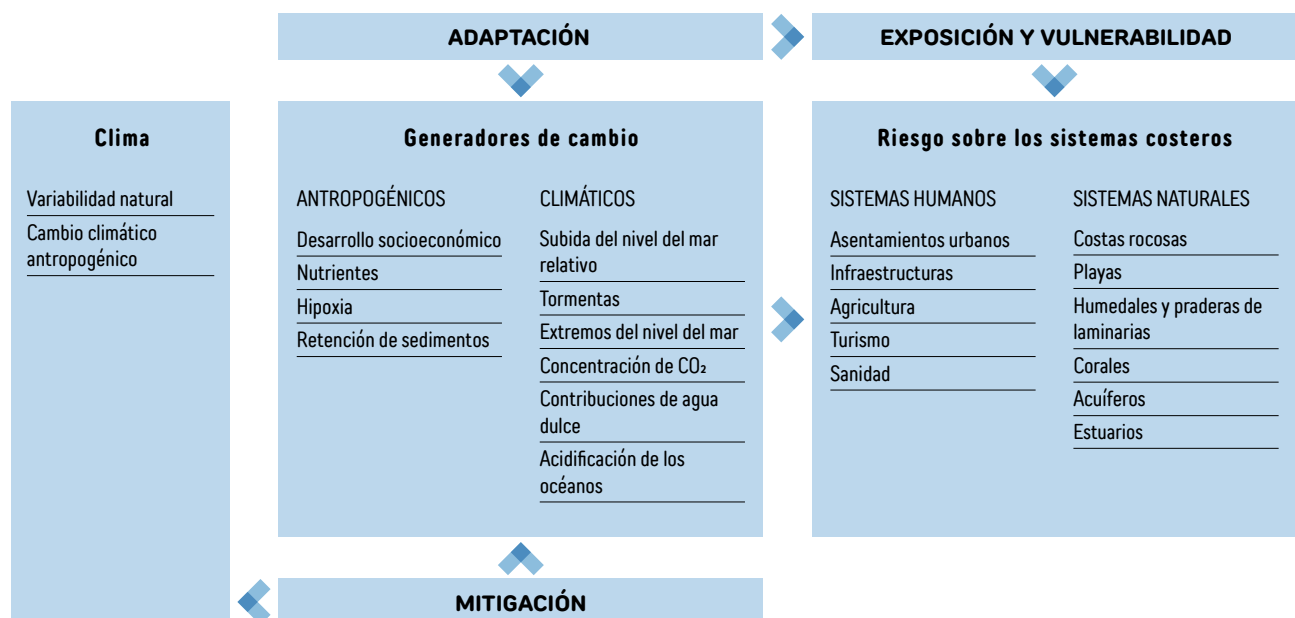
7.4 Tabla. Resumen de la vulnerabilidad al cambio climático obtenidas para cada elemento natural en Gipuzkoa en función de la valoración de las especies elegidas como representativas de cada grupo. Fuente: Ekolur (2020).

8.1 INTRODUCCIÓN

El océano tiene un papel principal en la regulación del sistema climático de la Tierra. Esto se debe en primer lugar a la capacidad de capturar y redistribuir calor, se estima que aproximadamente el 93% del exceso de calor de la Tierra atrapado por los gases de efecto invernadero se acumula en los océanos (Church et al., 2011; Levitus et al., 2012; Cheng et al., 2019). En segundo lugar, a su capacidad de almacenamiento y distribución del CO₂ liberado a la atmósfera, absorción cercana al 20-30% del CO₂ de origen antropogénico (AR5-IPCC, 2013). Por último, juega también un papel importante en el ciclo hidrológico.

Estas propiedades del océano ya están generando cambios en sus condiciones y los cambios proyectados en el contexto del cambio global continuarán afectando

de forma significativa a los océanos. Entre estos cambios destacan la absorción de CO₂ y consiguiente acidificación de los océanos y el aumento de la temperatura, que a su vez implica la subida del nivel del mar, cambios en la circulación oceánica, cambios en los forzamientos atmosféricos y niveles extremos del mar o cambios en la intensidad y/o dirección del oleaje. Junto con estos cambios climáticos, otros cambios derivados de la intensa actividad humana en el litoral, como contaminación, variación de caudales o retención de sedimentos, potencian los impactos del cambio climático en la costa. Todos ellos se traducen en un mayor riesgo de inundación costera, aumento de daños asociados a las tormentas marinas o la alteración de la morfodinámicas de las áreas costeras, además del daño a los ecosistemas marinos y costeros.

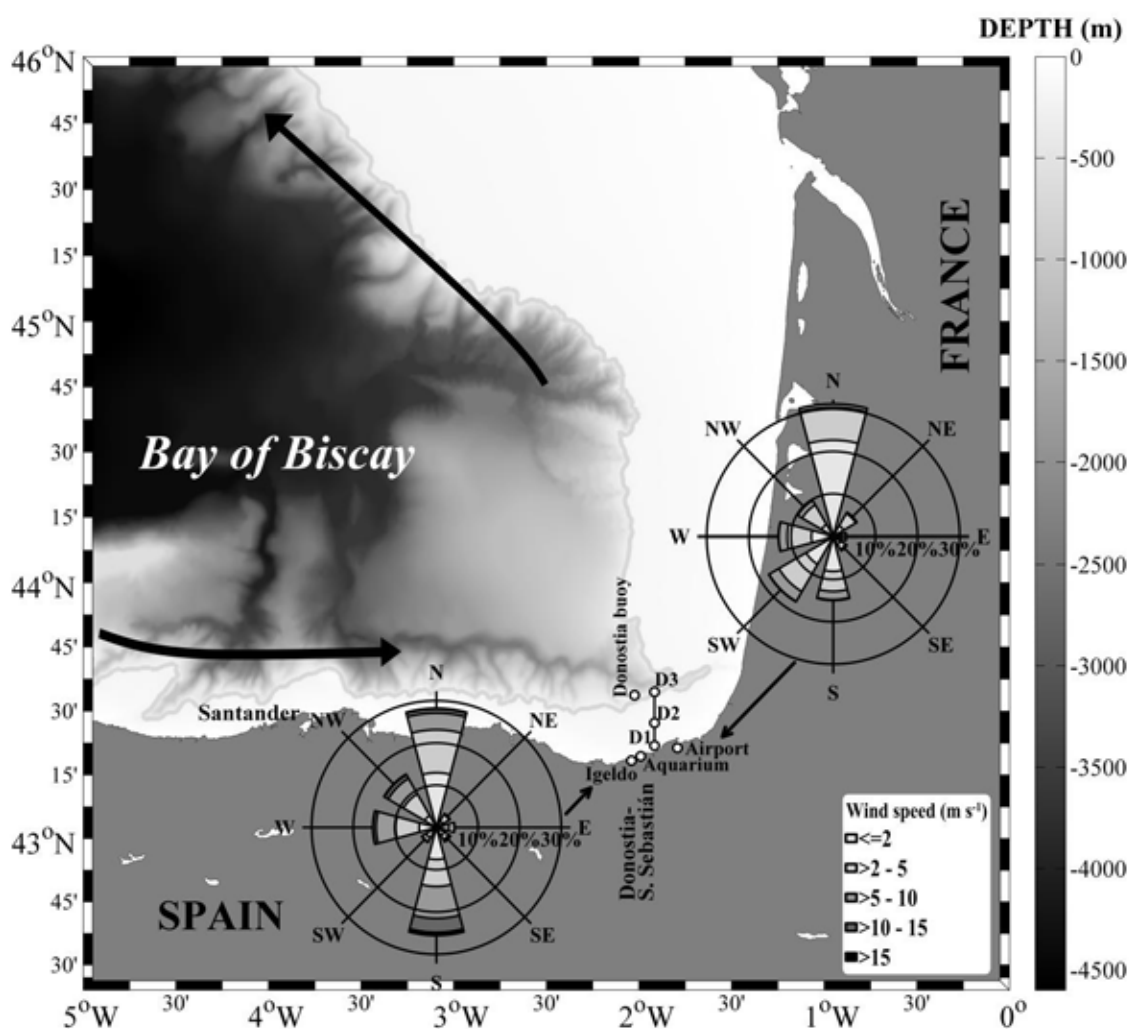


8.1 Fig. Esquema conceptual de cómo el cambio climático afecta al sistema costero generando consecuencias sobre los sistemas humanos y naturales. Fuente: modificada de Wong et al., (AR5-IPCC, 2014).

Los principales cambios proyectados en los océanos a nivel global son (AR5-IPCC, 2013):

- Incremento de la temperatura
- Elevación del nivel del mar
- Acidificación
- Desoxigenación
- Cambios en los regímenes de vientos, afectando a la trayectoria de tormentas
- Incremento de los eventos de oleaje extremo
- Modificaciones en los ecosistemas marinos y costeros

Estos cambios globales tendrán a su vez repercusión a nivel regional y local. La magnitud de los impactos a estas escalas menores es espacialmente heterogénea y dependerá, en todo caso, de las características locales, como la posición geográfica o la morfología de la costa.



8.2 Fig. Golfo de Bizkaia. El contorno batimétrico muestra la isobata de 200 m. Se indica la posición de algunas de las estaciones mencionadas a lo largo del capítulo. Las flechas negras indican la Corriente Ibérica hacia el polo (IPC). La rosa de viento (1956–2017) corresponde a los datos del Observatorio meteorológico de Igeldo y al aeropuerto de Donostia. Fuente: Valencia et al., (2019).

La costa guipuzcoana se encuentra en el extremo sudeste del Golfo de Bizkaia, en el punto más interno del golfo, donde la orientación de la costa cambia de este-oeste a norte-sur. La plataforma es muy estrecha comparándola con la del norte del Golfo de Bizkaia. La costa, con una fuerte pendiente hacia el mar, se caracteriza por la presencia de acantilados y pocas playas, en su mayoría confinadas, que suelen situarse junto a pequeños estuarios.

Esta región está marcada por la estacionalidad de sus procesos. Los vientos del suroeste dominantes durante el invierno inducen, en general, corrientes hacia el este y norte mientras que en primavera y verano los vientos dominantes son del norte-noroeste generando corrientes hacia el sureste y oeste-suroeste a lo largo de la costa. La estacionalidad afecta también a la alternancia de periodos de mezcla y estratificación de la columna de agua o a la intensidad del oleaje, con oleajes más energéticos en invierno. Otra de las dinámicas importantes en la costa es la marea, con especial afección a las zonas estuarinas.

Uno de los principales problemas a la hora de analizar el impacto del cambio climático en el océano es la falta de observaciones de largo plazo que permita relacionar algunos de los impactos observados directamente con el cambio climático. La costa guipuzcoana alberga algunas de las series oceanográficas temporales más largas del Golfo de Bizkaia, lo que permitirá determinar la existencia de cambios de a escalas temporales largas de algunas

variables hidrográficas. Desde 1946, de forma casi diaria, en el Aquarium de Donostia la Sociedad Oceanográfica de Gipuzkoa registra la temperatura superficial del agua. Asimismo, desde 1986, el centro tecnológico Azti ha mantenido muestreos mensuales en una sección (D1-D2-D3, Fig. 8-2) que va desde la plataforma al talud continental. Por último, desde 2007, la Dirección de Atención de Emergencias y Meteorología del Gobierno Vasco mantiene una boya (situada en Donostia) que permite registrar medidas horarias de las variables hidrográficas. La longitud temporal de algunas de estas series permite por tanto analizar la influencia del cambio climático en las aguas costeras y oceánicas del litoral guipuzcoano.

Los impactos observados atribuibles al cambio climático son aquellos que corresponden a cambios en la temperatura del océano o a la acidificación. Con la información existente, los impactos observados relativos a inundación o erosión costera no son atribuibles directamente a cambio climático pues están altamente afectados por la acción humana (Losada, Izaguirre & Diaz, 2014). Por tanto, en este capítulo nos centramos en los cambios pasados de propiedades que caracterizan las aguas costeras y oceánicas, no en los cambios morfológicos del litoral, aunque sí analizamos posibles impactos sobre este para distintos escenarios proyectados. Los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas marinos y costeros y en las pesquerías se analizan en sendos capítulos independientes.

8.2 CAMBIOS OBSERVADOS

8.2.1 MEDIO FÍSICO

El océano se ha ido calentando durante las últimas décadas. Este calentamiento es más notable en los primeros 700 m de la columna de agua que entre los 700 y 2000 m, con tasas de calentamiento de $5,3 \pm 0,48 \text{ ZJ año}^{-1}$ y $4,02 \pm 0,97 \text{ ZJ año}^{-1}$, respectivamente (IPCC, 2019).

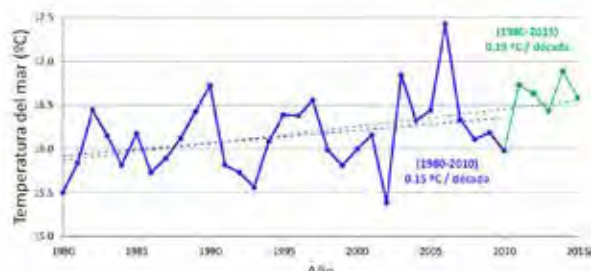
Durante las últimas décadas se han observado también variaciones en la salinidad. En general, la tendencia ha sido a aumentar en aquellas regiones en las que la salinidad media es superior, y a disminuir en aquellas zonas donde es más baja (Boyer et al., 2007; Hosoda et al., 2009; Roemmich & Gilson, 2009; Durack & Wijffels, 2010). Así, en el océano Atlántico es donde más ha aumentado la

salinidad superficial, especialmente en el Atlántico Norte.

Cambios en los valores medios de temperatura y salinidad traen consigo otras modificaciones como, por ejemplo, cambios en la circulación o la tendencia a un océano cada vez más estratificado (AR5-IPCC, 2013) y cambios en la profundidad de la capa de mezcla (deBoyer et al., 2004; Monterrey & Levitus, 1997). A su vez, la profundidad de la capa de mezcla y la estratificación condicionan variables biológicas como la disponibilidad de nutrientes (Sverdrup, 1953; García-Soto & Pingree, 2009) y por tanto la producción primaria.

Cambios en las variables hidrográficas desencadenan importantes modificaciones a diferentes niveles en el

océano, especialmente a escala regional, donde los cambios son más acentuados. Las aguas litorales y oceánicas del Cantábrico ya han experimentado cambios ligados al calentamiento global. Se ha observado el aumento de la temperatura de las aguas superficiales desde 1900, acelerándose después de 1970 (Planque et al., 2003), y siendo más intenso al este de la cuenca (Koutsikopoulos et al., 1998; Kersting, 2016).



En las costas guipuzcoanas, en concreto, distintos estudios han analizado la evolución de la temperatura superficial del agua en el Aquarium de Donostia, encontrando todos ellos tasa de calentamiento cercanas a 0,15°C por década en el periodo de 1980 a 2010 (Usabiaga et al., 2004; Fontán et al., 2008; Goikoetxea et al., 2009; González et al., 2013). Esta tasa se ha incrementado

En el sudeste del golfo de Bizkaia se han encontrado tasas de calentamiento de 0,026°C año⁻¹ entre 1997 y 2007 (González et al., 2008; Goikoetxea et al., 2009). El calentamiento también se ha extendido a capas más profundas, con tasas de calentamiento del orden de 0,02°C año⁻¹ desde la superficie hasta la capa de agua más profunda (Chust et al., 2011; González-Pola et al., 2012).

8.3 Fig. Promedio anual de la temperatura superficial del mar del Aquarium de Donostia-San Sebastián entre 1980 y 2015, comparado a las tendencias de 1980 a 2010. Fuente: Ayuntamiento de San Sebastián, AZTI (2020).

a 0,19°C por década en el periodo 2011–2015. La serie temporal en Pasaia mantenida por AZTI²⁸ ha permitido determinar el calentamiento entre la superficie y los primeros 100 m de la columna de agua de 0,46°C entre 1986 y 2018, esto es, una tasa de 0,024°C año⁻¹ (González et al., 2019).

AUTORES	PERIODO	ÁREA	BASE DE DATOS	TENDENCIA SST	TENDENCIA SST RECALCULADA
KOUTSIKOPOULOS ET AL., (1998)	1972-1993	GLOBAL	METEO-FRANCE	0,64	
PLANQUE ET AL., (2003)	1971-1998	SE	METEO-FRANCE	0,5	
LLOPE ET AL., (2006)	1993-2003	43°36';6°10'	CTD	0,55	
GÓMEZ-GESTEIRA ET AL., (2008)	1985-2005	COSTA	AVHRR	0,24±0,04	0,27±0,05
DECASTRO ET AL., (2009)	1985-2006	GLOBAL	AVHRR	0,33±0,05	0,35±0,04
DECASTRO ET AL., (2009)	1974-2006	GLOBAL	ERSST	0,22	
GOIKOETXEA ET AL., (2009)	1977-2007	DONOSTIA	DONOSTIA	0,26	
MICHEL ET AL., (2009A)	1985-2003	GB	PATHFINDER V5,0	0,37	0,33±0,09
	1985-2003	GB	ORCA	0,22	0,33±0,09
	1985-2003	GB	WOD	0,30	0,33±0,09
MICHEL ET AL., (2009B)	1986-2005	GB	BOBYCLIM	0,30	0,33±0,09
LIMA & WETHEY (2012)	1982-2010	COSTA	OISST1/4	0,25	0,24±0,03

8.1 Tabla. Tendencia anual de la temperatura superficial del mar en el golfo de Bizkaia analizada en distintos estudios para distintos periodos y con distintas fuentes de datos. (GB: Golfo de Bizkaia). Fuente: Costoya et al., (2015).

²⁸Programa de monitorización 'Variaciones', Dirección de Peca del Gobierno Vasco. Medidas mensuales en dos estaciones sobre fondos de 60 y 110 m, a poco más de 3 y 13 km de la costa.

La salinidad está fuertemente influenciada por fluctuaciones anuales y no se han encontrado tendencias significativas en el golfo de Bizkaia (González-Pola et al., 2012).

La profundidad de la capa de mezcla y la estratificación de la columna de agua presentan una gran variabilidad,

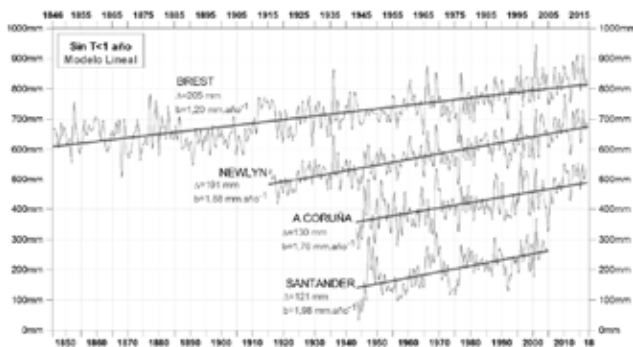
dificultando el establecimiento de tendencias generalizadas. A pesar de ello, sí se ha descrito un aumento de la estratificación en la costa vasca (Chust et al., 2011), lo cual puede suponer una menor disponibilidad de nutrientes para la producción primaria.

8.2.2 NIVEL DEL MAR

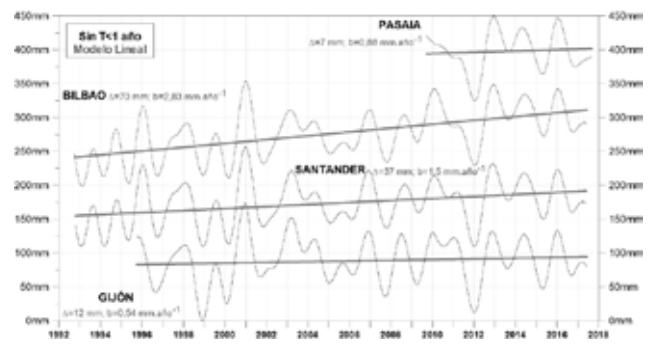
A nivel global, el ascenso del nivel del mar se ha acelerado en las dos últimas décadas, variando entre 1,5 y 1,9 mm año⁻¹ desde 1900 a 2010 y entre 2,8 y 3,6 mm año⁻¹ entre 1993 y 2010 (IPCC-AR5, 2013). Este ascenso se debe fundamentalmente a la expansión térmica del agua de mar y al deshielo procedente de glaciares y capas de hielo continentales y polares. El primero de los factores es responsable de alrededor de un tercio de la subida del nivel del mar a escala global producida a lo largo del S.XX, hasta 1990. Desde entonces, el efecto del deshielo ha sido el factor dominante.

El aumento del nivel del mar no es igual en todas las costas del planeta, la circulación atmosférica y oceánica

condicionan los procesos a escala local. En el Golfo de Bizkaia se han observado tasas de aumento de 2-3 mm año⁻¹ (Marcos et al., 2005; 2007; Caballero et al., 2008; Chust et al., 2009). Métodos indirectos han estimado la tasa de elevación en la costa vasca a lo largo del S. XX, también del orden de 2 mm año⁻¹ (Leorri et al., 2008; Leorri & Cearreta, 2009), mientras que los datos del mareógrafo de Bilbao indican un ascenso ligeramente superior, 2,83 mm año⁻¹ (1992-2017). La serie temporal del mareógrafo de Pasaia es todavía demasiado corta para ser fiable, impidiendo establecer diferencias entre Bizkaia y Gipuzkoa. Esta elevación es más pronunciada en aguas profundas y se reduce en la costa.



8.4 Fig. Evolución y tendencia del nivel medio del mar anual en los mareógrafos de Brest, Newlyn, A Coruña, Santander y Bilbao. Fuente: Ihobe (2019).



8.5 Fig. Evolución y tendencia del nivel medio el mar anual en los mareógrafos de Gijón, Santander, Bilbao y Pasaia. Fuente: Ihobe (2019).

8.2.3 OLEAJE, MAREA METEOROLÓGICA Y EXTREMOS DEL NIVEL DEL MAR

El oleaje es una de las principales dinámicas que afectan a nuestra costa. Los cambios en la intensidad y dirección del oleaje, como consecuencia del cambio del patrón de vientos sobre el medio marino, tendrán un impacto importante sobre el litoral. Hay que considerar además que el oleaje en costa no tiene por qué presentar el mismo patrón que en aguas profundas. Además, el análisis de los cambios a largo plazo del oleaje debe considerar las variaciones temporales del oleaje, que en el Cantábrico presenta largas fluctuaciones tanto estacionales como interanuales.

En la costa cantábrica se han observado aumentos significativos de altura de ola ($0,2 \text{ cm año}^{-1}$), siendo más intensos y significativos estos cambios durante el invierno (Losada, Izaguirre & Diaz, 2014). Además, el oleaje más intenso (percentil 95 de altura de ola significativa) también se ha incrementado significativamente, $0,8 \text{ cm año}^{-1}$ (Losada, Izaguirre & Diaz, 2014). El periodo del oleaje, importante para la erosión de playas y rebase de estructuras, también presenta una tendencia creciente. El aumento de las dos variables, altura y periodo refleja un oleaje más energético.

La altura de ola significativa que llega a costa, solo excedida 12 horas al año ($H_{s_{12}}$) está relacionada con la erosión potencial, así como con el flujo medio de energía, relacionado a su vez con el transporte de sedimentos y la forma en planta de playas encajadas (González & Medina, 2001). Esta variable presenta un aumento entorno a los

$1,4 \text{ cm año}^{-1}$ en los últimos 60 años en la costa cantábrica. Las mayores olas en la costa no muestran cambios significativos durante las últimas décadas (Losada, Izaguirre & Diaz, 2014).

La marea meteorológica define la sobreelevación del nivel de la mar ligada a tormentas como consecuencia de cambios en la presión atmosférica y el viento. Cuando esta sobreelevación coincide con mareas astronómicas altas puede dar lugar a subidas significativas del nivel del mar, generando inundación y erosión costera. En la costa cantábrica se ha observado una ligera disminución para los valores de mayor magnitud, con una tasa de cambio alrededor de $-0,05 \text{ cm año}^{-1}$, (Marcos et al., 2005; Losada, Izaguirre & Diaz, 2014), ralentizando ligeramente la subida del nivel del mar.

Los niveles del mar extremos, que tiene un impacto inmediato y evidente sobre la costa frente al impacto más gradual de cambios en el nivel medio, son el resultado combinado del nivel medio del mar, marea astronómica y marea meteorológica. El cambio de cualquiera de estas variables dará lugar a cambios en los niveles extremos y, por tanto, en la vulnerabilidad de la costa. A escala global y regional se ha observado un aumento de los niveles del mar extremos (Woodworth & Blackman, 2004; Marcos et al., 2009), estos cambios están normalmente ligados a cambios en el nivel medio del mar local (Marcos et al., 2009; Menéndez & Woodworth, 2010).

8.3 PROYECCIONES FUTURAS

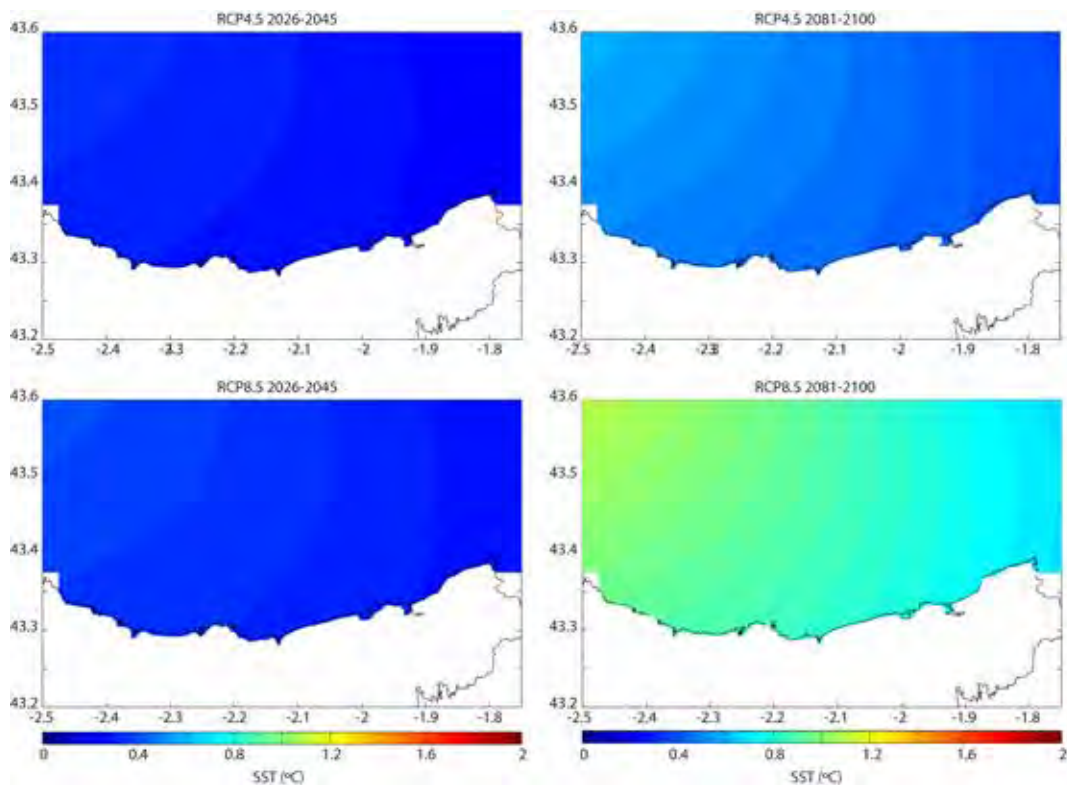
8.3.1 MEDIO FÍSICO

El océano seguirá calentándose a lo largo del S.XXI. La temperatura superficial del agua se prevé que aumente a una tasa 30% inferior a la temperatura superficial media global debido a la inercia térmica del océano, provocando incrementos de temperatura de entre 2–4 (RCP2.6) y 5–7 (RCP8.5) veces respecto a 1970 (IPCC, 2019).

Las proyecciones regionalizadas muestran incrementos de temperatura superficial del mar de ~ 0,28 [0,1 – 0,45] °C para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 para el periodo 2026–2045 y de 0,45 [0,2 – 0,7] °C y 0,9 [0,4 – 1,3]°C, respectivamente, para las últimas décadas del S.XXI. Las

proyecciones para el cantábrico indican que los cambios en salinidad dependerán de la masa de agua analizada, descensos de salinidad en los primeros 100–200 m y aumento a 500 m. Con estas proyecciones, aumento de temperatura y descenso de la salinidad en los primeros metros, cabe esperar que continúe la intensificación de la estratificación de la columna de agua (Jordá et al., 2017).

Dicho aumento de la temperatura y disminución de la salinidad, también se prevé en los estuarios guipuzcoanos con tasas de 0,035°C año⁻¹ y 0,009 psu año⁻¹ respectivamente (SENSES, 2018).



8.6 Fig. Cambios proyectados en la temperatura superficial del agua de mar, respecto al periodo 1986–2005, para los escenarios climáticos RCP4.5 y RCP8.5 y para los periodos 2026–2045 y 2081–2100. Fuente: C3E (2019).

Además, se prevé que aumenten tanto la intensidad como la frecuencia de eventos extremos, como las olas de calor marinas (IPCC, 2019), que presentan un riesgo elevado para la biodiversidad marina y costera. Estos eventos, definidos como episodios discretos de agua

anormalmente cálida en una localización particular (Hobday et al., 2016), se espera que sean eventos más frecuentes en todos los océanos y para todos los escenarios de emisiones proyectados (Frölicher et al., 2018)

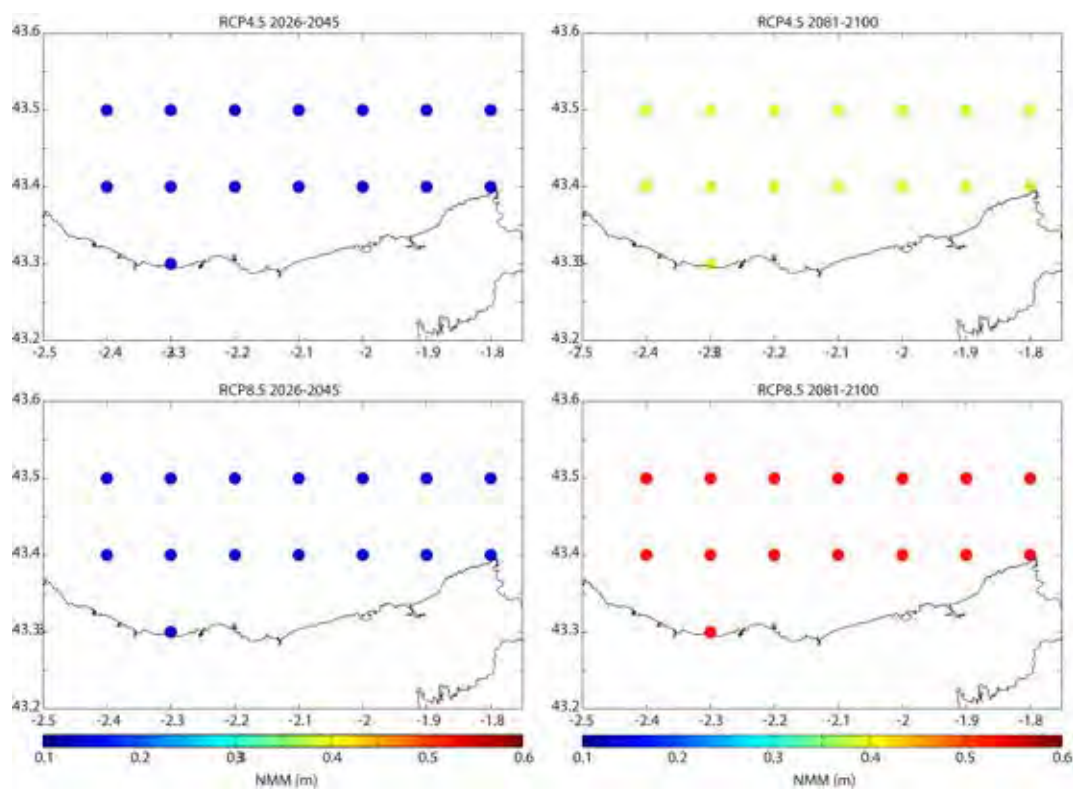
8.3.2 NIVEL DEL MAR

La subida del nivel del mar se proyecta como una de las principales amenazas de los sistemas costeros. La subida del nivel del mar continuará más allá de 2100, incluso bajo escenarios con una fuerte mitigación del cambio climático (Church et al., 2013). Todos los escenarios proyectan una aceleración de la subida del nivel del mar a

finales de siglo, con incrementos a nivel global que varían entre 0,43 m [0,29 – 0,59 m] para el escenario RCP2.6 y 0,84 m [0,61 – 1,10 m], para el escenario más desfavorable para 2100, cambios respecto al periodo 1986–2005 (IPCC, 2019).

	2046-2065	2100
RCP4.5	0,26 [0,19 0,33]	0,52 [0,35 0,70]
RCP8.5	0,29 [0,22 0,37]	0,73 [0,53 0,97]

8.2 Tabla. Proyecciones de subida del nivel del mar global (m) relativo al periodo 1986–2005. Fuente: AR5-IPCC (2013).



8.7 Fig. Cambios proyectados en el nivel medio del mar, respecto al periodo 1986–2005, para los escenarios climáticos RCP4.5 y RCP8.5 y para los periodos 2026–2045 y 2081–2100. Fuente: C3E (2019).

Las proyecciones a nivel regional y local pueden ser significativamente diferentes a las proyecciones globales (IPCC-AR5, 2013). Las proyecciones a nivel europeo prevén ascensos en el Golfo de Bizkaia de +18 cm en 2050 y +53 cm en 2100 para el escenario RCP4.5 y de +22 cm en 2050 y + 80 cm en 2100 para el escenario RCP8.5 (Vousdoukas et al., 2017). Estudios regionalizados para la

costa española (VISOR C3E, IH Cantabria 2019), prevén en el litoral guipuzcoano ascensos medios de entre 0,13 [0,11–0,15] m para el periodo 2026–2045 para los dos escenarios mencionados y de 0,38 [0,2–0,5] m y 0,55 [0,3 – 0,7] m para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, respectivamente, para el periodo 2081–2100.

LOCALIDAD	RCP4.5		RCP8.5	
	2050	2100	2050	2100
DONOSTIA	0,23	0,53	0,25	0,70
HONDARRIBIA	0,23	0,52	0,25	0,69
PASAIA	0,23	0,52	0,25	0,69
ZARAUTZ	0,23	0,54	0,26	0,70

8.3 Tabla. Datos de aumento relativo del nivel mar (m), percentil 50. Fuente: modificada de Sainz de Murieta et al., (2018).

Un estudio centrado en varias localidades costeras de la CAPV determina para 2050 valores medios de 0,23–0,25 m, mientras que para 2100 los valores esperados son de 0,25 y 0,7 m para los escenarios RCP 4.5 y RCP8.5,

respectivamente, alcanzando aumentos mayores, próximos o incluso superiores a 1 m, para los escenarios más pesimistas (Sainz de Murieta et al., 2018).

8.3.3 OLEAJE, MAREA METEOROLÓGICA, EXTREMOS DEL NIVEL DEL MAR

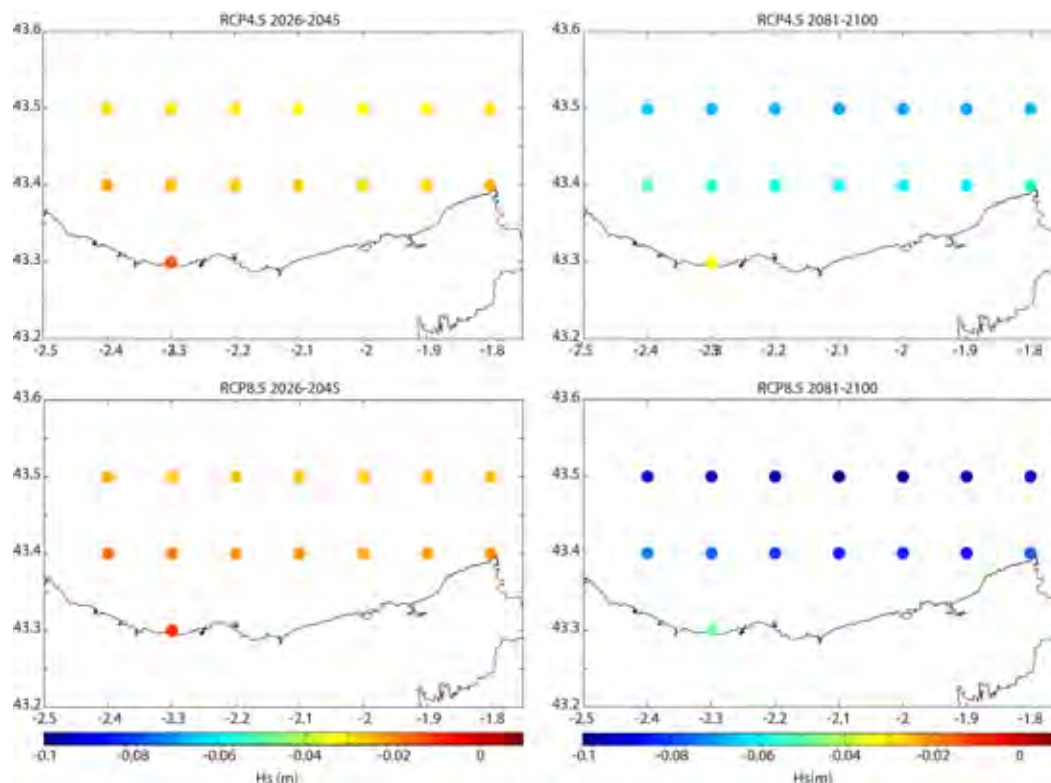
Junto con la subida del nivel del mar, preocupa la superposición sobre este de oleaje y niveles del mar extremos asociados a un aumento de tormentas y al impacto directo de todos estos fenómenos sobre la costa, al estar directamente relacionados con el riesgo de inundación y erosión.

Estudios globales (Hemer et al., 2013a,b; Gomis et al., 2016) o centrados en el Golfo de Bizkaia (Charles et al., 2012) sugieren a finales del S.XXI para el Atlántico

nororiental una disminución general de la altura de ola significativa del 5–10%, y también del periodo medio. Concentrándonos en la costa, hasta mediados de siglo, tanto para el escenario RCP4.5 como RCP8.5, las proyecciones regionales muestran una muy ligera o prácticamente nula reducción de la altura de ola significativa media. A finales de siglo, las proyecciones para ambos escenarios empiezan a diferir siendo mayor la reducción para el escenario más pesimista.

	2026-2045	2081-2100
RCP4.5	-0,026 [-0,05 -0,004]	-0,061 [-0,09 -0,03]
RCP8.5	-0,022 [0,05 0,004]	-0,085 [-0,15 0,02]

8.4 Tabla. Proyecciones regionales de cambio de altura de ola significativa media (Hs,m) relativo al periodo 1985–2005. Fuente: C3E (2019).



8.8. Fig. Cambios proyectados del valor medio de altura de ola significativa, respecto al periodo 1985–2005, para los escenarios climáticos RCP4.5 y RCP8.5 y para los periodos 2026–2045 y 2081–2100. Fuente: C3E (2019).

Para el Golfo de Bizkaia, tampoco se han proyectado cambios notables en la climatología del oleaje en costa, utilizado para analizar impactos costeros tales como inundación costera o agitación portuaria (Camus et al., 2017).

Los resultados de distintos estudios no prevén cambios significativos, o en su caso una ligera disminución, de

la marea meteorológica para el Golfo de Bizkaia en el futuro (Marcos et al., 2012; Vousdoukas et al., 2016; 2017). El estudio regionalizado sobre la costa realizado recientemente (VISOR C3E, IH Cantabria 2019) muestra una ligera disminución de los eventos más intensos (percentil 99,9%) de marea meteorológica.

	2026-2045	2081-2100
RCP4.5	-0,004 [-0,03 0,02]	-0,003 [-0,02 0,01]
RCP8.5	-0,040 [-0,02 0,01]	-0,035 [-0,05 0,005]

8.5 Tabla. Proyecciones regionales de cambio del percentil 99,9% de marea meteorológica (m) relativo al periodo 1985–2005. Fuente: C3E (2019).

Las proyecciones climáticas indican un aumento en la intensidad y frecuencia de los niveles del mar extremos para 2100 (Vousdoukas et al., 2018). Las proyecciones a nivel europeo prevén cambios, en los extremos del nivel del mar con periodo de retorno de 100 años, de unos 25 cm de media para 2050, tanto para el escenario RCP4.5

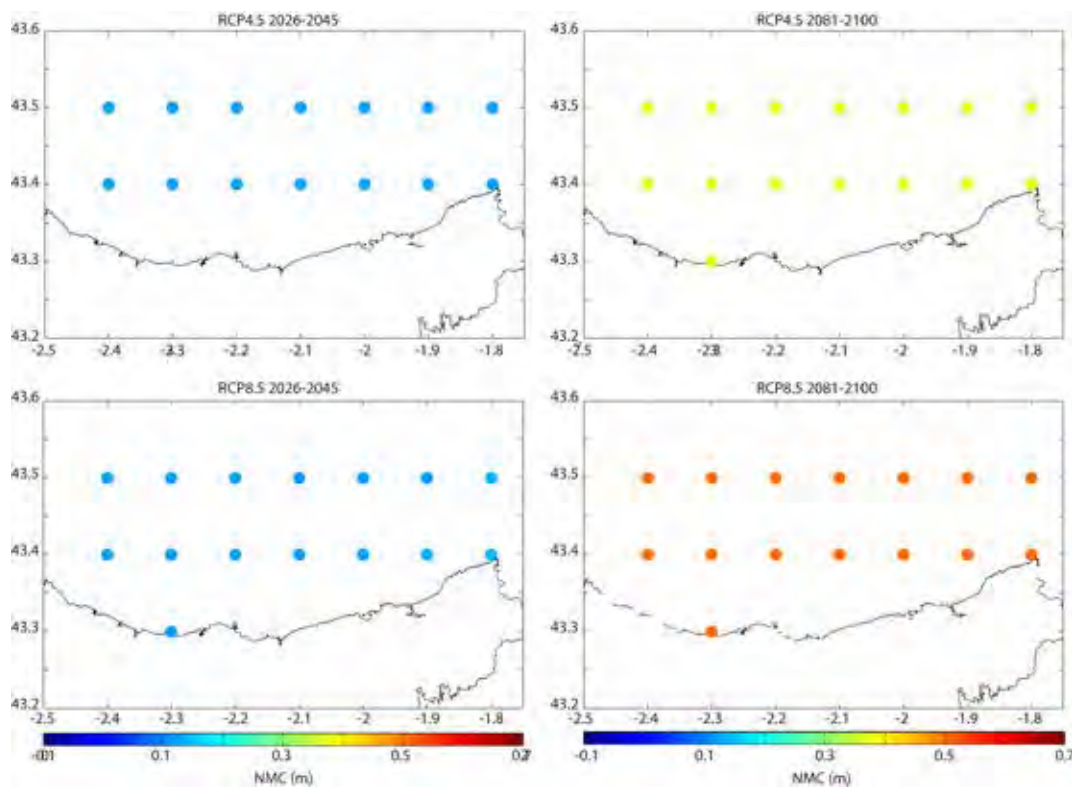
como RCP8.5. Para finales de siglo, las proyecciones indican aumentos de 57 cm y 81 cm para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, respectivamente (Vousdoukas et al., 2017). Estos cambios serán principalmente resultado de cambios en el nivel medio del mar.

RCP4.5-2050			RCP4.5-2100			RCP8.5-2050			RCP8.5-2100		
Δ ESL (M)	% Δ ESL	% Δ 0-MM	Δ ESL (M)	% Δ ESL	% Δ 0-MM	Δ ESL (M)	% Δ ESL	% Δ 0-MM	Δ ESL (M)	% Δ ESL	% Δ 0-MM
0,18	4,0	-10,3	0,53	11,6	-9,2	0-MM	4,9	-8,2	0,80	17,4	-1,6

8.6 Tabla. Proyecciones de cambios absolutos y relativos de eventos extremos de nivel del mar con periodo de retorno de 100 años para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. Fuente: tabla modificada de Vousdoukas et al., (2017).

Los estudios regionalizados para la costa cantábrica, (VISOR C3E, IH Cantabria 2019), muestran incrementos iguales tanto para el nivel extremo del mar medio y para los eventos más intensos (percentil 99,9%). Los incrementos son del orden de 0,12 m para los escenarios en el periodo 2026–2045 y de 0,36 m y 0,51 m para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, respectivamente, para el

periodo 2081–2100, respecto al valor medio del periodo 1985–2100. Estudios basados en los escenarios SRES del AR4-IPCC (2007) para la costa de la CAPV prevén un aumento ligero en la intensidad de estos eventos, aunque no prevén cambios en el número de eventos extremos (Marcos et al., 2012).



8.9 Fig. Cambios proyectados del percentil del 99,9% para el nivel del mar compuesto (suma de la marea astronómica, la marea meteorológica y las variaciones del nivel medio del mar), respecto al periodo 1986–2005, para los escenarios climáticos RCP4.5 y RCP8.5 y para los periodos 2026–2045 y 2081–2100. Fuente: C3E (2019).

8.4 IMPACTOS EN LAS ZONAS COSTERAS

Los cambios, por efecto del cambio climático, en las distintas variables oceanográficas analizadas tendrán un impacto directo sobre el litoral. Los principales impactos son la inundación y la erosión, siendo los sistemas más vulnerables las zonas de estuario y marismas, así como las playas. Otros factores socioeconómicos

(usos del suelo, contaminación, actuaciones, crecimiento urbano) junto con factores de origen no climático como la eutrofización, cambio de caudales en ríos o pérdida de hábitats, agravarán los efectos del cambio climático sobre los sistemas costeros.

FACTORES CLIMÁTICOS	IMPACTOS
NIVEL DEL MAR	SUMERGENCIA DAÑOS POR INUNDACIÓN EROSIÓN COSTERA CAMBIOS Y PÉRDIDA DE HUMEDALES, PÉRDIDA DE HÁBITATS INTRUSIÓN SALINA EN LOS ESTUARIOS
TORMENTAS	MAREA METEOROLÓGICA Y OLEAJE INUNDACIÓN COSTERA, EROSIÓN, PÉRDIDA DE HÁBITATS CAMBIOS Y PÉRDIDA DE HUMEDALES, PÉRDIDA DE HÁBITATS DAÑO EN INFRAESTRUCTURAS EN LA COSTA Y EN OBRAS DE PROTECCIÓN
VIENTO	OLEAJE DE VIENTO MAREA METEOROLÓGICA DAÑO A INFRAESTRUCTURAS SITUADAS EN LA COSTA CAMBIOS EN EL TRANSPORTE EÓLICO DUNAR
OLAS	EROSIÓN COSTERA CAMBIOS EN LA OPERATIVIDAD Y ESTABILIDAD DE INFRAESTRUCTURAS COSTERAS DAÑO DE INFRAESTRUCTURAS SITUADAS EN LA COSTA INUNDACIÓN COSTERA, PÉRDIDA DE HÁBITATS
TEMPERATURA DEL MAR EN SUPERFICIE	CAMBIO EN LA ESTRATIFICACIÓN Y CIRCULACIÓN MIGRACIÓN DE ESPECIES INCREMENTO DE AFLORAMIENTO DE ALGAS DISMINUCIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO
APORTACIONES DE AGUA DULCE	CAMBIOS EN LOS RIEGOS DE INUNDACIÓN EN EL CURSO BAJO DE LOS RÍOS INTRUSIÓN SALINA Y CAMBIOS EN EL NIVEL FREÁTICO MODIFICACIONES EN LA CALIDAD DEL AGUA Y SALINIDAD ALTERACIÓN DE LAS APORTACIONES SEDIMENTARIAS DE LOS RÍOS ALTERACIONES DE LA CIRCULACIÓN Y APORTACIONES DE NUTRIENTES
AUMENTO DE LA CONCENTRACIÓN ATMOSFÉRICA DE CO2	AUMENTO DEL CO2 EN EL OCÉANO INCREMENTO DE LA FERTILIZACIÓN POR CO2 DISMINUCIÓN DEL PH DEL AGUA

8.7 Tabla. Principales factores climáticos de cambio para los sistemas costeros y sus efectos. Fuente: AR5-IPCC (2013).

La principal consecuencia del ascenso del nivel del mar es la inundación de zonas estuarinas y humedales costeros. Además del ascenso del nivel del mar, habrá que considerar la topografía de cada estuario e impactos derivados de la inundación fluvial. En el litoral guipuzcoano, gran parte de la población se concentra en estas áreas de riesgo. Por tanto, la inundación de las mismas afectará a la población, a infraestructuras urbanas y de transporte y, en consecuencia, también a las

actividades socioeconómicas. Si bien actualmente estas áreas están fuertemente rigidizadas (encauzamientos, canalizaciones, etc.), tal es el caso de Bidasoa o Urumea, minimizando prácticamente el riesgo de inundación, una vez superada la cota de defensa actual por ascenso del nivel del mar, estas áreas se verán inundadas. En caso de no superar estas cotas defensivas, las estructuras verán afectada su estabilidad y sufrirán mayor erosión.

HÁBITAT	ÁREA TOTAL EN GIPUZKOA	ÁREA DE INUNDACIÓN POR SNMM (ha)	ÁREA DE INUNDACIÓN POR SNMM (%)	ÁREA DE INUNDACIÓN POR OLEAJE EXTREMO (ha)	ÁREA DE INUNDACIÓN POR OLEAJE EXTREMO (%)
PLAYAS DE ARENA Y FANGOS	68,6	10,1	14,7	36,8	53,7
DUNAS CONSOLIDADAS	15,3	2,3	14,9	4,5	29,6
PLAYAS DE GUIJARROS	12,0	0,8	6,8	5,2	43,6
ACANTILADOS Y PLATAFORMA DE ABRASIÓN	141,4	7,3	5,2	54,0	38,2
HUMEDALES Y MARISMAS	60,4	3,9	6,5	0,2	0,3
HÁBITAT TERRESTRES	-	45,5	-	5,7	-
SUELO ARTIFICIALIZADO (EXCLUYENDO MUELLES)	-	34,4	-	52,0	-
MUELLES	17,6	0,8	4,6	5,5	31,2
AGUA FLUVIAL SUPERFICIAL	-	5,7	-	0,2	-

8.8 Tabla. Área de inundación para los distintos hábitats de la costa guipuzcoana estimada para la elevación del nivel del mar de 48,7 cm y oleaje extremo de periodo de retorno de 50 años. Fuente: Liria et al., (2011).

La inundación permanente de humedales y marismas, y la práctica imposibilidad de migración de estos espacios, tierras adentro debido a la fuerte urbanización existente,

llevarán a la pérdida de estos ecosistemas y de los servicios ambientales asociados a los mismos, con las consiguientes pérdidas económicas que ellos supondría.

PLAYA	RETROCESO (M) (BRUUN)	RETROCESO (%) (BRUUN)	RETROCESO (%) (LIDAR)
SATURRARAN	19	38,6	16,0
DEBA	28	21,8	8,5
ZUMAIA	23	50,1	19,6
ZUMAIA SANTIAGO	16	4,8	1,5
GETARIA GAZTETAPE	24	100,0	100,0
GETARIA MALKORBE	12	20,9	17,2
ZARAUTZ (W)	31	100,0	100,0
ZARAUTZ (CENTRO)	28	100,0	35,0
ZARAUTZ (E)	17	6,5	1,9
ORIO	24	13,9	10,0
ONDARRETA	20	24,6	20,0
CONCHA (CENTRO)	19	39,3	16,7
CONCHA (E)	20	47,6	14,6
ZURRIOLA	22	22,1	7,0
HONDARRIBI	30	15,9	5,3
MEDIA	22,1	40,4	24,9
MÍNIMO	12	5	2
MÁXIMO	31	100	100

8.9 Tabla. Retroceso de la línea de costa para las principales playas de arena de Gipuzkoa utilizando la aproximación de mapas de riesgo de inundación y la regla de Bruun. Fuente: modificada de Chust et al. (2010).

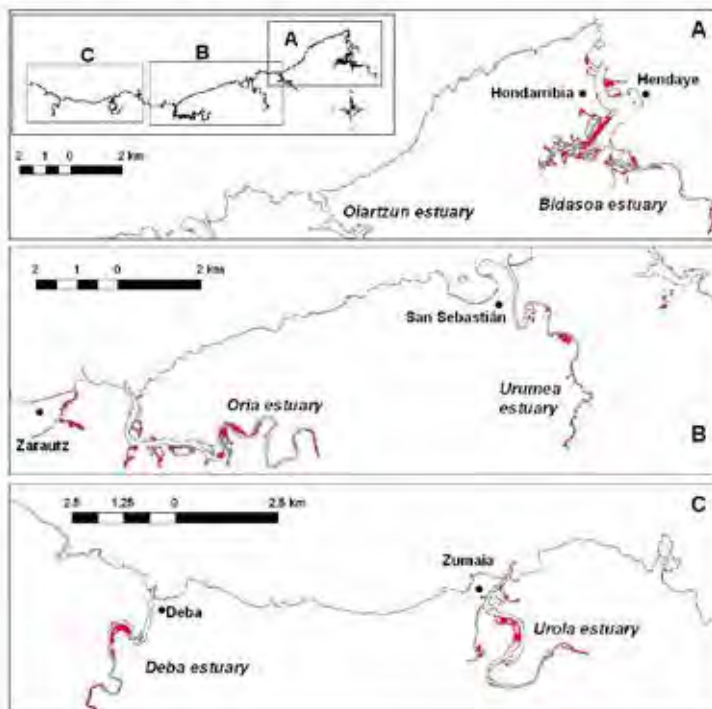
Otra consecuencia de la subida del nivel del mar, junto con cambios en la dirección e intensidad del oleaje, es la erosión, reducción de la superficie útil y retroceso de los arenales, siendo las playas uno de los elementos más vulnerables a la subida del nivel del mar. Considerando el escenario de ascenso del nivel medio del mar de 0,5 m para las costas guipuzcoanas, ello podría suponer la desaparición del 25-40% de las playas, sin considerar la alimentación artificial de arena de las mismas. El retroceso de la línea de costa será mayor en playas con mayor exposición del oleaje, un tamaño de grano menor, una pendiente más suave, una menor anchura de playa seca y un confinamiento (natural o artificial) de la parte alta de la playa seca que limita la evolución natural de la

playa tierra adentro. Un factor determinante, a parte de las condiciones naturales de cada playa, es el grado de urbanización que tiende a agravar los efectos del cambio climático en las playas. Además del cambio del nivel medio del mar, hay que considerar también los cambios en el oleaje (altura y dirección del flujo medio de energía) para determinar los cambios concretos de cada playa. De las 19 playas de Gipuzkoa, 17 se encuentran en la actualidad confinadas, lo que las hace más vulnerables a la erosión (Chust et al., 2009). Los escenarios para la costa guipuzcoana, incluyendo las figuras adjuntas, se han realizado considerando un ascenso del nivel medio del mar de 49 cm para finales de siglo. Se trata, por tanto, de un escenario medio (RCP4.5), no el peor de ellos, ya que

las nuevas proyecciones prevén ascensos de unos 50-70 cm, lo que incrementará los impactos aquí expuesto. Estos análisis de vulnerabilidad e impacto están actualizándose a través de distintos proyectos, lo que permitirá tener una visión actualizada y más detallada.

La Red Foral de Videometría, puesta en marcha por la Dirección General de Medio Ambiente (DGMA) del Departamento de Medio Ambiente y Obras Hidráulicas de la Diputación Foral de Gipuzkoa, permitirá analizar la

evolución morfológica de las playas y los efectos derivados del cambio climático. Las series disponibles hasta el momento han permitido caracterizar el comportamiento general de las playas. En el caso concreto de la playa de Zarautz, donde el periodo de estudio es más largo (9 años), se ha podido analizar la evolución temporal donde alternan de periodos de erosión con periodos de recuperación más lentos, pero hasta el momento con una tendencia neutra. La extensión temporal de estos estudios permitirá analizar tendencias y reproducir escenarios futuros.



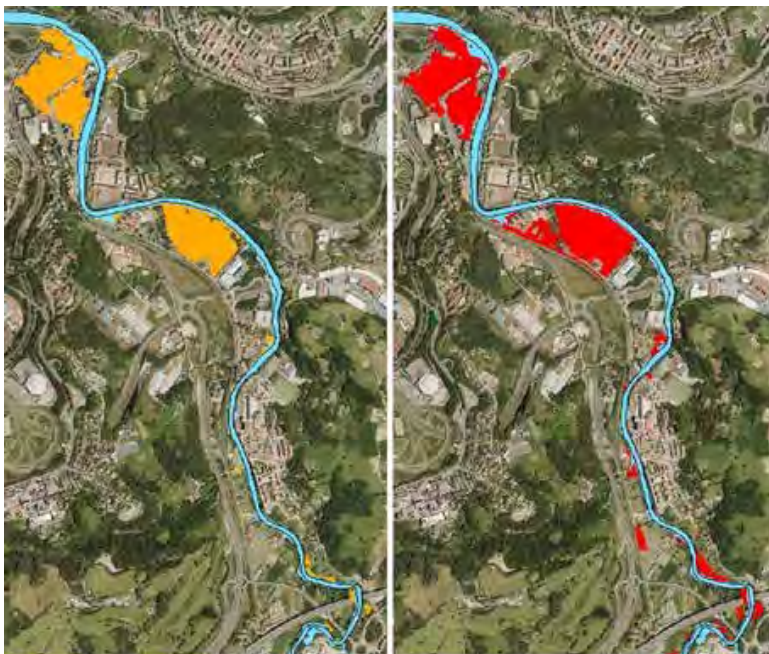
8.10 Fig. Mapas de riesgo de inundación para 2099, con respecto a 2001, para un ascenso del nivel medio del mar de 48,7 cm. Las áreas rojas indican las zonas inundadas proyectadas para final de siglo. Fuente: Chust et al., (2010).



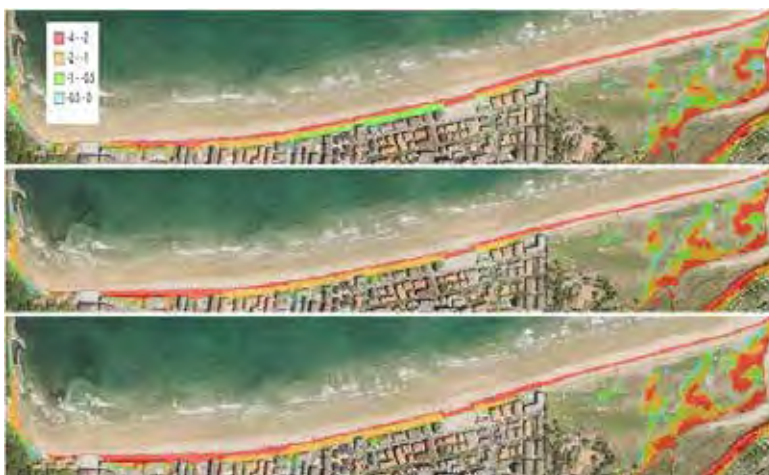
8.11 Fig. Área de inundación para oleaje extremo con periodo de retorno de 50 años (rojo) y un ascenso del nivel medio del mar de 49 cm para 2099 (azul) para las playas de Donostia (izq.) y Zarautz (drcha.). Fuente: Liria et al. (2011).

En el trabajo elaborado por Ihobe 'Evaluación del impacto de los factores climáticos en el ascenso del nivel del mar sobre el litoral vasco'³⁰ (Ihobe, 2019), basándose en la metodología de Chust et al., (2010, 2011), se han analizado las áreas potencialmente inundables, en términos de probabilidad, en un periodo de retorno de inundación de 50 años y en varias zonas piloto, con proyecciones de ascenso del nivel medio del mar de 0,45 m (RCP4.5) y 0,65 m (RCP8.5) (Slangen et al., 2014; Toimil et al., 2016). En Gipuzkoa en concreto se han analizado el cauce del Urumea en Donostia y en la playa de Zarautz. En Donostia, las zonas susceptibles de inundación por marea astronómica y meteorológica se ampliarán en el horizonte

2100, sobre todo en los barrios de Loiola y Martutene. En el escenario RCP4.5 el área inundable aumentaría 15,4 ha y en el escenario RCP8.5 en 21,9 ha. En la playa de Zarautz se analizó la inundación por combinación de marea (astronómica y meteorológica) y oleaje extremal. En la actualidad, zonas urbanas adyacentes al paseo marítimo son inundables por oleaje extremal. Bajo los escenarios de cambio climático, las zonas afectadas no aumentarán significativamente (0,4 y 0,7 ha para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 respectivamente), pero prácticamente todo el paseo marítimo se inundaría en eventos de oleaje extremo.



8.12 Fig. Mapa de inundación de las zonas ribereñas al estuario del Urumea en Donostia proyectado para el año 2100, bajo un escenario RCP4.5 (izq.) y RCP8.5 (drcha.). En azul se muestran las zonas actualmente inundables por efecto de la marea astronómica y la marea meteorológica de alta frecuencia. En naranja y rojo se marcan las zonas inundables para el año horizonte 2100 bajo ambos escenarios. Fuente: Ihobe (2019).



8.13 Fig. Zonas de inundación por oleaje extremo con periodo de retorno de 50 años en la franja costera de Zarautz, bajo condiciones del NMM actual (arriba), del NMM proyectado para el año 2100 en el escenario RCP4.5 (centro) y RCP8.5 (abajo). Los colores indican los rangos de altura de la lámina de agua (m) sobre las zonas inundadas en esos escenarios. Fuente: Ihobe (2019).

³⁰<https://www.ihobe.eus/publicaciones/coleccion-klimatek-evaluacion-impacto-factores-climaticos-en-ascenso-nivel-mar-sobre-litoral-vasco>

Cambios en las condiciones hidrológicas, cambios de temperatura, salinidad, olas de calor marinas, cambios de circulación, aumento de la estratificación o la acidificación

darán lugar a impactos en la biodiversidad de estuarios y marismas. Otros capítulos de este informe incluyen los efectos sobre estos hábitats, así como sobre la pesquería.

8.5 CONCLUSIONES

Los sistemas costeros son especialmente sensibles a los impactos del cambio climático y, en caso de la costa guipuzcoana, adquiere aún mayor relevancia ya que es donde se concentra la mayor parte de la población del territorio. Los sistemas más vulnerables son las desembocaduras de los ríos, estuarios y marismas, que experimentarán impactos negativos debidos a la inundación costera y la erosión debido a la subida del nivel del mar, así como por cambios en el oleaje. Las playas y dunas se erosionarán debido al ascenso del nivel del mar y, en menor medida, por aumento en la intensidad del oleaje o cambios de dirección del mismo. Aunque las proyecciones de marea meteorológica tienen un elevado grado de incertidumbre, la subida del nivel del mar agravará los impactos ocasionados por los eventos extremos.

Los riesgos y consecuencias sobre el sistema socioeconómico, debidas a eventos extremos de inundación, que ya se experimentan en la actualidad continuarán, y aún se verán agravadas por los efectos del cambio climático, en especial por la subida del nivel del mar.

El estudio “Evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo de los municipios vasco ante el cambio climático³¹” realizado por Ihobe en 2018, analiza la vulnerabilidad

de los municipios de la CAPV a distintas cadenas de impacto, incluyendo las inundaciones por subida del nivel del mar sobre el medio urbano. Esta vulnerabilidad se ve incrementada por la alta presión demográfica sobre el litoral y la sobreexplotación de recursos en el mismo, que ha provocado la pérdida y degradación de hábitats litorales durante el S.XX (Chust et al., 2009).

Los mapas de riesgo de inundación costera para el T.H. de Gipuzkoa indican que 111 hectáreas supra litorales podrían verse afectadas a finales del S.XXI, 35,2 de ellas de suelo artificializado, para los escenarios de elevación del nivel del mar contemplados (Chust et al., 2010). Las zonas bajas de estuarios se verán principalmente afectadas por el ascenso del nivel medio del mar, mientras que las playas y puertos se verán afectados en eventos de oleaje intenso.

Con el objetivo de monitorizar la evolución de las variables oceanográficas, en su relación con el cambio climático, así como los principales efectos del mismo, se está desarrollando el Observatorio de *Cambio Climático Marino Costero de Gipuzkoa*³². Para el análisis de variables y elaboración de informes, el Observatorio ha establecido un conjunto de tres tipos de indicadores:

- Indicadores de cambio climático: indicadores directamente relacionados con el aumento del CO₂ (acidificación marina) y el calentamiento global (ej. calentamiento del mar y ascenso del nivel medio del mar).
- Indicadores del impacto del cambio climático: indicadores que son consecuencia del cambio climático, como ciertos procesos ecológicos (ej. desplazamiento de especies hacia el norte, avance de la fenología).
- Indicadores de resiliencia al cambio climático: indicadores del medio natural que dotan al sistema de más resiliencia para adaptarse al cambio climático (ej. mayor abundancia o extensión de una especie vulnerable).

³¹<https://www.ihobe.eus/publicaciones/evaluacion-vulnerabilidad-y-riesgo-municipios-vascos-ante-cambio-climatico-2>

³²Naturklima desarrolla el ‘Observatorio de Cambio Climático Marino Costero de Gipuzkoa’ en colaboración con la Dirección General de Medio Ambiente y Obras Hidráulicas de la Diputación Foral de Gipuzkoa y AZTI.

INDICADORES DE CAMBIO CLIMÁTICO	TEMPERATURA
	SALINIDAD
	CAPA DE MEZCLA Y ESTRATIFICACIÓN
	OXÍGENO
	NUTRIENTES DISUELTOS
	NIVEL DEL MAR
	OLEAJE
	TEMPERATURA DEL AIRE
	HORAS DE SOL
	VIENTO
	PRECIPITACIÓN
	CAUDALES FLUVIALES EN ESTUARIOS
INDICADORES DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO	ABUNDANCIA Y COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DE LA COMUNIDAD DE BACTERIAS Y EUCARIOTAS UNICELULARES
	COMUNIDAD DE ESPECIES DE FITOPLANCTON
	CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA EN LA COLUMNA DE AGUA
	ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES DE ZOOPLANCTON
	BIOMASA Y COBERTURA DE ESPECIES DE MACROALGAS
	ABUNDANCIA Y BIOMASA DE MACROINVERTEBRADOS
	PECES
INDICADORES DE RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO	LÍNEA DE COSTA
	SUPERFICIE SUPRAMAREAL MEDIA MENSUAL
	SUPERFICIE INTERMAREAL MEDIA MENSUAL
	ANCHURA MEDIA DE PLAYA SECA
	LONGITUD REPRESENTATIVA DE LA LÍNEA DE BAJAMAR
	ESTADO MORFODINÁMICO 3D MENSUAL
	UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DE PRADERAS MARINAS

8.10 Tabla. Conjunto de indicadores de cambio climático y de su impacto.





Sistema socioeconómico



Naturklima

Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa

Gipuzkoako
Foru Aldundia
Departamento de Medio Ambiente
y Obras Hidráulicas



ETORKIZUNA ORAIN
Es futuro

9.1 INTRODUCCIÓN

A demás de los impactos que el cambio climático tendrá sobre distintos ecosistemas y distintas actividades socio-económicas, también tendrá un gran impacto en la salud humana debido al aumento de la temperatura, aumento de la frecuencia de eventos meteorológicos extremos como olas de calor o inundaciones, por su incidencia en el incremento de determinados contaminantes atmosféricos, la proliferación de alergias o el aumento de enfermedades transmitidas por vectores infecciosos.

El cambio climático afecta a la salud de la población de diversas maneras y es difícil identificar todos los posibles efectos. A escala mundial, el cambio climático se considera la principal amenaza de la salud global para este siglo. El objetivo de este capítulo es describir los principales impactos del cambio climático sobre la salud en Gipuzkoa.

“ El cambio climático afectará a la epidemiología de diversas enfermedades y a la frecuencia de episodios, cuadros clínicos y brotes (MSSSI, 2014) ”

Uno de los principales impactos para la salud son las olas de calor, asociadas con un aumento de la mortalidad y número de hospitalizaciones. La mortalidad podría duplicarse en Donostia-San Sebastián a final de siglo en el peor de los escenarios (RCP8.5) (OSATU, 2017).

Hay otros efectos indirectos del cambio climático que pueden tener cierta relevancia en el futuro. La contaminación atmosférica es un problema que se agrava bajo determinadas condiciones atmosféricas, especialmente en episodios de altas temperaturas, y que pueden causar problemas respiratorios y circulatorios en la población. Se

relacionan también con el cambio climático enfermedades transmitidas por vectores, episodios derivados de incendios forestales o polen. Finalmente se incluyen brevemente otros como enfermedades transmitidas por el agua o alimentos.

Los efectos que el cambio climático cause sobre la salud dependen especialmente de ciertas condiciones que modulan la vulnerabilidad frente a impactos ambientales. Tres grupos de factores determinan la vulnerabilidad de la población frente al cambio climático:

- Factores individuales: sensibles por razones de edad (niños y ancianos), condiciones de salud u otras situaciones personales (ej. embarazadas).
- Factores sociales o comunitarios: la existencia de sistemas de abastecimiento de agua, de distribución de alimentos, de sistemas de alerta y de servicios de salud, condiciones sociales, nivel de prevención de exposición laboral y otros.
- Factores geográficos: poblaciones en áreas de riesgo, poblaciones en los límites de las enfermedades transmitidas por vectores, poblaciones alejadas de asistencia sanitaria, poblaciones urbanas sometidas al efecto de isla térmica.



9.1 Fig. Impactos del cambio climático en la salud humana. Fuente: La adaptación al cambio climático desde la perspectiva de la salud pública y laboral³².

En general, los grupos más sensibles son:

- Personas con peor salud: los que padecen enfermedades cardiovasculares o respiratorias tienen mayor probabilidad de sufrir los impactos directos de las olas de calor o de la contaminación atmosférica. Las olas de calor afectan a las personas que sufren una enfermedad debilitante y enfermos crónicos tratados con medicamentos que dificulten una respuesta adaptativa a las altas temperaturas.
- Las personas mayores presentan, en general, menor capacidad de respuesta o adaptación a las temperaturas extremas. La importancia de este colectivo es creciente por el aumento proyectado en la frecuencia y duración de las olas de calor, al envejecimiento de la población y la vulnerabilidad social que puede padecer parte de este colectivo.
- Personas alérgicas que presentan una sensibilidad especial a los contaminantes atmosféricos o a determinados alérgenos que pueden verse alterados por el cambio climático.
- Los niños y adolescentes presentan un mayor riesgo, debido a la falta de madurez de algunos de sus sistemas, a su mayor actividad y su menor tamaño.
- Trabajadores expuestos a condiciones ambientales extremas que realizan su trabajo en exteriores o en interiores no climatizados. La exposición a temperaturas ambientales elevadas es especialmente peligrosa si durante la misma se desarrolla un esfuerzo físico moderado o intenso.

³²<https://www.adaptecca.es/sites/default/files/documentos/guia5cambioclimatico.pdf>

9.2 TEMPERATURAS EXTREMAS

Las olas de calor son episodios de temperaturas extremas que suponen un potencial riesgo para la salud. Dermatitis, edemas, quemaduras, insolaciones, fatiga, calambres, agotamiento y síncope son algunos de estos riesgos, que en los casos más graves pueden dejar secuelas y, en episodios extremos, poner en riesgo la propia vida.

Durante la ola de calor de verano de 2003, algunos autores estiman que pudieron registrarse hasta 70.000 muertes en 16 países debido a las elevadas temperaturas (Robine et al., 2008). Por cada grado que la temperatura máxima diaria supera un determinado umbral, se produce un aumento de la mortalidad diaria que oscila entre el no efecto y un 21% (Escuela Nacional de Sanidad).

En el último informe del IPCC se advierte del posible aumento de la frecuencia, intensidad y duración de las olas de calor en las próximas décadas debido al calentamiento global (IPCC, 2013).

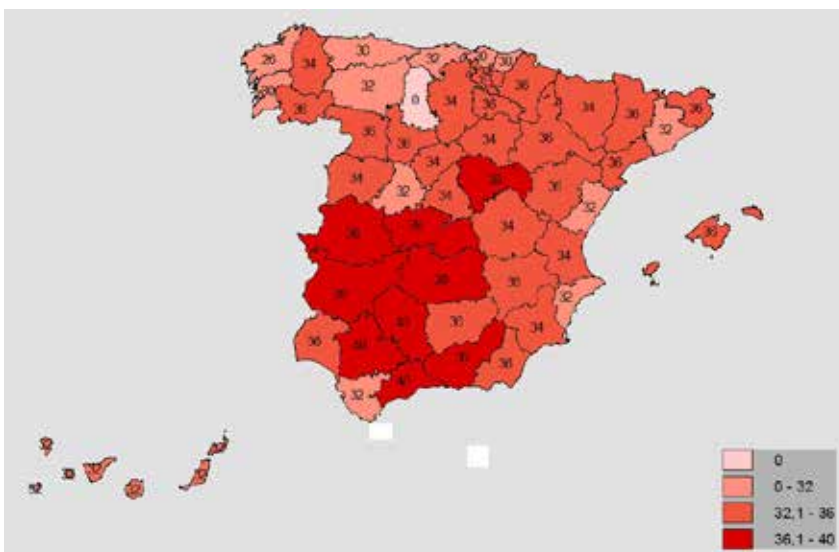
En general, las temperaturas extremas se asocian con una disminución en el bienestar general de la población y con la pérdida de capacidad de los individuos para poder termorregularse, lo que supone un riesgo para la salud. El ser humano mantiene su temperatura corporal estable alrededor de los 37°C, por tanto, al aumentar la temperatura ambiente el sistema termorregulador se activa y provoca cambios como aumento de la presión arterial, la frecuencia cardíaca o la viscosidad de la sangre. Se incrementa así el riesgo de coagulación y como consecuencia el desarrollo de trombosis, especialmente en la población más vulnerable.

Existen diversos factores que aumentan el riesgo

de sufrir los efectos del calor como son la intensidad y duración de estos episodios. También los habitantes de las áreas urbanas, debido al efecto 'isla de calor' pueden ser más vulnerables. Finalmente, la exposición al calor excesivo está influida por el envejecimiento fisiológico de la población, el aumento de la esperanza de vida y las enfermedades subyacentes. El impacto final dependerá también de los procesos de aclimatación, por ejemplo, los impactos de calor extremo suelen ser mayores en regiones templadas menos acostumbradas a las temperaturas elevadas que en regiones habituadas a temperaturas elevadas durante el verano.

Las personas mayores son las más vulnerables, especialmente aquellas que viven solas, y también los niños, trabajadores o deportistas que realizan actividades durante periodos de calor extremo. La mayoría de personas que mueren por estrés térmico suelen ser mayores de 75 años (MSSSI, 2016).

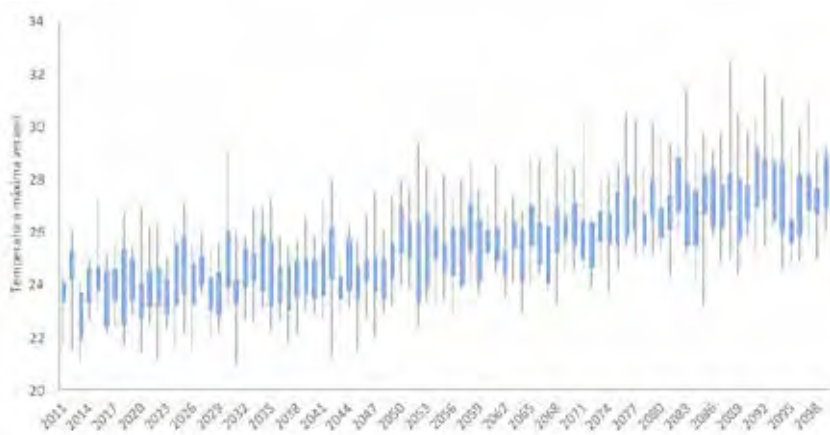
El establecimiento de las temperaturas umbrales permite caracterizar los eventos de temperaturas excesiva. La determinación de estas temperaturas se basa en series temporales de temperatura máxima y mínima y en series de mortalidad por causas orgánicas en los municipios de más de 10.000 habitantes. Para determinar el impacto de las temperaturas extremas en Euskadi se han considerado los umbrales definidos en el estudio epidemiológico desarrollado por Díaz et al. (2015). El objetivo de dicho estudio fue determinar la temperatura máxima diaria a partir de la cual la mortalidad relacionada con el exceso de calor aumentaba de forma estadísticamente significativa. Los datos presentados en este informe se refieren a las capitales de provincia.



9.2 Fig. Temperaturas (°C) máximas de disparo para la mortalidad diaria por calor por causas naturales para el periodo 2000-2009. Figura modificada de Linares et al. (2017).

En Gipuzkoa, bajo el escenario RCP4.5, se observa como máximo un aumento de unos 2°C en la temperatura máxima diaria de verano, esto es una media de unos 24°C para finales de siglo, menor por tanto que la temperatura máxima de disparo de la mortalidad³⁴, aumentando hasta 28°C en el escenario más desfavorable (RCP8.5). Las temperaturas máximas extremas experimentarían un incremento del mismo orden, pero no el número de días de ola de calor. En el proyecto OSATU³⁵, realizado por el Instituto Vasco de Investigación de Cambio Climático, Basque Centre for Climate Change (BC3) en el marco

del programa Klimatek 2016, no se proyecta un cambio significativo del impacto actual, incluso se estima una pequeña disminución de los impactos de mortalidad por calor a finales de siglo bajo este mismo escenario en Donostia-San Sebastián. Esta disminución puede deberse al hecho de no verse aumentados los días de calor extremo, a pesar del aumento de la temperatura máxima, o a una reducción de la población ya envejecida³⁶, que se traduce en una reducción de la mortalidad de base durante los eventos de olas de calor.



9.3 Fig. Proyección de la temperatura máxima media anual para los meses de verano en el escenario RCP8.5. proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

En el escenario más desfavorable, RCP8.5, tanto la temperatura máxima de verano como el número de días de olas de calor proyectadas aumentan significativamente después de 2050. Hasta dicho año no hay grandes diferencias con el escenario RCP4.5. A partir de mediados

de siglo se podría esperar, por tanto, un mayor impacto con un aumento de la mortalidad de entre un 16% y 58%, en función de si existe o no aclimatación fisiológica³⁷ (OSATU, 2017).



9.4 Fig. Proyección del número de días en que la temperatura máxima supera 35°C en el escenario de emisión RCP8.5. proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

³⁴Temperatura de disparo de la mortalidad: temperatura a la que comienza a aumentar la mortalidad bruscamente por causa de la misma

³⁵Evaluación del impacto de las temperaturas extremas sobre la salud en el País Vasco bajo condiciones de cambio climático. https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/osatu/es_def/adjuntos/O1KLIMATEK.pdf

³⁶En 2018 el 21.9% de la población se encuentra en el Grupo 1 considerado como vulnerable, grupo de personas con más de 65 años.

³⁷Procesos fisiológicos que permitirán, en el tiempo, al ser humano adaptarse a los cambios en las condiciones climatológicas.

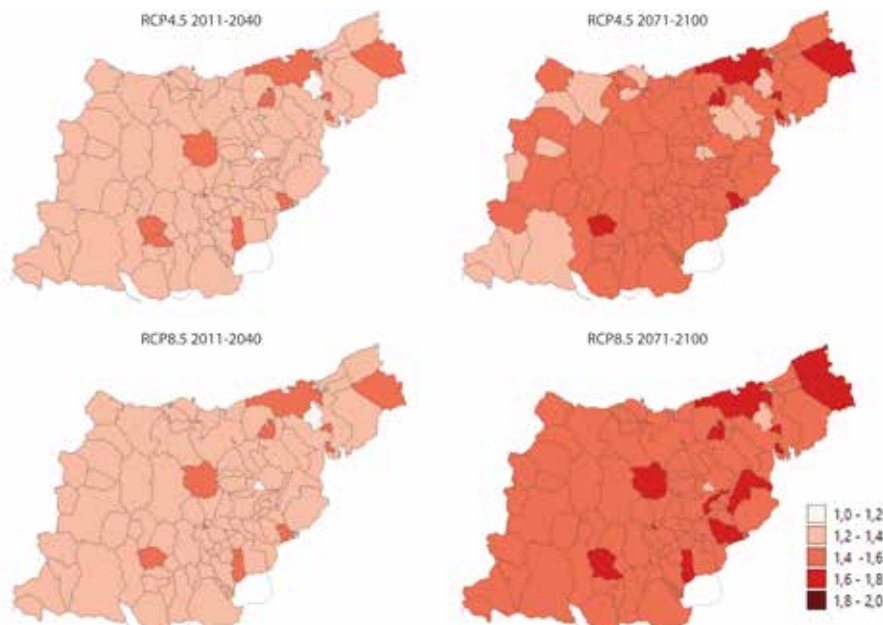
En Donostia-San Sebastián, por cada grado en que la temperatura máxima diaria supere la temperatura umbral de disparo de la mortalidad, la mortalidad diaria aumentará, de media, un 6,54 %.

En el proyecto OSATU, se calcularon, siguiendo la metodología de Díaz et al. (2015), los riesgos relativos (RR³⁸) asociados al incremento de la temperatura, esto es, cuanto aumenta el riesgo de morir por altas temperaturas

entre una persona expuesta y otra no expuesta; así como el riesgo atribuible (RA³⁹), que mide cuanto aumenta el riesgo poblacional, en porcentaje, con la hipótesis de que toda la población está expuesta a ese factor de riesgo.

LOCALIDAD	T _{um} (°C)	RIESGO RELATIVO (RR)*	RIESGO MORTALIDAD ATRIBUIBLE (RA)	MORTALIDAD DE BASE (B)
DONOSTIA – SAN SEBASTIÁN	≥ 30°C	1,07 (1,05-1,09)	6,54%	5,15

9.1 Tabla. Impacto de los episodios en los que se supera la temperatura umbral para el calor, por cada grado Celsius. Fuente: Tabla modificada de Proyecto OSATU (Klimatek, 2016).



9.5 Fig. Índices de riesgo para el potencial efecto sobre la salud de las olas de calor para los periodos 2011-2040 y 2071-2100. Fuente: índices de vulnerabilidad y riesgo de los municipios de la CAPV ante el cambio climático: Olas de calor con potencial efecto sobre la salud (Ihobe, 2019).

³⁸Riesgos Relativos: expresa cuanto aumenta el riesgo de morir por altas temperaturas entre una persona expuesta y otra no expuesta.

³⁹Riesgo Atribuible: indica cuanto aumenta el riesgo poblacional, en %, con la hipótesis de que toda la población está expuesta a ese factor de riesgo.

A pesar de la mayor frecuencia de olas de calor y su carácter más acusado, la mortalidad asociada ha disminuido en lo que va de siglo en España, pasando de un 14% a un 1% (Díaz et al., 2018). Los sistemas de alerta ante altas temperaturas vigentes (Plan de Prevención en Situación de Ola de Calor, Departamento de Salud, 2006), varios factores socioeconómicos, la mejora de los servicios sanitarios y la mayor presencia de aparatos de aire acondicionado en edificios y espacios públicos permiten adaptarse al calor y explican dicha disminución.

Prácticamente todos los municipios se encuentran, en mayor o menor medida, afectadas por este tipo de riesgo, intensificándose el riesgo a finales de siglo, entre un 12 y 15 % en el escenario RCP4.5 y entre 13 y 18 % en el

escenario RCP8.5, con respecto al riesgo del periodo de referencia 1971-2000.

Es común relacionar las olas de calor y no con las olas de frío, sin embargo, estas últimas causan más morbilidad y mortalidad. Esto se debe a que con las olas de calor los efectos sobre la salud se observan de 1 a 3 días, mientras que en las olas de frío pueden pasar entre 7 y 9 días hasta que se observan sus efectos. Podría esperarse una disminución de la mortalidad asociada al frío al aumentar la temperatura mínima de invierno y la reducción del número de días de helada. Sin embargo, esto no tiene por qué implicar una reducción de la frecuencia o gravedad de los episodios de frío extremo.

9.3 CRECIDAS E INUNDACIONES

Los impactos del cambio climático en la salud debido a la posibilidad de mayor frecuencia de inundaciones, están relacionados con mortalidad debida a ahogamientos, paradas cardiorrespiratorias, hipotermia, traumatismos o accidentes relacionados con vehículos; lesiones, enfermedades infecciosas o contaminación con productos tóxicos.

La vulnerabilidad de estos fenómenos depende de condiciones individuales de la población (tipo de residencia, edad, discapacidad, etc.) y de factores sociales y ambientales como la existencia de sistemas de alerta, nivel de preparación frente a desastres, respuesta del sector sanitario, estado de las infraestructuras, etc.

La incertidumbre de las proyecciones del cambio climático en relación con las inundaciones es elevada. Las proyecciones regionalizadas no muestran cambios importantes en la precipitación media anual pero sí un aumento de las precipitaciones máximas diarias dando lugar a un aumento de la torrencialidad del régimen de precipitaciones. Esto no se traduce directamente en un aumento del área inundable, aunque sí de los caudales máximos y de la velocidad de la corriente. El aumento del nivel del mar puede aumentar el riesgo de inundaciones en las zonas costeras. No se espera, en general, un aumento del riesgo para la población de estos fenómenos más del que ya existe en la actualidad.

9.4 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

El cambio climático afectará a la concentración de contaminantes en la atmósfera al provocar cambios en factores que determinan su distribución como son el viento, la temperatura, la interacción con el clima local, etc.

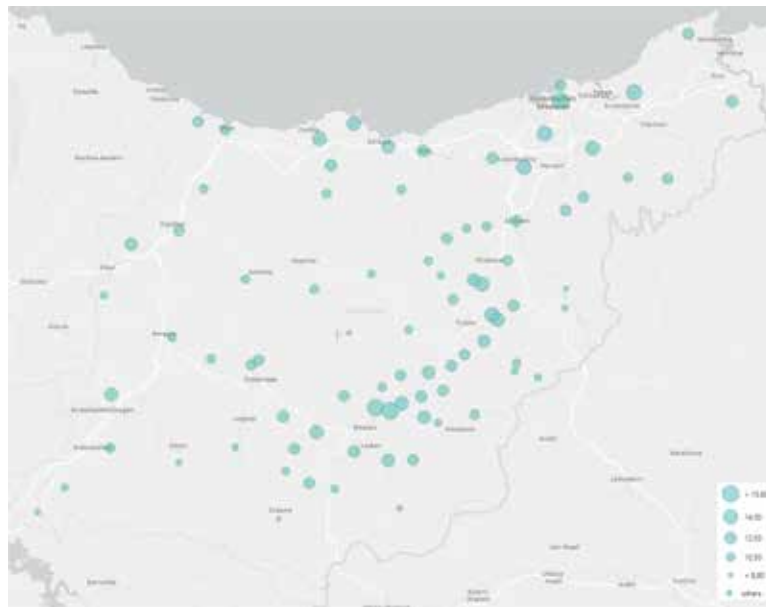
La OMS indica que existen graves riesgos para la salud, fundamentalmente derivados de la exposición a partículas en suspensión, dióxido de nitrógeno, ozono troposférico y dióxido de azufre, cuyas concentraciones pueden aumentar con el cambio climático. Además, según

la OMS y la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), se estima que los costes asociados a los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud en España pueden llegar a suponer el 2,8 % del producto interior bruto (WHO Regional Office for Europe, 2015).

Los principales efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud son principalmente el aumento del número de ingresos hospitalarios y visitas a urgencias por causas respiratorias o cardiovasculares, aparición de los mismos o agravamiento.

Se prevé un mayor número de afecciones respiratorias debido al efecto combinado de cambios en las condiciones atmosféricas y presencia de determinados contaminantes.

Son más vulnerables a este tipo de impactos los ancianos que padecen bronquitis crónica, asma, enfermedades cardiovasculares y/o diabetes, niños, embarazadas y personas de edad avanzada que padezcan alguna enfermedad crónica.



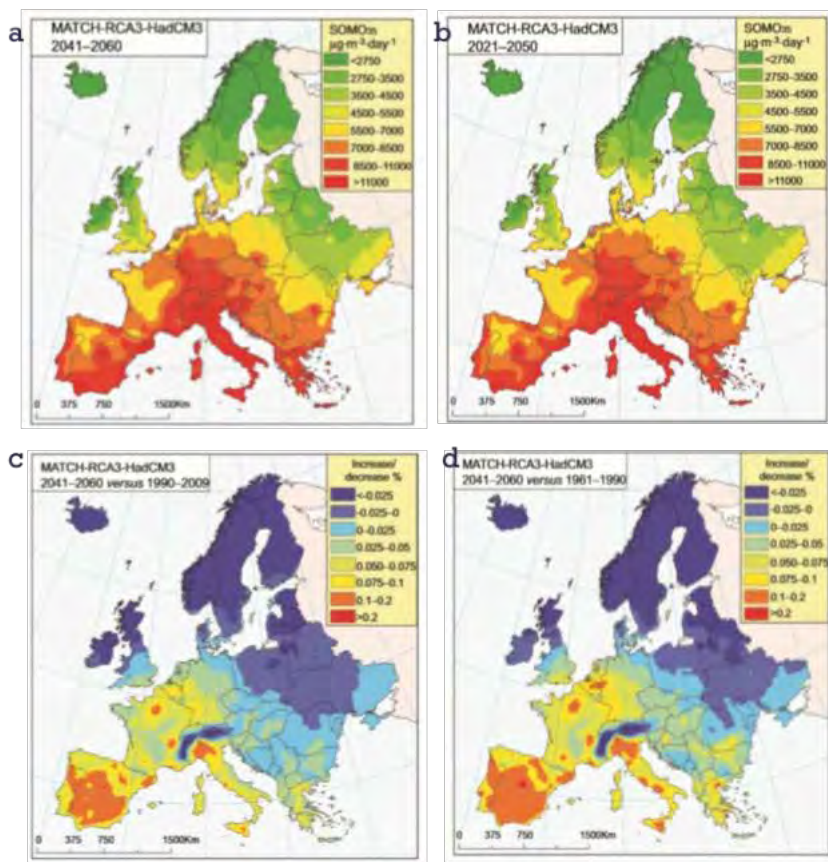
9.6 Fig. Concentración media anual de partículas PM_{10} ($\mu\text{gr}/\text{m}^3$). Fuente: Estadísticas de la calidad del aire de la CAPV. 2018.

Los datos de la red de control de calidad del aire de Euskadi, muestran que, en general, los niveles de los distintos contaminantes medidos en Gipuzkoa están dentro de los límites que marca la normativa de calidad del aire. Así la concentración media de PM_{10} de $9\text{--}23 \mu\text{g m}^{-3}$, cumpliendo los estándares de la Unión Europea ($40 \mu\text{g m}^{-3}$) y en la mayoría de los casos las recomendaciones en materia de salud de la OMS ($20 \mu\text{g m}^{-3}$). Tampoco se superan los valores objetivos de ozono para la protección de la salud, aumentando la concentración en zonas rurales de altitud, en general con una menor población.

Es difícil prever cómo el cambio climático actuará sobre los niveles de contaminación y sus efectos sobre la salud. En general, el nivel de partículas en suspensión se ha mantenido estable durante los últimos años, si bien esto dependerá en el futuro sobre todo de las

partículas asociadas al tráfico rodado, ya que las mayores concentraciones se observan sobre puntos con intensa circulación.

Todas las proyecciones muestran un aumento generalizado de la temperatura para finales de siglo. Otras variables climáticas que afectan la formación de ozono como la precipitación o cobertura nubosa, sin embargo, presentan una mayor incertidumbre. A pesar de ello, algunos estudios han estimado la evolución del ozono troposférico para los próximos 30 años, mostrando un aumento generalizado en el sur de Europa. En España, se espera un incremento del nivel de ozono y un consiguiente aumento de la mortalidad prematura debida al ozono del 15% y un aumento también del número de hospitalizaciones por causas respiratorias. Estos mapas, muestran también en general un aumento para Gipuzkoa.



9.7 Fig. (a, b) Cambios en SOMO35 (la suma anual de máximos diarios de 8-h mayores de 35 ppb) debido a cambios en la exposición a ozono inducidas por el cambio climático. (c, d) Tasa de cambio (%) en todas las causas de mortalidad y hospitalización debido a causas respiratorias debido a variaciones en la exposición al ozono inducidas por el cambio climático. Fuente: Figura modificada de Orru et al. (2013).

9.5 DISPERSIÓN DE ALÉRGENOS

Es probable que el cambio climático incremente la estacionalidad y duración de los desórdenes alérgicos.

El cambio climático puede influir en la cantidad y distribución espacio-temporal de una gran variedad de aeroalérgenos (polen y esporas). El aumento de las temperaturas proyectada para invierno, especialmente a partir de 2050, favorecerá cambios en la producción y fenología, así como distribución geográfica del polen.

Además, tanto la precipitación como el patrón de vientos pueden influir en el movimiento y dispersión de los alérgenos en la atmósfera. El aumento de la temperatura puede modificar la distribución y provoca un adelanto de la floración de algunas especies en primavera, alargando por tanto su periodo polínico y aumentando así el periodo de exposición de la población, modificando la susceptibilidad al asma, rinitis alérgica, dermatitis atópica o conjuntivitis.

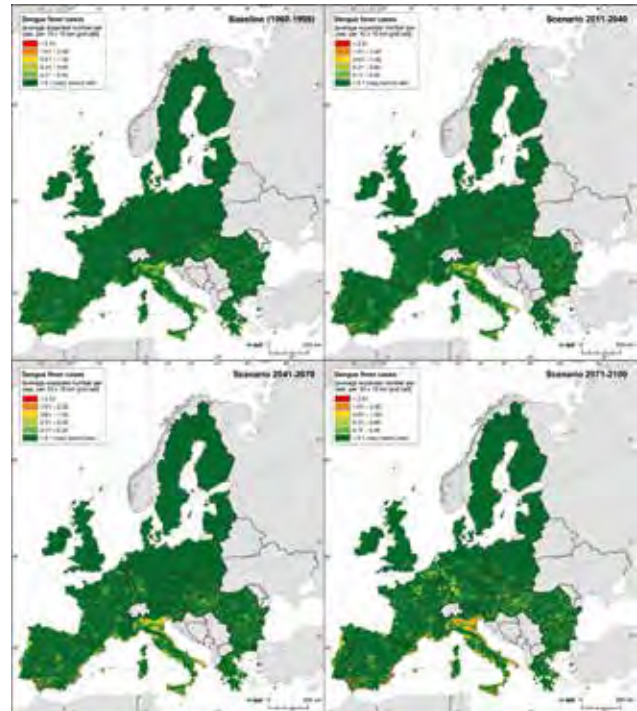
9.6 ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES

El cambio climático puede influir sobre la distribución geográfica y temporal de las enfermedades transmitidas por vectores. Esto se debe a que los cambios de temperatura, precipitación o humedad afectan al comportamiento y estacionalidad y abundancia de los vectores, así como los hospedadores intermediarios o los reservorios naturales. Además, los ciclos de transmisión de enfermedades transmitidas por vectores también se verán afectados por otros cambios globales como son cambios en la distribución geográfica o usos del suelo.

La proyección del efecto del cambio climático sobre enfermedades transmitidas por vectores es compleja, ya que han de considerarse diversos factores, como la no-linealidad del sistema, es decir, un aumento de la temperatura no siempre está asociada con un aumento del riesgo; la epidemiología, que se ve influida por factores como las áreas de actividad e intervención humana; cambios de usos del suelo, migración y variables socioeconómicas o el ciclo de la propia enfermedad.

La principal amenaza es la presencia del mosquito tigre (*Aedes albopictus*) en Gipuzkoa, cuya presencia se detectó por primera vez en 2014. Este es potencial vector de varias enfermedades tropicales como dengue, Chikunguña, o zika. Las proyecciones sobre expansión de este mosquito muestran para el escenario de cambio climático más desfavorable que estos insectos podrán reproducirse prácticamente en todo el planeta a finales de siglo, antes irán alcanzando cada vez más áreas al incrementándose la temperatura.

Aunque la expansión del mosquito es pequeña hoy día, con un control realizado por el Plan de Vigilancia del mosquito tigre de Euskadi puesto en marcha en 2013, en un futuro podría expandirse. Esto no quiere decir que las enfermedades de las que son vectores vayan a llegar automáticamente con ellos.



9.8 Fig. Número de casos de dengue en Europa para el periodo base (1960-1990) y escenarios de cambio climático. Fuente: Bouzid et al. (2014).

9.7 CONCLUSIONES

Las estimaciones muestran que el efecto de las olas de calor incrementará el riesgo de los municipios a este efecto, pudiendo aumentar la mortalidad asociada a estos fenómenos. Podrán ser también importantes los efectos derivados de la exposición al frío, especialmente relacionados con situaciones de pobreza, vulnerabilidad de determinados colectivos. La mayor aclimatación a las altas temperaturas podría incrementar el efecto sobre la salud de los episodios de fríos.

La contaminación impacta negativamente sobre la salud, especialmente en zonas urbanas. A pesar del cumplimiento de la normativa europea en materia de partículas en suspensión, hay situaciones en las que se superan los valores recomendados en materia de salud.

El aumento generalizado de las temperaturas, el desplazamiento y cambio en la duración de las estaciones

tendrá consecuencias sobre los ataques de asma y las alergias.

El aumento de las temperaturas puede favorecer la transmisión de enfermedades por vectores.

Es altamente previsible que el cambio climático tenga más efectos sobre la salud que los expuestos en este capítulo, pero no se han analizado bien por la falta de evidencia científica o de momento un poco probable impacto futuro en Gipuzkoa.

Con el objetivo de monitorizar, esto es, realizar un seguimiento de la evolución los posibles efectos del cambio climático se han definido una serie de indicadores de salud, siguiendo las recomendaciones del Observatorio de Salud y Cambio Climático (MSSS). Estos indicadores se integran en el observatorio de cambio climático de Naturklima:

GRUPO 1 CONSIDERADOS COMO VULNERABLES	% DE LA POBLACIÓN MAYOR DE 65 AÑOS, CONSIDERADA VULNERABLE A LAS OLAS DE CALOR
GRUPO 2 CONSIDERADO COMO VULNERABLE	% DE LA POBLACIÓN MENOR DE 4 AÑOS, CONSIDERADA VULNERABLE A LAS OLAS DE CALOR
INGRESOS HOSPITALARIOS POR EFECTOS DE CALOR	SUMA TOTAL DE LOS INGRESOS HOSPITALARIOS DEBIDOS A EFECTOS DE CALOR EXCESIVO
MORTALIDAD POR EXPOSICIÓN AL CALOR NATURAL	TASA ENTRE TODOS LOS FALLECIMIENTOS OCURRIDOS EN UN AÑO POR EXPOSICIÓN A CALOR NATURAL EXCESIVO Y EL TOTAL DE FALLECIMIENTOS EN LOS MESES DE VERANO
MORTALIDAD POR EXPOSICIÓN AL FRÍO NATURAL	TASA ENTRE TODOS LOS FALLECIMIENTOS OCURRIDOS EN UN AÑO POR EXPOSICIÓN A FRÍO NATURAL EXCESIVO Y EL TOTAL DE FALLECIMIENTOS EN LOS MESES DE INVIERNO
AFECCIONES ALÉRGICAS AL POLEN	Nº TOTAL DE INGRESOS HOSPITALARIOS DE TIPO URGENTE POR ASMA DE NATURALEZA ALÉRGICA
MUNICIPIOS EN LOS QUE SE DETECTA PRESENCIA O ESTABLECIMIENTO DEL MOSQUITO <i>Aedes albopictus</i>	RECuento DEL NÚMERO DE MUNICIPIOS EN LOS QUE SE HA IDENTIFICADO LA PRESENCIA O EL ESTABLECIMIENTO DEL MOSQUITO <i>Aedes albopictus</i> .

9.2 Tabla. Indicadores utilizados para el seguimiento del impacto del cambio climático en la salud.



10.1 INTRODUCCIÓN

La sociedad actual es principalmente urbana. En la actualidad, cerca del 60% de la población mundial vive en áreas urbanas, con una tendencia al alza en los últimos años. Estas áreas constituyen complejos sistemas donde tienen lugar muchos procesos que desempeñan un papel fundamental en la economía y el estado del bienestar social a todas las escalas, no solo la local. En el caso de las ciudades, aunque ocupan únicamente el 2% de la superficie del planeta, suponen el 75% de las emisiones de carbono y el consumo de entre un 60 – 80% de la energía (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible, Río de Janeiro 2012).

El cambio climático presenta desafíos únicos para las áreas urbanas y su población. Estas áreas contribuyen en gran medida al cambio climático al generar la mayor parte de emisiones de gases de efecto invernadero. Asimismo, el medio urbano, entendido como el medio construido,

concentra los mayores impactos climáticos. Se verá afectado por los cambios extremos de temperatura y precipitación (olas de calor e inundaciones/sequías), así como por la subida del nivel del mar y oleaje extremo o incendios. A estos factores climáticos, hay que sumarle otros, no climáticos como la forma, estructura y funciones de la ciudad, los cambios de usos, el sistema de saneamiento y los cambios sociodemográficos.

Estos cambios afectarán a los ámbitos medioambiental, económico y social de los municipios, incluyendo afecciones a la salud, pérdida de vidas humanas, daños a viviendas e infraestructuras, interrupciones en el suministro de energía y agua, y afecciones sobre la actividad económica del municipio. La vulnerabilidad de cada municipio dependerá de sus características físicas, biológicas, ecológicas, económicas, sociales, urbanísticas, etc.

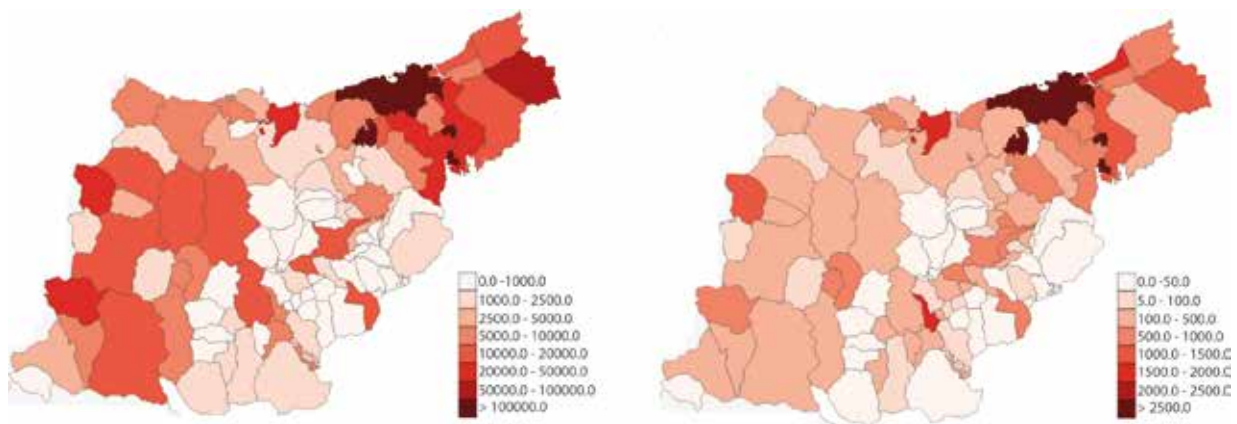
El cambio climático y sus impactos ponen en riesgo el bienestar de la población. Infraestructuras críticas, como el abastecimiento de agua y energía, y las infraestructuras de transporte, así como el medio natural y urbano tendrán un mayor riesgo de impacto por eventos extremos como olas de calor o inundaciones.

El Territorio Histórico de Gipuzkoa presenta una alta densidad poblacional (362,5 hab./km²), similar a la de países como Bélgica (377) o Puerto Rico (360) (Datos Banco Mundial 2018), siendo especialmente elevada en las comarcas de Bajo Bidasoa y Donostia, donde se aproxima a densidades como las de Bangladés (1.240) o las Islas Bermudas (1.185). La mayor parte de la población vive en zonas urbanas (63% frente al 37% en las zonas

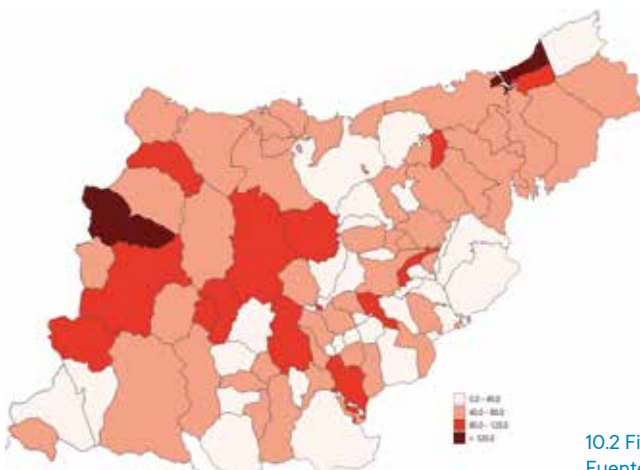
rurales). La densidad de vivienda es también elevada (59,85 viv/ha), con la mitad del suelo urbanizable edificado con viviendas. La densidad de viviendas varía entre 5 y 160 viv/ha, mayor al este del T.H. y en las proximidades a Donostia. El territorio consta de 88 municipios, de los cuales 10 se encuentran en el litoral, concentrando al 37,6% de la población (270.110 habitantes).

COMARCA	Nº HABITANTES	DENSIDAD DE POBLACIÓN (HAB./km ²)
BAJO BIDASOA	76.836	1.072,5
DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN	327.428	1.075,1
UROLA COSTA	76.419	235,8
BAJO DEBA	55.686	308,5
ALTO DEBA	63.170	183,9
GOIERRI	68.407	162,1
TOLOSA	49.251	148,3
GIPUZKOA	717.197	362,5

10.1 Tabla. Población de Gipuzkoa y densidad de población por comarcas a 1 de enero de 2019. Fuente: Eustat.



10.1 Fig. (Izq.) Población por municipio y (dcha.) densidad de población por municipio a 1 de enero de 2017. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Eustat.



10.2 Fig. Densidad de vivienda (viv. /ha) por municipio, año 2019. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de UDALPLAN.

El grado de artificialización⁴¹ del suelo es aproximadamente del 6,6% para el conjunto del territorio, más elevada cerca de los principales núcleos poblacionales donde supera el 20%. Estos datos no han variado, en su conjunto, desde 2007. Bajo la calificación de artificialización se describen las acciones que llevan implícitas la impermeabilización del suelo. La artificialización del suelo tendrá implicaciones en los

nuevos escenarios climáticos proyectados, al contribuir al incremento sensible de la temperatura frente a las zonas no artificializadas, contribuyendo así al efecto de las islas de calor que se detallará más adelante, o contribuir a un mayor riesgo de inundación y de probabilidad de que estas originen daños sobre los equipamientos urbanos al dificultar la infiltración y producir un incremento de los caudales de avenida.



10.3 Fig. (izq.) Suelo artificializado mostrado en rojo. Fuente: Planificación territorial, urbanismo y regeneración urbana⁴²(drcha.) Porcentaje de suelo artificializado en 2018 para cada uno de los municipios. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Udalmap.

10.2 IMPACTOS SOBRE LOS MUNICIPIOS

El medio urbano se verá afectado por los cambios de temperatura y precipitación, así como por la subida del nivel del mar y aumento en la intensidad y frecuencia del oleaje extremo. Los efectos de estos cambios sobre el medio urbano pueden ser múltiples y de

distinta naturaleza en función del emplazamiento. Entre ellos destacan las inundaciones, deslizamientos de tierra o subsidencias, efecto de isla de calor urbana o periodos de sequía.

⁴¹Indicado como el tipo de suelo calificado para creación de viviendas, actividades económicas, infraestructuras y equipamientos, no incluyéndose los espacios libres ni los cauces fluviales.

⁴²<http://www.euskadi.eus/web01-a3lurap4/es/aa33aIndicadoresWAR/indicadoresJSP/index.jsp>

CAUSAS	IMPACTOS
<p>AUMENTO DE LAS TEMPERATURAS</p>	<p>INCREMENTO DEL EFECTO “ISLA DE CALOR” EN LOS NÚCLEOS URBANOS MAYORES NECESIDADES DE SOMBRA EN LAS HORAS CENTRALES DE LOS DÍAS DEL VERANO INCREMENTO DE LAS NECESIDADES DE RIEGO DEL VERDE URBANO IMPORTANTES AFECCIONES SOBRE LA SALUD HUMANA MAYOR EVAPORACIÓN DE AGUAS DE ESTANQUES, PISCINAS Y EMBALSES PÉRDIDA DE CONFORT TÉRMICO Y CALIDAD AMBIENTAL MÁS CONTAMINACIÓN POR MENOS VENTILACIÓN CON INVERSIÓN TÉRMICA: PÉRDIDA DE CALIDAD DEL AIRE MAYOR NECESIDAD DE ENERGÍA PARA SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO PÉRDIDA DE CONFORT EN EL USO DEL TRANSPORTE PÚBLICO PATRIMONIO CONSTRUIDO: ACELERACIÓN DE PROCESOS PATOLÓGICOS Y DE RUINA</p>
<p>SUBIDA DEL NIVEL DEL MAR</p>	<p>INUNDACIONES EN ÁREAS URBANAS COSTERAS PÉRDIDA DE SUPERFICIE DE PLAYAS CAMBIOS EN LA ESCORRENTÍA Y EN LA DISPONIBILIDAD DE AGUA DESLIZAMIENTOS DE LADERAS</p>
<p>LLUVIA TORRENCIAL</p>	<p>INUNDACIONES POR AVENIDAS SOBRECARGA DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE ALCANTARILLADO DAÑO SOBRE VIVIENDAS E INFRAESTRUCTURAS PROBLEMAS EN EL ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ENERGÍA AFECCIÓN A LA MOVILIDAD DESLIZAMIENTOS DE LADERAS</p>
<p>SEQUÍA</p>	<p>RIESGOS DE INTERRUPCIONES EN EL SUMINISTRO ELÉCTRICO DE ORIGEN HIDRÁULICO PROBLEMAS DE ABASTECIMIENTO ALIMENTARIO RIESGOS DE EROSIÓN ENFERMEDADES ALÉRGICAS</p>
<p>ALTERACIÓN Y EXTINCIÓN DE ESPECIES</p>	<p>INCREMENTO DE LA PRESENCIA DE DETERMINADOS PARÁSITOS Y VECTORES INFECCIOSOS</p>
<p>INCENDIOS FORESTALES</p>	<p>RIESGOS DE INCENDIOS EN ÁREAS URBANAS PRÓXIMAS A ZONAS FORESTALES</p>

10.2 Tabla. Efectos del cambio climático. Fuente: Red Española de Ciudades por el Clima (2015).

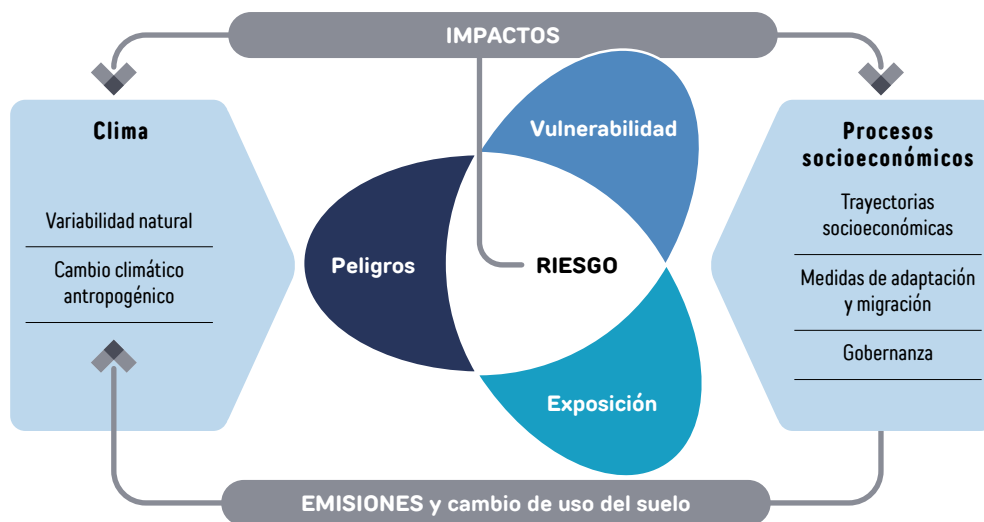
En la CAPV (IHOBE, 2018) se han identificado cuatro efectos clave por su mayor probabilidad de ocurrencia:

- **Olas de calor** por su potencial efecto sobre la salud humana
- **Inundaciones fluviales** sobre el medio urbano
- **Inundaciones** por subida del nivel del **mar** sobre el medio urbano
- **Sequía** sobre las actividades económicas, con especial interés en el medio agrario

El estudio “Evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo de los municipios vasco ante el cambio climático⁴³” realizado por Ihobe en 2018, proporciona el grado de exposición, sensibilidad y capacidad de respuesta de los distintos municipios vascos para estos impactos.

La metodología empleada en dicho estudio sigue el esquema conceptual establecido en el AR5-IPCC (IPCC, 2014), en el que la vulnerabilidad se analiza a través de variables asociadas a la sensibilidad y la capacidad adaptativa, y hace referencia a la valoración del territorio en función de su predisposición a verse afectado por una amenaza climática. Así, el riesgo se entiende como la combinación de la amenaza, la exposición y a vulnerabilidad, y se expresa como una función de la probabilidad de ocurrencia de un determinado evento, multiplicado por sus consecuencias adversas.

Analizamos el posible riesgo de los municipios de forma independiente para cada uno de los factores de estrés estudiados. Sin embargo, es probable que los municipios sufran más de uno de ellos simultáneamente. Además, cuando uno de estos factores afecta a uno de los municipios, se producen efectos cascada en otros sectores del municipio incrementando el riesgo de la población. Por ejemplo, durante las olas de calor, aumenta el riesgo para la salud de la población, pero también puede afectar a la infraestructura energética o de transportes incrementando la exposición de la población al calor.



10.4 Fig. Marco conceptual de referencia de evaluación de la vulnerabilidad y al riesgo de los municipios de la CAPV ante el cambio climático. Fuente: IPCC (2014).

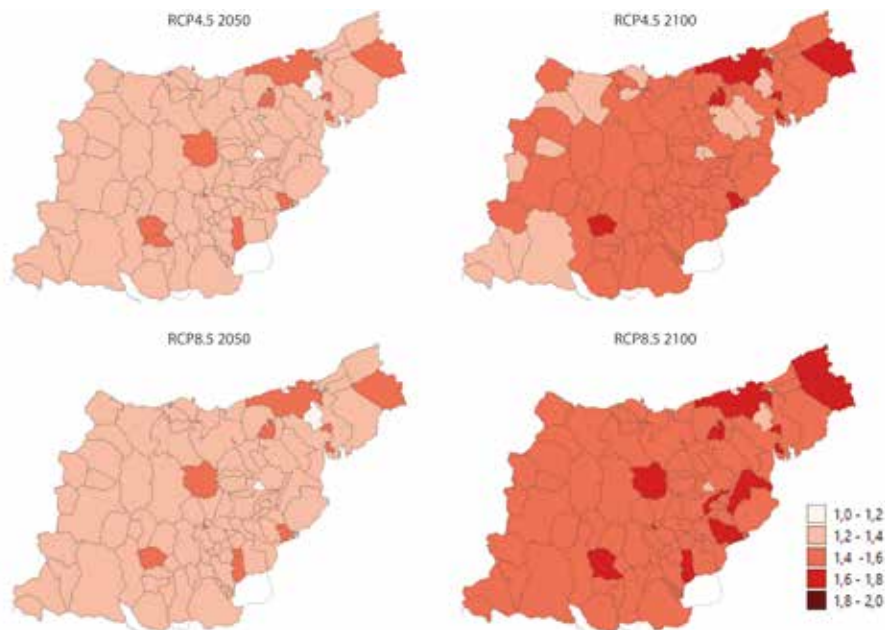
⁴³<https://www.ihobe.eus/publicaciones/evaluacion-vulnerabilidad-y-riesgo-municipios-vascos-ante-cambio-climatico-2>

10.2.1 EFECTO DE LAS OLAS DE CALOR

La isla de calor urbana se define como el exceso de temperatura, particularmente nocturna, observada en un área metropolitana en comparación con sus alrededores. Este efecto tiene lugar en municipios con una gran actividad humana, agravándose cuanto mayor es la densidad y peor es la calidad del aire, pero que disminuye con el flujo de las brisas marinas a menos de 3 km de la costa. En el impacto de este fenómeno son también importantes criterios de tamaño y forma, densidad de vivienda, tipo de edificaciones, generación de calor por parte de los vehículos y sistemas de climatización de edificios, y suelos industriales. El alto grado de urbanización puede intensificar el efecto de isla de calor urbana, al alterar los procesos de pequeña

escala, tales como las brisas de mar y tierra, o modificar las escalas sinópticas.

El efecto isla de calor ya existe en la actualidad, pero dichos efectos se agravarán con el aumento de la temperatura proyectado, especialmente en verano, así como durante los episodios de olas de calor. Estos procesos afectarán a la salud de la población, provocando problemas de salud relacionados con el calor y contaminación, así como aumento en la demanda de energía para refrigeración y así mantener un confort térmico en viviendas y edificios. En la sección que trata los impactos del cambio climático sobre la salud se detalla en mayor medida los posibles impactos de estos episodios sobre la salud de la población.



10.5 Fig. Índices de riesgo para la cadena de 'Impacto olas de calor sobre el medio urbano'.
Fuente: Geoeuskadi.

El efecto de las olas de calor se incrementará, tanto en duración (más largas en días) como en intensidad (más calurosas), respecto al periodo de referencia, para todos los municipios bajo cualquier escenario climático. Para mediados de siglo los mayores cambios se prevén en los municipios en el límite este del T.H. En estos municipios las proyecciones de temperatura muestran los cambios más importantes que, junto con la elevada densidad poblacional de los mismos, contribuirá al mayor riesgo frente a las olas de calor.

Para finales de siglo, el riesgo se intensifica en todos los municipios y para los dos escenarios de emisiones analizados, siendo en general mayor el impacto para el escenario RCP8.5. En este caso, los municipios con mayor riesgo son los que se encuentran al este del T.H. y aquellos en el litoral, donde los cambios de temperatura proyectados son más intensos, así como varios municipios del interior, donde la orografía y propiedades específicas del municipio condiciona estos riesgos.

10.2.2 INUNDACIONES POR SUBIDA DEL NIVEL DEL MAR

Se estima que el calentamiento global causa la elevación del nivel del mar a una tasa de 2 mm/año. Las proyecciones a 2050 estiman una aceleración de este proceso y la probabilidad de que el nivel del mar se sitúe 30 cm por encima del actual. Estos cambios implicarán a su vez modificaciones en la erosión costera, inundación o cota de mareas meteorológicas. En el caso de los núcleos urbanos cercanos a la costa, estos cambios afectarán a la población, propiedades, infraestructuras, ecosistemas costeros, y presenta riesgos para el comercio, industria y otros medios de vida.

Para el Golfo de Bizkaia el ascenso proyectado para finales de siglo varía entre 50 y 70 cm para el peor de los escenarios (Chust et al., 2010; Slangset et al., 2014), traduciéndose en retrocesos de 25% al 40% en la anchura

de playas y aumento en la cota de rebase del oleaje en puertos.

La población expuesta a este riesgo es elevada, ya que tres de cada cuatro habitantes de Gipuzkoa viven en municipios costeros, a pesar de que esta representa algo menos de la mitad de la superficie provincial. En un estudio reciente (Observatorio de Sostenibilidad, 2019), se ha proyectado sobre la cartografía de los primeros 10 km de costa las láminas de inundación correspondientes a las precipitaciones con periodos de retorno de 10, 100 y 500 años. En base a esto, se estima que las personas potencialmente afectadas en zonas frecuentes de inundación cada 10 años es de 10.499 y para un periodo de retorno de 500 años de 35.435 personas.

SUPERFICIE 811-12-813 SECCIONES CENSALES COSTA (ha)	POBLACIÓN SECCIONES CENSALES COSTERAS	ESTIMACIÓN POBLACIÓN AFECTADA LÁMINA 10 AÑOS	ESTIMACIÓN POBLACIÓN AFECTADA LÁMINA 100 AÑOS	ESTIMACIÓN POBLACIÓN AFECTADA LÁMINA 500 AÑOS
3.211	463.058	10.499	18.734	35.435

10.3 Tabla. Estimación población y superficie en la franja de 10 km en las tres láminas de 10, 100 y 500 años. Fuente: Observatorio Sostenibilidad (2019).



10.6 Fig. Índices de riesgo para la cadena de impacto 'Inundaciones por subida del nivel del mar sobre el medio urbano'. Fuente: Geoeuskadi.

Los mapas siguientes muestran las zonas inundables de algunos de estos municipios para un periodo de retorno de 500 años (correspondiendo a una de los peores escenarios posibles).



10.7 Fig. Representación de la incidencia de a lámina de inundación por origen marino de 500 años de periodo de retorno sobre Mutriku, Deba y Zumaia, en azul, y las principales infraestructuras de comunicación en marrón. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de URA, Udalplan y ortofoto Geoeskadi.



10.8 Fig. Representación de la incidencia de a lámina de inundación por origen marino de 500 años de periodo de retorno sobre Zarautz y Donostia, en azul, y las principales infraestructuras de comunicación en marrón. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de URA, UDALPLAN y ortofoto Geoeskadi.

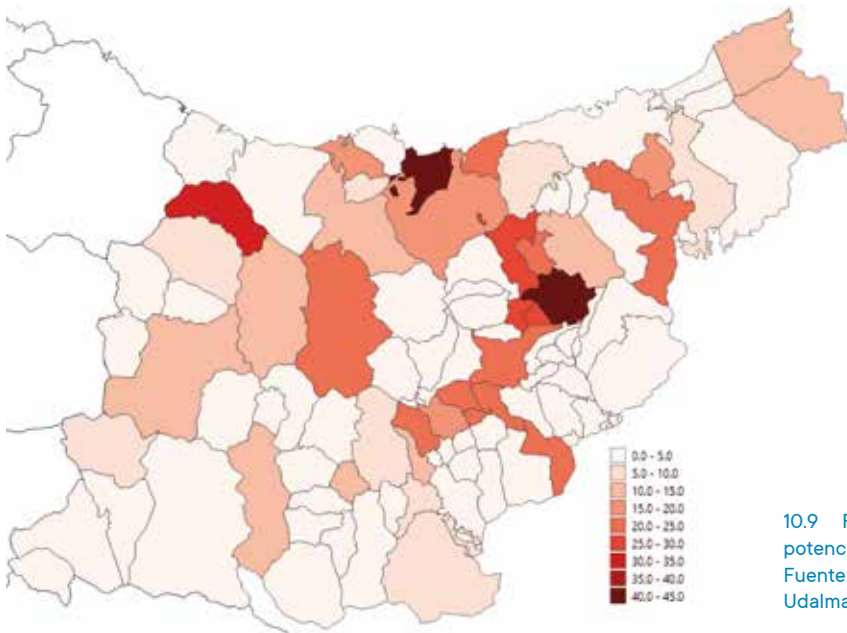
10.2.3 INUNDACIONES FLUVIALES SOBRE EL MEDIO URBANO

El incremento de precipitaciones intensas estimado a consecuencia del cambio climático hace que determinadas cuencas, valles, laderas, cauces fluviales, llanuras aluviales, etc., pueden sufrir los efectos de grandes avenidas de agua. Si estas áreas se encuentran urbanizadas, los habitantes e infraestructuras que ocupan las mismas se pueden ver expuestos a inundaciones por avenidas en distinto grado.

Tres tipos de episodios lluviosos producen inundaciones en Gipuzkoa. En primer lugar, las tormentas de verano de corta duración (inferior a 1 hora) y de gran intensidad. Este tipo de lluvias intensas provoca inundaciones en las áreas urbanas, inundando sótanos y bajos. En segundo lugar, las tormentas o lluvias intensas

de duración entre 1 y 4 horas. Estas tormentas, además de inundar las zonas urbanas, provocan que las regatas y vaguadas desborden produciendo inundaciones que pueden afectar a los edificios adyacentes. Por último, las tormentas de duración superior a 4 horas, que producen inundaciones generalizadas en ríos y afluentes de forma importante.

Numerosos municipios presentan una importante parte de su superficie destinada a uso urbano potencialmente inundable. Los riesgos de inundación están condicionados por el perfil del terreno, el alto grado de impermeabilización y la artificialización de los cauces naturales del agua.



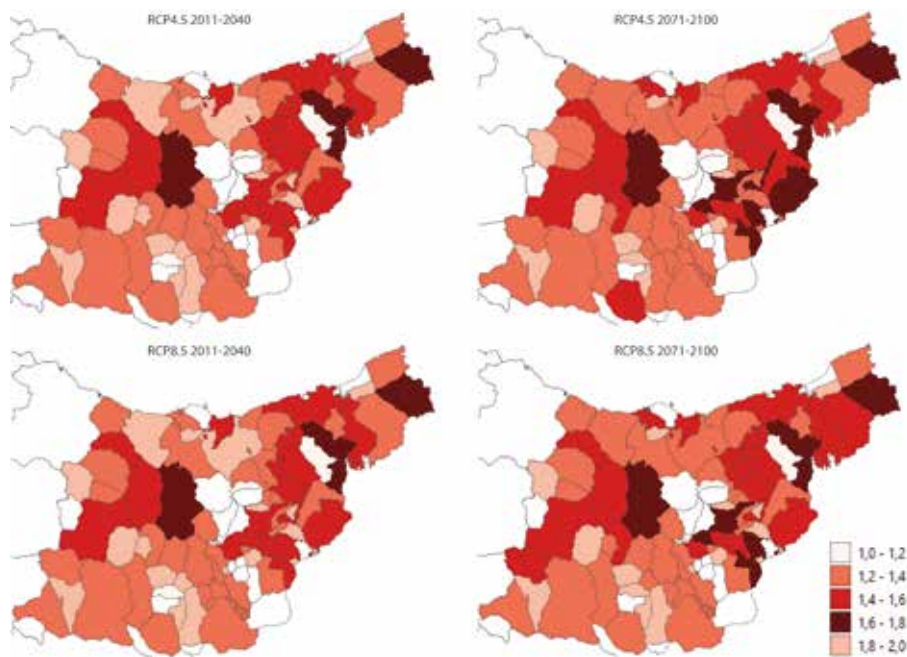
10.9 Fig. Superficie municipal con uso urbano potencialmente inundable (%), año 2011.

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Udalmap, Indicadores municipales de sostenibilidad.

Los cambios previstos en la precipitación presentan una gran incertidumbre. Estos escenarios sí sugieren que es probable que la precipitación se concentre en un menor número de días, con precipitaciones más intensas, seguidos de periodos sin precipitación. En la actualidad no se dispone de escenarios regionalizados que modelicen los cambios de estos episodios tormentosos de corta duración como si ocurre con los que generan inundaciones para los distintos escenarios futuros. Willems et al. (2012) proyectan cambios del 10% al 60% en la intensidad de precipitación a escala urbana para finales de siglo. Estos cambios en la precipitación de corta duración afectarán a los sistemas de drenaje e inundación pluviales en los sistemas urbanos.

Por ello, el estudio realizado para la CAPV (Ihobe, 2019) utiliza la extensión de la zona inundable actual por una avenida de 500 años de periodo de retorno (cartografía de inundabilidad realizada por URA) como aproximación de la zona de extensión de dicha zona futura con un periodo de retorno de 100 años.

La mayor parte de los municipios guipuzcoanos está expuesto al riesgo de inundación fluvial. Los municipios de las cuencas del Oria y del Urumea son los que en general presentan un mayor riesgo.



10.10 Fig. Índices de riesgo para la cadena de impacto 'Inundaciones sobre el medio urbano'. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Geoeuskadi.

Para el periodo 2011-2040 no se observan cambios en el riesgo que ya existe actualmente frente a estos eventos en los municipios. A finales de siglo aumenta especialmente, para ambos escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5), el riesgo en varios municipios de Tolosaldea.

Algunos de estos municipios presentan una elevada

densidad de habitantes y de viviendas. Las afecciones de estos eventos, como muestran las figuras inferiores pueden afectar a grandes áreas urbanas, con elevada densidad de población, además de a zonas industriales y las principales vías de comunicación, afectando por tanto seriamente a la población.



10.11 Fig. Zona inundable para periodo de retorno de 500 años ARPSI Azpeitia y Azkoitia, en azul, y las principales infraestructuras de comunicación en marrón. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de URA y UDALPLAN.

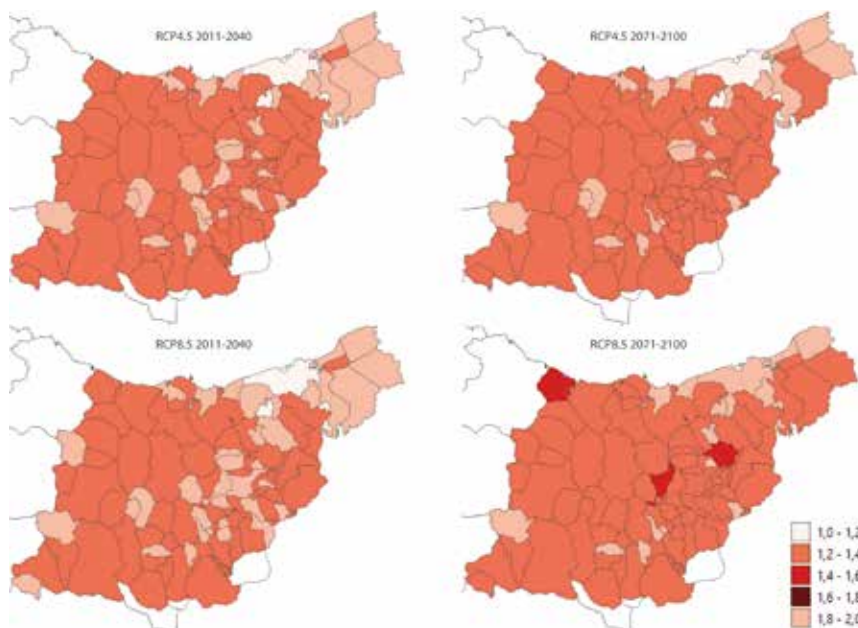


10.12 Fig. Zona inundable para periodo de retorno de 500 años ARPSI Villabona. Elaboración propia a partir de los datos de URA y UDALPLAN.

10.2.4 IMPACTO POR AUMENTO DE LA SEQUÍA SOBRE ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Este indicador muestra el riesgo del aumento de las sequías sobre las actividades económicas, con especial interés sobre el medio agrario. Los sistemas agrarios son vulnerables a los efectos del cambio climático, entre otros, la “mediterraneización” de los ecosistemas forestales, cambios fenológicos, o aceleración de la degradación del suelo.

La sensibilidad del territorio a esta tipología de impacto desde el punto de vista económico es reducida, ya que apenas el 1,24% del suelo se destina a usos agrícolas. Sin embargo, el 100% de los municipios del Territorio presentan riesgos ante este fenómeno. Este es más acusado a finales de siglo y para el escenario RCP8.5.



10.13 Fig. Índices de riesgo para la cadena de impacto 'Aumento de las sequías sobre las actividades económicas, con especial interés en el medio agrario'. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Geoeuskadi.

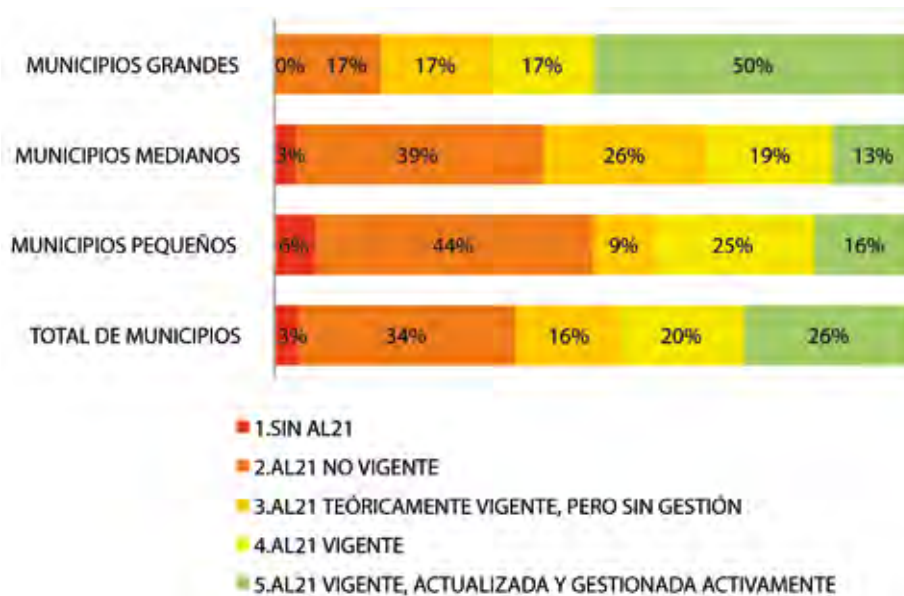
10.3 INICIATIVAS MUNICIPALES

Cada vez un mayor número de municipios cuenta con herramientas propias para evaluar su vulnerabilidad y riesgo frente al cambio climático, además de adoptar medidas de adaptación frente al mismo. En concreto, las Agendas 21 locales constituyen una herramienta para la integración de la lucha contra el cambio climático como uno de los ejes principales en la planificación local y avanzar hacia la sostenibilidad. La nueva Agenda 2030, aprobada por Naciones Unidas en 2015, plantea un total de 17 objetivos de Desarrollo Sostenible con 169 metas que abarcan las esferas económica, social y ambiental. A su vez, plantea un total de 232 indicadores de seguimiento.

Desde Udalsarea 2030, Red Vasca de Municipios hacia la Sostenibilidad, se ha venido trabajando desde 2005 en materia de cambio climático, con un particular

énfasis en la prevención y gestión del cambio climático a escala local, tanto en mitigación como en adaptación.

En el marco de la Agenda Local 21, casi la práctica totalidad de los municipios de Gipuzkoa, 97%, han llegado a tener en marcha dicha Agenda. Sin embargo, actualmente el 62% la tiene vigente, aunque únicamente un 26% la tiene actualizada y gestionada activamente. Esta vigencia depende principalmente del tamaño de los municipios, la mitad de los municipios grandes, con más recursos, pueden gestionar activamente su AL21. En otros casos, los municipios han desarrollado planes estratégicos con criterios de sostenibilidad con metodología diferente a los procesos de AL21 (Orexa, Mutiloa, Antzuola, Zumaia y Erreterria).



10.14 Fig. Situación de las AL21 por tamaño de municipio.

Fuente: Diagnóstico de las políticas de sostenibilidad local en Gipuzkoa. Documento de resultados 2018⁴⁴.

Además, algunos municipios cuentan con planes o estrategias propias contra el cambio climático: Zarautz, Tolosa, Legazpi, Urretxu, Zumárraga, Donostia y Erreterria. Aunque el resto de municipios no cuenta con un plan específico de lucha contra el cambio

climático o de mitigación, algunos ayuntamientos incorporan en sus planes específicos o AL21, objetivos y acciones encaminadas a mitigar o adaptarse a estos cambios. Además, 8 municipios cuentan con algún plan de emergencia o un plan específico de emergencia ante

⁴⁴<https://www.gipuzkoa.eus/documents/3767975/3808402/Diagn%C3%B3stico+2018/ba855941-33c3-e6bb-b07f-7378b9e5807c>

inundaciones. Asimismo, en relación a los compromisos a escala local, cabe destacar la iniciativa europea denominada Pacto de Alcaldes para el Clima y la Energía (Global Covenant of Majors for Climate and Energy), constituida formalmente por la Comisión Europea el 29 de enero de 2008 y que originalmente se denominaba únicamente Pacto de los Alcaldes. En dicha iniciativa participan autoridades locales que han asumido el compromiso voluntario de mejorar la eficiencia

energética y utilizar fuentes de energía renovable en sus territorios (mitigación), así como evaluar los riesgos y vulnerabilidades frente al cambio climático (adaptación). Con su compromiso, los firmantes del pacto se han propuesto superar el objetivo de la Unión Europea de reducir en un 20% las emisiones de CO₂ antes de 2020. El 9% de los municipios de Gipuzkoa están adscritos al Pacto de Alcaldes.

10.4 CONCLUSIONES

El calor (olas de calor y efecto isla urbana), las inundaciones y sequías son las principales amenazas de los núcleos urbanos. Otros riesgos no considerados en este análisis son los incendios o vientos intensos. La mayoría de los municipios ya presentan riesgos ante los eventos analizados. El cambio climático aumentará la exposición a estos fenómenos incrementando los impactos de los mismos.

El análisis indica que los municipios con mayor riesgo de verse afectados por los impactos de los eventos climáticos extremos analizados (islas de calor, inundaciones, subida del nivel del mar y sequías) son municipios localizados bien en el litoral o en la ribera de los ríos. Estos municipios representan solo el 9% del T.H. de Gipuzkoa, pero acogen al 39,7% de la población. En

conjunto, 76 municipios se ven impactados por 3 o 4 de los eventos climáticos extremos analizados.

El conocimiento de las amenazas climáticas a las que se enfrenta cada municipio, y el grado de los posibles riesgos, ayudará a la definición de mecanismos y actuaciones efectivas.

El sistema de Indicadores de Sostenibilidad Local⁴⁵ de Udalsarea21 aporta información sobre el estado de municipios y comarcas y ayuda a identificar problemas y situaciones a mejorar. De toda la batería de indicadores de este sistema, muchos podrán ser útiles para el seguimiento del riesgo de los distintos municipios ante eventos climáticos extremos.

⁴⁵<https://www.ihobe.eus/publicaciones/como-medir-sostenibilidad-local-sistema-indicadores-sostenibilidad-local-comunidad-autonoma-pais-vasco-2017>



11.1 INTRODUCCIÓN

La actividad agroforestal se basa en el aprovechamiento directo o indirecto de recursos naturales, en su mayor parte recursos biológicos, sometidos a los efectos que la atmósfera determina. Es por ello que la evolución de la atmósfera a largo plazo, como consecuencia del cambio climático, tendrá efectos muy significativos sobre esta actividad agroforestal pudiendo condicionar incluso su viabilidad.

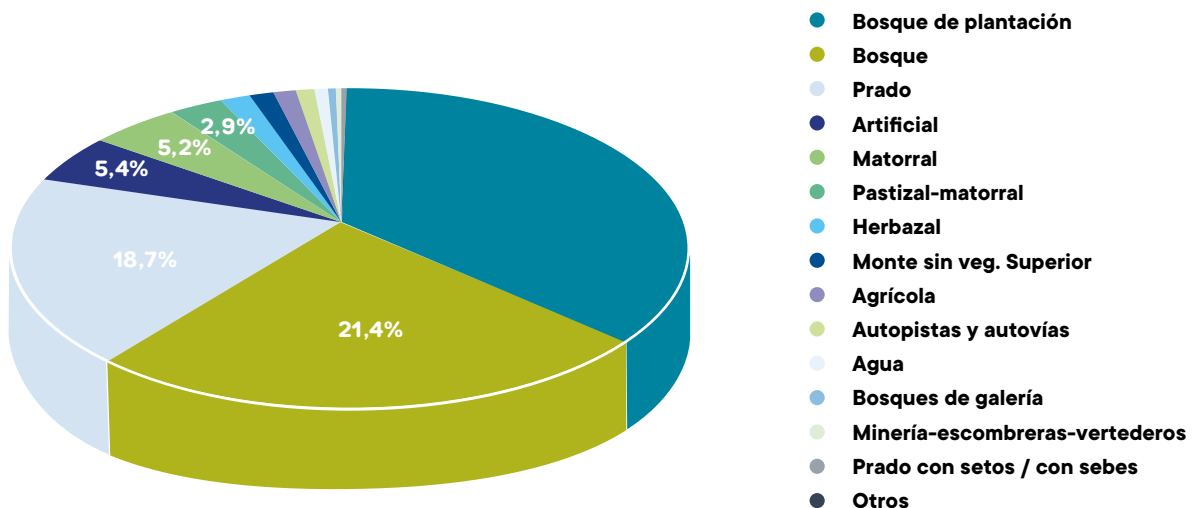
En el ámbito del sector agroforestal vasco a lo largo de las últimas décadas, se han desarrollado un gran número de proyectos de investigación y desarrollo que han permitido generar información susceptible de ser

utilizada en un estudio de análisis de riesgos derivados del cambio climático tales como: información regionalizada sobre proyecciones de escenarios de cambio climático, herramientas de ayuda a la toma de decisiones, modelos de simulación de procesos agroforestales, estudios en detalle del efecto de factores bióticos en diferentes ámbitos productivos, datos básicos sobre caracterización de suelos, etc.

En este sentido, los riesgos climáticos surgen de la interacción de fenómenos climáticos extremos (componente física) con la exposición y la vulnerabilidad (componentes humanas/biológicas) a los mismos.

11.2 EL SECTOR AGROFORESTAL DE GIPUZKOA

Los sectores que se analizan son el sector forestal, agrícola y ganadero.



11.1 Fig. Distribución general de usos del suelo en la provincia de Gipuzkoa. Fuente: Inventario Forestal de la CAPV (2018).

11.2.1 SECTOR FORESTAL

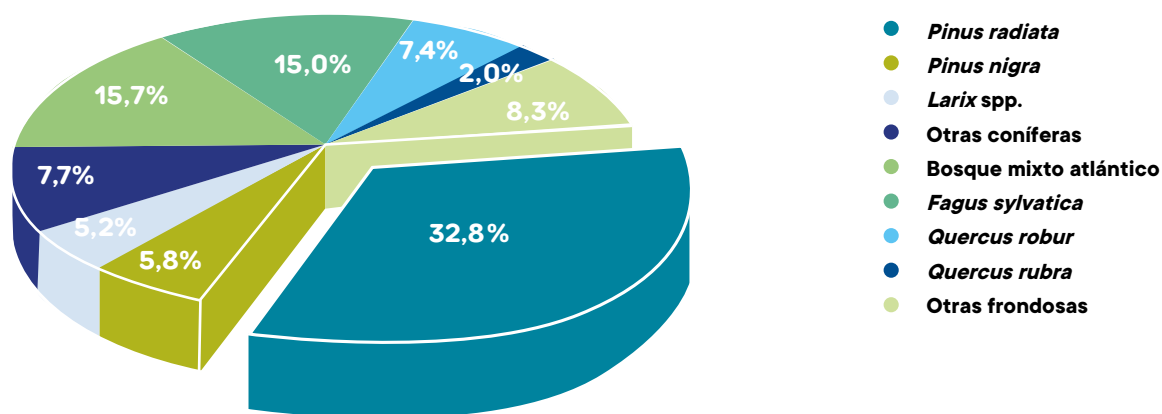
Los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas forestales son ya evidentes en muchos aspectos (cambios en la distribución de las formaciones forestales arbóreas, modificaciones estructurales y funcionales, alteraciones en determinados parámetros de la sanidad forestal, mayor vulnerabilidad a eventos extremos meteorológicos e incendios, etc.) y los impactos que se proyectan, de acuerdo con los futuros escenarios climáticos, señalan una intensificación progresiva de estos efectos a medida que avance el S.XXI.

El estado actual de la superficie forestal de Gipuzkoa se resume a continuación a partir de la información extraída del Inventario Forestal de la CAPV del año 2018. Gipuzkoa cuenta con un 72,3% de su territorio cubierto por bosques, siendo así la provincia con mayor porcentaje de superficie forestal de la CAPV. Del total de la superficie forestal, un 61,1% corresponde a superficie arbolada y el restante 38,9% a superficie no arbolada. La extensión de las plantaciones forestales (50,56%) supera por escaso margen a la de los bosques naturales.

Respecto a la distribución de las especies forestales, en la provincia de Gipuzkoa, el 52% de la superficie forestal corresponde a coníferas y un 48%, a especies frondosas. El *pinus radiata* o *insignis* es la especie que ocupa una mayor extensión (39.704 ha, que suponen el 32,8% de la superficie forestal arbolada total). Originario de la Baja California, se suele plantar en terrenos de cota inferior a 600 m, de suelo profundo y no encharcable.

Los llamados bosques mixtos atlánticos, mezclas heterogéneas de frondosas dominadas por pies procedentes de cepas que abundan en la vertiente cantábrica, suponen un tipo de bosques en expansión, como consecuencia del abandono de pastizales o pinares talados, y ocupan 19.010 ha en Gipuzkoa suponiendo el 15,7% de su superficie arbolada total.

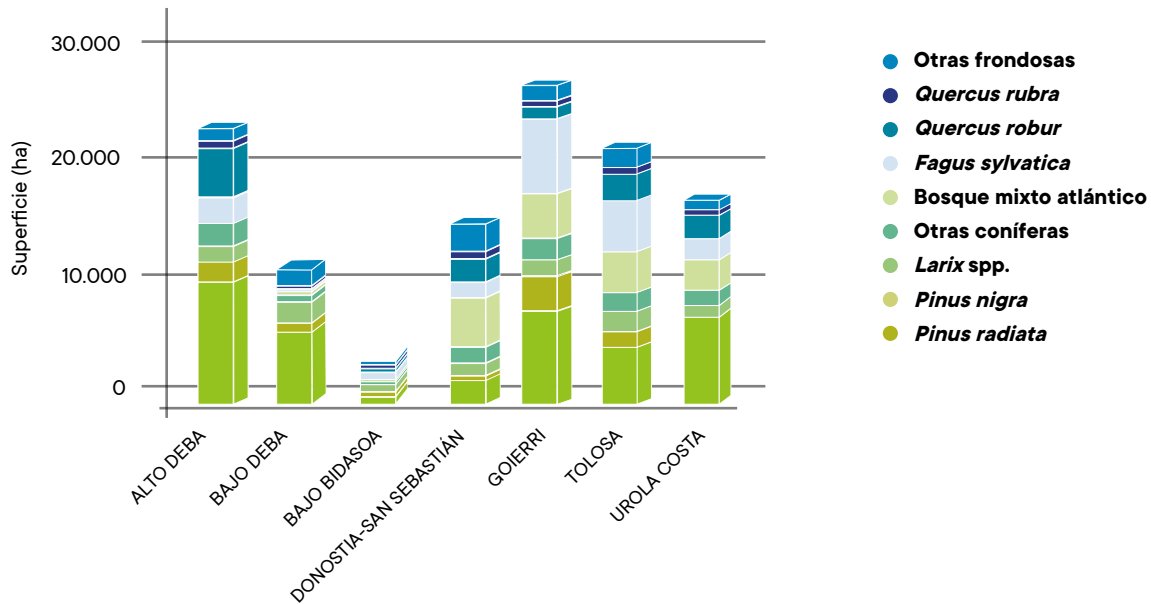
El haya es la frondosa que, con 18.099 ha y un 15% de la superficie total arbolada, ocupa una mayor extensión en Gipuzkoa, seguido de *Quercus robur* con una extensión de 8.907 ha (7,4% de la superficie total arbolada).



11.2 Fig. Distribución de las especies forestales de la provincia de Gipuzkoa. Fuente: Inventario Forestal de la CAPV (2018).

Las coníferas predominan respecto a las frondosas en las comarcas de Alto y Bajo Deba, Goierri y Urola Costa (65, 62, 52 y 56 %, respectivamente), en las comarcas Bajo Bidasoa, Donostia-San Sebastián y Tolosa predominan las especies frondosas (68%, 67% y 57 %, respectivamente).

El *Pinus radiata* o *insignis* es la especie mayoritaria en todas las comarcas de Gipuzkoa exceptuando el Bajo Bidasoa y Donostia-San Sebastián, donde predominan los bosques mixtos atlánticos con un 27% de superficie en ambas comarcas.



11.3 Fig. Distribución de las especies forestales para cada comarca de la provincia de Gipuzkoa. Fuente: Inventario Forestal de la CAPV (2018).

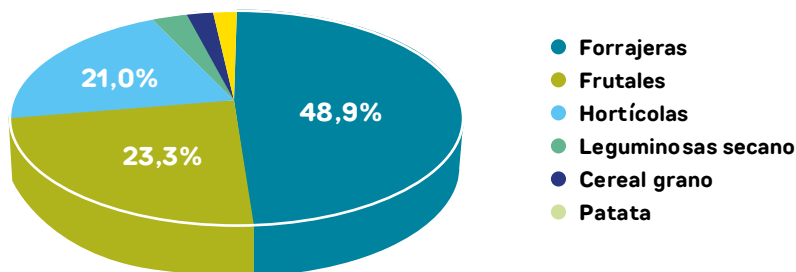
11.2.2 SECTOR AGRÍCOLA

Según indica el último informe del IPCC en su Grupo de Trabajo II sobre “Impactos, adaptación y vulnerabilidad” el cambio climático sin planes ni medidas de adaptación tendrá, en general, un impacto negativo en la producción de los cultivos. Los impactos proyectados varían para los distintos cultivos y regiones y los diferentes escenarios de adaptación; alrededor de un 10% de las proyecciones para el periodo 2030–2049 muestran ganancias de rendimientos superiores al 10%, y alrededor de un 10% de las proyecciones muestran pérdidas superiores al 25%, en comparación con finales del S.XX. Después de 2050 el riesgo de impactos más graves sobre el rendimiento aumenta y depende a su vez del nivel de calentamiento. Las proyecciones indican que el cambio climático hará que aumente progresivamente la variabilidad interanual de los rendimientos de los cultivos en muchas regiones. Esos impactos proyectados ocurrirán además en un contexto de rápido crecimiento de la demanda de cultivos.

Del total de la superficie de Gipuzkoa, solo un 1,24% corresponde a superficie agrícola, según el Inventario Forestal de la CAPV de 2018 (IF-2018).

Según los datos proporcionados por el órgano Estadístico del Departamento de Desarrollo Económico e Infraestructuras del Gobierno Vasco, el 48,9% de la superficie agrícola de Gipuzkoa está representado por cultivos forrajeros con una superficie de 4.799 ha. El 40% de la superficie de cultivos forrajeros está ocupado por praderas polifitas (1.927 ha), 604 ha por alfalfa, 361 ha por maíz forrajero, 281 ha por leguminosas forrajeras y 1.626 ha por otros cultivos forrajeros.

El siguiente grupo de cultivo más representativo en extensión en Gipuzkoa son los frutales con 2.286 ha y un 23,3% de superficie. Alrededor del 66% de los frutales son manzanos (1.513 ha) y un 18% son viñedos (405 ha). Con un porcentaje más pequeño de ocupación estarían los perales (86 ha), frutales de hueso (44 ha), olivares (5 ha) y otros frutales (109 ha).



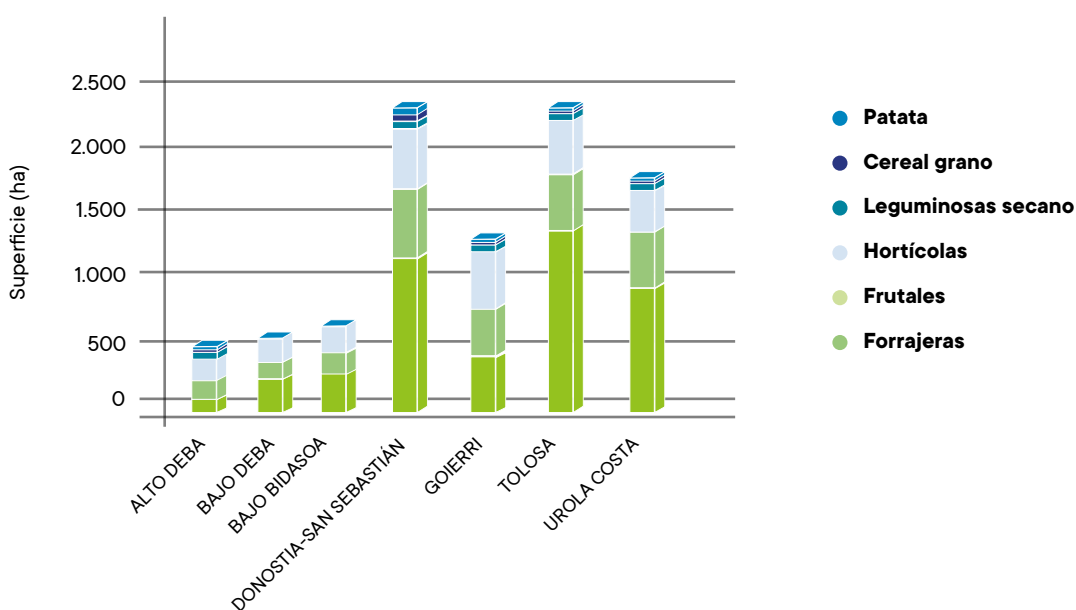
11.4 Fig. Distribución de cultivos en la provincia de Gipuzkoa. Fuente: órgano Estadístico del Departamento de Desarrollo Económico e Infraestructuras.

Los cultivos hortícolas ocupan una superficie de 2.059 ha representado así el 21% de la superficie agrícola de Gipuzkoa. 372 ha corresponden a crucíferas, 343 ha a leguminosas de aprovechamiento en verde, 255 ha a puerro, 245 ha a tomate, 236 ha a lechuga, 182 ha a cebolla, 99 ha a pimiento y 327 ha a otras hortícolas. Las leguminosas en seco ocupan 260 ha, un 2,7% de la superficie agrícola de la provincia, con 200 ha de judías y 60 ha de guisante-haba.

Una superficie más reducida ocupa el cultivo del cereal

grano con 225 ha de las cuales 219 corresponden a maíz, 2 ha a trigo blando y las 4 ha restantes las representan otras gramíneas. Por último, el cultivo de patata representa un 1,8% de la superficie agrícola de Gipuzkoa con 176 ha.

En todas las comarcas de Gipuzkoa predominan las especies forrajeras, menos en Alto Deba donde predominan los frutales (168 ha, un 32% del total de cultivos de la comarca) y en Goierri donde predominan las especies hortícolas con 453 ha (un 34% de la superficie agrícola).



11.5 Fig. Distribución de cultivos para cada comarca de la provincia de Gipuzkoa. Fuente: órgano Estadístico del Departamento de Desarrollo Económico e Infraestructuras.

11.2.3 SECTOR GANADERO

En el periodo 2000–2018, el número de explotaciones de bovino de menor tamaño ha ido desapareciendo, tanto de aptitud lechera como cárnica, y ha aumentado el número de las de mayor tamaño. En el mismo periodo ha descendido el número de efectivos de bovino de aptitud lechera y, en su conjunto, el resultado es un incremento del tamaño de las explotaciones de bovino. En el año 2018 había, de promedio, en cada explotación lechera 29,4 vacas lecheras mayores de 2 años y en cada explotación de carne 9,4 vacas mayores de 2 años de aptitud cárnica. El número de ovejas ha descendido en el periodo 2000–2018, en particular, a partir del año 2009. Asimismo, también ha ido bajando la carga ganadera de cada explotación llegando, en el año 2018, a una media de 32 ovejas adultas/explotación.

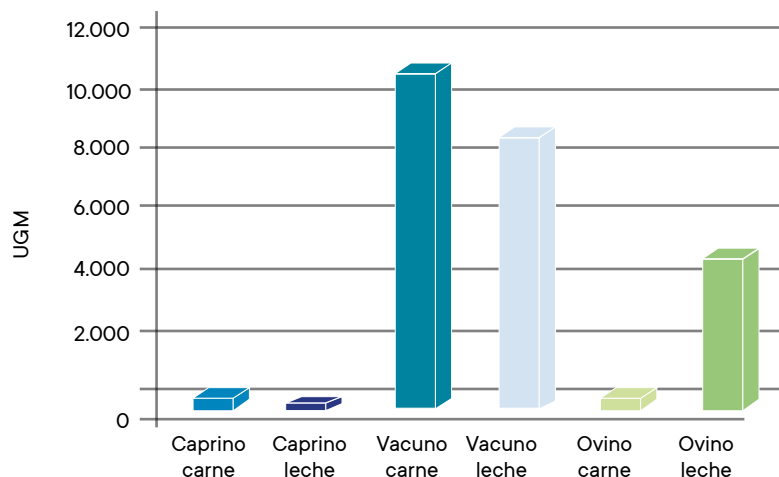
En cuanto al porcino, aunque gran parte de las explotaciones son pequeñas, la mayor parte de los efectivos se concentra en unas pocas explotaciones de gran tamaño (de más de 100 cabezas). El censo de porcino descendió en época de crisis, especialmente en el

año 2009, y desde entonces parece estar recuperándose; en el año 2018, había 714 madres reproductoras (paridas y no-paridas) y 8.852 cerdos en cebo (sumando lechones y cerdos desde 20 hasta > 50 kg de peso vivo). No obstante, posteriormente a la crisis, parece que las explotaciones de porcino se han reorientado hacia el cebo, ya que, no se está recuperando el número de madres reproductoras, sino la de cerdos de cebo.

El número de gallinas de puesta de Gipuzkoa ha aumentado significativamente en el periodo 2000–2018, pasando de haber 57.700 gallinas en el año 2000 a 328.416 en 2018.

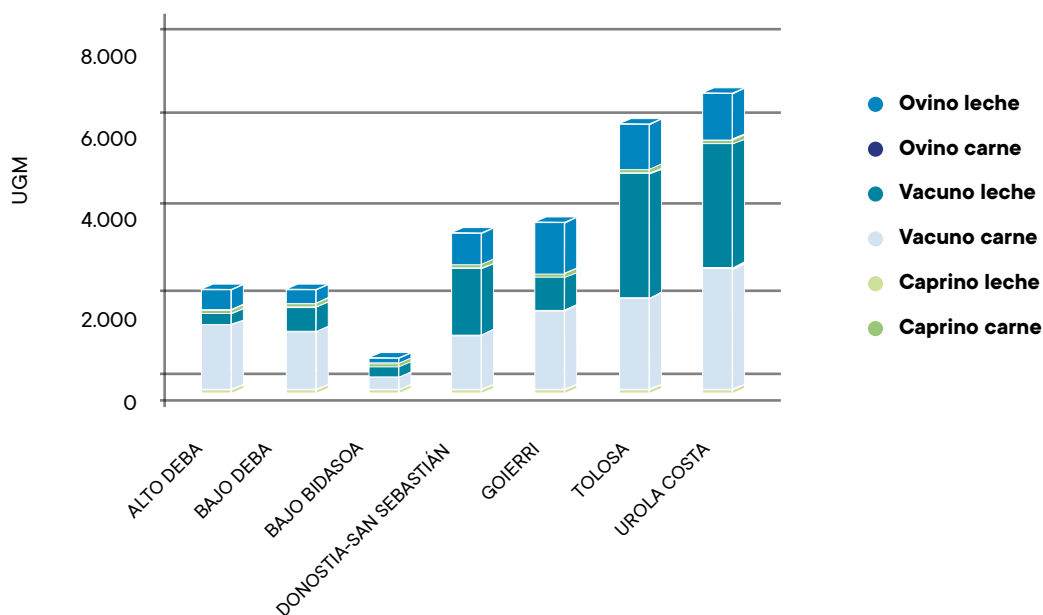
Finalmente, el número de colmenas ascendió hasta el año 2008 y desde entonces parece ser bastante estable o incluso aumentar en los últimos 3 años (en el año 2018 había 8.803 colmenas en Gipuzkoa).

Los pastos de Gipuzkoa, así como parte de las tierras forestales, están estrechamente ligados a la ganadería, en la cual destacan el ganado bovino y el ovino. Además, existen otras explotaciones menos ligadas a la tierra, como las de porcino, aves (de puesta y de carne) o de conejos.



11.6 Fig. Distribución de ganado (UGM⁴⁶) en la provincia de Gipuzkoa. Fuente: Elaboración propia a partir del órgano Estadístico del Departamento de Desarrollo Económico e Infraestructuras.

⁴⁶UGM: Unidad de Ganado Mayor, unidad patrón para realizar equivalencias entre distintas especies ganaderas



11.7 Fig. Distribución de ganado (UGM) para cada comarca de la provincia de Gipuzkoa. Fuente: elaboración propia a partir del Órgano Estadístico del Departamento de Desarrollo Económico e Infraestructuras.

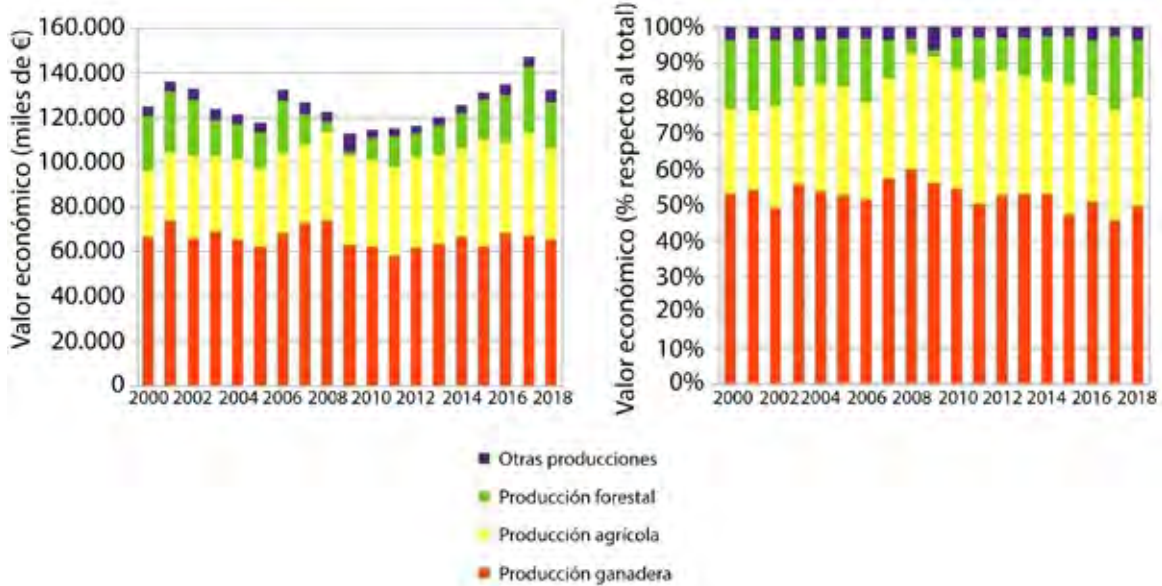
11.2.4 MACROMAGNITUDES DEL SECTOR AGROFORESTAL DE GIPUZKOA

En Gipuzkoa se observa una tendencia ascendente del valor económico de la producción agraria general desde el año 2009, coincidiendo con la recuperación posterior a la crisis económica, incluso se superan los valores previos a la crisis. En el año 2018, la valoración económica del sector agrario, como suma de los sectores ganadero, agrícola, forestal y otros, ascendía a 132,19 millones de euros.

Aunque la contribución de cada subsector al valor final agrario sufre variaciones temporales, en general,

es el sector ganadero el que contribuye principalmente a su valor económico, seguido del sector agrícola y, en tercer lugar, está la aportación del sector forestal. Concretamente, en el año 2018, el 49,5% del valor de la producción final agraria procedía de la producción ganadera, el 30,6% de la producción agrícola y el 15,9% de la producción forestal.

Este último subsector, el forestal, parece haber sido el más castigado en los años 2008-2010, y parece estar recuperándose de la crisis.



11.8 Fig. Evolución temporal, en el periodo 2000–2018, de las macromagnitudes del sector agroforestal de Gipuzkoa. A la izquierda, en miles de euros; a la derecha, en porcentaje relativo al total de la producción agraria de cada año. Fuente: Neiker (2020).

Entrando en detalle en cada uno de los subsectores que conforman el sector agroforestal, en el subsector ganadero la mayor contribución procede de la leche de vaca, si bien es cierto que su tendencia es descendente, pasando, por ejemplo, de aportar un 44,2% en el año 2003 a un 39,0% en el año 2018. El siguiente producto en importancia económica es la carne de vacuno, con un 22,3% de contribución a la producción ganadera del año 2018 y con una tendencia ascendente, que puede estar indicando que algunas explotaciones de vacuno lechero se han reconvertido hacia la producción de carne. La producción de huevos se muestra estable en el tiempo a pesar del descenso en el número de gallinas (11,8% del valor de la producción ganadera en el año 2018) y ha descendido la producción de carne de porcino (desde un 4,8% de año 2003, por ejemplo, a un 1,7% del año 2018). La carne de ovino y caprino constituyó el 4,6% de la producción ganadera en el año 2018 y su tendencia temporal no es clara.

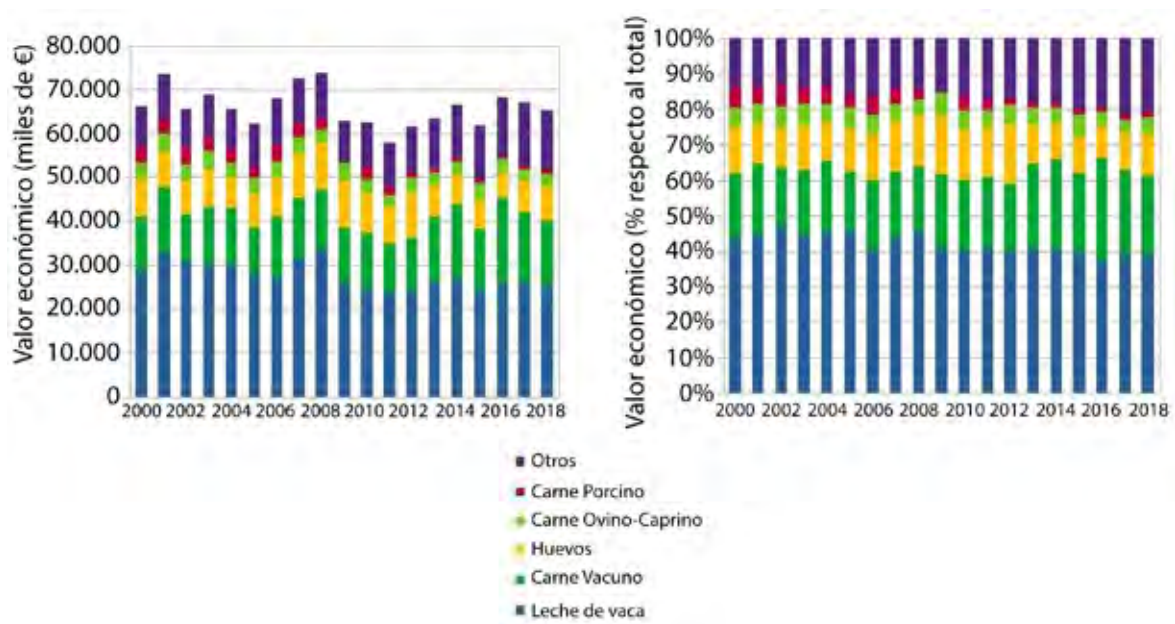
En este subsector destaca que hay otras producciones ganaderas con una contribución elevada a la producción ganadera global (el 20,6% en el año 2018), o cual proporciona mayor diversidad a este sector.

En el subsector agrícola, hay que subrayar su tendencia ascendente derivada del incremento del valor de la producción de hortalizas y del viñedo. Las hortalizas supusieron en el año 2018 el 43,6% del valor económico del sector agrícola (el 33,3% en el año 2003, por ejemplo),

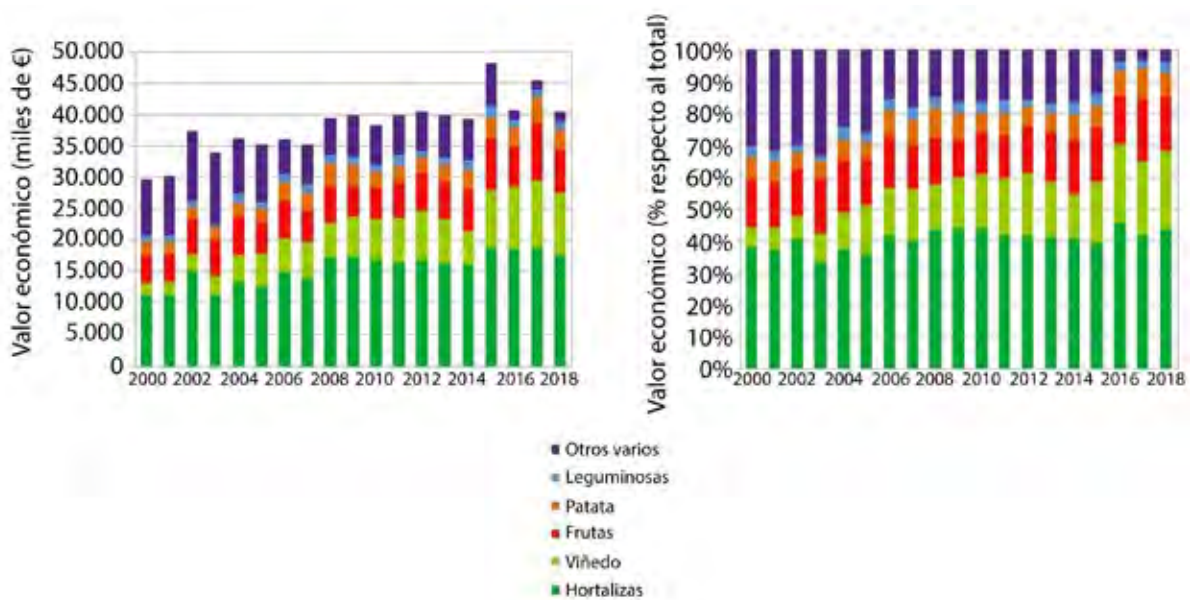
mientras que el viñedo supuso el 24,5% (y solamente el 9,2% en el 2003). También muestran una tendencia ascendente las frutas y la patata, aunque su contribución a la producción agrícola final es, en general, menor (en el año 2018, las frutas constituían el 16,8% y la patata el 7,8%). Las leguminosas hicieron una pequeña contribución del 3,5% a la producción agrícola en el año 2018.

No hay producción de cereales o cultivos industriales y la producción de otros tipos de cultivos se ha reducido notablemente, pasando de constituir el 33,5% de la producción agrícola en el año 2003 a constituir el 3,8% en el año 2018, lo cual, en cierta medida, ha restado diversidad al subsector agrícola.

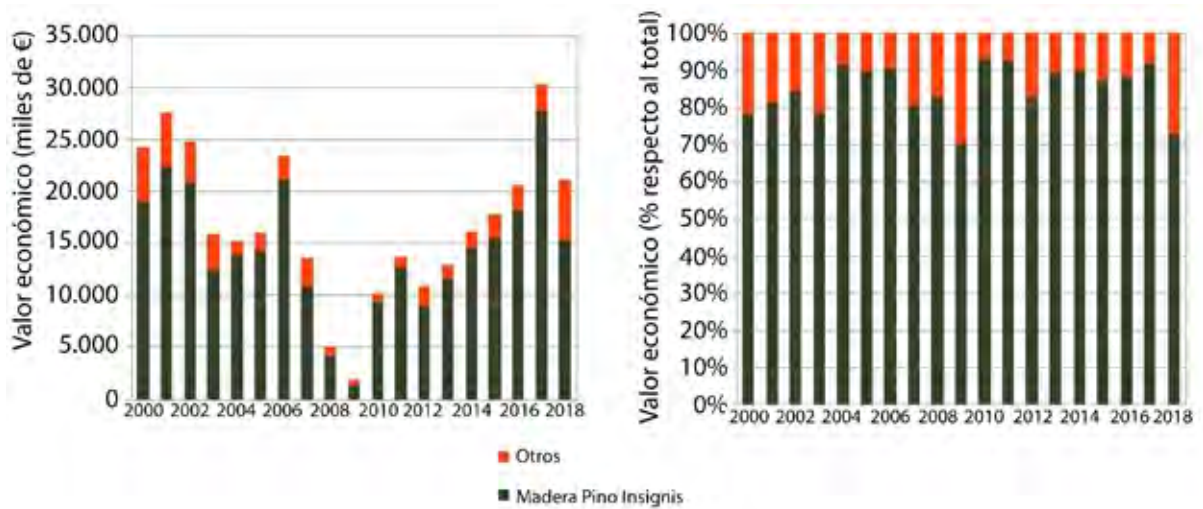
En el subsector forestal, el producto que más contribuye a su valor económico es la madera del *Pinus radiata*, que en el periodo 2000–2018 ha supuesto, de media, el 84,9% del valor económico de la producción silvícola de Gipuzkoa; su contribución al valor de la producción forestal en el año 2018 fue del 72,8%. En consecuencia, el valor del sector forestal está totalmente supeditado a la producción maderera de pino de Monterrey. Como ya se ha mencionado anteriormente, la crisis de la madera del pino radiata y, por tanto, del subsector forestal entero, se observa de forma más acusada en los años 2008 y 2009, y se va recuperando. No obstante, el valor de la madera de pino radiata, desde el año 2017 al 2018, ha vuelto a recaer notablemente, bajando desde 27,8 a 15,3 millones de euros.



11.9 Fig. Evolución temporal, durante el periodo 2000–2018, de las macromagnitudes de los componentes principales del sector ganadero de Gipuzkoa. Se representa en miles de euros y en porcentaje relativo sobre el total de la producción ganadera (anualmente). Fuente: Neiker (2020).



11.10 Fig. Evolución temporal, durante el periodo 2000–2018, de las macromagnitudes de los componentes principales del sector agrario de Gipuzkoa. Se representa en miles de euros y en porcentaje relativo sobre el total de la producción agraria (anualmente). Fuente: Neiker (2020).



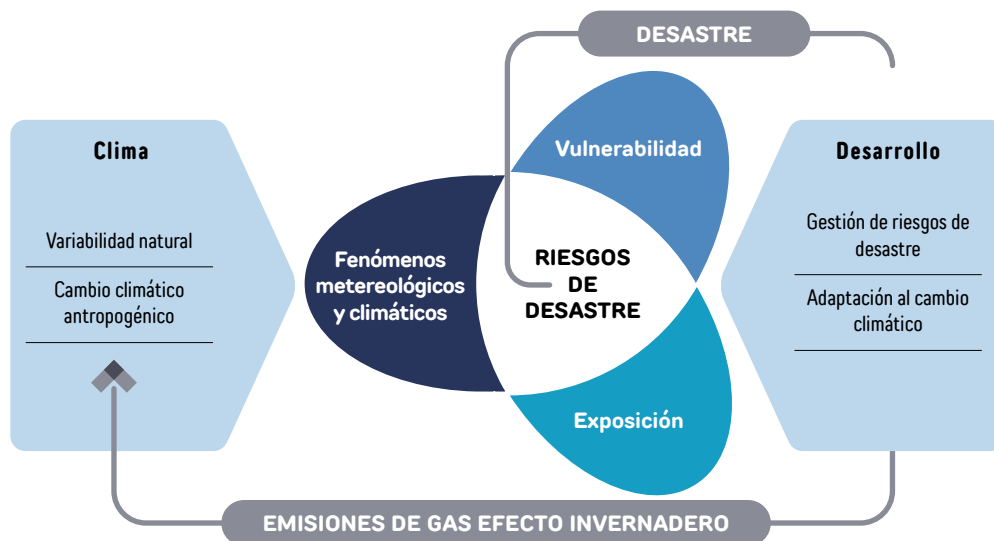
11.11 Fig. Evolución temporal, durante el periodo 2000–2018, de las macromagnitudes de los componentes principales del sector forestal de Gipuzkoa. Se representa en miles de euros y en porcentaje relativo sobre el total de la producción forestal (anualmente). Fuente: Neiker (2020).

11.3 IMPACTOS, RIESGOS Y SECTORES AFECTADOS

Con el fin de conocer mejor los riesgos del sector agroforestal de Gipuzkoa derivados del cambio climático, se han seguido las directrices establecidas por el IPCC en su 5º Informe de Evaluación (AR5-IPCC) en relación con la metodología sobre análisis de riesgos y vulnerabilidad.

Esta metodología establece que el riesgo es una combinación de la amenaza, la exposición y la

vulnerabilidad, y que se expresa como una función de la probabilidad de ocurrencia de un determinado evento (factor amenaza), multiplicado por sus consecuencias adversas (factores exposición y vulnerabilidad). La vulnerabilidad, a su vez, depende de sus dos componentes principales: por un lado, la sensibilidad o susceptibilidad a las amenazas climáticas y, por otro lado, la capacidad adaptativa para hacerles frente y adaptarse (Neiker, 2020).



11.12 Fig. Marco general para el análisis de los riesgos derivados del cambio climático. Fuente: AR5-IPCC (2014).

A través de una matriz se relacionan los riesgos asociados a los diversos impactos climáticos (incremento de la temperatura, disminución de la precipitación, aumento de los periodos de sequía, aumento de episodios

con lluvias intensas o extremas, etc.), con los diferentes sectores/ámbitos afectados (agricultura, ganadería, biodiversidad, gestión forestal y gestión del agua).

IMPACTO CLIMÁTICO	RIESGOS ASOCIADOS	SECTORES/ÁMBITOS AFECTADOS				
		AGRICULTURA	GANADERÍA	BIODIVERSIDAD	GESTIÓN FORESTAL	GESTIÓN DEL AGUA
INCREMENTO DE LA TEMPERATURA	CAMBIOS EN LOS CULTIVOS					
	CAMBIOS EN LA PRODUCTIVIDAD					
	CAMBIOS EN LAS ESPECIES ARBÓREAS					
	CAMBIOS EN LAS ZONAS CULTIVABLES					
	DESPLAZAMIENTO DE LA VEGETACIÓN DE MONTAÑA					
	DISMINUCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA					
	EFFECTOS SOBRE EL GANADO					
	INCREMENTO DE LAS NECESIDADES DE RIEGO					
	INCREMENTO DE LAS PLAGAS Y ENFERMEDADES					
	INCREMENTO DE LAS SEQUÍAS (DURACIÓN, FRECUENCIA E INTENSIDAD)					
LLUVIAS FUERTES E INUNDACIONES	MAYOR RIESGO DE INCENDIOS					
	PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD					
	CAMBIOS EN LAS ZONAS CULTIVABLES					
	DESAPARICIÓN DE PLAYAS Y DUNAS					
LLUVIAS FUERTES E INUNDACIONES	INCREMENTO DE LA FRECUENCIA E INTENSIDAD DE RIADAS					
	MAYOR FRECUENCIA/ INTENSIDAD DE TORMENTAS					

SEQUÍA	PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD					
	TRANSFORMACIÓN/ SECADO DE LAS ZONAS HÚMEDAS					
	CAMBIOS EN LOS CULTIVOS					
	CAMBIOS EN LAS ZONAS DE CULTIVO					
	DISMINUCIÓN DE LAS RESERVAS HÍDRICAS DEL SUELO					
	DISMINUCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA					
	INCREMENTO DE LAS NECESIDADES DE RIEGO					
	INCREMENTO DE LAS SEQUÍAS (DURACIÓN, FRECUENCIA E INTENSIDAD)					
	MAYOR RIESGO DE INCENDIOS					
	CAMBIOS EN LA PRODUCTIVIDAD					
	PIEDRA, GRANIZO	AFECCIÓN A LOS CULTIVOS				
OLAS DE CALOR						
OLAS DE FRÍO						
DESIZAMIENTOS Y DESRENDIMIENTOS	INCREMENTO DE LA FRECUENCIA E INTENSIDAD DE RIADAS					
INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR	DAÑOS A HÁBITATS DE IMPORTANCIA					
	MAYOR INTRUSIÓN SALINA EN ACUÍFEROS COSTEROS					

11.1 Tabla. Riesgos asociados a los diversos impactos climáticos en los diferentes sectores/ámbitos afectados. Las celdas marcadas en gris indican los sectores o ámbitos en los que existe una afección clara. Fuente: Neiker (2020).

Se ha reducido el sector agroforestal de Gipuzkoa a una serie de características principales sobre las que se ha ido valorando su grado de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación (Anexo III).

A continuación, se presentan los principales impactos sobre el sector agroforestal para el conjunto del territorio,

y para cada una de las comarcas, a partir de los resultados del estudio de Neiker (2020). El Anexo III incluye en detalle el análisis y los resultados del estudio de Neiker (2020).

Las especies forestales presentan el mayor riesgo ante el cambio climático, siendo mayor el riesgo para las plantaciones intensivas de *Pinus radiata* y de eucalipto

y ligeramente menor para las demás especies forestales. Este mayor riesgo de las plantaciones forestales intensivas se debe fundamentalmente a que las consideran muy homogéneas y de baja biodiversidad (monocultivos)

lo cual las hace más vulnerables frente a las amenazas climáticas. En las tierras forestales, también se considera, que al disponer en general de más biomasa vegetal son más sensibles a los incendios.

Las especies forestales son las que presentan mayor riesgo en el sector agroforestal, siendo los monocultivos como *Pinus radiata* o eucalipto los más vulnerables frente a las amenazas climáticas.

El conjunto de pastos (prados y otros pastos) presentan un riesgo bajo-medio, con un riesgo ligeramente mayor en los prados y praderas, ya que su biodiversidad es menor y por tanto mayor su vulnerabilidad ante el cambio climático.

En general, tanto para forestales como para los pastizales, los expertos consideran que la altitud y la pendiente moderan la sensibilidad y la capacidad de adaptación. Por ejemplo, la incidencia de plagas y enfermedades disminuye en altitudes elevadas, además a dichas altitudes se reduce la capacidad de intervención humana. Otro ejemplo puede ser el incremento del riesgo de erosión en pendientes elevadas.

El riesgo de los cultivos herbáceos y leñosos es bastante variable, siendo menor para muchas hortalizas al considerar que son de ciclo muy corto, que no dependen tanto de la mineralización de la materia orgánica del suelo para su nutrición o que se producen en gran medida bajo invernadero donde se resguardarían mejor de las inclemencias del tiempo.

El carácter perenne, tanto de especies forestales como de frutales, se valora en general con una mayor vulnerabilidad, puesto que se asume que los posibles daños ocasionados en un momento dado pueden

perdurar más en el tiempo que en una planta anual y que la sustitución de una plantación por otra requiere una duración mayor y puede condicionar la viabilidad de una explotación.

La valoración del riesgo para los distintos tipos de ganado, es más variable aún que para los diferentes tipos de cultivo. En global, el ganado más extensivo (bovino de carne, ovino, caprino, equino, abejas) se considera más vulnerable que el intensivo (bovino de leche, porcino, avícola, cunícola); se considera a estos últimos más sensibles a los impactos del cambio climático (menos rústicos, menos diversos), pero se asume que la capacidad de adaptación es mayor por una mayor posibilidad de intervención humana (estabulación, control sanitario, compra de alimentación externa, etc.).

Como ayuda para la valoración de la ganadería extensiva, entre otras publicaciones⁴⁷, se ha tenido en cuenta la recopilación realizada en el recientemente publicado informe: “Ganadería extensiva y cambio climático. Un acercamiento en profundidad” (Herrera, P.M. (eds.), 2020). En el citado informe se recopilan tanto los previsible efectos que está produciendo el cambio climático en la ganadería extensiva, como las posibles medidas de adaptación y mitigación en el sector.

AFECCIÓN DEL GANADO POR ESTRÉS TÉRMICO DEBIDO AL INCREMENTO DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS Y AL AUMENTO DEL PERIODO EN EL QUE LAS MÁXIMAS SUPERAN LOS UMBRALES DE CONFORT TÉRMICO DE LAS DISTINTAS CABAÑAS GANADERAS.

MORTALIDAD ANIMAL POR INCREMENTO DE SITUACIONES DE ESTRÉS TÉRMICO.

MERMA DE LA PRODUCCIÓN GANADERA POR MALESTAR ANIMAL Y DESAJUSTE DE LAS DIETAS QUE REDUCEN LA INGESTA DEL GANADO.

REDUCCIÓN DE LA MORTALIDAD NEONATAL DE CORDEROS, CABRITOS Y TERNEROS DEBIDO AL INCREMENTO DE LA TEMPERATURA, QUE REDUCE LAS ÉPOCAS DE FRÍO EN LA QUE LA MORTALIDAD NEONATAL ES MÁS IMPORTANTE.

REDUCCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE PASTOS POR ENDURECIMIENTO DEL RÉGIMEN DE SEQUÍAS.

REDUCCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE PASTOS DEBIDO AL AUMENTO DE LA FRECUENCIA E INTENSIDAD DE LAS LLUVIAS TORRENCIALES QUE INCREMENTAN EL PODER EROSIVO PLUVIAL.

REDUCCIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE LOS PASTIZALES COMO CONSECUENCIA DE LA MENOR PRODUCTIVIDAD DE PASTOS.

AFECCIÓN AL SECTOR DEL SEGURO GANADERO DEBIDO AL AUMENTO DEL NÚMERO DE CABEZAS GANADERAS AFECTADAS POR ESTRÉS CALÓRICO.

AUMENTO DE LOS COSTES DE PRODUCCIÓN CON OBJETO DE MANTENER EN CONDICIONES ADECUADAS DE HIDRATACIÓN, VENTILACIÓN Y TEMPERATURA AL GANADO EN EXPLOTACIONES INTENSIVAS.

REDUCCIÓN DE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES GANADERAS CON DIFICULTADES PARA ADAPTARSE DE MANERA NATURAL AL CAMBIO CLIMÁTICO. A LA LARGA ESTO PUEDE DESEMBOCAR EN SU EXTINCIÓN.

CAMBIO EN LOS PATRONES DE LAS PLAGAS Y LAS ENFERMEDADES DEBIDO A LOS CAMBIOS EN EL RÉGIMEN DE TEMPERATURAS Y PRECIPITACIÓN.

11.2 Tabla. Principales efectos del cambio climático sobre ganadería extensiva. Fuente: Herrera (2020).

En general, el ganado extensivo bovino de carne, ovino, caprino, equino, abejas) se consideró más vulnerable que el intensivo (bovino de leche, porcino, avícola, cunícola), son menos sensibles a los impactos del cambio climático, pero presentan una menor capacidad de adaptación.

Sin embargo, aunque el riesgo intrínseco de cada una de las categorías de caracterización utilizadas pueda ser similar en el conjunto de comarcas de Gipuzkoa, su importancia para cada una de las comarcas puede ser muy

distinta, dado que la superficie, la cantidad de ganado o su valoración económica pueden ser dispares. Por ello, se ponderan los riesgos intrínsecos y se obtienen los riesgos ponderados.

⁴⁷Rubio, A., Roig, S., 2017: Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en los sistemas extensivos de producción ganadera en España, editado por la Oficina Española de Cambio Climático y el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

IMPORTANCIA RELATIVA AL TERRITORIO DE GIPUZKOA (5)								
	BIDASOA BEHEREA	DEBABARRENA	DEBAGOIENA	DONOSTIALDEA	GOIERRI	TOLOSALDEA	UROLA KOSTALDEA	GIPUZKOA
EN FUNCIÓN DE LA SUPERFICIE (ha)								
PINUS RADIATA	0,2	3,3	5,7	1,2	4,3	2,6	4,0	21,4
OTRAS ESPECIES FORESTALES	1,5	2,8	6,8	6,9	10,6	8,7	5,3	42,5
PASTOS	1,2	2,8	4,3	4,8	6,0	5,5	6,1	30,7
CULTIVOS AGRÍCOLAS	0,4	0,5	0,3	1,3	0,7	1,2	1,1	5,4
SUMA	3,3	9,3	17,0	14,2	21,6	18,0	16,6	100
EN FUNCIÓN DE LA CANTIDAD DE GANADO (UGM)								
GANADO	3,3	8,5	9,3	13,1	20,0	21,8	24,1	100
EN FUNCIÓN DE LA VALORACIÓN ECONÓMICA (MACROMAGNITUDES, €)								
PINUS RADIATA	0,1	1,9	3,2	0,7	2,4	1,5	2,3	12,1
OTRAS ESPECIES FORESTALES	0,2	0,3	0,7	0,7	1,1	0,9	0,6	4,5
PASTOS	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
CULTIVOS AGRÍCOLAS	2,3	1,7	2,4	5,5	4,6	5,0	10,5	31,9
GANADO	1,8	4,1	4,3	6,8	10,5	11,7	12,3	51,5
SUMA	4,4	7,9	10,6	13,8	18,7	19,1	25,6	100

11.3 Tabla. Importancia relativa (porcentaje respecto al total de Gipuzkoa) dada a cada una de las categorías de caracterización del sector agroforestal, por comarcas y para el conjunto de Gipuzkoa, en función de la superficie (ha), en función de la cantidad de ganado (UGM) y en función de la valoración económica (macromagnitudes, €). Fuente: Neiker (2020).

Ponderando, desde el punto de vista de la superficie ocupada y de la cantidad de ganado existente, se puede decir que el riesgo es mayor en las comarcas de Goierri y

Tolosaldea, y les sigue de cerca Urola-Kostaldea. El riesgo es moderado en Debagoiena y Donostialdea y bajo en Debabarrena y Bidasoa -Beherea.

El riesgo evaluado en cada una de las categorías que caracterizan el sector agroforestal es igual en todas las comarcas de Gipuzkoa. La importancia de cada categoría es distinta en cada comarca, por lo que los riesgos ponderados considerando la superficie de cultivo, la cantidad de ganado o su valoración económica, difieren entre comarca.

El riesgo alto procede fundamentalmente del sector forestal (en particular en Goierri, Debagoiena y Donostialdea), ya que su riesgo intrínseco es alto y, además, ocupan una superficie elevada los bosques y las plantaciones forestales. Además, destaca el riesgo alto del

pino radiata incluso considerándola como una categoría aparte, concretamente en Goierri y Debagoiena.

El riesgo derivado del sector forestal también es alto en Tolosaldea y Urola-Kostaldea, pero en estas dos comarcas ese riesgo alto también se debe a la ganadería.

Si se ponderan los riesgos según la valoración económica, el sector agroforestal de Gipuzkoa presenta mayor riesgo en las comarcas Goierri y Urola-kostaldea, seguido de cerca de Tolosaldea.

El riesgo derivado de las superficies de pasto (prados, praderas y otros pastos) es en general moderado, si bien es bajo en Bidasoa Beherea. Y el sector de cultivos agrícolas es el que presenta los riesgos más bajos, ya que su superficie es muy baja en relación a las demás categorías de caracterización empleadas.

En el conjunto de comarcas, las categorías de caracterización con mayor superficie son las que mayor riesgo ponderado presentan. Así, por ejemplo, si en una

comarca predomina la superficie de especies forestales (por ejemplo, en Debagoiena o Donostialdea), se observa que el riesgo es alto precisamente para estas especies forestales. Pero esto no ocurre siempre con las superficies de pasto, ya que su riesgo intrínseco se consideró mucho menor que el de las tierras forestales y, por tanto, a pesar de que la superficie de pasto sea alta en varias comarcas, su riesgo ponderado resulta ser moderado, en lugar de alto (por ejemplo, en Urola-Kostaldea).

En Goierri y Urola-Kostaldea los mayores riesgos derivan del pino radiata y de la ganadería; en Tolosaldea, de la ganadería. Tanto desde el punto de vista de superficie como de valoración económica, en Debagoiena el riesgo más alto proviene del pino radiata.

En términos generales, también se observa que la extensión de las comarcas resulta decisiva a la hora de establecer su riesgo ponderado según la superficie. Es decir, las comarcas de mayor tamaño (Goierri y Tolosaldea) coinciden con las de mayor riesgo ponderado, mientras que las de tamaño más pequeño (Bidasoa Beherea y Debabarrena) son las de menor riesgo ponderado.

Si se ponderan los riesgos según la superficie ocupada y la cantidad de ganado presente, en todas las comarcas, salvo en Bidasoa Beherea y en Debabarrena, el riesgo del cambio climático es alto en las tierras forestales, ya que su riesgo intrínseco es alto y, además, ocupan una superficie elevada. En Debagoiena, además, destaca el riesgo alto del pino radiata, incluso considerándola como una categoría aparte.

Además del sector forestal de las comarcas mencionadas, el riesgo alto se observa también en el sector ganadero de Goierri, Tolosaldea y Urola-Kostaldea.

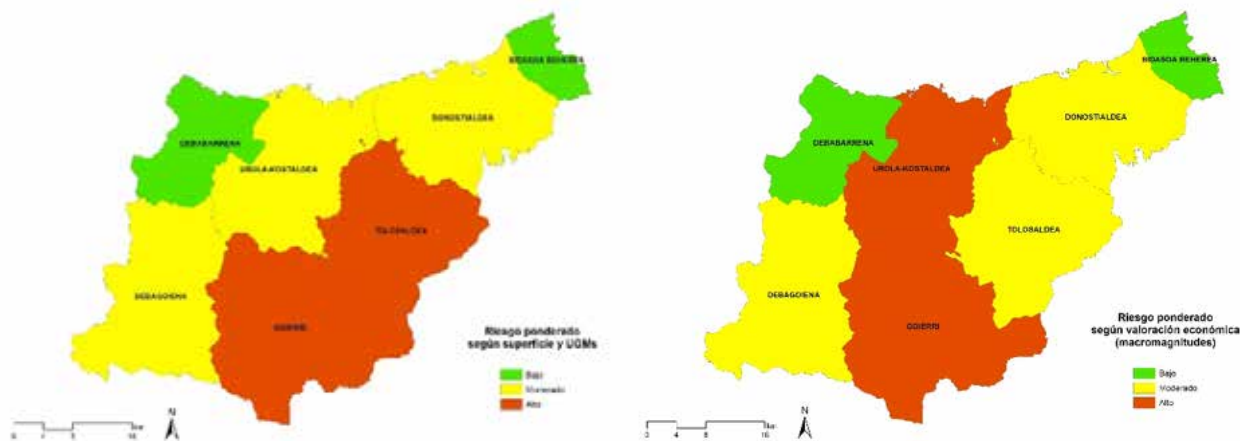
En todas las comarcas, si se ponderan los riesgos de acuerdo a la superficie ocupada, el sector agrícola presenta un riesgo bajo dado que la superficie relativa de los cultivos agrícolas es muy baja. Sin embargo, el riesgo del sector agrícola cambia mucho si la ponderación se realiza en función del valor económico.

Si se ponderan los riesgos según la valoración económica, el sector agroforestal de Gipuzkoa presenta mayor riesgo en las comarcas Goierri y Urola-kostaldea, seguido de cerca de Tolosaldea. El riesgo es bajo en Bidasoa Beherea y Debabarrena. En consecuencia, si hubiera que priorizar actuaciones frente al cambio climático, estas deberían comenzar por Goierri, Tolosaldea y Urola-Kostaldea, tanto ponderando por superficie/UGM como por valoración económica.

De acuerdo a la ponderación económica, las tierras de especies forestales distintas al pino de Monterrey pasan a un segundo plano de importancia, ya que su riesgo pasa a considerarse entre moderado y bajo, dependiendo de la comarca. Por el contrario, los cultivos agrícolas adquieren mayor riesgo, en especial en Donostialdea, donde su riesgo resulta alto.

En Goierri y Urola-Kostaldea los mayores riesgos derivan del pino radiata y de la ganadería; en Tolosaldea, de la ganadería. En Debagoiena, el riesgo más alto, tanto desde el punto de vista de superficie como de valoración económica, proviene del pino radiata.

Este análisis no ha tenido en cuenta la elevación del nivel del mar, que lógicamente supondrá mayores riesgos para las comarcas costeras que para las del interior.



11.4 Tabla. Riesgo ponderado según superficie y UGM (izq.) y Riesgo ponderado según valoración económica (macromagnitudes). Fuente: Neiker (2020).

RIESGO DEL SECTOR AGROFORESTAL DE GIPUZKOA

	BIDASOA BEHEREA	DEBABARRENA	DEBAGOIENA	DONOSTIALDEA	GOIERRI	TOLOSALDEA	UROLA KOSTALDEA
PONDERACIÓN REALIZADA EN FUNCIÓN DE LA SUPERFICIE (ha)							
PINUS RADIATA	BAJO	MODERADO	ALTO	MODERADO	ALTO	MODERADO	MODERADO
OTRAS ESPECIES FORESTALES	MODERADO	MODERADO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
PASTOS	BAJO	MODERADO	MODERADO	MODERADO	MODERADO	MODERADO	MODERADO
CULTIVOS AGRÍCOLAS	BAJO	BAJO	BAJO	MODERADO	BAJO	MODERADO	BAJO
PONDERACIÓN REALIZADA EN FUNCIÓN DE LA CANTIDAD DE GANADO (UGM)							
GANADO	BAJO	BAJO	MODERADO	MODERADO	MODERADO	ALTO	ALTO
PONDERACIÓN REALIZADA EN FUNCIÓN DE LA SUPERFICIE (HA) Y DE LA CANTIDAD DE GANADO (UGM)							
SUMA	BAJO	BAJO	MODERADO	MODERADO	ALTO	ALTO	MODERADO
PONDERACIÓN REALIZADA EN FUNCIÓN DE LA VALORACIÓN ECONÓMICA (MACROMAGNITUDES, €)							
PINUS RADIATA	BAJO	MODERADO	ALTO	MODERADO	ALTO	MODERADO	ALTO
OTRAS ESPECIES FORESTALES	BAJO	BAJO	MODERADO	MODERADO	MODERADO	MODERADO	BAJO
PASTOS	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
CULTIVOS AGRÍCOLAS	MODERADO	BAJO	BAJO	ALTO	MODERADO	MODERADO	MODERADO
GANADO	BAJO	MODERADO	MODERADO	MODERADO	ALTO	ALTO	ALTO
SUMA	BAJO	BAJO	MODERADO	MODERADO	ALTO	MODERADO	ALTO

11.5 Tabla. Riesgo ponderado según superficie (ha), cantidad de ganado (UGM) y macromagnitudes (€) del conjunto de Gipuzkoa ante el cambio climático. Nota: no existe valoración económica asociada a los pastos. Fuente: Neiker (2020).

Para el seguimiento del impacto del cambio climático en el sector agroforestal, se propone el análisis periódico de la evolución de las variables climáticas utilizadas para

la evaluación de los riesgos de este sector frente al cambio climático en el informe de Neiker (2020).

EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA

CALCULADA MEDIANTE LA FORMULACIÓN PROPUESTA POR UR AGENTZIA, QUE ESTÁ BASADA EN EL MÉTODO FAO PENMAN-MONTEITH (ALLEN ET AL., 1998).

NÚMERO DE DÍAS DE HELADA

NÚMERO DE DÍAS CON TEMPERATURA MÍNIMAS DIARIAS INFERIORES A 0°C.

DURACIÓN O LONGITUD DE LA ESTACIÓN DE CRECIMIENTO

ES EL NÚMERO DE DÍAS QUE TRANSCURRE ENTRE:

- EL PRIMER EPISODIO CON AL MENOS 6 DÍAS CONSECUTIVOS CON TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS > 5°C
- Y EL PRIMER EPISODIO DESPUÉS DEL 1 DE JULIO CON AL MENOS 6 DÍAS CONSECUTIVOS CON TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS < 5°C

PRECIPITACIÓN TOTAL DE DÍAS HÚMEDOS

SUMA DE LAS PRECIPITACIONES OCURRIDAS EN LOS DÍAS HÚMEDOS. SE ENTIENDE POR DÍA HÚMEDO AQUÉL EN EL QUE LA PRECIPITACIÓN ES IGUAL O SUPERIOR A 1 mm.

MEDIA DE TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS

VALOR PROMEDIO DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS.

MEDIA DE TEMPERATURAS MÍNIMAS DIARIAS

VALOR PROMEDIO DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DIARIAS

MEDIA DE TEMPERATURAS MÁXIMAS DIARIAS

VALOR PROMEDIO DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DIARIAS

MÁXIMO DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DIARIAS

VALOR MÁXIMO DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DIARIAS

11.6 Tabla. Indicadores climáticos considerados para la evaluación del impacto del cambio climático en el sector agroforestal. Fuente: modificada de Neiker (2020).



12.1 INTRODUCCIÓN

El cambio climático repercutirá, directa o indirectamente, en las pesquerías. El conocimiento de los escenarios futuros de las poblaciones pesqueras y los impactos del cambio climático en el sector que explota los recursos marinos vivos es clave para anticipar y minimizar las posibles pérdidas económicas en dicho sector. El potencial de capturas en el mar podría disminuir a nivel global hasta un 12% para 2050 por efecto del cambio climático (FAO, 2018). A nivel global se estima que los impactos del cambio climático pueden suponer entre 17.000 millones y 41.000 millones de dólares en valor total de desembarques, según un informe del Banco Mundial (Sumaila et al., 2011).

El aumento de temperatura del agua, la acidificación del océano y el cambio que están experimentando las corrientes marinas están modificando la distribución de las especies. Tanto el Cantábrico como el Atlántico ven

como sus peces cada vez se encuentran más al norte. Así, para la zona económica exclusiva, el potencial de capturas en España podría descender un 16% (Barange et al., 2014).

Además de las personas directamente empleadas en la pesca, hay vinculadas otras actividades económicas generadas por el suministro de pescado (comercio, procesamiento, transporte, ventas al detalle, etc.) y actividades de apoyo (la construcción de embarcaciones, fabricación de redes, fabricación y reparación de motores, prestación de servicios a los pescadores y abastecimiento de combustible para barcos de pesca, etc.). La importancia económica de la flota de Gipuzkoa se estima que aporta un 25% del valor añadido bruto total de la CAPV.

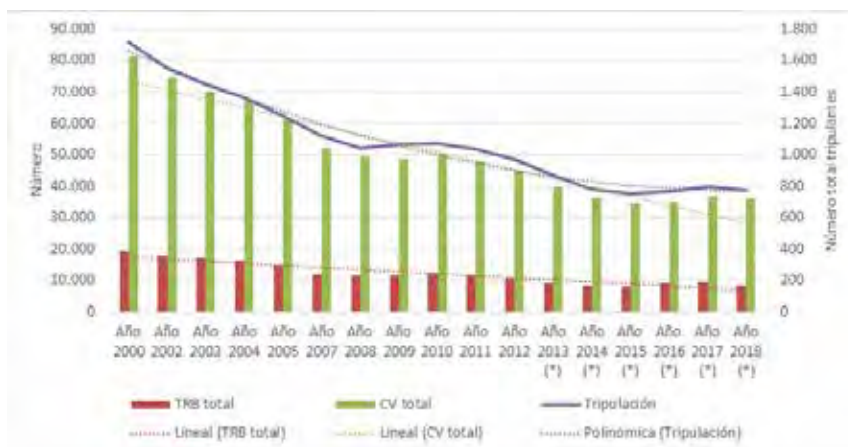
El objetivo de este capítulo es efectuar un análisis bibliográfico y proporcionar una síntesis de los impactos del cambio climático en los recursos marinos de Gipuzkoa y, por ende, en el sector pesquero.

12.2 SECTOR COMERCIAL PESQUERO DE GIPUZKOA

Esta sección analiza la importancia socioeconómica específica del sector pesquero (CNAE 3.11). Se estima la importancia económica de las embarcaciones que componen la flota pesquera de Gipuzkoa (puerto base de las embarcaciones en Gipuzkoa) y la importancia económica de Gipuzkoa como territorio relevante en las descargas procedentes de la flota pesquera de bajura (no solo procedente de la flota de Gipuzkoa). La flota de bajura incluye los siguientes oficios: curricán, cerco y cebo

vivo, palangre de bajura y rasco, y los propios de la flota artesanal (trasmallo y redes de enmalle, líneas de mano, palangre de artes menores y nasas).

La evolución del sector entre 2000 y 2018 muestra el descenso del número total de tripulantes, del Tonelaje de Registro Bruto (TRB) total de las embarcaciones, así como de los Caballos de Vapor (CV). Sin embargo, esta disminución no se ve acompañada de una disminución del valor añadido bruto de la flota.



12.1 Fig. Evolución temporal de los indicadores de estructura de la flota de Gipuzkoa. Fuente: Órgano Estadístico del Dpto. de Desarrollo Económico e Infraestructuras del Gobierno Vasco.

Si bien es cierto que la flota de Gipuzkoa descarga en puertos vascos hasta un máximo de 130 especies marinas, el 97% del valor total relativo a los ingresos derivados de la

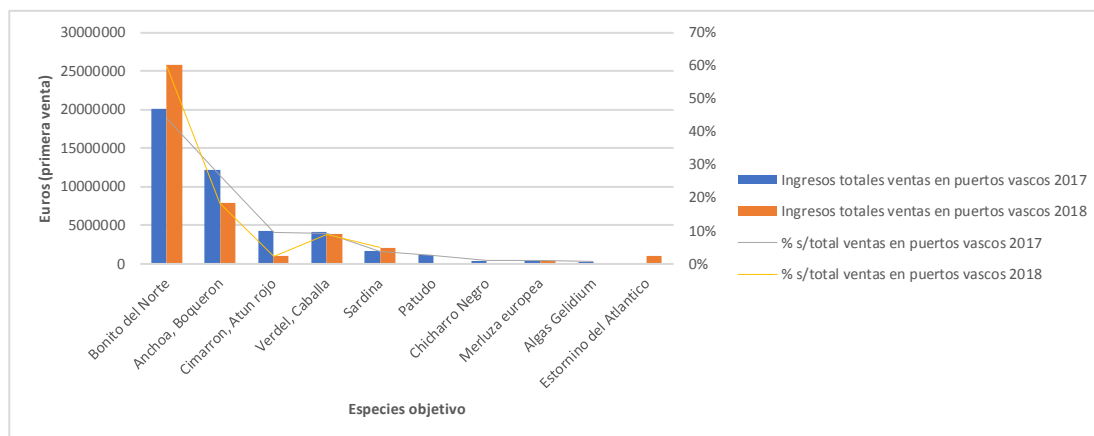
primera venta en dichos puertos procede únicamente de 10 especies en los años 2017 y 2018.

NOMBRE CIENTÍFICO	CASTELLANO
<i>Thunnus alalunga</i>	ATÚN BLANCO O BONITO DEL NORTE
<i>Engraulis encrasicolus</i>	ANCHOA, BOQUERÓN
<i>Thunnus thynnus</i>	ATÚN ROJO DEL ATLÁNTICO, CIMARRÓN
<i>Scomber scombrus</i>	VERDEL, CABALLA
<i>Sardina pilchardus</i>	SARDINA
<i>Thunnus obesus</i>	PATUDO
<i>Trachurus trachurus</i>	CHICHARRO NEGRO
<i>Merluccius merluccius</i>	MERLUZA EUROPA
<i>Gelidium spp</i>	ALGAS GELIDIUM
<i>Scomber colias</i>	ESTORNINO DEL ATLÁNTICO

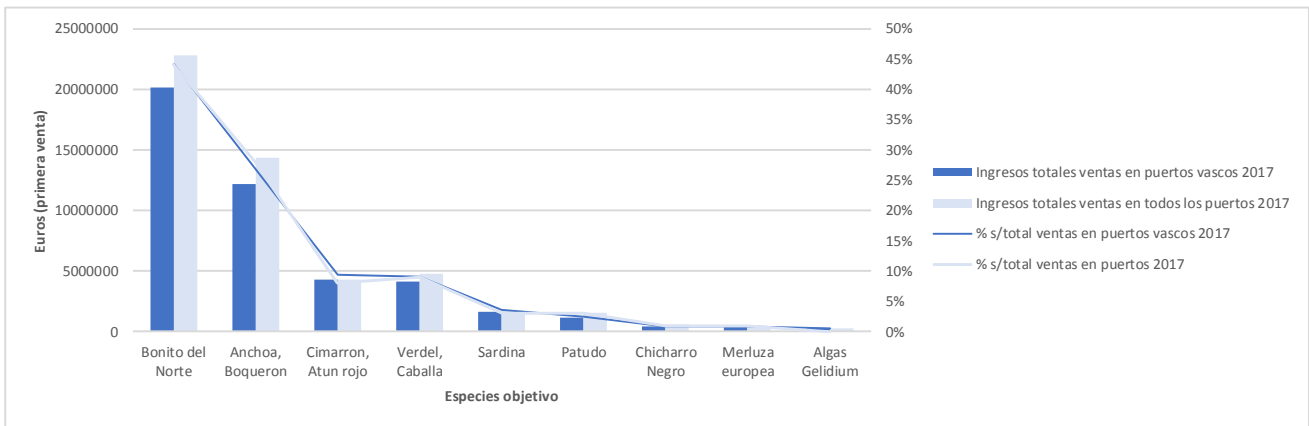
12.1 Tabla. Especies objetivo de la flota de Gipuzkoa.

El valor total directo derivado de los ingresos de primera venta asciende a 45 y 43 millones de € en 2017 y 2018, respectivamente (Base de Datos de Pesquerías de AZTI). Si, consideramos además el volumen de ingresos por primera venta efectuados en puertos fuera del País Vasco, la flota de Gipuzkoa generó en 2017 unos ingresos totales que ascienden a 52 millones de €. La figura 3 muestra el reparto de estos ingresos por cada una de las especies principales. No obstante, esta cifra no incluye la actividad desarrollada por la flota artesanal al no estar adecuadamente identificada en ninguna

fuente estadística. La flota artesanal (flota de pequeña escala) está constituida por embarcaciones con eslora total menor de 15 m (mayoritariamente embarcaciones censadas en el censo denominado de artes menores), y que desarrollan los siguientes oficios: trasmallo y redes de enmalle, líneas de mano, palangre de artes menores y nasas. La flota artesanal o de menor escala se integra dentro de la denominada flota de bajura, la cual incluye además de la mencionada flota artesanal otros oficios tales como curricán, cerco y cebo vivo, palangre de bajura y rasco.



12.2 Fig. Ingresos obtenidos por la flota de Gipuzkoa derivados de la primera venta en puertos vascos. Fuente: Chust & Murillas (2020).

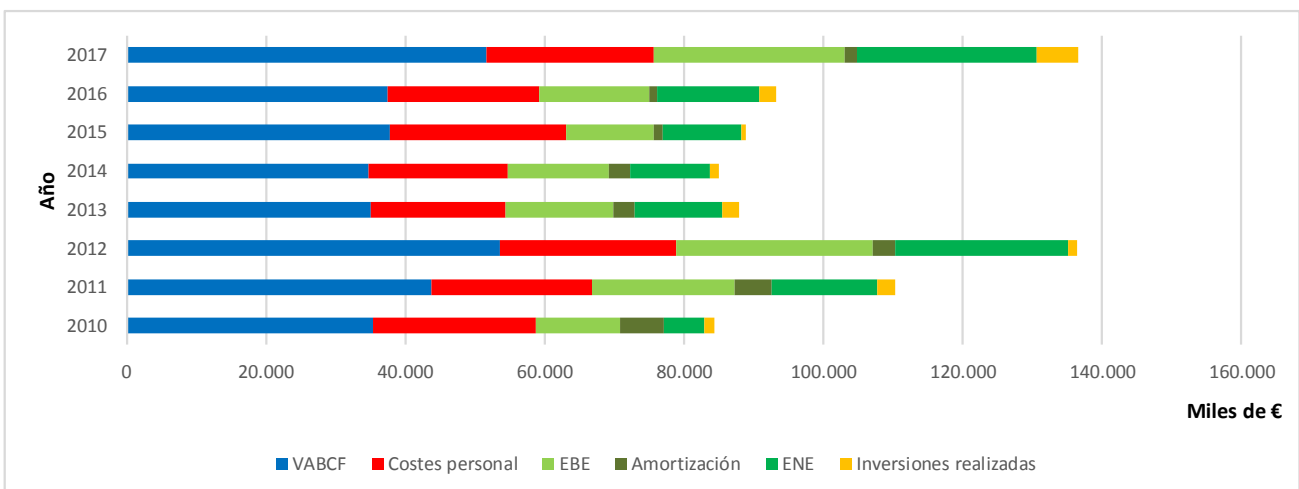


12.3 Fig. Ingresos totales obtenidos por la flota de Gipuzkoa derivados de la primera venta en todos los puertos en 2017. Fuente: Chust & Murillas (2020).

La estructura económica de la flota de Gipuzkoa se obtiene a partir de los ingresos de primera venta y, una vez descontados los gastos directos incurridos para llevar a cabo la actividad pesquera, obteniéndose el denominado Valor Añadido de la Pesca a coste de los factores (VABcf). Este valor añadido representa la contribución de este sector al Producto Interior Bruto. El VABcf se utiliza para remunerar el trabajo, así, una vez descontados los costes salariales se obtiene la Renta de la Pesca de esta flota, el denominado Excedente Neto de Explotación, ENE (Excedente Bruto de Explotación, EBE minorado con las

amortizaciones). En 2017, el VABcf de la flota de Gipuzkoa asciende a 51.507 k€, siendo el EBE de 25.770 k €, y finalmente el sector invierte 6.085k€ (Órgano Estadístico del Dpto. de Desarrollo Económico e Infraestructuras del Gobierno Vasco).

En los años 2017 y 2018 se elevan, respecto a años anteriores, el volumen total de ingresos generados por subastas de pescado en las lonjas de bajura (con procedencia del pescado de embarcaciones tanto de Gipuzkoa como de otros territorios), alcanzando los 55.735 k€ y 54.438 k€, respectivamente.

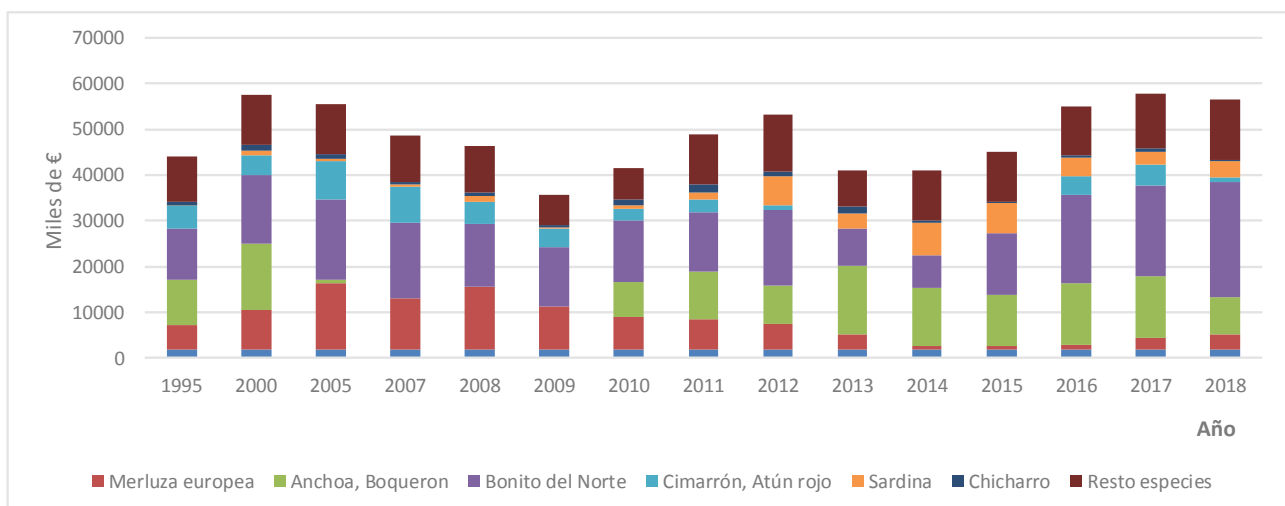


12.4 Fig. Evolución de la estructura económica de la actividad desarrollada por la flota de Gipuzkoa. Fuente: Órgano Estadístico del Dpto. de Desarrollo Económico e Infraestructuras del Gobierno Vasco.

La flota de Gipuzkoa aporta en promedio para el periodo 2010 a 2017 un 25% del VABcf total de la CAE.

Analizando el impacto económico inducido de la flota de Gipuzkoa y de los recursos marinos subastados en dicho territorio, podemos distinguir entre el efecto inducido directo e indirecto. De esta forma el efecto inducido directo recoge el impacto directo generado sobre la actividad de aquellas ramas que son proveedores directos del sector pesquero analizado. Por otro lado,

el efecto inducido indirecto recogerá el impacto de los sucesivos procesos de activación de aquellas ramas que son proveedores de los proveedores directos, denominados proveedores indirectos. El efecto total será la suma del efecto directo y del conjunto de los efectos inducidos.



12.5 Fig. Evolución temporal de los ingresos totales de primera venta a partir del pescado subastado en las lonjas de bajura de Gipuzkoa. Fuente: Chust & Murillas (2020).

CRITERIO	EFECTOS DIRECTOS	EFECTOS INDUCIDOS		IMPORTE TOTAL
		DIRECTOS	INDIRECTOS	
TERRITORIO DE GIPUZKOA PRODUCCIÓN SUBASTADA EN LAS LONJAS DE GIPUZKOA (MILES DE €)	55.735	21.007	8.762	85.504
FLOTA DE GIPUZKOA VABCF DE GIPUZKOA (MILES DE €)	51.507	11.926	7.186	70.619
EMPLEO EN LA FLOTA DE GIPUZKOA	837	55	33	925

12.2 Tabla. Importancia económica total de la flota de Gipuzkoa y la pesca subastada en Gipuzkoa por cualquier flota. VABcf: Valor Añadido de la Pesca a coste de los factores. Fuente: Chust & Murillas (2020).

12.3 CAMBIOS OBSERVADOS EN EL MAR Y LOS RECURSOS MARINOS DE GIPUZKOA

12.3.1 TEMPERATURA DEL MAR Y VARIABLES HIDROCLIMÁTICAS

La temperatura es una variable clave, ya que en general las especies marinas están adaptadas a rangos muy específicos de temperatura. En general, la temperatura superficial del agua ha experimentado un calentamiento a una tasa de entre 0,2 - 0,7°C / década, dependiendo de la zona y el periodo estudiados. El contenido en calor de la columna de agua, en los primeros 700 m, en el Atlántico Norte desde 1960 ha experimentado un incremento mayor que otros océanos (Levitus et al., 2009). En el golfo de Bizkaia durante las últimas décadas se ha producido un calentamiento en toda la columna de agua del orden de 0,02 °C / año (Chust et al., 2011; González-Pola et al., 2012).

Los cambios en la salinidad superficial muestran una gran variabilidad temporal y espacial. Esta está influenciada por fluctuaciones anuales muestra una ligera tendencia a la salinización en el golfo de Bizkaia (Gómez-Gesteira et al., 2013; Costoya et al., 2014).

El pH ha disminuido alrededor de 0,1 unidades durante

el último siglo, con la acidificación subsiguiente de las aguas, más notable en las aguas superficiales.

El aumento de la estratificación en las aguas superficiales parece ser un proceso generalizado, que influye negativamente en la disponibilidad de nutrientes. Este proceso continuará con el proyectado aumento de la temperatura.

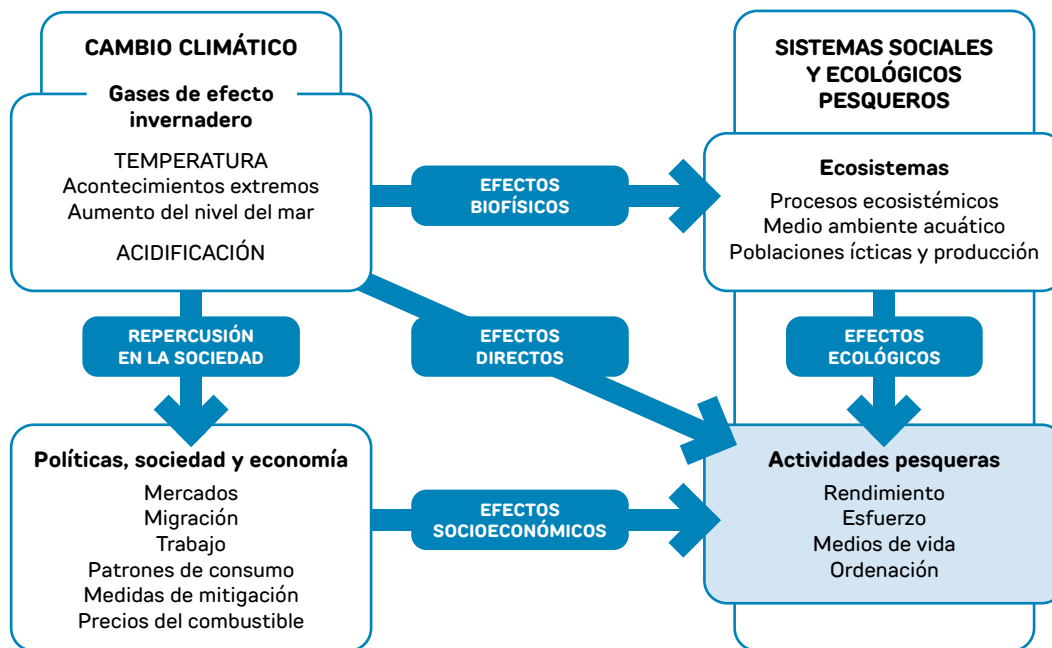
El oxígeno soluble en el océano global ha disminuido un 1-2% desde mediados del siglo XX (Laffoley, 2019), debido tanto a la eutrofización como a la disminución de la solubilidad debido al calentamiento de las aguas oceánicas.

La extensión/contracción del giro subtropical da lugar a una menor/mayor intrusión de agua de origen subtropical, más cálida y salina hacia el norte en el Atlántico Nordeste (Hátaún et al., 2009). Dicha intensidad ha decrecido desde los 90 tras la intensificación en el periodo 1960-1990 (Hátaún et al., 2009).

12.3.2 DESPLAZAMIENTOS EN LA DISTRIBUCIÓN Y FENOLOGÍA DE LOS PECES ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático está afectando a procesos esenciales de muchos organismos marinos, como el crecimiento, la reproducción y la supervivencia de las primeras fases de vida. En general, todos los cambios

físico-químicos del océano y a nivel biológico provocan también una importante pérdida de biodiversidad y diversidad genética.



12.6 Fig. Repercusiones ecológicas, repercusiones directas y repercusiones socioeconómicas del cambio climático en las pesquerías. Fuente: modificada de Daw et al. (2009).

La distribución de las especies obedece a sus rangos ecofisiológicos que definen su nicho ecológico (Hutchinson, 1957), lo cual significa que existen unas condiciones ambientales óptimas que generan

abundancias altas, pero a medida que las condiciones ambientales son menos favorables la reproducción, el crecimiento y la alimentación se ven afectadas (Helaouet & Beaugrand, 2009).

“ La tasa de desplazamiento de la distribución (extremo más frío) de las especies marinas ha sido estimado en 72 km por década, muy superior a la tasa de las especies terrestres (6 km por década) (Poloczanska et al., 2013). ”

En el contexto de calentamiento del mar, con el fin de mantenerse en las condiciones óptimas, las especies presentan al menos tres mecanismos de respuesta (1) desplazamientos latitudinales (en general hacia altas latitudes), (2) cambios en la fenología (en general adelantos) y (3) desplazamientos en la columna de agua

(en general hacia mayor profundidad) (Bruge et al., 2016). Se han detectado ya algunos de estos cambios. Por ejemplo, en un estudio de 1.735 especies marinas, el 81-83% de ellas presentan cambios en su distribución, fenología, comunidad, abundancia o demografía (Poloczanska et al., 2013).

- **Cambios en la distribución**

Se espera que, a causa del cambio climático, la mayor parte de las especies se desplace hacia los polos, que se expanda el área de distribución de las especies de aguas cálidas y se contraiga el de las aguas más frías.

Recientemente, el ICES- International Council for the Exploration of the Sea- inició una revisión del desplazamiento en la distribución de 19 especies de peces del Atlántico noreste y las posibles causas (ICES, 2016). Dicho análisis usó los datos de las campañas científicas de los últimos 30 y 73 poblaciones comerciales (Baudron et al., 2019). Los resultados indican que todas las especies han experimentado cambios en la distribución, cinco de las cuales lo hicieron entre las áreas de gestión (Baudron et al., 2019). El análisis sugiere que los cambios, algunos de ellos hacia el norte, son debidos al calentamiento de los océanos, los procesos de densidad-dependencia y la recuperación de algunas especies por la reducción de la sobrepesca. De estos hallazgos se desprende que el cambio climático hará mucho más compleja la asignación de cuotas de pesca entre países.

Debido al aumento de la temperatura del Atlántico norte a partir de los 80, la sardina y la anchoa, con una distribución típicamente más subtropical, han aumentado su presencia en el mar del Norte, mientras que el arenque o el espadín con una distribución más boreal han disminuido su presencia (Montero-Serra et al., 2015).

Los cambios más rápidos son los que ocurren en las especies pelágicas, que consisten en movimientos verticales para contrarrestar el calentamiento de las aguas superficiales.

- **Cambios en la abundancia**

Las poblaciones que se encuentran en los puntos polares extremos de sus áreas de distribución tienden a aumentar en abundancia en consonancia con el alza de las temperaturas, mientras que las poblaciones que están en las partes más cercanas al ecuador de sus áreas de distribución tienden a declinar en abundancia a medida que las temperaturas suben.

Los factores de estrés fisiológico y los cambios fenológicos inducidos por el calentamiento tendrán repercusiones en los procesos de reclutamiento y por consiguiente en el índice de abundancia de muchas poblaciones. Es probable que estos efectos se manifiesten también de forma más aguda en los extremos de los ámbitos de distribución de las especies y para las especies menos longevas.

Un estudio con 20 especies de peces planos explotadas en el golfo de Bizkaia entre 1987 y 2007, indica que el 55% sufren cambios de abundancia de acuerdo con el calentamiento y su área de distribución biogeográfica (Hermant et al., 2010).

En el golfo de Bizkaia se ha observado, en términos generales, una tendencia hacia el aumento en la abundancia de aquellas especies de peces que presentan amplios rangos de distribución (principalmente especies subtropicales, ej. *Dicologlossa cuneta* -lenguadillo, asedia-), mientras que las abundancias de especies de aguas más frías han sufrido un descenso continuo durante la última década del S.XX y la primera del S.XXI (Poulard & Blanchard, 2005). El ochavo (*Capros aper*) es una especie subtropical que en los años 70 era rara en la plataforma continental francesa del golfo de Bizkaia y en los años 2000 pasó a ser muy frecuente (Blanchard & Vandermeersch, 2005). Dicho aumento se asocia al calentamiento del mar y al hecho de que se trata de una pequeña especie demersal de ciclo de vida corto, con pocos depredadores y no explotada.

- **Cambios fenológicos**

Cambios en la proporción de sexos, alteración de la fecha de desove, alteración de los periodos migratorios, alteración de los periodos de abundancia máxima. Se traduce en una alteración de la cronología y reducción de la productividad.

- **Cambios en la composición, estructura y dinámica de la comunidad**

Los cambios en la abundancia alterarán la composición de las comunidades marinas y tendrán posibles consecuencias en la estructura y productividad de los ecosistemas.

Sigue habiendo gran incertidumbre en cuanto a los efectos de las interacciones sinérgicas entre diversos factores de estrés, la extrapolación de datos más allá de las condiciones históricas, la reducción de la capacidad de recuperación del ecosistema ante la variabilidad climática como consecuencia de los cambios ocasionados por la pesca, la localización y funciones de los umbrales críticos, y la capacidad de adaptación y evolución de los organismos marinos en respuesta a estos cambios.

Numerosas especies terrestres de agua dulce y marinas han mostrado a lo largo de los últimos 20 a 140 años cambios fenológicos vinculados a las modificaciones observadas en los cambios climáticos regionales (FAO, 2009). También se han detectado cambios en la distribución de especies de interés comercial (ICES, 2016; Baudron et al., 2019). Algunos de estos cambios se deben a cambios en el hábitat. Así, la superficie del hábitat potencial de las especies subtropicales-templadas como la anchoa se ha incrementado, aumentando por tanto

su presencia en el mar del Norte, mientras que el área de especies subárticas y templadas ha decrecido o incrementado ligeramente (Lenoir et al., 2011; Montero-Serra et al., 2015).

En el Golfo de Bizkaia se ha observado también cambios en la abundancia y distribución de especies, relacionados con el cambio climático, pero también pueden haberse visto amplificados por la pesca. En términos generales, una tendencia hacia el aumento en la abundancia de aquellas especies de peces que presentan amplios rangos de distribución, principalmente especies subtropicales (ej. *Dicologlossa cuneata* -lenguadillo, asedia-), mientras que la presencia de especies de aguas más frías ha sufrido un descenso continuo durante la última década del S.XX y la primera del S.XXI (Polard & Blanchard, 2005). Además, se ha documentado capturas de especies de aguas cálidas que están ampliando su límite norte de distribución (Quero et al., 1998; Bañón et al., 2002, 2009).

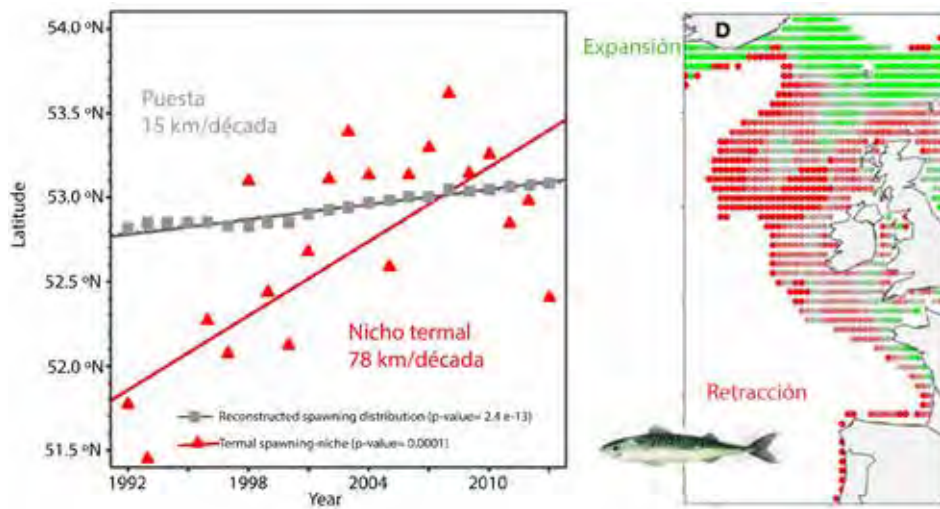
A continuación, se resumen los principales cambios observados para un grupo de especies de interés comercial para el sector pesquero y recreativo de Gipuzkoa, y de algún otro recurso marino:

12.3.2.1 El verdel (*Scomber Scombrus*)

El verdel (o caballa) es una especie pelágica que es capturado por las flotas pesqueras cuando efectúa su migración al sur para el desove. La distribución de la puesta del stock del verdel del noreste se ha desplazado hacia el norte en las últimas tres décadas (Beare & Reid, 2002), probablemente en respuesta al calentamiento global del mar en esa área (Hughes et al., 2014). Beare y Reid (2002) mostraron que la distribución de la actividad de puesta se ha desplazado de 1977 a 1998, disminuyendo al sur y aumentando en el norte, aunque la relación entre la densidad de huevos y la temperatura no era clara. Hughes et al. (2014) estimaron un desplazamiento hacia el norte de 37,7 km/°C de calentamiento durante el periodo 1977-2010 para el componente Oeste del stock. Por el contrario, Montero-Serra et al. (2015) no encontraron cambios significativos en la latitud media de presencias del mismo stock en el periodo 1965-2012. Recientemente, ejemplares de verdel fueron hallados por primera vez en Isfjorden, Svalbard (78°15' N, 15°11' E), en setiembre de 2013. Esta observación representa una posible expansión

de su distribución (de ca. 5° latitud) y parece relacionada con el calentamiento del mar (Berge et al., 2015). La fenología del verdel parece también haberse alterado, es decir adelantándose 29 días entre 2000 y 2006 en el mar Cantábrico (Punzón & Villamor, 2009), de forma concordante con su distribución latitudinal.

El estudio de Bruge et al. (2016) sobre la distribución de la puesta del verdel indica que se ha desplazado hacia el norte a un velocidad de 15,9 ± 0,9 km/década entre 1992 y 2013. Asimismo, el nicho térmico también se ha desplazado hacia el norte. Ello indica que la puesta del verdel se desplaza hacia el norte buscando mantener su nicho térmico a una tasa de 28,0 ± 9,0 km/°C de calentamiento. El calentamiento del mar como factor responsable de la expansión y desplazamiento hacia el norte apuntada por Bruge et al. (2016) respalda los anteriores (Hughes et al., 2014) y es coherente con el más reciente de Olafsdottir et al. (2019), mientras que el estudio de Brunel et al. (2018) apunta por una explicación de densidad-dependencia.

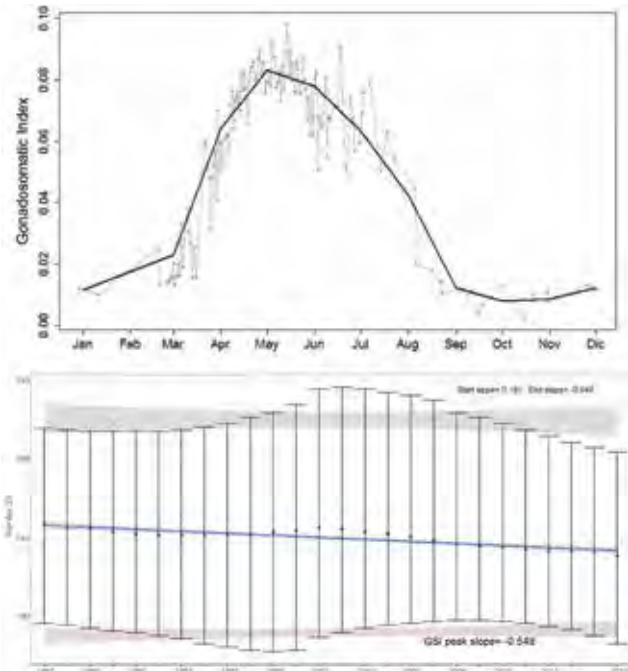


12.7 Fig. Desplazamiento observado (izquierda) latitudinal de la puesta del verde y su nicho termal, y cambios en la distribución futura para finales de siglo (derecha, rojo indica disminución de la densidad de huevos, verde indica incremento). Fuente: Bruge et al. (2016).

12.3.2.2 La anchoa europea (*Engraulis Encrasicolus*)

La anchoa es una especie pelágica de vida corta y de relevante interés en el sector pesquero guipuzcoano. Es una especie con una gran amplitud de nicho termal que se distribuye desde zonas tropicales a templadas y por lo tanto su tolerancia al calentamiento del mar es mayor. Los cambios en la puesta observados en el Golfo de Bizkaia entre 1967–1972 y 2000–2004 se han relacionado con cambios ambientales (Bellier et al., 2007).

“ El pico de desove de la anchoa ha avanzado a una tasa de 5,5 días/década desde 1987 a 2015 (Erauskin-Extramiana et al., 2019a). ”



12.8 Fig. Actividad de puesta de la anchoa según el índice gonadosomático a lo largo de los meses (arriba) y tendencias del pico, inicio y fin de la actividad de puesta a partir de los datos del índice gonadosomático de 1987 a 2015. Fuente: Erauskin-Extramiana et al. (2019a).

El pico de desove en esta región ha avanzado a una tasa de 5,5 días/década desde 1987 a 2015 (Erauskin-Extramiana et al., 2019a). El índice gonado-somático (como indicador de la actividad de desove) aumentó en general en dicho periodo, lo que podría estar asociado a cambios en la producción primaria.

En el mar del Norte, varios estudios indican una mayor presencia de anchoa europea desde los años noventa (Beare et al., 2004; Petitgas et al., 2012; Montero-Sierra

et al., 2015). El calentamiento del mar es posiblemente el factor principal que explica dicha expansión de la anchoa en el mar del Norte dado que está asociado a la expansión de su hábitat térmico (Lenoir et al., 2011; Petitgas et al., 2012), sin descartar el papel de la abundancia de presas. Este incremento podría provenir de una población remanente de dicha zona que ha visto favorecida su abundancia por el aumento de temperatura, más que a un desplazamiento de las poblaciones del golfo de Bizkaia (Petitgas et al., 2012; Montero-Sierra et al., 2015).

12.3.2.3 Juveniles del bonito (*Thannus alalunga*)

Los atunes son especies de gran importancia comercial distribuidas a nivel mundial. Los atunes se caracterizan por patrones dinámicos de distribución que responden a la variabilidad climática y al cambio a largo plazo.

El cambio climático podría estar influenciando ya la fenología y distribución espacial actuales del bonito (o también llamado atún blanco) y del atún rojo durante las migraciones tróficas hacia el Atlántico noreste en verano (Dufour et al., 2010). Los resultados de los análisis de las capturas de túnidos durante la migración trófica al golfo de Bizkaia entre 1967 y 2005 para el bonito y entre 1981 y 2005 para el atún rojo, indicaron que los túnidos llegan ahora antes a este punto (el bonito llega 8 días antes que

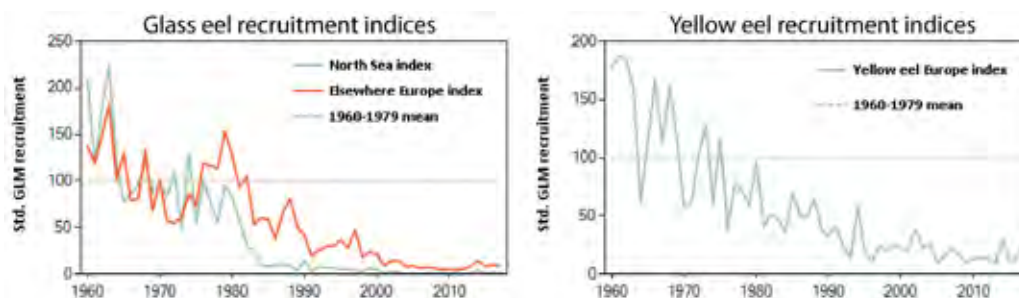
hace 40 años y el atún rojo 14 días antes que hace 25 años). Esto representa una tasa de cambio de 2 a 5,6 días/década, respectivamente.

El reciente estudio de Chust et al. (2019) sobre las tendencias interanuales de capturas de bonito de la flota de curracán en el periodo 1981-2017 indicaron (1) un avance de la llegada de los juveniles en 2,3 días/década, asociado al calentamiento del mar, (2) un ligero desplazamiento del hábitat del bonito hacia el norte, (3) un desplazamiento de la distribución de capturas de bonito hacia el noroeste (74 km al norte y 180 km al oeste por década), que podría obedecer a una expansión progresiva de la flota para buscar caladeros de pesca más productivo o cambios en la distribución de la fuente de alimento del bonito.

12.3.2.4 La anguila europea (*Anguila Anguila*)

El reclutamiento de angulas ha disminuido progresivamente desde los años ochenta. Desde 1998, el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM)⁴⁸ ha declarado en repetidas ocasiones que las poblaciones de anguila europea están “fuera de los

límites biológicos de seguridad”. De acuerdo con la última evaluación, la situación de esta especie sigue siendo crítica, el reclutamiento anual de angula en las aguas europeas en 2016 fue de 2,7% del nivel de 1960-1979 en el mar del Norte y del 10,7% en el resto de Europa.



12.9 Fig. Declive de la población de anguila en base a los índices de reclutamiento. Fuente: CIEM.

⁴⁸<http://www.ices.dk/Pages/default.aspx>

Entre las causas probables de la disminución del reclutamiento figuran la explotación comercial, la pérdida de hábitat, presas, centrales hidroeléctricas, estaciones de bombeo y las captaciones de aguas superficiales. Sin embargo, muchos estudios han demostrado que las variables oceánicas y climáticas también están asociadas con la variabilidad del reclutamiento. Esta especie presenta una larga migración en su ciclo de vida, por lo que cambios ambientales a lo largo de la misma pueden afectar a distintos estadios de la especie. La anguila europea nace en el mar de los Sargazos, sus huevos se convierten en larvas leptocéfalas, que realizan una larga migración hasta llegar a las costas europeas y norteafricanas donde se transforma en angula. Luego, entra en los sistemas de agua dulce donde crecen como anguila amarilla hasta que comienzan a madurar y se convierten en anguilas plateadas, para volver al mar de los Sargazos para desovar y morir.

Estos factores oceánicos y climáticos afectan a la supervivencia de las larvas leptocéfalas durante la migración están vinculados a la variabilidad a corto plazo del reclutamiento de angulas en los estuarios. Así, la

oscilación del Atlántico Norte (NAO) está negativamente correlacionada con el reclutamiento de angulas. Los años con un índice NAO positivo muestran una reducción de los vientos orientales, lo que podría disminuir la tasa de transporte hacia el oeste de las larvas en estaciones tempranas hacia la corriente de Florida o la corriente del Golfo (Friedland et al., 2007). Las variaciones de las corrientes en el Mar de los Sargazos también afectan al transporte de las larvas.

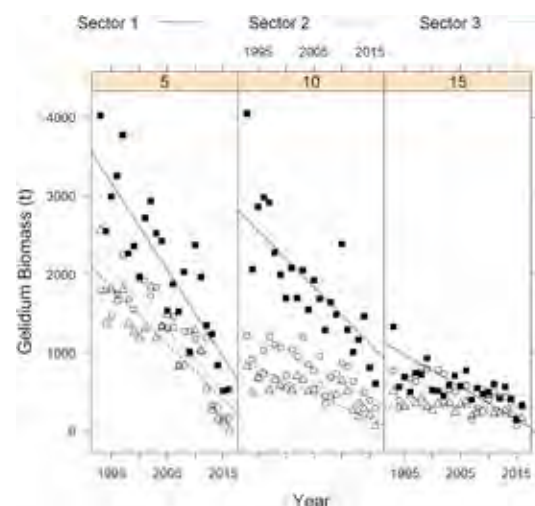
Además, el reclutamiento está negativamente correlacionado con la temperatura de la superficie del mar de los Sargazos y sus anomalías. El aumento de estas temperaturas reduce la mezcla vertical y la producción marina y, por tanto, disminuye la cantidad de alimento disponible para las larvas.

Considerando el efecto de los factores oceanográficos en la supervivencia de la larva y, por tanto, en el reclutamiento de angulas, es razonable pensar que el cambio climático podría estar afectando ya a las poblaciones de anguila (Bonhommeau, 2008; Friedland et al., 2007; Knights, 2003).

12.3.2.5 Alga *Gelidium* en el submareal de la costa Guipuzcoana

Las macroalgas formadoras de dosel están experimentando grandes cambios biogeográficos debido al cambio climático (Díez et al., 2012; Duarte et al., 2013; Martínez et al., 2014). Una de estas especies es *Gelidium corneum* que ha mostrado una drástica disminución de la biomasa en el norte de España en los últimos 20 años. Se trata de un alga de interés desde el punto de vista industrial, pues de ella se extrae el agar-agar. Esta especie estuvo siendo explotada en Gipuzkoa antes de su fuerte declive.

Un estudio en el que combina variables ambientales con datos de biomasa entre 1993 y 2006, investigó dos posibles hipótesis para explicar su declive: (1) una combinación de aumento de la energía del oleaje y disminución de la irradiación en la temporada de crecimiento y (2) una combinación del aumento de la luz en verano y disminución de la concentración de nutrientes. Los factores que más explicaron la mayor variabilidad en la biomasa fueron las horas de luz solar y el oleaje, siendo la intensificación del oleaje la causante del desprendimiento de las algas del sustrato durante la temporada de crecimiento. El factor más probable que explica el declive generalizado de esta macroalga en la costa guipuzcoana fue la combinación de la disminución de las horas de luz solar y el aumento del oleaje (Borja et al., 2018).



12 10. Fig. Declive generalizado de *Gelidium corneum* entre 1993 y 2016 en 3 zonas (sectores) de estudio de la costa de Gipuzkoa y 3 profundidades muestreadas (5, 10 y 15 m). Fuente: Borja et al. (2018).

12.4 ESCENARIOS CLIMATOLÓGICOS DEL MEDIO MARINO

Las proyecciones bajo escenarios del cambio climático indican que los océanos mundiales seguirán calentándose durante el S.XXI y que el calentamiento oceánico más acusado se producirá en superficie en las regiones tropicales y en las subtropicales del hemisferio norte (IPCC, 2013). Para finales de siglo, se prevé un calentamiento del mar global en superficie de entre 1,6 y 4,3 °C bajo el escenario más optimista (RCP2.6) y el más pesimista (RCP8.5), respectivamente (IPCC, 2013).

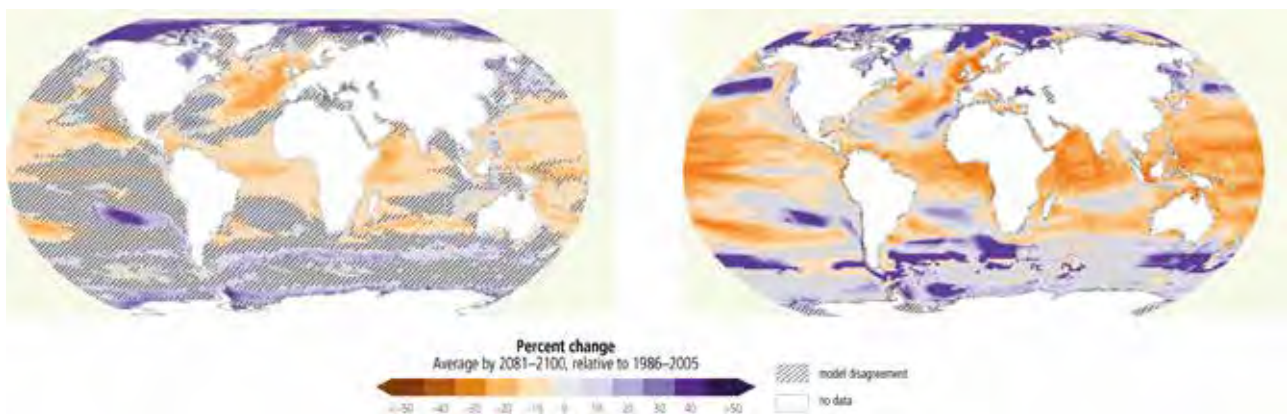
Bajo el escenario de cambio climático el AR5-IPCC, para el escenario RCP8.5, el modelo MPIOM proyectó los siguientes cambios en la plataforma continental del golfo de Bizkaia (área de puesta de la anchoa) para mediados de siglo (2040-2059) y finales de siglo (2080-2099) con respecto al presente (2006-2020): incremento de SST de $0,52 \pm 0,28$ °C y $1,51 \pm 0,71$ °C (Erauskin-Extramiana et al., 2019a). Para finales de siglo, el calentamiento proyectado por un conjunto de modelos es ligeramente superior, 2,27 °C (Cabré et al., 2015).

MODELO	MEDIADOS DE SIGLO (2040-2059)			FIN DE SIGLO (2080-2099)		
	SST	SSS	MLD	SST	SSS	MLD
MPIOM	0,52±0,28	-0,30±0,13	-7,48±8,31	1,51±0,71	-0,57±0,35	-12,40±12,84
ENSEMBLE (ENSAMBLADO DE MODELOS)				2,27	-0,59	-35,83

12.3 Tabla. Proyecciones de la temperatura superficial (SST), salinidad superficial (SSS) y capa de mezcla (MLD) para la plataforma continental del golfo de Bizkaia bajo el escenario RCP8.5 de cambio climático en dos horizontes temporales. Fuente: Erauskin-Extramiana et al. (2019a).

Asimismo, bajo este escenario, este conjunto de modelos prevé a finales de siglo una disminución de la salinidad de 0,59 y un decrecimiento de la capa de mezcla de 36 m (Erauskin-Extramiana et al., 2019a). El decrecimiento de la capa de mezcla significa una mayor estratificación de la columna de agua, lo cual puede suponer una menor disponibilidad de nutrientes para la producción primaria durante los meses de crecimiento del fitoplancton.

En la costa, la descarga de los ríos vascos podría disminuir con el futuro cambio climático, tal y como se ha analizado para el Nervión con una disminución del 7-17% bajo un escenario RCP8.5 a finales de siglo (Meaurio et al., 2017). Esto afectaría a la disponibilidad de nutrientes de origen terrestre en la productividad marina costera.



12.11 Fig. Proyecciones FISHMIP para finales de siglo de la producción primaria neta integrada en la columna (izq.) y biomasa animal marina total (drcha.) para el escenario RCP8.5. Fuente: IPCC (2019).

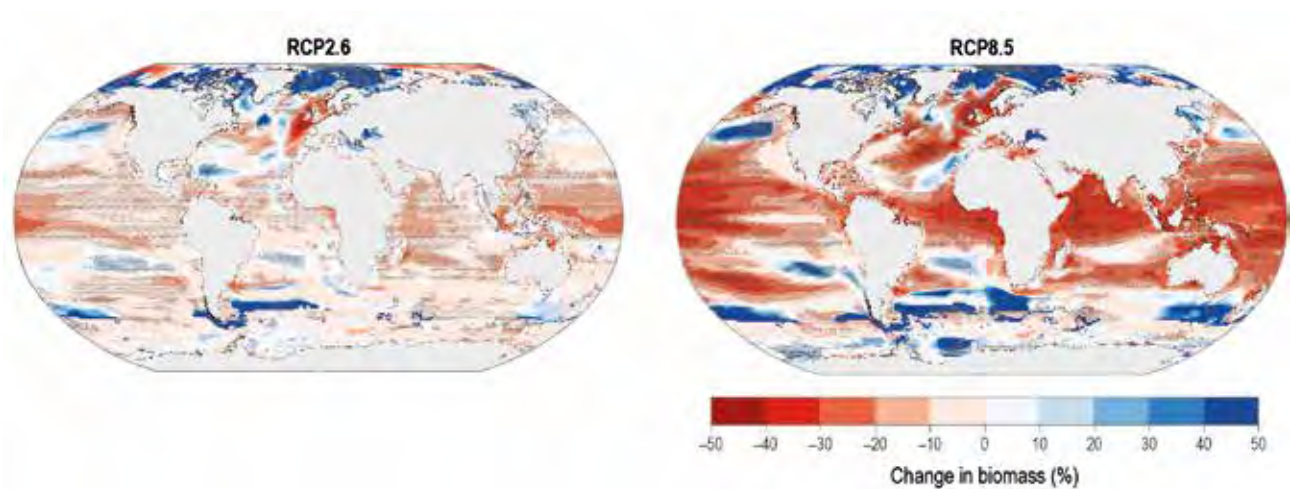
La menor disponibilidad de nutrientes para la producción primaria tendría como consecuencia un descenso de la biomasa del fitoplancton y por ende del zooplancton en la plataforma continental francesa (Holt et al., 2012), mientras que en el resto del golfo podría aumentar (Chifflet et al., 2013); el balance neto del recurso en estas dos zonas, aún incierto, determinará el impacto en la evolución de las especies de interés pesquero del golfo (Chust et al., 2014). La complejidad del sistema y la baja resolución de los modelos limitan el grado de

certidumbre de las proyecciones. En el último número especial del IPCC sobre océanos y criosfera, se prevé una disminución de la producción primaria y por ende de la biomasa marina animal en el arco atlántico noreste (IPCC, 2019). Para reducir el grado de incertidumbre de las proyecciones de la producción primaria en el golfo de Bizkaia es necesario desarrollar modelos biogeoquímicos acoplados a modelos hidroclimáticos regionalizados y forzados con escenarios de cambio climático mediante técnicas de downscaling.

12.5 IMPACTOS EN LOS RECURSOS MARINOS DE GIPUZKOA

El reciente informe especial del IPCC dedicado a los océanos (SROCC) (IPCC, 2019) alerta que la biomasa de recursos marinos (invertebrados y peces) podría disminuir entre un $4,8 \pm 3,5\%$ y un $17,2 \pm 10,7\%$ bajo escenarios climáticos RCP2.6 y RCP8.5, respectivamente, para fin de siglo (2090–2099). Como consecuencia, los impactos económicos en las pesquerías a nivel global derivados del cambio climático se estiman entre 17.000

millones y 41.000 millones de dólares en valor total de desembarques, según un informe del Banco Mundial (Sumaila et al., 2011). Para la Zona Económica Exclusiva, el potencial de capturas en España podría descender un 16% (Barange et al., 2014). Para el sector pesquero de Gipuzkoa, no existen estudios exhaustivos al respecto, si bien hay estudios específicos que evalúan los impactos para ciertas especies que se resumen a continuación.

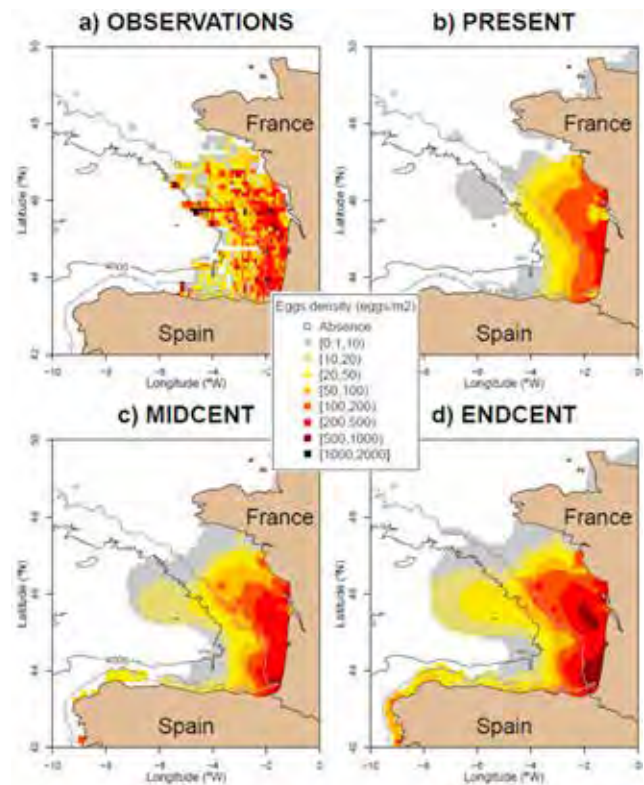


12.12 Fig. Proyecciones de la biomasa de recursos marinos bajo escenarios de cambio climático. Fuente: IPCC (2019).

Pequeños pelágicos

Bajo escenarios de cambio climático, la distribución futura de la puesta del verdel se desplazaría hacia el oeste (32 a 117 km) y hacia el norte (0,5 a 328 km), pero con alta variabilidad según el escenario y periodo considerado (Bruge et al., 2016). Se predice también que los picos estacionales de la puesta ocurran antes en las áreas que se calentarán, y más tarde en las áreas que se vayan a enfriar. El futuro de la producción total de huevos es incierto (cambios de $-9,3\%$ a 12%). Por lo tanto, el golfo de Bizkaia se identifica como área vulnerable al cambio climático para el verdel.

El golfo de Bizkaia es un área vulnerable para el verdel. La anchoa, en cambio, podría verse favorecida en esta región por el calentamiento del mar.



12.13 Fig. Densidad de huevos de anchoa en el golfo de Bizkaia: a) observaciones, b) modelo en el periodo de referencia (2006–2020), c) modelo a mitad de siglo (2040–2055) y d) modelo a fin de siglo (2080–2099), bajo escenarios RCP8.5. Se ha limitado el área de distribución futura de puesta a los límites de distribución actuales. Fuente: Erauskin-Extramiana et al. (2019a).

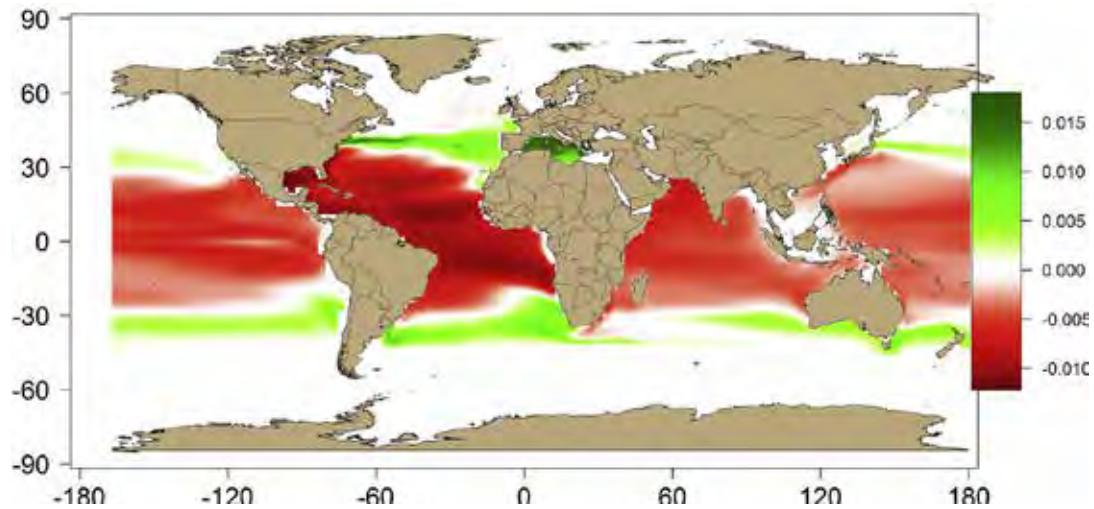
El calentamiento del mar y los cambios en otras variables oceanográficas esperados por el cambio climático para mediados y finales de siglo en el golfo de Bizkaia, podrían conllevar incrementos (entre 1,05 y 2,66 veces mayor que el presente) en la densidad de huevos de anchoa y un incremento en su área de puesta, de acuerdo a modelos de nicho ecológico (Erauskin-

Extramiana et al., 2019a). Por otro lado, esta especie posee una gran amplitud de nicho termal, esto es, una gran área biogeográfica, y es de vida corta (se reproduce con un año de edad). De todo ello, concluimos que la anchoa es una especie resiliente, poco vulnerable al cambio climático y probablemente favorecida en las costas guipuzcoanas por el calentamiento del mar.

Atunes y otros grandes predadores

Bajo escenarios de cambio climático, se esperan cambios importantes en la distribución y abundancia relativa de los atunes, especialmente a finales de siglo (2080–2099) (Erauskin-Extramiana et al., 2019b).

Para el atún rojo (stock Este, límite N), se espera un desplazamiento de 114 km hacia el norte para mediados de siglo y 708 km para finales de siglo (70,8 km/década) (Erauskin-Extramiana et al., 2019b). En longitud, se esperan desplazamientos de 10,9° hacia el este para mediados de siglo y 15° para finales de siglo. Por lo tanto, se espera un hábitat futuro menos favorable en las zonas donde operan las flotas españolas, aunque probablemente no sea relevante dada la capacidad fisiológica del atún rojo. Esta especie se reproduce exclusivamente en el Mediterráneo y en el golfo de México, y es más longevo que el tropical patudo, con un hábitat más restringido que el patudo. Por lo tanto, es una especie más vulnerable al cambio climático que el patudo y la flota española podría disminuir en el futuro.



12.14 Fig. Cambios esperados en la distribución del pez espada bajo escenarios (RCP8.5) de cambio climático para fin de siglo. Fuente: Erauskin-Extramiana et al. (2019b).

El **atún patudo** es una especie que se reproduce en todos los océanos y es menos longevo que el atún rojo. Se espera un desplazamiento de 166 km hacia el norte para mediados de siglo, 198 km para finales de siglo (19,8 km/década) (Erauskin-Extramiana et al., 2019b). En longitud, se espera un desplazamiento de 1,5° hacia el este para mediados de siglo y de 2,7° para finales de siglo. Así, se esperan cambios en su distribución y abundancia que se podrían traducir en cambios de su captura accesoria en las pesquerías de las flotas españolas que pueden ser positivos o negativos según la zona, podría disminuir en el futuro en las zonas más tropicales y aumentar en el Cantábrico.

Las proyecciones futuras estiman una disminución general del pez espada (*Xiphias gladius*) del 22% en la captura por unidad de esfuerzo, con disminuciones sustanciales en la mayoría de las áreas tropicales y un ligero aumento en los límites de su rango de distribución (que incluye el golfo de Bizkaia y zonas adyacentes), tanto en el hemisferio norte como en el sur.

Especies diádromas

Los peces diádromos son especies migratorias que se desplazan entre las aguas dulces y marinas con el fin de cerrar su ciclo de vital, como por ejemplo el salmón que vive en el mar cerca de la costa y remonta los ríos para reproducirse, o la anguila que en su fase adulta vive en los ríos y migra al mar de los Sargazos para reproducirse. En consecuencia, dichas especies son potencialmente vulnerables al cambio climático dado que pueden estar afectadas por los cambios de ambos medios. Estudios previos apuntan a que el cambio climático puede afectar a estas especies (Lassalle et al., 2009).

En el proyecto europeo INTERREG DIADES⁴⁹ se están estudiando los impactos futuros del cambio climático en este tipo de especies (sábalo, lamprea, salmón, trucha, mújol), y en concreto en la **anguila**. A día de hoy, esta especie es objeto de muchos estudios sobre su biología y ecología, si bien se desconoce cuál va a ser el impacto del cambio climático dado la complejidad de su ciclo vital y los factores que lo afectan (corrientes, rangos fisiológicos, zona geográfica de puesta). Bajo escenarios de cambio climático, se espera que el centro de gravedad latitudinal del nicho ecológico para larvas en etapa tardía se desplace hacia el norte gradualmente a lo largo de este siglo (Díaz et al., 2018), lo que podría afectar negativamente el reclutamiento de anguilas en los límites de la población del sur, si bien se desconoce el papel de las corrientes marinas y del nicho termal de la especie en dichas proyecciones futuras. Un análisis histórico de reclutamiento (proyecto CLIREMAR⁵⁰) indicó que esta especie puede verse afectada por el cambio climático en la península ibérica. Además, se trata de una especie longeva y que se reproduce en el mar de los Sargazos. Por lo tanto, es una especie potencialmente vulnerable al cambio climático y probablemente perjudicada en la península ibérica.

⁴⁹<https://www.azti.es/proyectos/diades/>

⁵⁰Proyecto CLIREMAR: Escenarios climáticos de los recursos marinos vulnerables de España. (2017-2018). Fundación Biodiversidad. Responsable: Guillem Chust

12.6 INCERTIDUMBRES

Una de las principales fuentes de incertidumbre en las proyecciones climáticas de los recursos marinos proviene de las múltiples respuestas de la producción primaria al calentamiento, la cual es la principal fuente de alimento de toda la red trófica y por lo tanto sustenta a los peces. El calentamiento del mar puede conllevar una mayor estratificación de la columna de agua. En zonas más tropicales, esta estratificación puede afectar negativamente la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento del fitoplancton marino. En cambio, en zonas con mucha mezcla, dicho incremento de la estratificación puede favorecer la producción primaria. En el caso del golfo de Bizkaia, además, hay aún un desconocimiento de los escenarios futuros de la producción primaria dada la complejidad del fondo oceánico, que los modelos globales no logran resolver por la falta de resolución espacial. Para reducir dicho grado de incertidumbre de las proyecciones es necesario desarrollar modelos biogeoquímicos acoplados a modelos hidroclimáticos regionalizados y forzados con escenarios de cambio climático.

Otras fuentes de incertidumbre provienen de la respuesta individual y adaptativa de los peces al calentamiento. De las tres principales respuestas de aclimatación (desplazamiento hacia los polos, cambios en fenología, profundización en la columna de agua), es difícil anticipar cual o cuales de ellas van a tener lugar para cada especie. La ausencia generalizada de datos en profundidad limita el esclarecimiento de los mecanismos de respuesta. La disponibilidad de este tipo de datos (disponible en muy pocas especies y de cobertura limitada como por ejemplo en el mercado de atunes (Arregui et al., 2018), o mediante las técnicas acústicas para el censo de la anchoa (Boyra et al., 2013)) permitirá ir hacia el desarrollo de modelos en 3D más completos.

En cuanto a grupos de especies, se destaca el poco conocimiento de los impactos del cambio climático en las especies demersales, esto es, de las que viven cerca del fondo del mar (ej. merluza, gallo). Si bien hay estudios a escala global o europea (Lenoir et al., 2011; Cheung et al., 2013; Lotze et al., 2019), hay pocos estudios específicos de especies demersales para el golfo de Bizkaia.

12.7 CONCLUSIONES

El cambio climático tiene impactos directos sobre el funcionamiento de los organismos. Los impactos afectan a diversas etapas del ciclo de vida y se manifiestan en la fisiología, morfología y comportamiento de los individuos. El cambio de las condiciones ambientales también afecta a las poblaciones, con cambios en los patrones de dispersión y reclutamiento. Los efectos a nivel de comunidad incluyen cambios tanto en la abundancia como en la intensidad de interacción entre especies.

A escalas temporales cortas, se estima con un nivel de confianza elevado, que el calentamiento del océano tendrá repercusiones perjudiciales en la fisiología de los peces, cambios en la distribución de especies y cambios en los índices de abundancia relacionados con las perturbaciones de los procesos de reclutamiento. Se esperan cambios en la cronología de los acontecimientos del ciclo biológico, que afectarán en especial a las especies de ciclos breve, como calamar o peces pelágicos pequeños. A escalas temporales largas, los impactos

dependerán de los cambios en la producción primaria neta y su transferencia a niveles tróficos más altos.

Los cambios observados y esperados se resumen en:

- Desplazamiento generalizado hacia el norte (en particular en la puesta del verdel)
- Adelanto generalizado de la fenología, en particular detectado en la puesta de la anchoa, y los juveniles de bonito en su migración trófica
- Incremento en la producción total de huevos de anchoa
- Disminución de las tallas de individuos
- Profundización de los peces en la columna de agua

En base a los cambios ya observados y los esperados en el escenario de calentamiento global, para analizar la evolución de las especies del golfo de Bizkaia se han seleccionado 5 indicadores básicos, los cuales podrían potencialmente aplicarse a cualquier especie:

DISTRIBUCIÓN (CENTRO DE GRAVEDAD O LÍMITES DE LA DISTRIBUCIÓN)	EL CALENTAMIENTO DEL MAR ESTÁ DESPLAZANDO YA, Y PREVÉ DESPLAZAR EN EL FUTURO, LA DISTRIBUCIÓN DE LAS POBLACIONES HACIA LOS POLOS.
ABUNDANCIA (BIOMASA O NÚMERO DE INDIVIDUOS), POR ZONAS	<p>COMO CONSECUENCIA DEL DESPLAZAMIENTO LATITUDINAL, LA ABUNDANCIA DE LAS POBLACIONES EN CADA FRANJA LATITUDINAL (FRANJA TERMAL) PUEDE VARIAR.</p> <p>LA ABUNDANCIA PUEDE ESTAR MUY INFLUIDA POR LA PESCA Y DISPONIBILIDAD DE ALIMENTO DE LA ESPECIE. POR TANTO, ES MEJOR USAR ESTE INDICADOR A UN CONJUNTO DE ESPECIES (COMUNIDAD) TENIENDO EN CUENTA SU NICHO TERMAL (VILLARINO ET AL., IN PRESS).</p>
FENOLOGÍA (EVENTO DE UN CICLO ESTACIONAL, EJ. MIGRACIÓN, PUESTA), POR ZONAS	EL CALENTAMIENTO DEL MAR PUEDE AVANZAR EL INICIO DE CIERTOS CICLOS ESTACIONES Y ATRASAR EL FIN DE ESTOS. HAY QUE CONSIDERAR QUE EL MOMENTO DEL AÑO EN QUE TIENE LUGAR EL EVENTO FENOLOGICO DEPENDE DE LA LATITUD.
DESPLAZAMIENTO EN PROFUNDIDAD	RELACIONADO CON EL CALENTAMIENTO.
TAMAÑO O PESO DE LOS INDIVIDUOS, POR ZONAS	RELACIONADO INVERSAMENTE CON EL CALENTAMIENTO DEL MAR (PAULY & CHEUNG, 2018). PUEDE ESTAR INFLUENCIADO POR LA PESCA Y DISPONIBILIDAD DE ALIMENTO DE LA ESPECIE.

12.4 Tabla. Indicadores propuestos para el seguimiento del impacto del cambio climático en el sector pesquero.

La siguiente tabla muestra los cambios observados y los proyectados para estos indicadores seleccionados:

TENDENCIAS OBSERVADAS				
ESPECIE (INDICADOR)	PERIODO	ZONA	TASA DE CAMBIO	REFERENCIA
VERDEL (CENTRO DE GRAVEDAD DE PUESTA)	1992-2013	NORESTE ATLÁNTICO	16 KM/DÉCADA HACIA EN N 28 KM HACIA EL N POR °C CALENTAMIENTO	BRUGE ET AL. (2016)
VERDEL (PRODUCCIÓN TOTAL DE HUEVOS)				
CHICHARRO (CENTRO DE GRAVEDAD DE LA PUESTA)	1992-2016	NORESTE ATLÁNTICO	INCREMENTO LATITUDINAL POR °C DE CALENTAMIENTO DEL MAR	CAÑIZARES (2019)
ANCHOA (PICO DE PUESTA)	1987-2015	GOLFO DE BIZKAIA	AVANCE DE 5,5 DÍAS/ DÉCADA	ERAUSKI-EXTAMIANA ET AL. (2019A)
ANCHOA (PRODUCCIÓN TOTAL DE HUEVOS)				
BONITO (MIGRACIÓN DE LOS JUVENILES)	1981-2017	DEL GOLFO DE BIZKAIA A AZORES Y MAR DE IRLANDA	AVANCE DE 2,3 DÍAS/ DÉCADA	CHUST ET AL. (2019)
ATÚN ROJO (STOCK ESTE, DISTRIBUCIÓN DEL LÍMITE N)				
ATÚN PATUDO (DISTRIBUCIÓN DEL LÍMITE N)				
GELIDIUM (BIOMASA)	1993-2016	COSTA GIPUZKOA	NO RELACIONADO DIRECTAMENTE CON EL CALENTAMIENTO. DISMINUCIÓN CON EL AUMENTO DEL OLEAJE	BORJA ET AL. (2018)

12.5 Tabla. Resumen de los indicadores bióticos de cambio climático. Fuente: Chust & Murillas (2020).

PROYECCIONES A FUTURO

HORIZONTE	ZONA	ESCENARIO	TASA DE CAMBIO	REFERENCIA
2040-2059 Y 2080-2099, RESPECTO A 2006-2020	NORESTE ATLÁNTICO	RCP8.5	175 KM (2040-2059) 328 KM (2080-2099) HACIA EL N	BRUGE ET AL. (2016)
2040-2059 Y 2080-2099, RESPECTO A 2006-2020	NORESTE ATLÁNTICO	RCP4.5 Y RCP8.8	-9,3 A 12%	BRUGE ET AL. (2016)
MITAD Y FIN DE SIGLO	GOLFO DE BIZKAIA	RCP8.5	INCREMENTO	ERAUSKI-EXTAMIANA ET AL. (2019A)
MITAD Y FIN DE SIGLO	ATLÁNTICO N	RCP8.5	114 KM HACIA EL N (MITAD DE SIGLO), 708 KM (FINALES DE SIGLO) (70,8 KM/DÉCADA)	ERAUSKI-EXTAMIANA ET AL. (2019B)
MITAD Y FIN DE SIGLO	ATLÁNTICO N	RCP8.5	166 KM HACIA EL N (MITAD DE SIGLO), 198 KM (FINALES DE SIGLO) (19,8 KM/DÉCADA)	ERAUSKI-EXTAMIANA ET AL. (2019B)



13.1 INTRODUCCIÓN

El sector energético (generación, transporte, transformación y comercialización de la energía) es esencial, al depender de él, directa o indirectamente, todos los sectores y ámbitos de actividad. Este sector presenta una doble relación con el cambio climático. En primer lugar, es uno de los principales responsables del cambio climático al ser el origen de más de tres cuartas partes de las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente por el uso y consumo de los combustibles de origen fósil. En segundo lugar, el sector energético se ve afectado por distintos impactos del cambio climático, tanto en la demanda como en la producción y transporte de energía, así como por daños estructurales en dichas infraestructuras esenciales e incluso por cambios indirectos debido a otros factores como los económicos. En este capítulo

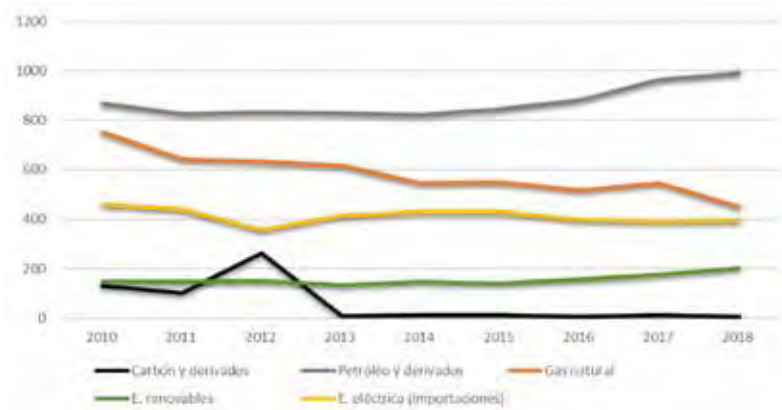
nos centraremos en este segundo punto, el análisis de las principales amenazas del cambio climático sobre el sector energético. El impacto propio del sector energético, como fuente de emisiones, se analizará en el Inventario Anual de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Gipuzkoa.

El cambio climático implica tanto cambios graduales de temperatura y precipitación, entre otras variables, como el aumento en la frecuencia de eventos extremos, tales como tormentas, inundaciones, olas de calor, etc., en general de corta duración pero que pueden provocar grandes impactos sobre las infraestructuras y equipos de generación, transporte y distribución, así como sobre la demanda.

13.2 CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR ENERGÉTICO EN GIPUZKOA⁵¹

Los derivados del petróleo, básicamente gasóleos y gasolinas, así como el gas natural se han convertido en los últimos años en las principales fuentes de energía tanto en Euskadi como en Gipuzkoa, representan casi

un 80% del total, donde ganan peso las renovables, en particular la biomasa, pese a que en total solo suponen el 7,23% del consumo interior bruto.



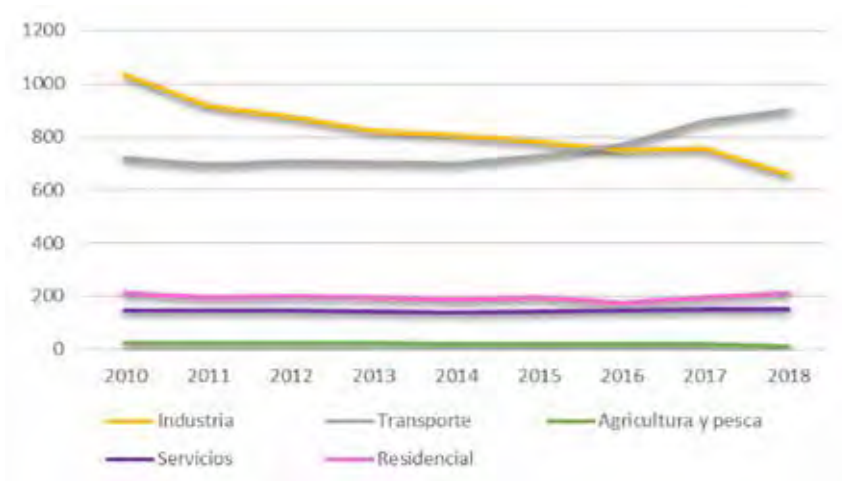
13.1 Fig. Evolución temporal del consumo interior bruto por energético en Ktep en Gipuzkoa 2010-2018 consumo final.

Fuente: Balance Energético 2018 de Gipuzkoa.

⁵¹Datos procedentes del Balance Energético 2018 de Gipuzkoa, elaborado por la Dirección General de Medio Ambiente de la DFG, en base a los datos facilitados por el EVE, para la Estrategia de Sostenibilidad Energética de Gipuzkoa 2050.

Actualmente, el gas natural representa el 22% de la demanda de energía del T.H., y el petróleo y sus derivados suponen el 49%. La energía eléctrica importada, a través de interconexiones con Francia y resto del Estado español, representa el 19,0% y las energías renovables el 10% del consumo energético bruto. Esto implica que el T.H. es mayoritariamente dependiente del suministro energético externo. No obstante, la Estrategia Guipuzcoana de Lucha Contra el Cambio Climático (ECLCC 20150) establece el objetivo de alcanzar un consumo de energía renovable del 80% sobre el consumo final para el año 2050 y el objetivo intermedio de alcanzar un consumo de energía renovable del 30% en el año 2030, así como la electrificación de la economía.

El porcentaje del consumo final de energía por sectores ha permanecido prácticamente constante durante los últimos 14 años. En promedio, durante este periodo el 34% del consumo corresponde al sector industrial, el 46,5% al transporte y el 11% al residencial. El consumo por tipo de recurso energético en estos principales sectores es de 42% gas natural y 39% energía eléctrica en la industria, el 96% en el transporte corresponde a derivados del petróleo y en el sector residencial el 42% corresponde a gas natural y el 45% a energía eléctrica. Estos datos muestran la gran dependencia en fuentes de energía de origen no renovable.

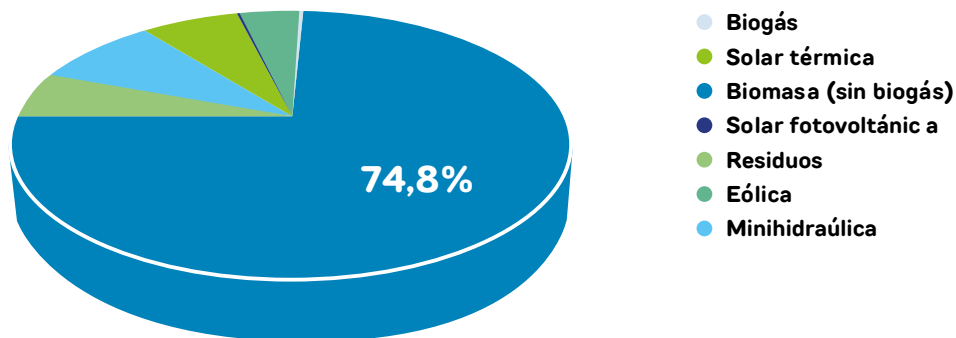


13.2 Fig. Evolución temporal del consumo interior bruto por energético en Ktep en Gipuzkoa 2010-2018 consumo final.

Fuente: Balance Energético 2018 de Gipuzkoa.

Las fuentes energéticas renovables abastecen el 10% del consumo interior bruto del territorio, desglosándose este dato en un 7,23% de producción primaria de renovables en Gipuzkoa y un 2,77% de biocombustibles de importación. En el año 2018, el mayor aprovechamiento se obtuvo de la biomasa aportando el 74,8% del total, seguido de minihidráulica (9,0%) y la solar térmica (7,5%).

La producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables se reparte principalmente entre la biomasa, 34,2%, la eólica 31,1% y la hidroeléctrica 31,1%, teniendo un papel generador menor la solar fotovoltaica con el 3,1%. Por otra parte, no hay que olvidar que parte de la energía eléctrica importada es de origen renovable.

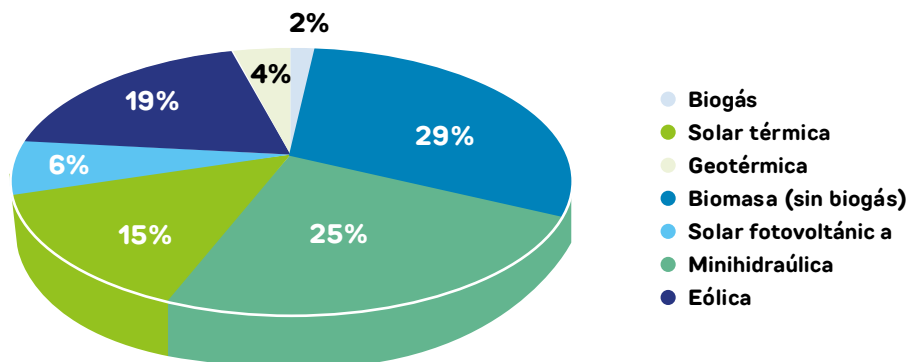


13.3 Fig. Producción de energías renovables en Gipuzkoa en 2018. Fuente: Balance Energético 2018 de Gipuzkoa.

13.2.1 INFRAESTRUCTURAS

La distribución en potencia instalada para los diferentes tipos de energía renovable indica, con los datos de 2018, que el 30% corresponde a la biomasa. A pesar de que la potencia instalada es menor que para la minihidráulica, solar térmica y eólica (59%), genera casi el 75% de la producción de energías renovables en el territorio.

Además de las instalaciones de energía renovable que inyectan energía eléctrica a la red, existen instalaciones que aprovechan biomasa para la generación de calor principalmente vía combustión. El tipo de biomasa principalmente usada son los residuos de madera de la industria de transformación y los residuos de madera para el sector residencial.



13.4 Fig. Producción de energías renovables en Gipuzkoa en 2018. Fuente: Balance Energético 2018 de Gipuzkoa.

La infraestructura de transporte y distribución de gas natural en Gipuzkoa consiste en dos redes troncales que atraviesan la provincia de oeste a este y de norte a sur. Por dichas redes circula el gas tratado en las plantas re-

gasificadoras de Bizkaia, y están conectadas, por Irún, con la red europea de gas. Esta interconexión dispone además de una estación de compresión de gas natural.



13.5 Fig. Mapa de las infraestructuras gasistas en España. Fuente: SIDE GAS Informe 2017.

La red de transporte de energía eléctrica consta de redes con diferentes niveles de tensión (400 kV, 220 kV y 132 kV). Además, existen distintos puntos de conexión de la red con Francia.



13.6 Fig. Red de sistemas de transmisión de la red de energía eléctrica. Se incluyen todas las líneas de transmisión para 220kV (verde) y 400 kV (rojo) y las subestaciones eléctricas de reparto. Fuente: Mapa de sistema de transmisión ENTRSO-E⁵².

⁵²<https://www.entsoe.eu/data/map/#5.73/41.88/2.457>



13.7 Fig. Mapa de interconexiones del sistema eléctrico con Francia, Portugal y Marruecos. Fuente: Red Eléctrica de España.

13.3 IMPACTOS EN EL SECTOR ENERGÉTICO

El cambio climático implicará riesgos específicos para cada una de las fuentes de energía, así como para la tecnología implicada, dependiendo de la fuente (agua, insolación, viento, etc.), proceso tecnológico (enfriamiento) o localización (costa, riberas). La subida de temperatura es el principal factor de impacto que afectará al rendimiento de las centrales térmicas, así como a la cogeneración, solar térmica y la biomasa.

El cambio climático puede implicar diferentes impactos en el sector energético, desde afecciones físicas en las plantas de generación y redes de distribución por eventos climáticos extremos, hasta pérdidas de rendimiento por mayores temperaturas y/o menores precipitaciones, así como aumentos en la demanda.

La energía renovable mantiene una doble relación con el cambio climático (Stern, 1998). Por un lado, se consideran como un instrumento esencial de las políticas de mitigación y aparecen como elemento esencial de las estrategias tanto locales como nacionales o europeas de lucha contra el cambio climático. Por otro lado, al

depender de flujos de energía directamente relacionados con las condiciones climáticas, se espera una mayor incidencia del cambio climático sobre este tipo de fuentes de energía, tanto en sentido positivo (mayor disponibilidad, por ejemplo, energía solar) como negativo (menor disponibilidad, por ejemplo, de agua) desde el punto de vista de la disponibilidad que en el caso de las que dependen de combustibles fósiles. Ello no quiere decir que estas últimas no se encuentren, en el caso de sus infraestructuras de extracción y distribución, también expuestas a fenómenos climáticos extremos que puedan afectar a su disponibilidad.

Al tratarse de un mecanismo esencial de mitigación, las energías renovables juegan un papel muy importante en el abastecimiento energético de ahí la necesidad de tener en cuenta, en los desarrollos futuros de este tipo de instalaciones los diferentes escenarios climáticos. Estos escenarios proyectan cambios de temperatura, radiación solar, humedad, nubosidad, precipitación o vientos, esto es, en variables críticas para los recursos energéticos renovables.

	VARIACIONES CLIMÁTICAS	POSIBLES IMPACTOS
CENTRALES TÉRMICAS (COMBUSTIBLES FÓSILES)	<ul style="list-style-type: none"> INCREMENTO DE LA TEMPERATURA CAMBIOS DE PRECIPITACIÓN Y AUMENTO DE LA TEMPERATURA, REDUCCIÓN DEL AGUA PARA REFRIGERACIÓN INCREMENTO DE LA FRECUENCIA DE OLA DE CALOR SEQUIÁS: REDUCCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA 	<ul style="list-style-type: none"> REDUCCIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL PROCESO DE CONVERSIÓN TÉRMICA Y REDUCCIÓN DE LA OPERATIVIDAD, CORTES DE SUMINISTRO REDUCCIÓN EN LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EXACERBACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL AUMENTO DE TEMPERATURA: REDUCCIÓN DE LA EFICIENCIA DE REFRIGERACIÓN Y PRODUCCIÓN, SOBRECALENTAMIENTO REDUCCIÓN DE LA OPERATIVIDAD, CORTES DE SUMINISTRO
E. HIDROELÉCTRICA	<ul style="list-style-type: none"> REDUCCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA CAMBIOS INTERANUALES Y ESTACIONES EN LOS CAUDALES DE CAPTACIÓN INUNDACIONES 	<ul style="list-style-type: none"> DISMINUCIÓN DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA CAMBIOS ANUALES Y ESTACIONALES EN LA POTENCIA DE SALIDA, PÉRDIDA DE POTENCIA EN EL CASO DE CAUDALES PICOS MUY ELEVADOS DAÑOS ESTRUCTURALES DIRECTOS O INDIRECTOS, PÉRDIDA DE POTENCIA
BIOMASA	<ul style="list-style-type: none"> INCREMENTO DE LA TEMPERATURA INCREMENTO DEL CO₂ ATMOSFÉRICO CAMBIOS EN EL RÉGIMEN DE PRECIPITACIONES CONDICIONES CLIMÁTICAS EXTREMAS: INCENDIOS, SEQUÍA 	<ul style="list-style-type: none"> CAMBIOS EN LA FERTILIDAD DE LOS CULTIVOS Y PRODUCTIVIDAD PUEDA FAVORECER EL CRECIMIENTO DE DETERMINADOS CULTIVOS REDUCCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD
E. SOLAR	<ul style="list-style-type: none"> INCREMENTO DE LA TEMPERATURA CAMBIOS EN LA COBERTURA NUBOSA OLAS DE CALOR GRANIZO 	<ul style="list-style-type: none"> AUMENTO DE LA EFICIENCIA DE LA SOLAR TÉRMICA, DISMINUCIÓN DE LA FOTOVOLTAICA Y SOLAR DE CONCENTRACIÓN LA REDUCCIÓN DE COBERTURA NUBOSA SERÁ BENEFICIOSA PARA ESTE TIPO DE TECNOLOGÍA DAÑO MATERIAL EN LA FOTOVOLTAICA, REDUCCIÓN DE POTENCIA EN FOTOVOLTAICA Y SOLAR DE CONCENTRACIÓN DAÑO MATERIAL EN LA SOLAR TÉRMICA
E. EÓLICA	<ul style="list-style-type: none"> RÉGIMEN DE VIENTOS VELOCIDAD DEL VIENTO EXTREMAL 	<ul style="list-style-type: none"> CAMBIOS EN EL POTENCIAL EÓLICO DAÑOS ESTRUCTURALES
E. MARINA	<ul style="list-style-type: none"> CAMBIOS EN EL RÉGIMEN DE VIENTOS Y POR TANTO DE OLAJE 	<ul style="list-style-type: none"> CAMBIOS EN EL POTENCIAL ENERGÉTICO DAÑOS ESTRUCTURALES

13.1 Tabla. Principales impactos del cambio climático y eventos climáticos extremos en las distintas fuentes de energía.
Fuente: modificada de IPCC (2014).

En este capítulo nos centramos en el análisis de la vulnerabilidad del sector energético en el T.H. de Gipuzkoa. Para ello analizamos, de forma genérica, las potenciales amenazas del cambio climático sobre todas las fuentes de energía existentes o que presentan un potencial

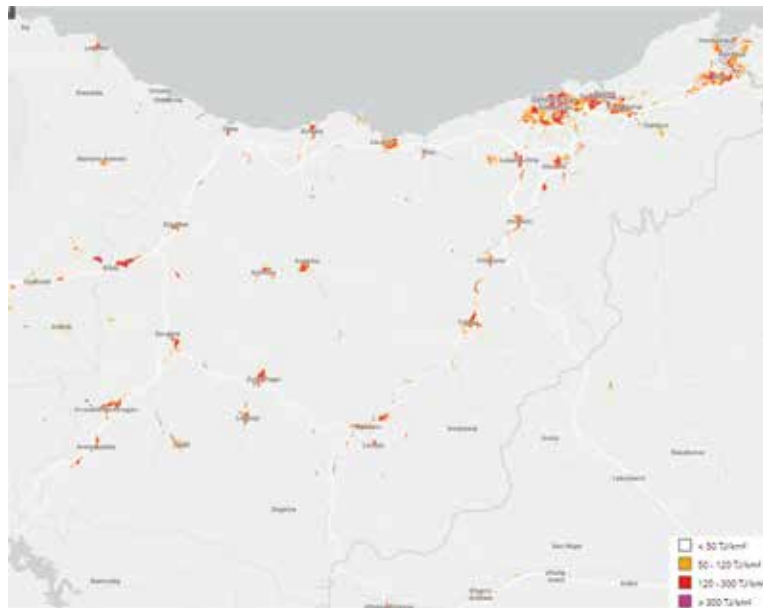
de desarrollo en el territorio. Se analizan también otras fuentes de energía importadas, aunque no se encuentren en el territorio, dado que su vulnerabilidad implica riesgo para el Territorio.

13.3.1 CAMBIOS EN LA DEMANDA

El incremento de la temperatura tiene dos efectos contrapuestos sobre la demanda de energía, disminuyendo la demanda en invierno e incrementándose durante los periodos cálidos.

Por un lado, y dado que, en gran medida la demanda de energía se utiliza para procesos de calentamiento al suavizarse los inviernos es previsible que se reduzca la demanda de energía para calefacción de los hogares, tanto por suministro de electricidad como de gas. En Europa, el 27% del consumo final de energía se destina a la calefacción de hogares e industria, y un 16% a los

procesos de calentamiento para procesos industriales, mientras que a nivel nacional corresponden al 32% y 40%, respectivamente (Heat Roadmap, 2019). Cerca del 43% de la demanda de energía para satisfacer las demandas de calor y refrigeración corresponde al gas, especialmente en el sector industrial, 15,6% a los derivados del petróleo, y 12% a la biomasa, que representa el 21% en el sector residencial (Heat Roadmap, 2019). En el sector industrial la demanda de energía puede ser mayor en Gipuzkoa, dada la alta industrialización del territorio, con demandas elevadas en los principales polos industriales y en los situados en los diferentes municipios.

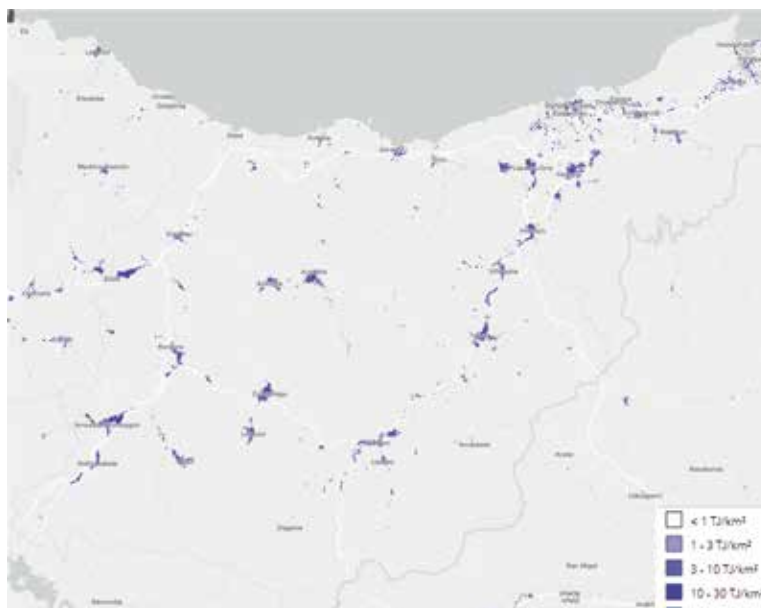


13.8 Fig. Densidad de demanda de calefacción. Fuente: Pan-European Thermal Atlas 4.3.

En verano, sin embargo, cuando se proyectan incrementos de olas de calor más intensas y prolongadas en el tiempo, se espera un incremento en la demanda de electricidad para aire acondicionado y equipos de refrigeración. Por ejemplo, durante la ola calor en verano de 2003, la demanda nacional de energía eléctrica en agosto aumentó en un 12,6% respecto al mismo mes del año anterior (Red Eléctrica de España⁵³). Esta mayor demanda, por incremento de temperaturas, puede coincidir además con limitaciones en la operatividad de gran número de fuentes de energía (por cortes de suministro eléctrico,

por ejemplo). Los estudios coinciden especialmente en proyectar un aumento de la demanda para refrigeración. Sin embargo, distintos estudios también coinciden en que los incrementos o descensos en la demanda de energía, únicamente atribuibles al cambio climático, en los países europeos, será inferior al 5% a mediados de siglo (Mima & Criqui, 2015; Damm et al., 2017). No obstante, la demanda durante periodos pico, como las mencionadas olas de calor, sí podría verse incrementada, provocando las mencionadas situaciones de cortes o falta de suministro eléctrico.

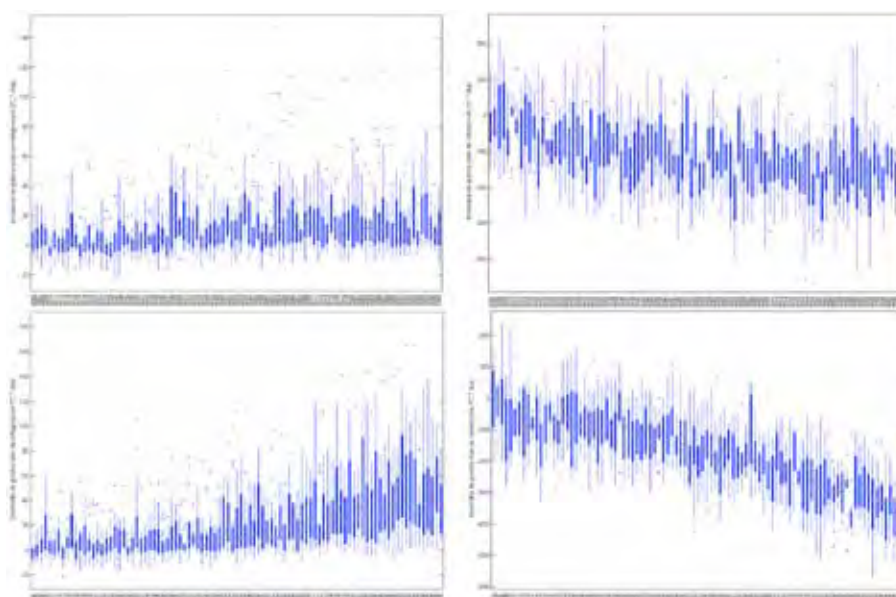
⁵³<https://www.ree.es/es/datos/publicaciones/informe-anual-sistema>



13.9 Fig. Densidad de demanda de refrigeración. Fuente: Pan-European Thermal Atlas 4.3.

Los grados-días de refrigeración (cooling degree days) y los grados-días de calefacción (heating degree days) se pueden utilizar como indicadores de la demanda de energía para enfriamiento y calefacción, respectivamente, en edificios. Las proyecciones realizadas bajo los distintos escenarios, RCP4.5 y RCP8.5, indican mayores cambios a finales de siglo para ambos escenarios, tanto para el incremento de los días de refrigeración como en especial el descenso de los días grado de calefacción, como consecuencia de una elevación progresiva de la temperatura media a lo largo del siglo. Así, se espera un incremento de los grados-días de refrigeración de $0,5 \text{ }^\circ\text{C días año}^{-1}$ y un descenso de $-3,26 \text{ }^\circ\text{C días año}^{-1}$

para los grados-días de calefacción. Estos parámetros solo tienen en cuenta la temperatura exterior como elemento de impacto, no considerando otros factores como la radiación solar, las características de humedad y de construcción tales como masa térmica, que afectan en gran medida a la demanda de energía de un edificio. Estudios que sí tienen en consideración algunos de estos factores concluyen que, las zonas de clima cálido experimentarían un incremento neto de la demanda de energía para refrigeración y calefacción hacia la década de 2080, mientras que las ciudades en zonas de clima frío experimentarían una reducción neta (Wang & Chen, 2014).



13.10 Fig. Proyección de las anomalías, respecto al periodo medio 1971-2000, de (izq.) grados-días de refrigeración (Cooling Degree Days) y (drcha.) grados-días de calefacción (Heating Degree Days) para los escenarios RCP4.5 (parte superior) y RCP8.5 (parte inferior) en Gipuzkoa. Fuente: Escenarios PNACC 2017.

Además de los cambios en las variables climáticas, la demanda de energía también se verá afectada por cambios socioeconómicos, cambios demográficos,

cambios de estilo de vida, o cambios en el diseño y construcción de edificios, algunos de ellos motivados por o a consecuencia del cambio climático.

13.3.2 INFRAESTRUCTURAS DE DISTRIBUCIÓN Y TRANSMISIÓN

Las instalaciones de transporte y distribución de energía, especialmente de electricidad, son también sensibles a las condiciones climáticas.

El aumento de la temperatura limita la potencia de distribución de las líneas de alta tensión y de los

transformadores, al limitar la capacidad de disipar el calor, aumentando las pérdidas del sistema o la sobrecarga de la red (Eskeland et al., 2008). La distribución de energía es especialmente vulnerable en momentos pico de demanda de electricidad, como las olas de calor, cuando se puede llegar a cortar al suministro de energía.

	VARIACIONES CLIMÁTICAS	POSIBLES IMPACTOS
TUBERÍAS	INCREMENTO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO, TORMENTAS, INUNDACIONES, MOVIMIENTOS DE TIERRAS	DAÑO SOBRE LAS INFRAESTRUCTURAS, EQUIPAMIENTOS
RED DE ELECTRICIDAD	<ul style="list-style-type: none"> INCREMENTO DE LA TEMPERATURA MEDIA INCREMENTO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO, TORMENTAS OLAS DE CALOR 	<ul style="list-style-type: none"> INCREMENTO DE LAS PÉRDIDAS EN LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN DAÑO MATERIAL SOBRE LAS LÍNEAS DE TENDIDO, TORRES, SUBESTACIONES SOBRECALENTAMIENTO DE LÍNEAS Y TRANSFORMADORES

13.2 Tabla. Principales impactos del cambio climático y eventos climáticos extremos en la distribución de energía. Fuente: modificada de IPCC (2014).

La mayor frecuencia de eventos climáticos extremos, como inundaciones o vientos fuertes que causan la caída de árboles, aumenta la frecuencia con la que se causan daños sobre las infraestructuras básicas y la red de distribución de red eléctrica, provocando interrupciones y cortes de suministro.

El aumento del nivel del mar y eventos extremos pueden dañar infraestructuras portuarias clave en la importación de combustibles fósiles (derivados del petróleo y gas natural principalmente) o interrumpir el abastecimiento de los mismos por la mayor frecuencia de eventos marítimos extremos.

13.3.3 COMBUSTIBLES FÓSILES

El cambio climático afectará al aprovisionamiento de gas natural y derivados del petróleo, tanto por afectar a la producción en las regiones de origen, como al transporte desde estas regiones al T.H. Si bien en Gipuzkoa no disponemos ni de puertos de llegada de estos combustibles ni instalaciones regasificación, la alteración en estos procesos afectará al suministro para satisfacer la demanda de gas del T.H. Se enumeran a continuación algunos de los posibles riesgos.

Por ejemplo, el transporte por vía marítima podría verse alterado interrumpiendo el suministro. El aumento de fenómenos extremos y la reducción en la operatividad

portuaria afectará al abastecimiento de estos combustibles.

El aumento de la temperatura puede, sin embargo, favorecer el transporte y la distribución y la regasificación, al reducir la viscosidad de los líquidos. En contra, la licuefacción en origen podría verse limitada por el incremento de la temperatura, y aunque este tipo de instalaciones no existe en el T.H. de Gipuzkoa, este efecto por encima de un determinado umbral podría influir negativamente en la oferta internacional de gas (López Zafra et al., 2005).

13.3.4 ENERGÍA TÉRMICA

El aumento de la temperatura reduce, en general, la eficiencia de estas tecnologías. Para un aumento de temperatura de 1°C se estima una reducción de un 0,6% en las centrales de gas, debido a la pérdida de eficiencia térmica (Linnerud et al., 2011).

Las centrales térmicas que utilizan agua para su refrigeración son vulnerables tanto a la reducción en la disponibilidad de agua como al aumento de la temperatura del agua de captación que podrían afectar a los procesos de enfriamiento y producción. Estos riesgos, por separados o en combinación, pueden llevar

a interrumpir la producción y a cortar el suministro. Esto puede llegar a producirse incluso si la cantidad de agua disponible para refrigeración es suficiente, ya que la temperatura del curso de agua natural (río, embalse) al que se devuelve el agua de refrigeración no debe exceder una temperatura límite establecida para la protección de los ecosistemas. Por ejemplo, durante las olas de calor de 2003, 2006, 2009 y 2018 en Europa, numerosas instalaciones cesaron su operación temporalmente tanto por la falta de disponibilidad de agua como para prevenir excesos de temperatura límite del agua superficial (Paskal, 2009; Dubus, 2010; Reuters, 2018).

13.3.5 ENERGÍA HIDROELÉCTRICA

Gipuzkoa cuenta actualmente con 46 pequeñas centrales hidroeléctricas, con una potencia instalada de 26.754 kW. La disponibilidad de agua es la base de estas infraestructuras, el agua desarrolla energía cuando cae de un salto o baja una pendiente. Por lo tanto, la generación de energía depende directamente de la disponibilidad de recursos hídricos y por tanto del ciclo hidrológico. Hasta el momento, el potencial hidroeléctrico del territorio ha sido elevada. Sin embargo, presenta baja tasas de crecimiento por restricciones medioambientales y administrativas.

Las proyecciones regionalizadas para Gipuzkoa prevén cambios de temperatura, de evapotranspiración y del

patrón de precipitaciones, y por tanto de la escurrentía y disponibilidad de agua. En concreto, la disminución del 11% de la precipitación anual a finales de siglo, así como periodos más prolongados de sequía y mayor frecuencia de lluvias torrenciales y reducciones de los caudales de entre 3% y 17%, en función de la época del año y escenario analizado.

Los cambios mencionados muestran únicamente ligeras variaciones lo que no parece que pueda afectar en gran medida a la producción hidroeléctrica del T.H. En periodos de reducción de caudal y sequía se reducirá la disponibilidad de agua para captación y producción de energía hidroeléctrica. En este caso, las centrales de

agua fluyente son las más vulnerables al tener limitada capacidad de regular los caudales, como sí ocurre en las centrales de regulación o a pie de presa, en la que los impactos de la variabilidad intra e interanual se verían atenuados. La mayoría de estas instalaciones se encuentran ya instaladas y no requieren de grandes

inversiones por lo que la disminución de los flujos no afectará a su viabilidad. Tampoco es probable que se desarrollen nuevos aprovechamientos. Por otro lado, los eventos de caudal excesivo durante los periodos de lluvia torrencial pueden dañar las infraestructuras de las centrales hidroeléctricas.

13.3.6 BIOMASA

La biomasa es la principal fuente de energía renovable en el Territorio. La biomasa forestal (principalmente en forma de cogeneración en la industria papelera) representa el 54% de la producción de energías renovables. El sector industrial concentra la mayor parte del consumo total de biomasa, a pesar de ser cada vez mayor la utilización de aplicaciones domésticas.

El efecto del cambio climático sobre la biomasa es mucho más complejo que sobre el resto de los recursos renovables. El cambio climático puede afectar a esta fuente de energía a través de cambios en la temporada de cultivo, cambios en las propiedades del suelo, en la productividad de los cultivos y cambios de los recursos forestales. La reducción de la disponibilidad de agua,

incremento de incendios forestales y el aumento de la temperatura puede afectar negativamente a dichos factores. En el análisis de las posibles amenazas del sector agroforestal ya se analizan las principales amenazas y la sensibilidad de este sector al cambio climático. En él se señala la especial vulnerabilidad de las plantaciones intensivas de especies forestales como *Pinus radiata* y eucalipto, y ligeramente menor para las demás especies forestales.

El aumento de la temperatura reduce la eficiencia general del uso industrial de la biomasa. Además, la disminución de lluvias reduce la disponibilidad de agua para procesos de enfriamiento y producción.

13.3.7 SOLAR

La energía solar fotovoltaica presenta un gran potencial en la generación eléctrica renovable. El cambio climático podría afectar a la producción de energía solar, siendo la temperatura el factor principal que limitará la eficiencia de estas instalaciones. El aumento de la temperatura dificulta la disipación del calor, fenómeno más crítico en el caso de la solar fotovoltaica ya que el rendimiento de las células disminuye con la temperatura. Por ejemplo, la producción de energía fotovoltaica se estima que se reduce en un 0,45% por cada grado de aumento de la temperatura bajo el escenario RCP4.5 (Peters & Buonassisi, 2019).

Otros factores también pueden limitar la generación de energía solar. Así, la disminución de la frecuencia de precipitaciones y la mayor intensidad de los vientos, pueden afectar a la eficiencia, tanto de la energía fotovoltaica como de la solar térmica, debido al arrastre de partículas de polvo sobre las placas solares que provoca el ensuciamiento de paneles y heliostatos (espejos

concentradores de los rayos solares en las centrales térmicas de concentración), limitando el rendimiento y llegando incluso a detener la operación de la planta. Eventos de lluvia torrencial, especialmente acompañada de granizo, también puede causar daños materiales y reducir la operatividad de estas plantas.

La energía solar de concentración se vería favorecida por el incremento de la temperatura. Se estiman incrementos en el potencial del 10-20% para distintos países europeos para mitad de siglo (Wild et al., 2017). Sin embargo, con la tecnología existente actualmente, la menor disponibilidad de agua puede afectar los procesos de enfriamiento de esta tecnología, al dificultar la disipación de calor, lo que podría limitar su futuro potencial.

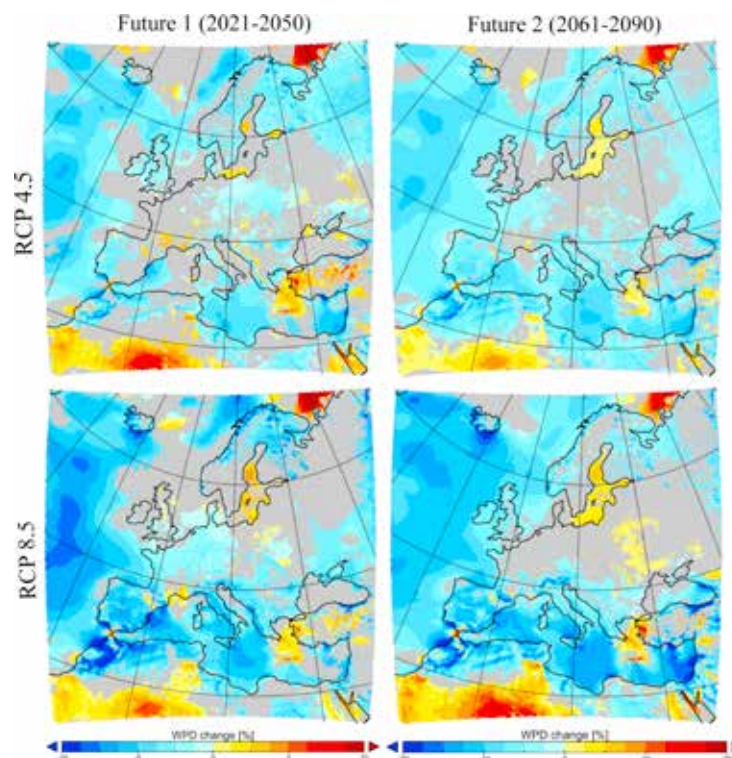
La disminución de la nubosidad puede favorecer a la tecnología solar térmica, que es la más afectada por la nubosidad al requerir radiación solar directa.

13.3.8 EÓLICA

En la actualidad, el desarrollo de la energía eólica en Gipuzkoa es muy limitado. Sin embargo, de acuerdo a la Estrategia Energética de Euskadi 2030, la energía eólica es uno de los pilares fundamentales en el desarrollo de las energías renovables para 2030.

Los principales impactos del cambio climático sobre la energía eólica derivan de los cambios en la fuente de energía, esto es, de cambios en la dirección, velocidad promedio y temporalidad del régimen de vientos. Las proyecciones estiman que en las próximas décadas la densidad de energía eólica media multi-interanual variará poco, se mantendrá en el $\pm 5\%$ del valor medio de los últimos

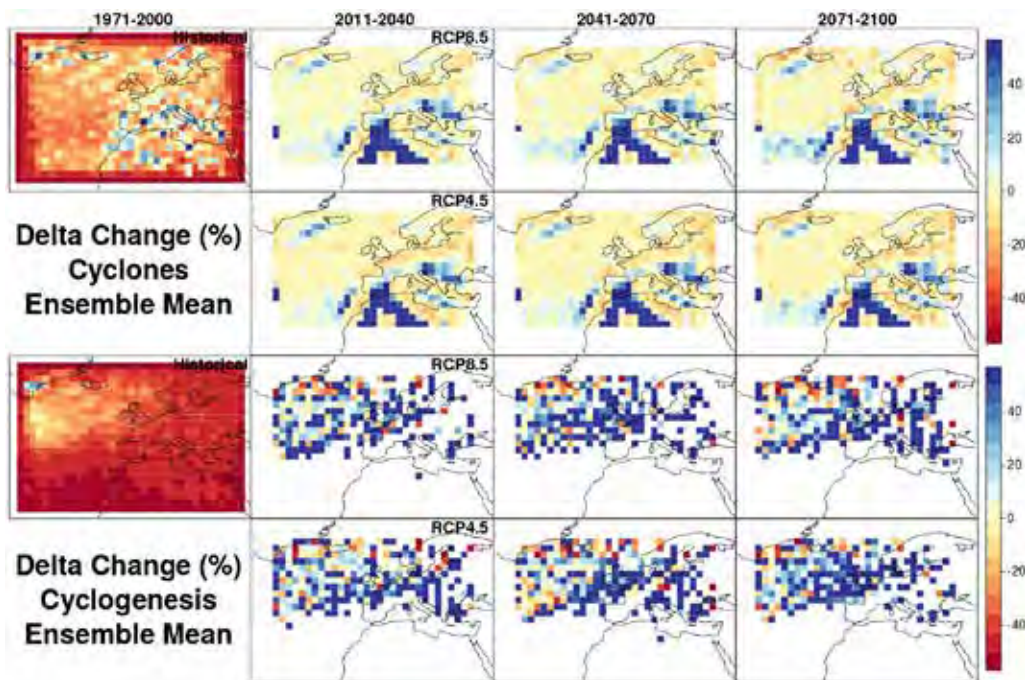
20 años sobre Europa (Prior & Barthelmie, 2010; Tobin et al., 2014, 2016; Reyers et al., 2016). A nivel estatal, las proyecciones estiman cambios moderados en la velocidad del viento, siempre inferiores al 3% (Gómez et al., 2016). Sin embargo, es menos conocida la variación interanual, la estacional o diurna, así como las variaciones espaciales específicas y como éstas podrían afectar a la eficiencia de estas instalaciones. Algunos estudios sugieren una mayor variabilidad estacional, con descensos en la producción eólica en invierno e incrementos en verano (ej. Hosking et al., 2018). De todas formas, es necesaria una gran cautela al respecto, puesto que lo relevante es el régimen de vientos del emplazamiento concreto.



13.11 Fig. Porcentaje de cambio, respecto al periodo 1979–2004, en la densidad de potencial eólico para dos periodos de tiempo, (izq.) 2021–2050 y (drcha.) 2061–2090, para los escenarios (superior) RCP4.5 y (inferior) RCP8.5. Fuente: Davy et al. (2018).

Tanto la falta de viento como el exceso del mismo limitan la actividad de estas instalaciones, en general por debajo de 3 m s^{-1} y por encima de $20\text{--}25 \text{ m s}^{-1}$ de velocidad del viento. Por lo tanto, situaciones de estabilidad térmica o eventos de extrema estabilidad, anticiclones en invierno y verano, o eventos tormentosos con vientos muy fuertes, afectarán a la producción de energía eólica. Por ejemplo,

el número de eventos de viento extremo, comúnmente durante el paso de ciclogénesis, se incrementará ligeramente a finales de siglo para el peor de los escenarios. Para escenarios más optimistas o periodos más próximos no se proyectan grandes cambios en el número anual de estos eventos.



13.12 Fig. Cambio futuro relativo al periodo histórico (1971-2000) proyectadas por los modelos del CMIP5 en el Atlántico Norte para tres periodos futuros. Fuente: Herrera García (2018).

La rugosidad del terreno es otro parámetro que afecta a la eficiencia de estos sistemas. Cambios en los usos del suelo o cambios de las variables climáticas que alteren la cobertura vegetal también pueden modificar la eficiencia de estos sistemas.

La eólica marina no se ha desarrollado todavía en el territorio. Sin embargo, dada la importante superficie marina y la importante disposición de vientos continuos sobre el mar, hace que este sea un recurso con gran potencial en el futuro. En el litoral este de la península, se han proyectado cambios inferiores al 5% en la mayoría de las áreas para el viento offshore (Soares et al., 2017).

13.3.9 UNDIMOTRIZ

El mar contiene un gran potencial energético renovable. Esta energía se manifiesta principalmente en el oleaje, en las mareas y corrientes o en el gradiente vertical de temperatura entre superficie y fondo. La energía de las olas es la única de estas energías con potencial de aprovechamiento en Gipuzkoa. En concreto, ya cuenta en la actualidad con una instalación que aprovecha la energía de las olas para la generación de electricidad, localizada en Mutriku.

La subida del nivel del mar, eventos extremos en el mar y oleaje extremo pueden dificultar la operatividad de estas infraestructuras, pudiendo llegar incluso al cese de la actividad. No se proyectan grandes cambios en el oleaje en costa para el litoral cantábrico (Camus et al., 2017). Sin embargo, el efecto combinado de la subida del nivel medio del mar con eventos extremos puede llevar al cese de la actividad, o al daño estructural.

13.4 CONCLUSIONES

El cambio climático implica también riesgos para el sector de la energía, al ser vulnerable a una serie de impactos directos e indirectos sobre sus infraestructuras o su oferta y demanda. Al ser el T.H. de Gipuzkoa importador de energía y con limitadas infraestructuras generadoras de energía, la influencia del cambio climático en el territorio sobre las instalaciones será limitada pero crítica. Las variables climáticas con una mayor influencia sobre el sector energético con la temperatura, horas de insolación, precipitación, velocidad del viento o humedad relativa.

Es probable que el incremento de la temperatura reduzca la demanda de calefacción de los hogares mientras que incrementará la demanda en refrigeración. Distintos estudios sugieren que los cambios en la demanda de energía eléctrica total a escala nacional, atribuibles únicamente al cambio climático, será inferior al 5% a mitad de siglo (Mima & Criqui, 2015; Damm et al., 2017; Wenz et al., 2017). Cambios mayores, como los esperados en la demanda para la refrigeración, se incrementarán a finales de siglo, cuando se intensifica el incremento de temperatura.

Los efectos sobre las fuentes de energía, tecnologías e infraestructuras dependerán de los recursos primarios utilizados, los procesos tecnológicos y la ubicación.

Así, la energía hidráulica podrá verse afectada por la irregularidad del régimen hídrico al proyectarse pequeños descensos de los caudales, la energía eólica o undimotriz no parece que vayan a experimentar diferencias, la energía solar podría verse favorecida por una reducción de la nubosidad, si bien el aumento de la temperatura puede reducir la eficiencia de estos sistemas.

Los eventos climáticos extremos podrían reducir la fiabilidad del suministro de energía en un 16%, pudiendo acarrear incluso interrupciones en el suministro (Perera et al. 2020). Por ejemplo, durante las olas de calor en las que la demanda de energía aumentará significativamente para la refrigeración, el desajuste entre la demanda y la generación de energía será mucho mayor que en condiciones de funcionamiento normal.

Con el fin de analizar el impacto del cambio climático sobre el sector energético, además de indicadores utilizados sobre otros sectores con implicación en la generación de energía como precipitación o caudal, se proponen los siguientes indicadores combinados (propuestos en el proyecto INDECIS⁵⁴) para ser monitorizados en el marco del Observatorio de Cambio Climático de Naturklima:

NÚMERO DE DÍAS CON TEMPERATURA MÍNIMA INFERIOR A 10°C
UNIVERSAL THERMAL CLIMATE INDEX: CONSIDERA LA TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA, RADIACIÓN SOLAR Y LA VELOCIDAD DEL VIENTO
MOULD INDEX: NÚMERO DE DÍAS EN LOS QUE LA HUMEDAD RELATIVA ES SUPERIOR A 90% Y LA TEMPERATURA SUPERIOR A 10°C
HEAT INDEX: COMBINA LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA PARA INDICAR LA TEMPERATURA PERCIBIDA
WIND CHILL INDEX: COMBINA TEMPERATURA Y VIENTO
DÍAS CON VELOCIDAD EL VIENTO MAYOR A 21 m/S
DÍAS CON VELOCIDAD MEDIA DL VIENTO INFERIOR A 2 m/S
VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO
GRADOS-DÍAS DE REFRIGERACIÓN
GRADOS-DÍAS DE CALEFACCIÓN
CONSUMO FINAL DE ENERGÍA
INTENSIDAD ENERGÉTICA FINAL

13.3 Tabla. Indicadores propuestos para el seguimiento del impacto del cambio climático en el sector energético.

⁵⁴<http://www.indecis.eu/indices.php>



14.1 INTRODUCCIÓN

El transporte es uno de los sectores claves de nuestra sociedad. Es habitual tratar este sector desde la perspectiva de la mitigación, no en vano, contribuye con un cuarto de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial (SLoCaT, 2018). En Gipuzkoa, las emisiones debidas a este sector continúan al alza desde el año 2005 y, en 2018, representaron el 42% de las emisiones GEI en el T.H. (Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Gipuzkoa, 2018). Sin embargo, los sistemas e infraestructuras de transporte también están expuestos a las condiciones meteorológicas, por lo que cambios en

estas condiciones como consecuencia del cambio global, generarán una serie de impactos directos e indirectos sobre las propias infraestructuras, la operatividad del sistema y la explotación de los servicios del sector transporte.

Muchas de estas condiciones meteorológicas a las que puede ser vulnerable el transporte están relacionadas con situaciones extremas (ej. tormentas, lluvias intensas, olas de calor, oleaje) que resultan en impactos adversos sobre el medio físico (ej. inundaciones, deslizamientos, desprendimientos) que terminan por afectar al transporte.

El cambio climático podría provocar el deterioro, la pérdida temporal o permanente de infraestructuras, interrupciones en el servicio, cambios en la operatividad o en el mantenimiento y criterios de diseño de infraestructuras del transporte.

Las infraestructuras asociadas al transporte están diseñadas para soportar cierta variabilidad climática, utilizando para ello como referencia la probabilidad de ocurrencia de un evento concreto en un periodo concreto (periodo de retorno). Además, se realizan operaciones de mantenimiento periódicas para mantener la resiliencia de equipamientos e infraestructuras frente a estas condiciones meteorológicas. El cambio climático

podría, bien modificar los actuales niveles de riesgo o bien provocar la aparición de nuevos riesgos que puedan resultar en la pérdida permanente o temporal de infraestructuras, interrupciones del servicio, o cambios en los criterios para el diseño de nuevas infraestructuras, su operatividad e incluso el propio mantenimiento de las infraestructuras.

14.2 INFRAESTRUCTURAS DEL TRANSPORTE EN GIPUZKOA

El conjunto del sistema de transporte de Gipuzkoa está compuesto por una extensa red de infraestructuras viarias, ferroviarias, portuarias y aéreas. La incidencia del transporte urbano (viaria, ciclista o peatonal) no se ha analizado en detalle, los riesgos de este están determinados por la exposición y vulnerabilidad

analizada para cada uno de los núcleos urbanos (olas de calor, inundación o subida del nivel del mar) y los riesgos analizados en este capítulo para los principales modos de transporte que en números casos atraviesan los núcleos urbanos o estos espacios sirven como conectores de los distintos modos de transporte.

SISTEMA	INFRAESTRUCTURA	ÓRGANO TITULAR	ENTE/OPERADOR
SISTEMA VIARIO	RED GRAL. CARRETERAS	DFG	CONCESIONARIO/PRESTATARIO DE SERVICIO PÚBLICO DE TRANSPORTE USUARIO PARTICULAR
	RED URBANA	AYUNTAMIENTOS	
	AUTOPISTA	DFG	
SISTEMA FERROVIARIO	RED TRANSEUROPEA RED PENINSULAR	ESTADO	ADIF Y RENFE
	RED MÉTRICA	CAPV	ETS Y EUSKOTREN
SISTEMA PORTUARIO	PUERTOS INTERÉS GENERAL	ESTADO	AUTORIDAD PORTUARIA
	PUERTOS AUTONÓMICOS	CAPV	CAPV
SISTEMA AÉREO	AEROPUERTO DE INTERÉS GENERAL	ESTADO	AENA
SISTEMA DE CABLE	ASCENSORES Y FUNICULARES	CAPV, DFG, AYUNTAMIENTOS	PRIVADOS PÚBLICOS
SISTEMA DE TRANSPORTE INTERMODAL	CENTROS DE TRANSPORTE Y LOGÍSTICA	CONSORCIOS/ENTIDADES PÚBLICAS, PRIVADAS, MIXTAS	OPERADORES LOGÍSTICOS

14.1 Tabla. Sistema de transportes de Gipuzkoa. Fuente: Plan Director del Transporte Sostenible 2030⁵⁵.



14.1 Fig. Principales infraestructuras de transporte en Gipuzkoa. Fuente: DFG.

⁵⁵https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/garraioak_iraunkorrearen_gida/es_def/adjuntos/PDTS_Euskadi_2030_ES.pdf

14.2.1 RED VIAL

La red de carreteras de Gipuzkoa está fuertemente condicionada por la orografía. Consta de un total de 1.326,217 km, repartidos entre los distintos tipos de carretera según su funcionalidad, la Red de Interés Preferente (Red Roja 287,918 km), Red Básica (Red Naranja 125,975

km), Red Comarcal (Red Verde 295, 252 km), Red Local (Red Amarilla 215,525 km), Red Local (Red Gris principal y secundaria 401,547 km). La red posee numerosos túneles, puentes y viaductos y está pavimentada en su práctica totalidad.

14.2.2 RED FERROVIARIA

La red ferroviaria consta de dos líneas de ferrocarril diferenciadas, una de ancho métrico (Euskotren) y otra convencional (Adif y RENFE).

La línea operada por Euskotren consta de un eje transversal, paralelo a la costa, con tren líneas sumando un total de unos 95 km, Lasarte-Hendaia, Bilbao-Donostia y Donostia-Amara-Altza. La primera de ellas tiene una longitud de 29,96 km, presenta un trazado antiguo y complicado con numerosas dificultades geográficas, discurriendo la mayor parte del trazado por túnel o viaducto. La línea Bilbao-Amara tiene una longitud total de 108,67 km, de los cuales 58 km se encuentran en

Gipuzkoa a lo largo de un trazado bastante curvilíneo. La línea Donostia-Amara-Altza tiene una longitud de 6,5 km con gran parte del trazado por el interior de túnel.

RENFE (Red Nacional de Ferrocarriles) realiza las mismas operaciones de transporte de viajeros y mercancías, pero para el eje de vía ancha que comunica Madrid y Hendaia. Emplea la infraestructura de Adif (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias) que gestiona además todas las instalaciones asociadas. Sobre la línea férrea Madrid-Irún-Hendaia opera una línea de cercanías entre Irún y Brinkola con 80,5 km de longitud.

14.2.3 RED PORTUARIA

La infraestructura portuaria, 8 puertos, está compuesta por puertos de competencia autonómica y estatal.

El único puerto estatal está localizado en Pasaia. Se trata de un puerto natural construido en el interior de una bahía que proporciona abrigo total a los barcos. Posee un canal navegable para buques de gran porte, de hasta 185 m de eslora y 29 pies, con una superficie de 770.000 m² de tierra y 910.000 m² de mar. Posee una línea de atraque de 4.500 m y dispone de acceso directo a la línea ferroviaria.

Además, en el territorio hay otros 7 puertos menores, que han sido transferidos a la CAPV (Hondarribia, Donostia/San Sebastián, Orío, Getaria, Zumaia, Deba y Mutriku). Estos puertos desarrollan principalmente actividades en el ámbito del transporte marítimo, pesquero y deportivo. Muchas de estas infraestructuras se encuentran protegidas al encontrarse, o bien aguas arriba la desembocadura de los principales ríos del T.H. o en el interior de bahías naturales. La mayoría cuenta con diques de encauzamiento o de protección.

14.2.4 AEROPUERTO

El aeropuerto de San Sebastián se encuentra en Hondarribia (20 kilómetros de distancia de la capital). Cuenta con una superficie cercana a 37 ha y es un aeródromo controlado, abierto al tráfico civil nacional.

El aeropuerto dispone de una única pista de aterrizaje con una superficie total de 1.754 x 45 m de pavimento asfáltico que discurre sobre terrenos ganados al mar, junto

a la desembocadura del río Bidasoa. La cota de elevación del terreno es de 4,48 m. Además, consta de una terminal de pasajeros con unas dimensiones aproximadas de 90 m de largo por 30 de ancho y de zonas de aparcamiento. En el interior del aeropuerto existe una red de viales que permite acceder a las distintas zonas de este.

14.3 IMPACTOS PREVISIBLES SOBRE EL SISTEMA DE TRANSPORTES

14.3.1. RED VIARIA

La variabilidad climática, así como el cambio climático tienen consecuencias significativas en las infraestructuras viarias, pudiendo acelerar su deterioro y aumentar el riesgo de daño severo, provocar la interrupción del tráfico o favorecer el incremento

de accidentes. Los principales eventos climáticos que afectan a la circulación en un punto o tramo de carretera suelen ser el hielo, la nieve, los desprendimientos de tierra / laderas y las inundaciones o los episodios de lluvias torrenciales.

AMENAZA CLIMÁTICA POTENCIAL	IMPACTOS EN LA INFRAESTRUCTURA VIARIA
INCREMENTO DE PRECIPITACIONES Y TORMENTAS	<p>INUNDACIONES EN LAS CARRETERAS FORMACIÓN DE BALSAS DE AGUA DAÑOS EN PILARES, PUENTES Y ESTRUCTURAS DE SOPORTE DAÑO EN LAS DISTINTAS CAPAS DE PAVIMENTO DAÑO A LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE DEBIDO AL INCREMENTO DE LOS DESLIZAMIENTOS Y DESPRENDIMIENTOS SOBRECARGA DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE CAMBIOS EN LOS PATRONES SUPERFICIALES DE ESCORRENTÍA DETERIORO DE LA INTEGRIDAD ESTRUCTURAL DE CARRETERAS, PUENTES Y TÚNELES</p>
FUERTES VIENTOS	<p>CAÍDA DE ÁRBOLES, EQUIPAMIENTO U OTROS ELEMENTOS SOBRE LA CALZADA INESTABILIDAD DE LOS VEHÍCULOS EN CARRETERAS Y PUENTES INCREMENTO DE LA EROSIÓN EN TALUDES Y TERRAPLENES INCREMENTO DE LA EROSIÓN EN TALUDES Y TERRAPLENES DAÑOS ESTRUCTURALES A LOS PUENTES ROTURA DE SEÑALIZACIÓN VERTICAL DE GRAN TAMAÑO</p>
SEQUÍAS Y FUEGOS	<p>PÉRDIDA DE LA CUBIERTA VEGETAL EN LOS MÁRGENES DAÑO A LA INFRAESTRUCTURA POR INCREMENTO DE FUEGOS Y POR AUMENTO DE EROSIÓN Y MOVIMIENTOS DE MASA COMO CONSECUENCIA DE LA PÉRDIDA DE LA CAPA VEGETAL QUEMADA</p>
OLAS DE CALOR	<p>EXPANSIÓN TÉRMICA DE LAS JUNTAS DE LOS PUENTES Y PAVIMENTOS DE HORMIGÓN DAÑOS EN EL PAVIMENTO (SURCOS, ABLANDAMIENTOS Y EXUDACIÓN, ETC.)</p>

14.2 Tabla. Amenazas climáticas e impactos previsibles en la red viaria. Fuente: Mendoza & Trejo (2015).

Las previsiones europeas consideran que la degradación de la red de transporte viaria causada por las precipitaciones medias solo se incrementará ligeramente en el futuro, sin embargo, el efecto de eventos extremos será mayor (Nemry & Demirel, 2012). La principal vulnerabilidad de las infraestructuras viarias está asociada con las precipitaciones extremas, que pueden causar inundaciones, desprendimientos y deslizamientos de tierra. Debido al relieve, la baja permeabilidad del suelo y la climatología de Gipuzkoa, estos efectos pueden darse en prácticamente cualquier lugar del territorio, incrementándose el riesgo en tramos viales próximos a cursos de agua o donde exista inestabilidad hidrogeológica. En la actualidad, son numerosos y recurrentes las afecciones de estos procesos a la red viaria, como los frecuentes desprendimientos en el tramo de carretera entre Getaria y Zumaia, los que ocurren a lo largo de la AP-1, los pequeños desprendimientos en otros puntos dispersos de la red o las inundaciones en Hernani, Donostia o Zumarraga.

Los desprendimientos y deslizamientos están relacionados con episodios de lluvias de diversa intensidad y duración, desde los de intensidad moderada que se prolongan durante días, los episodios de lluvias intensas de corta duración o los periodos anormalmente

húmedos de larga duración (Ormaetxea & Sáenz de Olazagotia, 2016). En los acantilados costeros, además de la propia precipitación, la fuerza del oleaje es un factor de riesgo. Además de la meteorología, otros factores como la pendiente del terreno y la acción antrópica, que modifica las propiedades del suelo, condicionan el efecto de estos procesos.

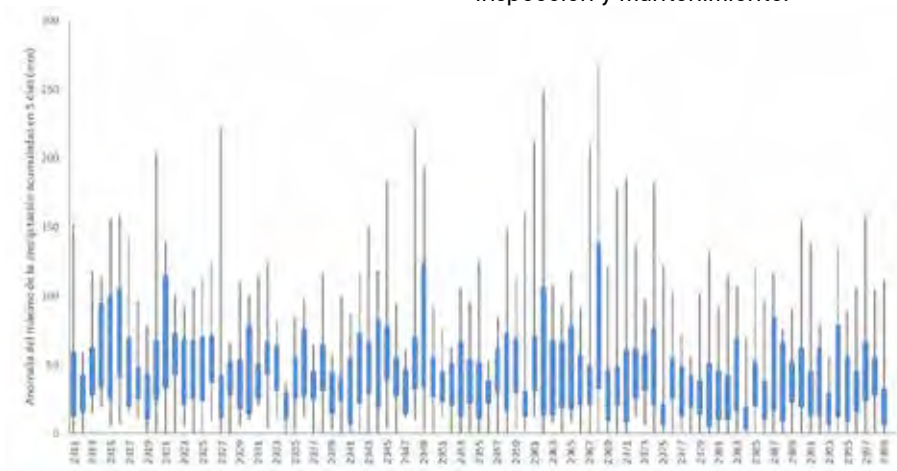
El amplio desarrollo de infraestructuras y urbanización contribuye a la elevada artificialización del suelo del territorio (6,4%) y a la baja permeabilidad del suelo que influyen en la desestabilización de laderas al cambiar la morfología o las condiciones hídricas (Ormaetxea & Sáenz de Olazagotia, 2016). Aproximadamente el 80% de los tramos de la red viaria transcurre por laderas con pendiente superior al 10% y 50% de la superficie al 30%. Los procesos inventariados como puntos de inestabilidad suelen presentar pendientes superiores al 10% (Ormaetxea & Sáenz de Olazagotia, 2016), por lo tanto, un gran porcentaje de la infraestructura viaria presenta un riesgo elevado. Los modelos muestran gran variabilidad en las proyecciones de precipitación, aunque sí coinciden en señalar un aumento en el número de días con lluvias intensas, lo que podría incrementar los procesos erosivos en taludes e infraestructuras.



14.2 Fig. Mapa de pendientes del País Vasco sobre las principales infraestructuras viarias (líneas negras) y ferroviarias (línea amarilla). Fuente: Geoeuskadi y udalplan.

Respecto a los procesos de inestabilidad por acción del oleaje, las proyecciones indican un aumento en intensidad de los extremos del nivel del mar (Marcos et al., 2012). No son numerosos los puntos de la red que actualmente están expuestos a estos impactos, sin embargo, la subida del nivel del mar y la ocurrencia de eventos extremos podría contribuir a la intensificación de la erosión costera con mayores desprendimientos, a una mayor frecuencia en la inundación e impacto del oleaje sobre la infraestructura viaria de la costa.

Además de los desprendimientos, durante los episodios de lluvia intensa se podrán colapsar o rebosar los sistemas de drenaje actuales, incrementando el impacto sobre las infraestructuras por erosión e inundación. En la actualidad, numerosos tramos de la red viaria se encuentran sobre zonas potencialmente inundables. Además, los modelos proyectan un incremento de la precipitación acumulada en 5 días para todo el S.XXI, lo que podría implicar mayor riesgo para dichas infraestructuras. Durante estos episodios el mayor caudal de los ríos puede erosionar los taludes o poner en riesgo los puentes por los que discurre la red viaria, requiriendo por ello mayores labores de inspección y mantenimiento.



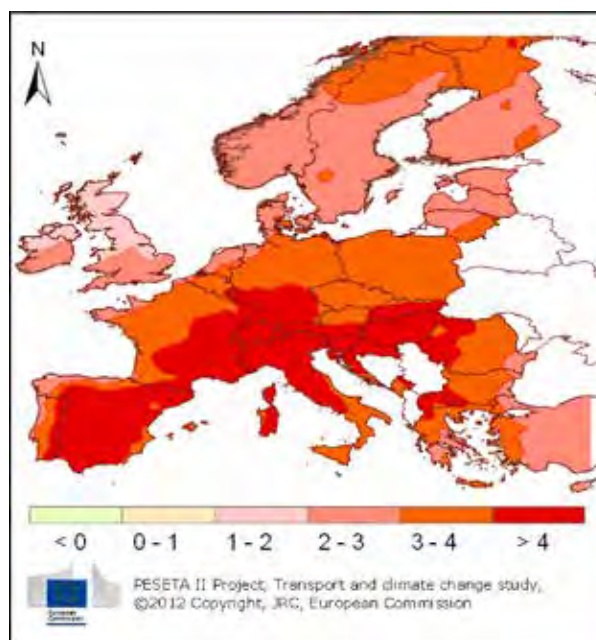
14.3 Fig. Proyección de la anomalía de máximo de la precipitación acumulada durante 5 días para el escenario RCP8.5. Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).



14.4 Fig. Zonas actuales de inundabilidad sobre la red de infraestructuras con un periodo de retorno de 500 años. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Ura y udalplan.

El incremento de la temperatura, especialmente en verano, es otra de las principales amenazas para las carreteras asfaltadas ya que acelera su deterioro. Las altas temperaturas pueden llevar a la alteración del módulo de rigidez del pavimento provocando ondulaciones, roderas y fisuras en el firme, deformaciones en todos los tipos de vía y materiales que forman los puentes. Combinado con grandes volúmenes de tránsito o alta presencia de vehículos pesados aumenta la probabilidad la formación de surcos en el pavimento. Una alta oxidación debida a las olas de calor podría también producir grietas en

el asfalto (Vogel et al., 2017). Las altas temperaturas y la mayor insolación también pueden provocar el sobrecalentamiento del equipamiento auxiliar o afectar a la durabilidad de determinados elementos de señalización y llevar a la pérdida de su funcionalidad. Hoy por hoy esta afectación es pequeña en prácticamente la totalidad de la red. Las proyecciones a nivel europeo muestran una elevada vulnerabilidad de las carreteras en Gipuzkoa a la temperatura. Estudios más regionalizados y para los diferentes tramos de carretera permitiría confirmar o refutar estas previsiones.



14.5 Fig. Vulnerabilidad de las carreteras al aumento previsto de temperatura (cambio de la temperatura de pavimento máximo de 7 días, escenario AR4-IPCC A1B, 2070-2100). Fuente: Nemry & Demirel (2012).

La disminución de días de helada, así como de precipitación en forma de nieve, puede disminuir el riesgo asociado a estos fenómenos, con un efecto positivo al disminuir las necesidades de mantenimiento invernal y al mejorar las condiciones de utilización de la red.

La intensificación de los vientos, especialmente durante las tormentas, podría aumentar la frecuencia de interrupción del tráfico al provocar la caída de objetos sobre este tipo de redes de transporte. Así, por ejemplo, durante la borrasca Amelie en noviembre de 2019, se produjeron numerosos cortes de carretera por caída de árboles o de señalización. Este evento no se puede relacionar directamente con el cambio climático, pero refleja el tipo de incidencias que podrían ser más

frecuentes si se intensifica la ocurrencia de eventos extremos.

Además de los daños sobre las infraestructuras o funcionalidad de estas vías, hay que considerar el efecto sobre la seguridad viaria. Así, una mayor frecuencia de precipitaciones intensas supondrá cambios en las condiciones del asfalto y formación de balsas de agua, como un mayor riesgo de aqua-planning o de menor visibilidad para los conductores (Qiu & Nixon, 2008; Palko, 2017). La mayor frecuencia e intensidad de las olas de calor, particularmente combinados con elevada humedad relativa, afectará igualmente a la comodidad de conducción y a la de los propios pasajeros (Mora et al., 2017; Monioudi et al., 2018).

14.3.2 RED FERROVIARIA

Los impactos potenciales del cambio climático sobre las infraestructuras y transporte ferroviario incluyen fundamentalmente a elementos comunes con la infraestructura viaria tales como el trazado, las obras de tierra, los taludes, los sistema de drenaje, los túneles y puentes o la señalización, mientras que otros elementos estructurales son particulares del sistema ferroviario, como la infraestructura de vía, los raíles, las instalaciones de seguridad o las condiciones de operación (Castañares Hernández, 2018). La línea ferroviaria convencional, con criterios de diseño más antiguos, se prevé que sufra mayores impactos en su infraestructura que la línea de

alta velocidad, aún en construcción, y que en su diseño responde a otros criterios (Solaun et al., 2014). En todo caso, los impactos del cambio climático dependerán de la localización geográfica, prácticas de mantenimiento de las infraestructuras realizadas o antigüedad de las mismas. El informe “Secciones de la red estatal de infraestructura de transporte terrestre potencialmente más expuestas por razón de la variabilidad y cambio climáticos” (CEDEX, 2018) prevé una afectación moderada a 30 años para la circulación y/o a la infraestructura férrea que atraviesa el T.H.

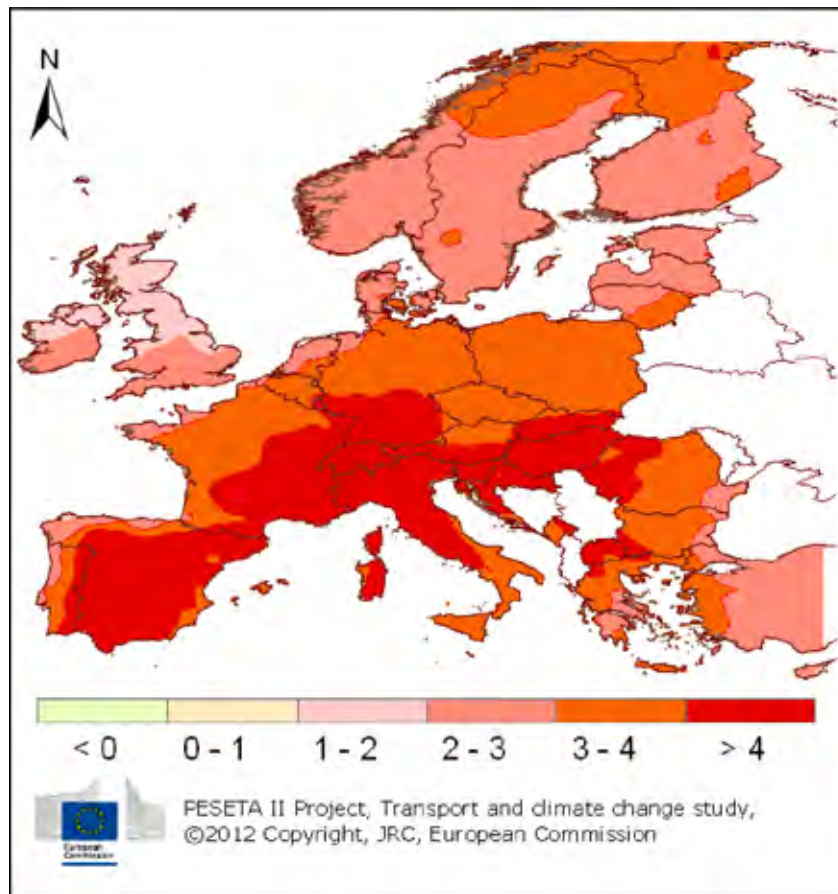
	LUGAR DE IMPACTO	IMPACTO INDIRECTO	
OLAS DE CALOR	INFRAESTRUCTURA	DEFORMACIÓN DE LOS RAÍLES EN ZIGZAG	
		DEFORMACIÓN DE CATENARIAS	
		ALTAS TEMPERATURAS PARA LOS TRABAJADORES EN LAS VÍAS	
		INCENDIOS FORESTALES	
		FALLOS ELÉCTRICOS Y DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS	
	ESTACIONES	ALTERACIONES EN CONDICIONES DE CONFORT PARA LOS VIAJEROS	
TRENES		FALLOS ELÉCTRICOS Y DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS	
		ALTERACIONES EN CONDICIONES DE CONFORT PARA LOS VIAJEROS	
OLAS DE FRÍO	INFRAESTRUCTURA	BAJAS TEMPERATURAS PARA LOS TRABAJADORES EN VÍAS	
		FRAGILIDAD DE RAÍLES	
		CAMBIOS DE AGUJAS BLOQUEADAS	
		CONGELACIÓN DE CATENARIAS	
	ESTACIONES	ANDENES RESBALADIZOS	
	TRENES		FALLOS DE PUERTAS
			ROTURA DE VENTANAS
			PROBLEMAS DE ARRANQUE
			MENOR EFICIENCIA DE FRENADO

ALTAS TEMPERATURAS EN GENERAL	TRENES	SOBRECALENTAMIENTO DE MOTORES
		REDUCCIÓN DE LA VELOCIDAD
		MAYOR CONSUMO DE ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO
CAMBIOS DE TEMPERATURA	CLIENTES	CAMBIOS EN LOS PATRONES DE ELECCIÓN DE MEDIOS DE TRANSPORTE
		CAMBIOS EN LA MOVILIDAD DE MERCANCÍAS
		CAMBIOS EN LA MOVILIDAD DE PASAJEROS
LLUVIAS TORRENCIALES, TORMENTAS Y EVENTOS EXTREMOS	INFRAESTRUCTURA	INUNDACIONES EN TÚNELES Y VÍAS
		AUMENTO DE CAUDALES BAJO PUENTES, PROVOCANDO UN MAYOR DESGASTE Y/O DERRUMBES
		EFFECTO EMBALSE EN TALUDES
		DESPLAZAMIENTOS DE TIERRAS
		EROSIÓN DE INFRAESTRUCTURAS VIARIAS
		CAÍDA DE VALLADOS
		PROYECCIONES DE ELEMENTOS LIGEROS SOBRE LA CATENARIA CON ENGANCHONES OCASIONALES
		ARRASTRE DE BALASTOS
	FALLOS DE LOS EQUIPOS DE SEÑALIZACIÓN Y COMUNICACIÓN EN VÍAS	
	ESTACIONES	INUNDACIONES, COLAPSO EN SISTEMAS DE DRENAJE
TRENES	RETRASOS EN LOS HORARIOS	

14.3 Tabla. Impactos físicos derivados de las variaciones de la temperatura, de las lluvias torrenciales, tormentas y eventos extremos en general. Fuente: Solaun et al. (2014).

El aumento de la temperatura y las oscilaciones térmicas afectará a la superestructura férrea (balasto, carril, traviesas, catenaria, sistemas de seguridad y comunicaciones). El mayor riesgo de las temperaturas elevadas es el efecto de dilatación térmica de las vías del tren; este efecto podría ser incluso mayor en la línea de alta velocidad al estar sujeta a mayores requerimientos para su correcto funcionamiento. Un estudio europeo sobre la afección del cambio climático al sistema de infraestructuras de transporte prevé una baja vulnerabilidad a la deformación de las vías por incremento de la temperatura.

Otros efectos de las olas de calor pueden ser un mayor riesgo de accidentes por agotamiento de los conductores, sobrecalentamiento de locomotoras con menor rendimiento de equipos y motores o mayores problemas de ventilación en túneles. Sin embargo, el aumento de las temperaturas tiende a mejorar las condiciones de explotación ferroviaria al reducir las heladas y las nevadas, aunque se aumenten los requerimientos estivales de climatización en espacios y vehículos con presencia de viajeros.



14.6 Fig. Vulnerabilidad del transporte ferroviario al aumento de temperatura previsto (número de días por año que se excede la temperatura crítica, escenario AR4-IPCC A1B, 2070-2100). Fuente: Nemry & Demirel (2012).

El incremento en la frecuencia de eventos climáticos extremos puede poner en riesgo la seguridad de los servicios ferroviarios por inundaciones, tormentas, fuertes vientos o incendios. Los principales impactos serán sobre la operatividad de los servicios, al producir retrasos e interrupciones por la disminución de la velocidad, deslizamientos y corrimientos de tierras en taludes y terraplenes, caídas de árboles o señalización sobre la vía o catenaria, así como por fallos de los materiales de la infraestructura por inundaciones. En la nueva línea de alta velocidad, los principales impactos se producirán previsiblemente sobre los componentes de la vía, la catenaria y determinados elementos auxiliares de la infraestructura como las pantallas acústicas. La intensificación de rachas de viento durante tormentas podrá afectar también a los sistemas de seguridad y de telecomunicaciones.

Escenarios de altas temperaturas y evapotranspiración y aumento del número de días secos consecutivos pueden facilitar los incendios en los márgenes de las vías. El riesgo en estos casos puede ser mayor para el transporte de mercancías peligrosas. Actualmente, RENFE elabora planes anuales de incendios forestales, en colaboración con los gobiernos autonómicos, para evitar su propagación (Solaun et al., 2014). Durante las olas de calor además aumentará la necesidad de climatización de estaciones, edificios técnicos ferroviarios y coches de viajeros de los trenes.

El transporte por ferrocarril podría verse afectado de modo indirecto por algunos impactos del cambio climático en otros sectores con los que se encuentra estrechamente interrelacionado, principalmente el sector de la energía. Cambios en la movilidad, el ocio o el turismo también pueden afectar al transporte ferroviario por la elección de uno u otro modo de transporte de mercancías y/o pasajeros.

14.3.3 PUERTOS

Los puertos son nudos estratégicos de la red de transporte global al converger en ellos los sistemas de transporte terrestre y marítimo. Así, aproximadamente el 80% del transporte internacional y el 40% del transporte europeo es marítimo (Christodoulou et al., 2019).

Estas estructuras ya están diseñadas para ser resilientes a varias condiciones de estrés a lo largo de su vida útil, pero pueden ser especialmente vulnerables a los eventos extremos. Los efectos del cambio climático dependerán en gran medida de su ubicación, diseño y

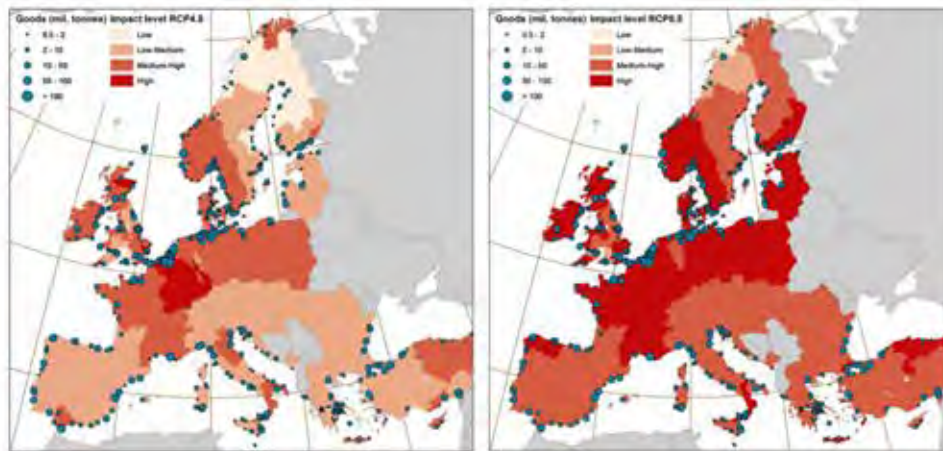
de las condiciones climáticas locales. La subida del nivel del mar y la mayor frecuencia de eventos extremos del nivel del mar (marea meteorológica y astronómica), oleaje, precipitación o incremento de la temperatura media y máxima constituyen las principales amenazas ligadas al cambio climático para los puertos (UNCTAD, 2011; Becker et al., 2013). Los principales riesgos se prevé que sean daños sobre las infraestructuras, así como el incremento de la probabilidad de interrupciones o retrasos en los servicios de transporte.

AMENAZA CLIMÁTICA POTENCIAL	IMPACTOS EN LA INFRAESTRUCTURA VIARIA
INCREMENTO DE LA TEMPERATURA ESTIVAL	AFECTACIÓN DEL RENDIMIENTO, RESTRICCIONES DE CARGA, RETRASOS O CANCELACIONES
	DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA, EQUIPOS
	REDUCCIÓN DE LA VIDA ÚTIL
	INCREMENTO DEL CONSUMO DE ENERGÍA PARA REFRIGERACIÓN DE LAS MERCANCÍAS
	INCREMENTO DE LOS ACCIDENTES
	REDUCCIÓN DE COSTES ASOCIADOS A LA RETIRADA DE HIELO O NIEVE
INCREMENTO DE LA PRECIPITACIÓN	INUNDACIÓN DE AEROPUERTO, PUERTOS
	INUNDACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA TERRESTRE, DAÑOS A LOS EQUIPOS O MERCANCÍAS
MAYOR FRECUENCIA DE VIENTOS EXTREMOS	DAÑOS EN LA INFRAESTRUCTURA DE PUERTOS Y AEROPUERTO
SUBIDA DEL NIVEL DEL MAR Y MAREA METEOROLÓGICA	INUNDACIÓN DE AEROPUERTOS EN COTAS BAJAS
	MODIFICACIÓN DE LA PROPAGACIÓN DEL OLEAJE Y CAMBIOS DE LA PENETRACIÓN DEL OLEAJE EN PUERTOS
	PÉRDIDA DE ACCESO A AEROPUERTOS Y PUERTOS
	INCREMENTO DE LOS COSTES DE MANTENIMIENTO DE PUERTOS

14.4 Tabla. Impactos del cambio climático en puertos y aeropuertos. Fuente: Christodoulou & Demirel (2018).

La principal amenaza sobre el sistema portuario es el aumento relativo del nivel del mar. Las proyecciones prevén incrementos de entre 0,5–0,7 m y hasta 1 m en el peor de los escenarios extremos, para la costa guipuzcoana. Infraestructuras portuarias a cotas inferiores podrían verse afectadas por inundación. Christodoulou & Demirel (2018) prevén que más del 60% de los puertos europeos estén en alto riesgo de inundación en 2100 para incrementos máximos de 0,7–1 m del nivel medio del mar y 3 m de nivel extremo. El aumento del nivel del mar, en cambio, puede favorecer por ejemplo la entrada de barcos de mayor calado en el puerto de Pasaia.

Las proyecciones regionales de oleaje no muestran cambios significativos en el oleaje en alta mar a lo largo del S.XXI. En costa, en cambio, al llegar a zonas con mayor calado debido a la subida del nivel del mar, la refracción y transformación del oleaje será menor, que tendrá mayor altura de ola al llegar a la costa que el utilizado para el diseño de diques y estructuras, incrementando el esfuerzo sobre estos. El oleaje excesivo en la bocana puede limitar el acceso y salida de los buques o la suspensión del practicaaje. Además, puede limitar la actividad como paso de vehículos o personar en las zonas más expuestas al rebase.



14.7 Fig. Impactos en los espacios interiores de los puertos afectados por incrementos de extremos del nivel del mar con un periodo de retorno de 100 años, desde 2010 a 2100 para los escenarios RCP4.5 (izq.) y RCP8.5 (dcha.). Fuente: Christodoulou et al. (2019).

La mayoría de los daños sobre infraestructuras portuarias se producen durante los eventos extremos. Los principales impactos son una mayor frecuencia e intensidad de rebase de los diques más expuestos, con consecuencias negativas sobre la ocupación del trasdós del dique, reducción de la cota de coronación de los diques y sus espaldones y mayor calado de los diques. Ello podría originar un mayor riesgo de fallo del dique al quedar desprotegido para los máximos oleajes previstos al calcular su dimensionamiento, y al tiempo aumentar los esfuerzos sobre los elementos del mismo. Proyecciones a nivel europeo prevén impactos bajos y medios para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, respectivamente, ante eventos extremos con periodos de retorno de 100 años para la costa noreste de la península (Christodoulou et al., 2019). A pesar de que el sistema portuario guipuzcoano presenta peculiaridades que le aportan ciertas ventajas defensivas ante los eventos extremos en el que la mayoría de los puertos se encuentran en zonas resguardadas, éste ya ha experimentado daños durante episodios extremos anteriores como los ocurridos durante el invierno de 2014, con efectos sobre la coronación de diques y escolleras, muros de remate, edificios portuarios, pantalanés y elementos de amarre.

El viento intenso es otro de los factores que inciden en la operativa de los puertos. Puede, en algunos casos, limitar el acceso de buques a puerto o dificultar la operativa de carga y descarga de determinadas mercancías. Es difícil prever la afección de estos eventos en el futuro debido a la gran incertidumbre existente en las proyecciones del viento.

Para el resto de las infraestructuras portuarias (ej., muelle, vías de acceso, pavimento, línea férrea, áreas de depósito y almacenes) las amenazas más directas son la erosión costera, inundación, incremento de la escorrentía, problemas de abastecimiento de agua, restricciones de acceso, deterioro de las condiciones y problemas con la integridad estructural de los firmes de carretera y vía férrea (UNECE, 2020).

Los impactos indirectos del cambio climático en los puertos incluyen los derivados de los cambios en la demanda de transporte como consecuencia, por ejemplo, de cambios en la producción, comercio o patrones de consumo.

14.3.4 AEROPUERTO

Los principales impactos esperados sobre los aeropuertos son la inundación, bien fluvial o por subida del nivel del mar, y la mayor frecuencia por retrasos o cancelaciones relacionados con eventos meteorológicos (Pejocic et al., 2009; Lemmen & Warren, 2010).

Las condiciones de viento, visibilidad y altura base de las nubes, respectivamente, son las principales variables que limitan la operatividad del aeropuerto, actualmente superándose en el 98,91% de las ocasiones (Plan Director del Aeropuerto de San Sebastián⁵⁵). El viento también es una variable determinante en el despegue y aterrizaje de las naves. Si bien no se proyectan cambios significativos en el patrón de vientos, la gran incertidumbre existente en

la mayoría de estas proyecciones, especialmente a nivel local, no implica que estos cambios no puedan afectar a la operatividad del aeropuerto. En cuanto a los otros dos parámetros, niebla y altura de las nubes, no existen proyecciones futuras que permitan prever la incidencia de estos fenómenos.

Las afecciones del cambio climático al pavimento del aeropuerto serán semejantes al del resto de la red viaria (Allard et al., 2007).

El incremento de la temperatura intensificará la demanda de climatización de los edificios aeroportuarios, como la terminal o el centro de control.

⁵⁵<https://www.mitma.es/areas-de-actividad/aviacion-civil/politicas-aeroportuarias/integracion-territorial-aeroportuaria/planes-directores/plan-director-del-aeropuerto-de-san-sebastian>

14.4 CONCLUSIONES

En general, el sector transporte es más vulnerable a eventos climáticos extremos semejantes a los que ya experimenta hoy día. Dado el grado de incertidumbre en las proyecciones extremas de las distintas variables meteorológicas es difícil modelar y prever el impacto de los mismos sobre las infraestructuras del transporte. En general, las precipitaciones intensas y tormentas extremas acrecientan el riesgo de deslizamientos y desprendimientos que afectan sobre todo a las infraestructuras viarias y ferroviarias. Además, muchas de estas infraestructuras se encuentran sobre o atraviesan zonas inundables o se encuentran muy próximas a la costa. El aumento de la temperatura, relacionado con las olas de calor y los periodos estivales más secos y calurosos, puede afectar a las carreteras, con daños en el pavimento y los puentes, a las redes ferroviarias, limitando la velocidad de circulación de los trenes o afectando a las propias vías. El aumento del nivel del mar e intensificación del oleaje podría dañar las infraestructuras del transporte costero, incluyendo puertos, aeropuerto y carreteras. En general, la red de transporte presenta un riesgo moderado ante las distintas amenazas del cambio climático.

En secciones de la red de infraestructuras en las que actualmente ya existe cierta incidencia podrían realizarse estudios de detalle que evalúen con mayor precisión su vulnerabilidad. Estos estudios deberían considerar, además de las variables meteorológicas, su localización y su importancia en el conjunto del sistema de transporte, su vida útil, funcionalidad, conectividad, estado de conservación o el tipo de pavimento entre otros factores.

Además, de los impactos directos, distintos impactos indirectos del cambio climático pueden afectar al sector transporte, como cambios en la demanda futura, en los comportamientos de movilidad de mercancías y viajeros y en los patrones de elección de los modos de transporte.

En la actualidad los distintos sistemas de alerta meteorológica realizan avisos con distintos niveles de alerta ante fenómenos meteorológicos adversos. Para ello, se realizan predicciones de ciertas variables meteorológicas y se proyectan sobre la red de infraestructuras. Algunas de estas variables podrían utilizarse para monitorizar los posibles impactos sobre la red de transportes son (CEDEX, 2013):

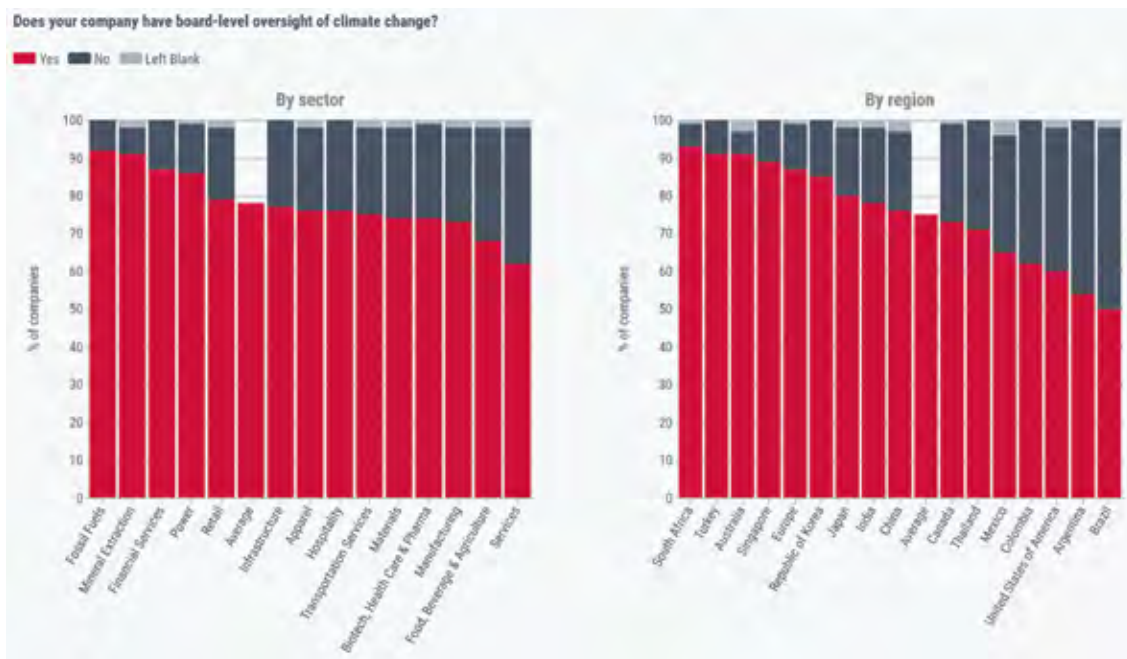
TEMPERATURA MEDIA
TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA
PERCENTIL 95 DE LA TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA
OLAS DE CALOR
NÚMERO DE DÍAS CON TEMPERATURA MÍNIMA INFERIOR A 0°C
OSCILACIÓN TÉRMICA DIARIA
HUMEDAD RELATIVA
NUBOSIDAD Y TECHO DE LAS NUBES
PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL
PERCENTIL 95 DE LA PRECIPITACIÓN DIARIA
PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS
DURACIÓN DE LAS LLUVIAS INTENSAS
INUNDACIONES
VELOCIDAD MÁXIMA DEL VIENTO
ALTURA DE OLA

14.3 Tabla. Indicadores propuestos para el seguimiento del impacto del cambio climático en el sector energético.

15.1 INTRODUCCIÓN

La relación entre cambio climático e industria, al igual que ocurre con otros sectores de actividad económica, se ha analizado tradicionalmente desde la perspectiva de la mitigación. Esto se debe al intenso consumo de recursos, fundamentalmente materias primas, agua y energía y a su contribución a las emisiones totales de gases de efecto invernadero. La industria contribuyó con cerca del 6% de las emisiones globales en 2016 (Climate Watch⁵⁶, World Resources Institute), alcanzando el 17% en el caso de la UE (EEA, 2017).

Por otra parte, el cambio climático supone a su vez un riesgo para estos sectores y es así considerado, cada vez con mayor frecuencia, en la estrategia de negocio de las propias empresas. El 73% de las compañías a nivel global, y el 87% en Europa, que reportan al CDP (Disclosure Insight Action^{57,58}) confirman que desde sus consejos de administración realizan una supervisión de los riesgos relacionados con el cambio climático.



15.1 Fig. Porcentaje de compañías que realizan seguimiento de los riesgos relacionados con el cambio climático. Fuente: CDP.

Los impactos del cambio climático previstos sobre los sectores industrial pueden ser directos como daños en la infraestructura, interrupciones en el transporte y cadenas de suministro, menor disponibilidad de ciertos recursos o materias primas, así como alteraciones en los procesos industriales, o indirectos a través de cambios en la normativa o cambios en el mercado. Por otra parte, los impactos no son solamente negativos, el cambio climático

plantea también nuevas oportunidades y demandas orientadas a evitar o reducir los impactos del cambio climático.

En general la dependencia de los recursos naturales, el tipo de proceso industrial, los mercados o la ubicación geográfica influyen en el nivel de vulnerabilidad de cada compañía.

⁵⁶<https://www.climatewatchdata.org/>

⁵⁷<https://www.cdp.net/es>

⁵⁸CDP: organización sin fines de lucro que dirige el sistema de divulgación global para inversores, empresas, ciudades, estados y regiones a fin de gestionar su impacto en el medioambiente

INFRAESTRUCTURAS Y RECURSOS	ACCESO A MATERIAS PRIMAS
	ACCESO A AGUA Y ENERGÍA
	INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE
	CAMBIOS EN LA PRODUCTIVIDAD
MARCO NORMATIVO Y LEGAL	
FINANZAS Y COMERCIO	

15.1 Tabla. El efecto del cambio climático sobre la industria.

El análisis del efecto del cambio climático sobre estos sectores es complejo al depender de las condiciones específicas de cada compañía, debido al efecto de propagación entre los distintos sectores de la economía y la transmisión geográfica (con impactos de cambios locales, regionales y globales) debido al fenómeno de globalización de la economía. Lo mismo ocurre con el riesgo, dependerá también del grado de sensibilidad y capacidad adaptativa de cada compañía. En este capítulo, se tratan de forma global los riesgos del sector industrial. Desde Ihobe, en el marco de la Estrategia de Cambio Climático del País Vasco KLIMA 2050 se ha

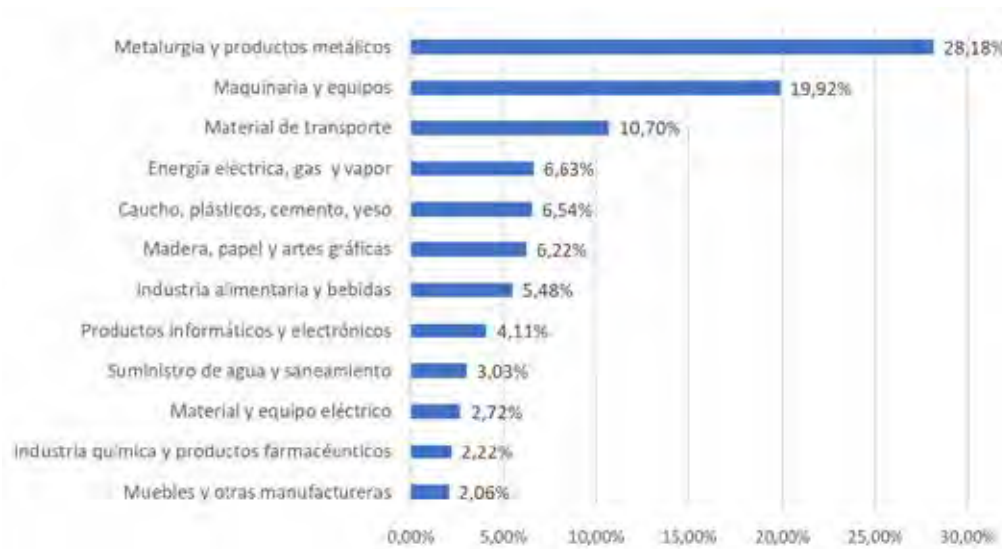
realizado una herramienta y una metodología (“Guía para la elaboración de planes de adaptación al cambio climático para organizaciones”), que sirve de referencia a las compañías para el análisis de sus riesgos climáticos, así como la priorización de medidas de adaptación para mitigar los impactos derivados del cambio climático a los que están expuestas.

Los impactos esperados en determinadas industrias especialmente vulnerables al cambio climático, como son la energía, el turismo o la actividad aseguradora se analizan en detalle independientemente en este informe.

15.2 LA INDUSTRIA EN GIPUZKOA

A pesar de que el sector más importante para la economía guipuzcoana, tanto por su peso en el valor añadido (65%) como en el empleo (70%), es el sector servicios, el sector industrial sigue siendo importante en la economía

del T.H., generando el 27,7% del valor añadido bruto. La actividad industrial guipuzcoana se basa principalmente en la manufactura, que representa cerca del 88% del total de la actividad industrial.



15.2 Fig. VAB generado por tipo de industria (% sobre la industria). Año 2018. Fuente: Eustat.

Las ventas al exterior representan el 30% del PIB, resultando un volumen de exportaciones muy importante. Las principales partidas arancelarias exportadas en el T.H. de Gipuzkoa en 2019 fueron los automotores para vías férreas y tranvías autopropulsados (12,5%), partes y accesorios de vehículos automóviles (9,0%) y perfiles de

hierro o aceros sin alear (5,4%). Las principales importaciones corresponden a productos minerales (24,0%), productos intermedios metálicos y para maquinaria (17,1%). Las exportaciones a Europa representan el 70% del total, mientras que en el caso de las importaciones representan cerca del 80% del total.

15.3 PRINCIPALES RIESGOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA LAS EMPRESAS

a) Riesgos físicos

La infraestructura industrial es, en general, vulnerable a los mismos peligros que la infraestructura de los asentamientos urbanos. Esto es, daños debidos a eventos climatológicos extremos—olas de calor, inundaciones fluviales, o rachas de vientos durante tormentas, que se espera aumenten su intensidad y frecuencia en el futuro—causando daño físico a las instalaciones y equipamientos de las compañías. La subida del nivel del mar también puede suponer un riesgo para las infraestructuras más próximas a la costa. En este sentido, la localización de la industria determina en gran medida riesgos específicos a los que está sometida la compañía.

El aumento en la frecuencia de eventos extremos impactará sobre las infraestructuras más expuestas, así como las redes de transporte y distribución, afectando a la cadena logística. Por ejemplo, las áreas de riesgo de inundaciones definidas en el Plan de Gestión del Riesgo de Inundación (URA) incluyen numerosos espacios industriales que ocupan zonas cercanas a cauces naturales en municipios industriales como Irún, Eibar, Soraluece, Bergara, Oñati, Arrasate o Eskoriatza.

Los riesgos en la infraestructura podrían incrementar los costes por incremento de las pólizas de seguro o por incumplimiento de las condiciones contractuales.

b) Cambios en la disponibilidad de recursos y costes

La modificación de la disponibilidad de recursos y materias repercutirá en el sector industrial, al afectar a sus procesos, así como a sus costes al no disponer o verse reducido el acceso a determinadas materias primas, agua o recursos energéticos, incremento en los costes de estos últimos o incluso por tener que readaptar sus procesos, productos o servicios por la necesidad de sustituir unas materias primas por otras o unos combustibles por otros. Así, en el informe “Global resources challenges: Risks and opportunities for strategic management” el 40% de los ejecutivos consultados indicaron que la dificultad de acceso a los recursos naturales añade tiempo, coste o complejidad a sus operaciones y el 66% señala que el cambio climático ha tenido algún efecto, positivo o negativo, a la hora de acceder a dichos recursos.



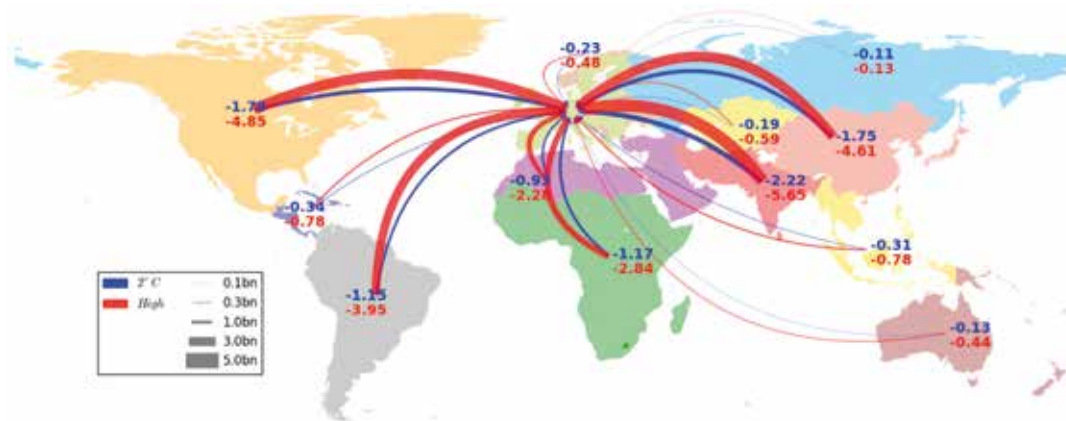
15.3 Fig. Diferentes problemas de acceso a recursos por tipo de industria.
Fuente: Economist Intelligence Unit (2016).

El aumento de la temperatura afectará a empresas que requieran energía para los procesos de calentamiento o refrigeración. Para la industria siderúrgica o metalúrgica, disminuirá la vulnerabilidad porque en un clima más cálido, especialmente en verano, implicará un ahorro del consumo de energía. Además, durante los inviernos más suaves se podrá ahorrar también al reducirse la demanda de calefacción. Otras industrias, por el contrario, verán incrementada su vulnerabilidad al requerir procesos de enfriamiento o congelación, como ocurre en el caso de la industria alimentaria.

El agua es otro recurso fundamental en el proceso productivo de muchas industrias, por ello muchas infraestructuras se han instalado tradicionalmente cerca de los ríos. La mayoría de sectores industriales han realizado un gran esfuerzo para optimizar el uso del agua, consumiendo menores cantidades y devolviéndola al medio natural bajo ciertos criterios de calidad. En nuevos escenarios con limitada disponibilidad de agua, en escenarios con reducciones próximas al 11%, la actividad de estos grandes demandantes de agua, como la siderurgia, pasta y papel, química o bebidas y alimentaria, podría verse afectada en determinados momentos de baja disponibilidad hídrica.

Industrias como la maderera o la alimentaria también serán vulnerables a los cambios de patrones globales de precipitación y temperatura debido a que la materia prima donde se obtienen podría sufrir cambios en su ubicación, disminuyendo su productividad.

En los mercados globales, las cadenas de suministro de materiales y exportación de productos pueden verse afectadas por la mayor frecuencia de eventos meteorológicos extremos. El comercio internacional (importaciones y exportaciones) puede verse alterado por eventos locales y regionales que se sucedan por todo el planeta. Todas las formas de transporte (marítimo, terrestre o aéreo) se verán afectadas, incrementándose así los costes de transporte, afectando a los tiempos de suministro por interrupción o retraso en la importación y/o exportación de productos o materias primas y de producción. Ello implicará grandes pérdidas económicas. Las compañías más sensibles a estos impactos son las que dependen de un único modo de transporte operado por un tercero, sobre el que la compañía tiene poco o nulo control. Estas interrupciones o retrasos pueden causar pérdidas de los valores operativos, costes logísticos, así como impactos en toda la cadena de valor.



15.4 Fig. Repercusiones en el PIB anual de la UE (miles de millones de euros) de los impactos del clima en el resto del mundo a través del comercio internacional (importaciones y exportaciones). Fuente: Comisión Europea-JRC, proyecto PESETA III (2018).

El impacto de estos factores dependerá de la severidad de los episodios climáticos en el resto de regiones del mundo, así como del volumen de comercio con dichas regiones. Un estudio europeo señala que los

efectos transfronterizos del cambio climático pueden afectar al 40% del producto interior bruto europeo (Ciscar et al., 2018).

c) Condiciones en la productividad

El aumento de la temperatura, especialmente en verano con olas de calor más prolongadas y frecuentes, puede causar problemas en la refrigeración de la maquinaria industrial, disminuyendo su eficiencia y, con ello, la productividad. Estos cambios también pueden afectar a las cadenas agroalimentarias, incrementando las necesidades de refrigeración en distintas etapas del proceso de transformación, transporte y distribución.

Además, las altas temperaturas pueden influir en la productividad, seguridad y salud de los empleados. Este efecto será mayor en aquellos empleos que requieran realizar esfuerzo físico en el exterior. Los trabajadores podrían tener que ser relevados más a menudo o las jornadas de trabajo deberían reestructurarse, resultando en desaceleraciones y gastos laborales adicionales. El efecto del incremento de la temperatura en la productividad de los trabajadores puede suponer una pérdida para la economía global de más de 2 trillones de dólares para 2030 (Kjellstrom, 2015).

d) Cambios en la normativa

La implementación de normativas y mecanismos de mitigación y adaptación supondrán un nuevo riesgo para las compañías. En función del carácter de la compañía, esto puede suponer una ventaja competitiva o puede generar un gran impacto económico.

Los principales impactos de estas políticas son:

Internalización de los costes derivados de la aplicación de normativas (mercado de derechos de carbono)

Incertidumbre en el mercado energético

Mayores costes en los sectores intensivos en el uso de combustibles fósiles

Incertidumbre en el alcance de los compromisos políticos

Incertidumbre en el acceso a los mercados financieros

Para mantener el incremento de la temperatura global por debajo de 1,5°C, compromiso del Acuerdo de París (COP21), los modelos indican que el sector industrial global debería reducir sus emisiones entre un 67% y 91% (IPCC, 2018). Asimismo, tanto la Estrategia de Cambio Climático del País Vasco KLIMA2050 como la Estrategia Guipuzcoana de Lucha contra el Cambio Climático, presentan objetivos de reducción de emisiones para los próximos años. El cumplimiento de estos objetivos requerirá transformaciones en la industria, reducción de la demanda de energía, sustitución de materiales y reutilización en el marco de una economía circular.

La implementación de un precio al carbono es la principal medida prevista para internalizar el coste social de las emisiones e incentivar una economía baja en carbono. Los principales mecanismos para incorporar el coste del carbono son, el impuesto directo, la asignación de derecho de emisión comercializables o diferentes incentivos fiscales. Aquellas empresas que generan mayores emisiones, consumen más energía y, a su vez, tengan mayores limitaciones para reducir sus emisiones, están más expuestas a las regulaciones, presentando un mayor riesgo de verse negativamente afectadas, entre ellas destacar las compañías siderúrgicas o las papeleras.

La implicación de esta normativa será diferente para los distintos sectores. Desde 2005 las emisiones de los principales focos de emisión, como generación de electricidad, producción y transformación de metales o pasta de papel y cartón, están reguladas por el sistema de comercio de emisiones de la Comisión Europea (EU-ETS). Son los sectores en los que ha mejorado la eficiencia energética debido a los costes esenciales.

La afección final, positiva o negativa, de las políticas de mitigación dependerá en gran medida de la estrategia de cada empresa. La respuesta de éstas puede transformar el riesgo del cambio climático en un factor de competitividad que favorezca a su vez nuevas oportunidades de negocio.

Los sistemas de gestión y el compromiso social y climático de las compañías es un factor considerado por inversores, usuarios y clientes.

e) Cambios en la demanda, presión pública

Los impactos derivados del mercado se refieren a cambios en la demanda (por cambios en el comportamiento de los consumidores) relacionados con el cambio climático o la transformación integral de determinados segmentos de mercado inducidos por la economía baja en carbono.

Los principales riesgos por cambios del mercado son:

- Desaparición de productos y servicios tal y como se emplean en la actualidad
- Desplazamiento ante ofertas innovadoras

Debido a las nuevas condiciones climáticas habrá productos en los que la demanda disminuirá. Por ejemplo, productos de invierno debido a la disminución de nevadas o días de helada o la demanda de estufas al incrementarse la temperatura en invierno.

El aumento de la conciencia en materia de sostenibilidad por parte de los consumidores, puede generar que los clientes busquen aquellas empresas comprometidas medioambientalmente y productos que tengan un menor impacto ambiental. Estos cambios en el estilo vida y la priorización por parte de los consumidores a la hora de decidir sobre uno u otro producto pueden hacer perder negocio a las empresas u obligarlas a cambiar sus procesos o su forma de operar.

El cambio climático también puede ser una oportunidad al impulsar los productos de determinadas empresas que creen nuevos materiales, aumenten la eficiencia energética, o tecnologías de captura y almacenamiento de CO₂.

Los inversores también empujan cada vez más a favor de empresas comprometidas con la sostenibilidad en detrimento de aquellas cuya actividad tiene un mayor impacto.

15.4 CONCLUSIONES

El cambio climático es uno de los principales retos estratégicos para las compañías, pero también supone una oportunidad de innovación, liderazgo y negocio para las empresas.

En general, los cambios graduales de temperatura y precipitación no tendrán grandes impactos sobre el sector industrial, pero sí los eventos extremos, aunque todo ello dependerá de la naturaleza y procesos de cada compañía. Los impactos físicos del cambio climático sobre las empresas serán tanto directos como indirectos. En primer lugar, impactos directos debidos a su ubicación específica, como daños físicos en la infraestructura por precipitaciones extremas e inundaciones. En segundo lugar, impactos indirectos debido a los riesgos para la salud y seguridad de empleados, los relacionados con la logística y cadenas de suministro, los derivados del

incremento en el consumo energético o disminución de la eficiencia de los procesos industriales durante episodios extremos (como olas de calor).

Impactos indirectos debidos a nuevas regulaciones y normativas, especialmente en lo referente a las emisiones de gases de efecto invernadero y consumo de energía, cambios en los mercados internacionales, cambios en la demanda de productos o en los criterios de consumo, esto es, cambios que afectan a la competitividad de la empresa.

El cambio climático también puede suponer una oportunidad para la innovación, oportunidades de negocio, crecimiento y mejora competitiva, aprovechando las oportunidades que ofrece la transición hacia una economía baja en carbono, el desarrollo de nuevos productos y la expansión hacia nuevos mercados.



16.1 INTRODUCCIÓN

El turismo, junto con las actividades relacionadas con el ocio son un sector de por sí importante en Gipuzkoa, ha adquirido en los últimos años un mayor peso y protagonismo, observándose un crecimiento de la oferta turística, del gasto turístico y del empleo relacionado con dicha actividad.

La elección del destino turístico viene determinada por numerosos factores, entre los que destacan la belleza del destino turístico, el interés cultural o paisajístico, los servicios, pero también la seguridad y las condiciones climáticas. En este sentido, el calentamiento global afectará a los destinos turísticos al modificar las condiciones climáticas e incrementar la frecuencia de eventos extremos

que podrían afectar a la seguridad del turista. Por tanto, los efectos del cambio climático sobre el sector turístico y de ocio suscitan un gran interés.

El impacto de dicho cambio ha sido evaluado en mayor detalle a partir del AR4-IPCC (2007), tras la declaración de la Conferencia sobre Cambio climático y Turismo de la Organización Mundial del Turismo (OMT) que se celebró en Djerba (Túnez) en 2003. Se ha señalado que las principales consecuencias del cambio climático sobre el turismo son la redistribución de los flujos turísticos, siendo las modalidades turísticas más afectadas por el cambio climático las de sol y playa, nieve y naturaleza.

EXIGENCIAS DEL TURISTA	FACETAS DEL CLIMA	VARIABLES ATMOSFÉRICAS
DISFRUTE	ESTÉTICA	INSOLACIÓN, COBERTURA NUBOSA, VISIBILIDAD, NIEBLAS, DURACIÓN DEL DÍA...
CONFORT	TÉRMICA	TEMPERATURA DEL AIRE, VELOCIDAD DEL VIENTO, RADIACIÓN SOLAR, HUMEDAD...
SEGURIDAD	FÍSICA	VELOCIDAD DEL VIENTO, CANTIDAD Y DURACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN, ÍNDICE ULTRAVIOLETA...

16.1 Tabla. Exigencias del turista y facetas del clima. Fuente: Gómez Martín (2017).

Dependiendo de los escenarios y de la magnitud de los cambios en temperatura y precipitación, algunos destinos turísticos resultarán beneficiados, ganando en competitividad, mientras que otros la perderán para ciertos meses o estaciones. En las costas del cantábrico, en general, los escenarios climáticos proyectan condiciones climáticas beneficiosas para el turismo y el ocio durante las estaciones de verano, primavera y otoño, al aumentar la temperatura y disminuir la precipitación permitiendo alargar la temporada turística o de prácticas al aire libre. En invierno, sin embargo, no se alcanzarán los valores de-

terminados para el confort de los turistas, basados en las proyecciones de temperatura media y máxima.

Además de las condiciones climáticas, la actividad turística también se verá afectada por los cambios en el medio ambiente donde se realizan dichas actividades, al perder valor como recurso turístico.

En este apartado nos centramos en el turismo, pero muchos de los efectos esperados sobre este sector también son extrapolables al impacto en las actividades de ocio realizadas por los propios ciudadanos del territorio.

AUMENTO DE LA TEMPERATURA	CAMBIOS EN LA ESTACIONALIDAD, STRESS ASOCIADO CON EL CALOR, CAMBIOS EN LAS POBLACIONES Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS, ANIMALES
AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR	INUNDACIÓN Y DETERIORO DE RECURSOS EN PRIMERA LÍNEA DE COSTA, EROSIÓN COSTERA, PÉRDIDA DE LA SUPERFICIE DE PLAYA, MAYORES COSTES PARA PROTEGER Y MANTENER RECURSOS
REDUCCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN Y AUMENTO DE EVAPOTRANSPIRACIÓN	ESCASEZ DE RECURSOS HÍDRICOS, CONFLICTOS POR EL USO DEL AGUA ENTRE SECTORES, AUMENTO DE INCENDIOS FORESTALES
MAYOR FRECUENCIA E INTENSIDAD DE TORMENTAS	RIESGO PARA INFRAESTRUCTURAS Y RECURSOS TURÍSTICOS, MAYORES COSTES/ PÉRDIDAS EN SEGUROS, COSTES ASOCIADOS A LA INTERRUPCIÓN DE OPERACIONES TURÍSTICAS, DAÑOS A PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO, CULTURAL Y NATURAL, EFECTOS EN LA ESTACIONALIDAD
MAYOR FRECUENCIA E INTENSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES	PÉRDIDA DE ATRACTIVOS NATURALES Y ESPECIES, AUMENTO EN EL RIESGO DE INUNDACIONES, DAÑOS A INFRAESTRUCTURAS TURÍSTICAS
CAMBIOS EN LA BIODIVERSIDAD TERRESTRE Y MARINA	PÉRDIDA DE ATRACTIVOS NATURALES Y ESPECIES, AUMENTO EN LA APARICIÓN DE CIERTAS ENFERMEDADES ASOCIADAS A OTRAS LATITUDES Y CONDICIONES AMBIENTALES
CAMBIOS EN EL SUELO (EJ. EROSIÓN Y ARIDEZ)	DAÑOS Y PÉRDIDA DE RECURSOS ARQUEOLÓGICOS Y NATURALES, CON IMPACTOS EN LOS ATRACTIVOS DE LOS DESTINOS

16.2 Tabla. Resumen de los principales impactos asociados al cambio climático y sus consecuencias en el turismo.
Fuente: adaptado de Becken (2010).

16.2 EL TURISMO EN GIPUZKOA

El clima oceánico húmedo, caracterizado por registrar una precipitación frecuente y elevada, abundante nubosidad, humedad ambiental alta y temperaturas moderadas, han conformado un marco ambiental caracterizado por paisajes siempre verdes, exuberantes y sin apenas escasez hídrica. Este clima, ha configurado estos paisajes que constituyen espacios altamente atractivos para el turista.

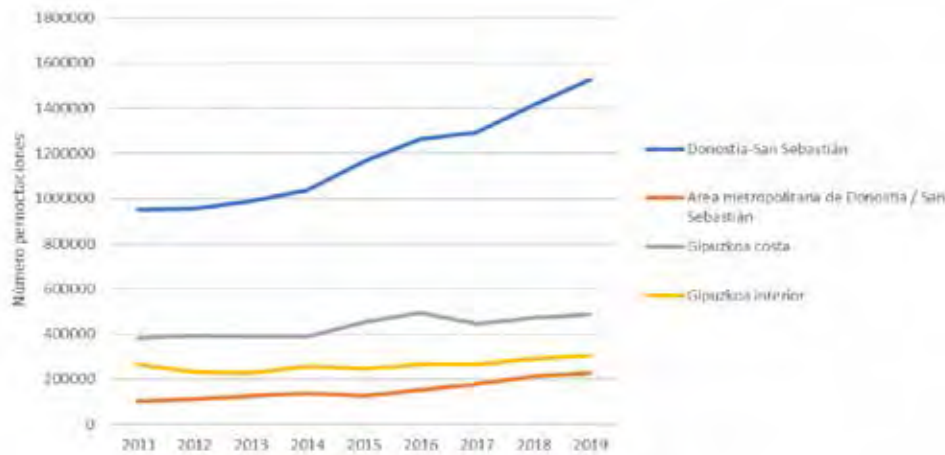
El peso del turismo en la economía del territorio se ha incrementado en la última década, generando el 7,6% del PIB en 2017 y representan el 9,41% del empleo total en el territorio. Es, por tanto, uno de los sectores que más ha crecido, siendo un sector estratégico y clave en la economía.

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
6,9	7,2	7,3	7,4	7,6	7,7	7,6	7,6

16.3 Tabla. Evolución de las aportaciones del turismo a la economía de Gipuzkoa (% sobre el PIB). Fuente: Eustat.

El modelo turístico de Gipuzkoa es un modelo de estancia corta desde el punto de vista de número de pernoctaciones, aproximadamente dos días, y de perfil urbano. En su conjunto, todas las comarcas presentan una

evolución positiva, aunque el interior de la provincia esta tendencia es más suave (Observatorio turístico de Gipuzkoa, 2017).



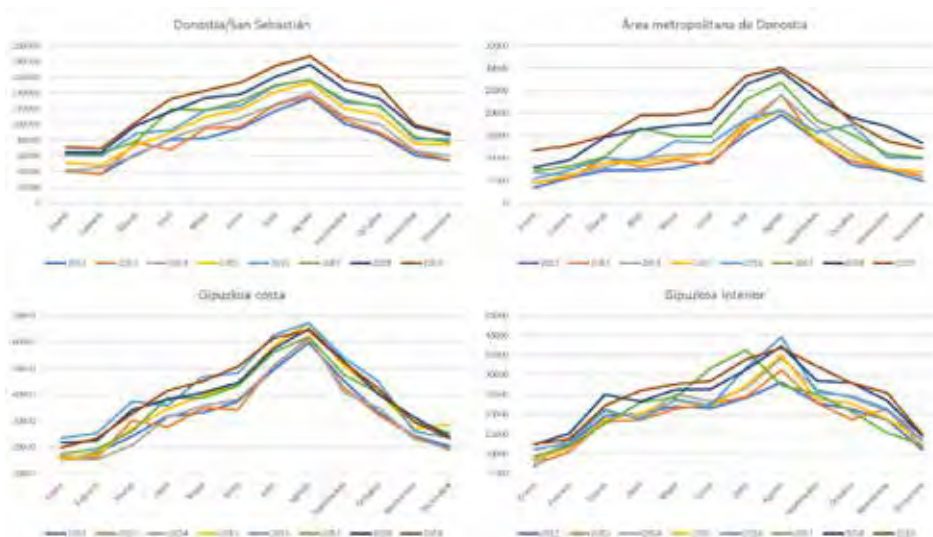
16.1 Fig. Número anual de pernoctaciones por zona geográfica. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Eustat.

	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	Δ% 2011-2016
DONOSTIA	0,4 %	3,9%	4,8%	12,4%	12,4%	33,1%
ÁREA METROPOLITANA	7,8%	12,5%	11,2%	-7,8%	19,5%	48,7%
GIPUZKOA COSTA	2,8%	-0,3%	-0,7%	16,3%	9,8%	30%
GIPUZKOA INTERIOR	-13,0%	-0,7%	12,4%	-4,3%	8,2%	0,5%

16.4 Tabla. Incremento de las pernoctaciones en establecimientos hoteleros de Gipuzkoa (2011-2016). Fuente: Observatorio turístico de Gipuzkoa.

Existe una marcada estacionalidad turística. El máximo número de pernoctaciones y de entrada de viajeros tiene lugar en agosto de acuerdo con los niveles de aptitud

climático—turística, triplicando las cifras registradas durante los meses de invierno.



16. 2. Fig. Comparativa de la estacionalidad de las pernoctaciones en alojamientos hoteleros por zonas geográficas (2012-2019). Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Eustat.

El paisaje es un recurso atractivo del territorio, y por tanto un efecto positivo para el desarrollo del turismo rural. El turismo rural comenzó su desarrollo en Euskadi

en la década de los 90. Gipuzkoa cuenta actualmente con cerca de 2.000 establecimientos

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
GIPUZKOA	1.925	2.040	2.001	1.955	1.967	2.019	2.023	2.000

16.5 Tabla. Número de alojamiento rurales en Gipuzkoa. Fuente: Neiker (2020).

16.3 EFECTOS DE LAS PROYECCIONES CLIMÁTICAS SOBRE LA POTENCIALIDAD TURÍSTICA Y DE OCIO

Distintas variables climáticas condicionan la idoneidad de un destino turístico, como la temperatura, la precipitación, la insolación o el viento. La temperatura

es el factor de mayor importancia, siendo la temperatura ideal función de la actividad turística a realizar.

AUTORES	MÉTODO	TIPO DE TURISMO	IMPORTANCIA				TEMP. IDEAL (°C)
			TEMP.	PRECIP.	SOL	VIENTO	
MIECZKOWSKI (1985)	OPINIÓN DE EXPERTOS	GENERAL	1	2	2	3	20-27
SCOTT ET AL. (2008)	CUESTIONARIOS	URBANO	1	2	3	4	22,5
		MONTAÑA (VERANO)	2	1	3	4	20,5
RUTTY (2009)	CUESTIONARIOS	URBANO	1	2	3	4	20-26
MORENO (2010)	CUESTIONARIOS	PLAYA	2	1	3	4	28,3

16.6 Tabla. Ejemplo de estudios donde se ha evaluado la importancia del clima para el turismo.

La mayor parte de los turistas que visitan Gipuzkoa lo hacen en los meses de verano. Estos presentan una temperatura media de 18,3°C y temperaturas máxima y mínima de 22°C y 13°C, respectivamente, con una media de unos 27 días de lluvia. Considerando los escenarios regionales de alta resolución, se observa un incremento de la temperatura media para los próximos años, aunque

tanto la temperatura media como máxima se estiman por debajo de los 30°C. Los modelos proyectan un mayor número de noches tropicales ($T > 20^\circ\text{C}$), con el consiguiente inconfort térmico durante las noches. Por el contrario, no se estiman cambios en el número de días de lluvia. Factor éste que suele ser motivo de modificaciones y cancelación de reservas de última hora.

	1971-2000	2011-2040	2041-2070
TEMPERATURA MEDIA	18,3 ± 0,8	19,4 ± 0,4	20,5 ± 0,6
TEMPERATURA MÁXIMA	22,9 ± 0,9	24,0 ± 0,5	25,2 ± 0,7
TEMPERATURA MÍNIMA	13,6 ± 1,0	14,7 ± 0,4	15,8 ± 0,5
DÍAS CON T MAX ≥ 25	27	35 X	43
DÍAS CON T MIN ≥ 20	1	3	8
Nº DÍAS DE LLUVIA (PR>=1)	25 ± 4	23 ± 2	20 ± 2

16.7 Tabla. Datos de temperatura máxima y mínima en verano para el escenario RCP85. Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

	1971-2000	2011-2040	2041-2070
TEMPERATURA MEDIA	11,6 ± 0,9	12,2 ± 0,4	13,2 ± 0,5
TEMPERATURA MÁXIMA	16,1 ± 1,1	16,6 ± 0,5	17,7 ± 0,5
TEMPERATURA MÍNIMA	7,1 ± 0,9	7,8 ± 0,3	8,8 ± 0,4
DÍAS CON T MAX ≥ 25	5	6	9
DÍAS CON T MIN ≥ 20	0	0	0
Nº DÍAS DE LLUVIA (PR>=1)	40 ± 7	40 ± 3	38 ± 3

16.8 Tabla. Datos de temperatura máxima y mínima en primavera para el escenario RCP85. Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

Si se utilizan estos límites, junto con el rango de temperatura idónea indicada para el turismo (20–27°C), para establecer la duración de los calendarios turísticos se observa para los escenarios proyectados una progresiva ampliación de este en los dos extremos del periodo estival, especialmente durante el otoño. La temperatura

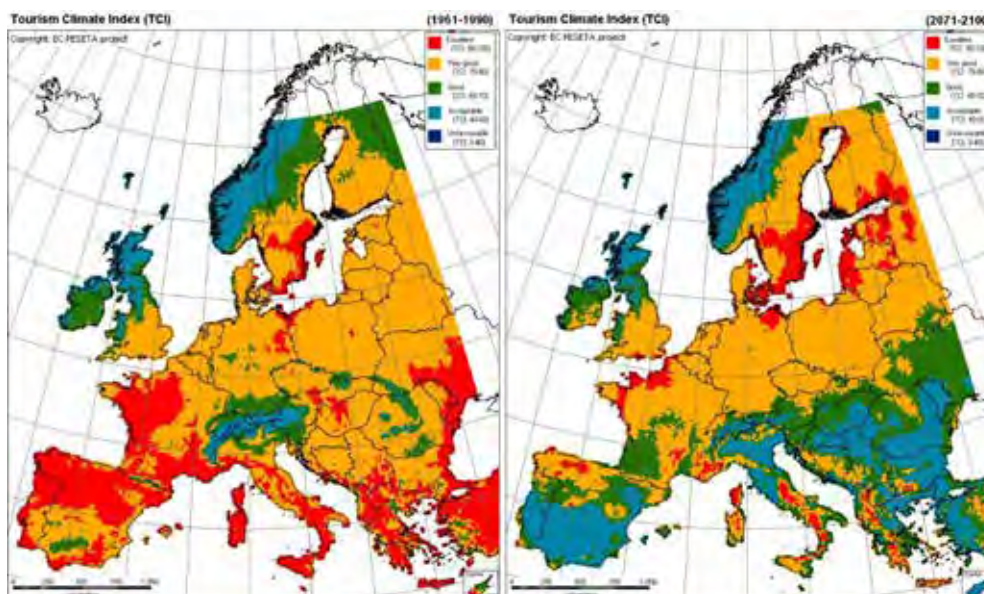
media máxima y la temperatura media para finales de siglo muestran valores del orden de los valores climatológicos para verano. Este hecho que podría favorecer, al menos desde el punto de vista climático, la prolongación del periodo de actividad turística, así como de las actividades de ocio al aire libre.

	1971-2000	2011-2040	2041-2070
TEMPERATURA MEDIA	14,4 ± 0,9	15,6 ± 0,5	17,0 ± 0,6
TEMPERATURA MÁXIMA	18,8 ± 1,1	20,1 ± 0,6	21,4 ± 0,6
TEMPERATURA MÍNIMA	10,0 ± 0,9	11,2 ± 0,4	12,6 ± 0,6
DÍAS CON T MAX ≥ 25	11	17	23
DÍAS CON T MIN ≥ 20	0	1	4
Nº DÍAS DE LLUVIA (PR>=1)	32 ± 9	31 ± 3	29 ± 2

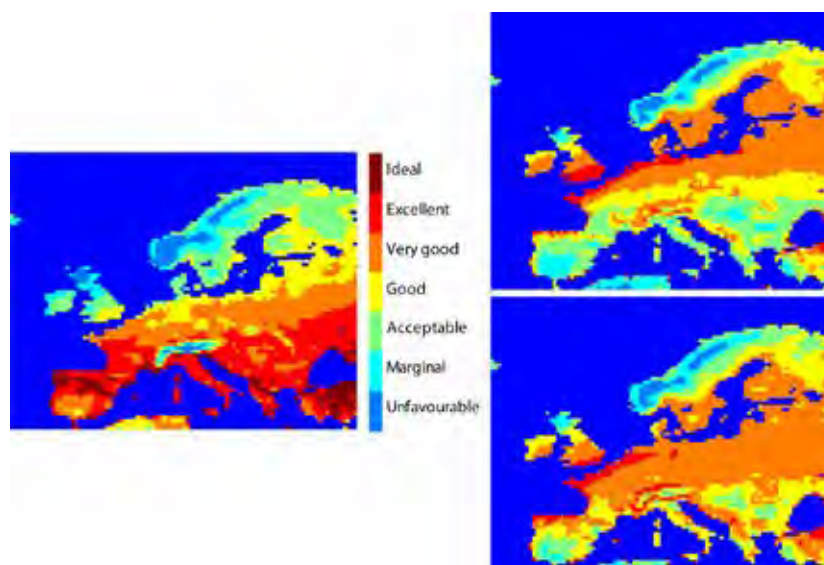
16.9 Tabla. Datos de temperatura máxima y mínima en otoño para el escenario RCP85. Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

Las temperaturas proyectadas no señalan pérdida de confort climático por exceso de calor ni durante las horas diurnas, reducido número de días en los que las temperaturas máximas superarán los 33°C, ni durante las horas nocturnas ($T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$). El proyecto de valoración de los impactos del cambio climático en las actividades económicas de Europa ('PESETA-Projection of Economic Impacts of Climate Change in sectors of the European

Union base don bottom-up análisis⁶⁰) del JRC (2009) ha mostrado los cambios esperados en el confort climático para finales de siglo. Según este estudio, la pérdida de confort climático en otras regiones mediterráneas o del sur de Europa podría favorecer a las zonas del norte de Europa o del cantábrico, Gipuzkoa entre ellas, donde se mantendrá un grado importante de confort térmico.



16.3 Fig. Cambios previstos en el confort climático del verano en Europa en relación con la actividad turística. Proyección 2071-2100 respecto al periodo 1961-1990. Fuente: JRC, Proyecto PESETA.



16.4 Fig. Índice climático-turístico (izq.) en verano para la década de los 70 y (drcha.) el cambio proyectado de este índice para el periodo la década de 2080. Fuente: Amelung & Moreno (2011).

⁶⁰<https://ec.europa.eu/jrc/en/peseta-ii>

Los efectos del cambio global no van a afectar de forma similar a las distintas modalidades de turismo. El turismo de sol y playa, el turismo de montaña, el turismo de naturaleza o el ecoturismo tendrán que afrontar mayores

impactos que por ejemplo el turismo de ciudad, turismo cultural o el turismo de eventos y convenciones.

16.3.1 TURISMO DE SOL Y PLAYA

El Departamento de Medio Ambiente y Obras Hidráulicas de la Diputación Foral de Gipuzkoa dispone de una amplia red de videovigilancia en todo el litoral, dotada de un sistema de videometría que proporciona información sobre la densidad de usuarios y calcula así el dato diario de asistencia en las playas. Esta red es por tanto de gran utilidad para la gestión de las playas y la seguridad de sus usuarios.

Dado que el grado de uso de las playas está influenciado principalmente por la temperatura máxima y la radiación solar, la Red de Videometría revela que la asistencia a las playas a lo largo del año 2019 muestra una mayor densidad cuando las temperaturas máximas superan los 24° C, cuando la velocidad del viento es inferior a 10 m s⁻¹, hay escasa cobertura nubosa y las precipitaciones son inexistentes o muy escasas. En base a estos datos, es de esperar que el aumento de las temperaturas medias y máximas en verano y otoño, junto con la reducción en el número de días de precipitación, favorezca el mayor uso de estos espacios.

Esta actividad, sin embargo, se verá limitada por el aumento del nivel del mar y la erosión costera. En el Golfo de Bizkaia las proyecciones regionales estiman ascensos del nivel medio del mar de entre 40 y 50 cm para el escenario RCP4.5 (Ramírez et al., 2019) 50 y 70 cm para

el peor de los escenarios para finales de siglo (Slanget et al., 2014; Vousdoukas et al., 2017). En las playas del litoral cantábrico esto se traduce en 2 - 4 m para 2040 y de varias decenas de metros de retroceso de la playa, siendo las playas confinadas⁶¹ las más vulnerables (Cendrero Uceda et al., 2005; Losada et al., 2014), disminuyendo por tanto la disponibilidad de superficie de playa para la función recreativa. Esta pérdida sedimentaria junto con el aumento de la intensidad esperada en el uso recreativo, podría comportar en el largo plazo una disminución en la satisfacción de los usuarios, espacios más reducidos y con mayor masificación.

El aumento del nivel del mar provoca, además, inundaciones permanentes y daños en las infraestructuras costeras, lo cual podría implicar importantes pérdidas para el sector turístico del litoral tal y como ha ocurrido en el caso de episodios extraordinarios durante los últimos años. Este aumento del nivel del mar incrementa a su vez el impacto de las inundaciones puntuales ocasionadas por los temporales. Otros factores como son las intrusiones salinas o el calentamiento del mar, podrían dañar los humedales costeros afectando a la actividad turística y de ocio relacionada con estos espacios naturales, además de la naturalística o científica relacionada con el análisis y avistamiento de aves que se da en los mismo.

16.3.2 TURISMO URBANO, CULTURAL Y RURAL

Tal y como se indicaba anteriormente, el turismo en Gipuzkoa tiene un perfil marcadamente urbano (Observatorio turístico de Gipuzkoa, 2017). Los productos y destinos turísticos urbanos se configuran como los menos vulnerables al cambio climático (Valdés et al., 2011).

El turismo cultural, en sus diferentes manifestaciones, es practicado en buena medida en ámbitos urbanos, siendo probablemente uno de los menos afectados por el cambio climático dada su menor afectación por las condiciones

atmosféricas al desarrollarse mayoritariamente en espacios cerrados, poco vulnerables a las inclemencias atmosféricas. Es posible además que la disminución en la precipitación estimule este tipo de actividades y, del mismo modo, el incremento de las temperaturas puede servir de estímulo para el aumento de este tipo de turismo en determinadas épocas del año.

En los cascos históricos de los municipios, los edificios históricos son en general más vulnerables al cambio

⁶¹Playas confinadas en una parte de su longitud por acantilados o estructuras artificiales. Salvo dos playas el resto están confinadas en la actualidad.

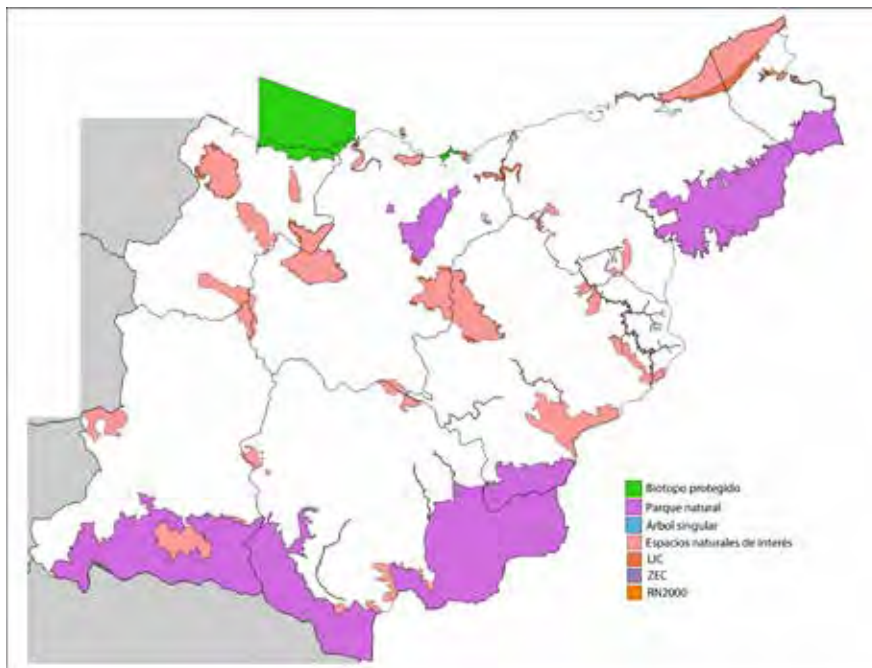
climático que los modernos, al presentar materiales que favorecen la erosión y corrosión por la incidencia del agua o las temperaturas extremas, entre otros factores.

Esta actividad de ocio y turismo se da por igual en todo el territorio ya que tanto la costa como el interior cuentan con un importante patrimonio cultural: museos, enclaves y edificios históricos, etc.

16.3.3 TURISMO DE NATURALEZA

La belleza del paisaje y de la naturaleza son uno de los principales atractivos del Territorio. Los espacios protegidos suelen constituir uno de los principales factores que contribuyen a este paisaje y riqueza. A pesar de que Gipuzkoa es un territorio densamente poblado, el 20 % del suelo tiene catalogación de Espacio Natural Protegido según la Ley de Conservación de la Naturaleza del País Vasco (Decreto Legislativo 1/2014), cuenta con numerosos

puntos de interés. Como espacios naturales de interés se pueden destacar los de Jaizkibel, Txingudi e Islas del Bidasoa, Ulia, San Antón, Mendizorrotz, Punta Mendata, Playa Santiago, Bedua, Garate-Santa Bárbara, Ría del Oria, Mutriku-Saturrarán, Udalaiz, Izarraitz, Hernio-Gazume, Arno-Olatz, Andutz, Murumendi, Karakate-Irukurutzeta, Araxes-Jazkugane, Embalse de Aginaga, Haranerreka-Kilimón, Atxulondo-Abalotz, y el Monte Gorostiaga.



16.5 Fig. Red de espacios naturales de Gipuzkoa. Fuente: geoeuskadi.

Estos espacios son un atractivo para los turistas, pero son también puntos importantes para la práctica de actividades físicas y deportivas en la naturaleza y de ocio para los propios ciudadanos del territorio.

El cambio climático global y su consiguiente calentamiento podría alterar el valor de estos espacios,

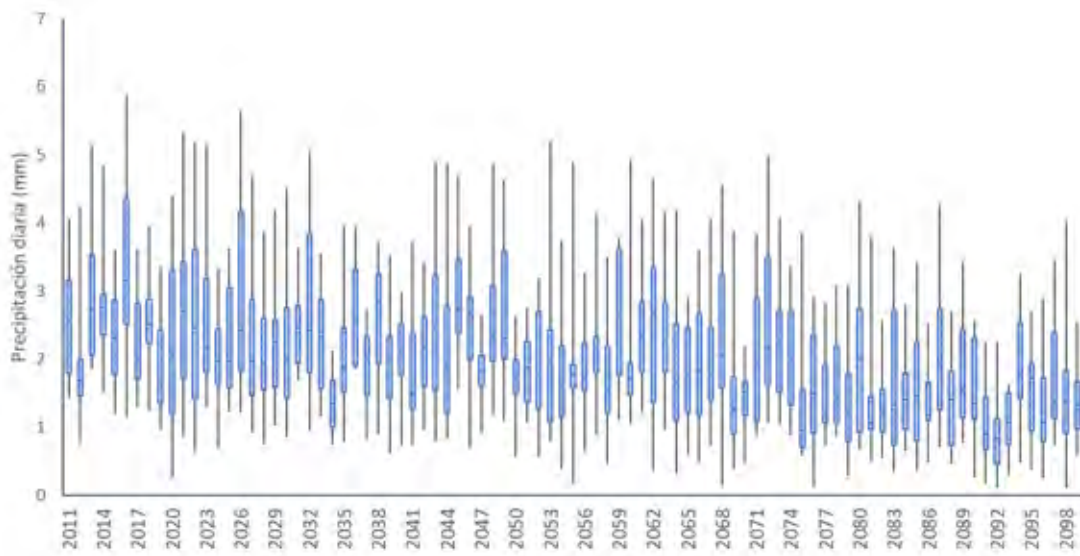
por cambios en las variables climáticas, por degradación de espacios y consiguiente cambio en la distribución o incluso desaparición de especies. Por lo tanto, las actividades lúdicas realizadas en dichos espacios se verían afectadas, así como en el propio valor natural de los mismos.

16.3.4 EFECTOS DE UNA MAYOR INTENSIDAD TURÍSTICA

La disponibilidad de agua es fundamental para cualquier tipo de actividad. En el caso del ocio y el turismo, el agua está presente en muchas de las actividades, además de la propia necesidad básica ligada a la hidratación y la higiene. En este sentido, tanto la disponibilidad, en cantidad y en calidad, podrán

condicionar estas actividades en el futuro.

Desde el punto de vista de disponibilidad de recursos, las proyecciones climáticas, aunque con un nivel de incertidumbre elevado, muestran una reducción de la precipitación, sobre todo en verano.



16.6 Fig. Proyección de la precipitación diaria en verano en Gipuzkoa para el escenario RCP8.5.

Fuente: proyecto Escenarios II (Klimatek, 2017).

En los municipios costeros, donde se concentra la mayor parte de la población del territorio y que además reciben la mayor afluencia del turismo (Observatorio turístico de Gipuzkoa, 2017), es previsible una menor disponibilidad en la cantidad de agua, siendo esta además de peor calidad.

Desde el punto de vista de la demanda, el principal impacto del cambio climático sobre el turismo y el ocio será el aumento del consumo de agua derivada del aumento medio de la temperatura y, por tanto, una mayor necesidad de hidratación. Este aumento en la demanda de agua se deberá al consumo directo, higiene personal, riego de jardines y zonas verdes, uso de piscinas. Además, este aumento de la demanda de agua puede extenderse más allá del propio periodo estival provocado por la extensión del periodo óptimo para el turismo y el ocio. Tal y como se describía en el capítulo sobre recursos hídricos, en aquellas comarcas en las que el abastecimiento se realiza desde embalses de pequeño tamaño, dada su

capacidad no estaría garantizado el suministro en casos de prolongada sequía, de forma que la presión de las actividades de turismo y ocio podrían agravar la situación y verse afectadas o limitadas por la escasez del recurso.

En muchos casos, el propio sector turístico ha puesto en marcha iniciativas encaminadas a la reducción y adaptación al cambio climático. Existen más de 20 certificaciones a nivel global relacionadas con la sostenibilidad tanto de los propios destinos como de las empresas del sector. En la actualidad, en Gipuzkoa son 3 las empresas con Sistemas de Gestión Ambiental (Turismo Sostenible en Gipuzkoa, 2017⁶²). Además, muchas instalaciones y equipamientos de ocio y turismo cuentan con medidas para mejorar la sostenibilidad como sistemas de ahorro de agua, fuentes de energía renovable, separación de residuos o puntos de recarga de vehículos eléctricos. Asimismo, se están promoviendo distintas iniciativas para promover un turismo más sostenible en el territorio.

⁶²<https://sansebastianregion.com/documents/1515268/2162906/Opex90-2017.pdf/b20c2ff2-e287-5d4c-eb91-37c112e77e46>

16.4 CONCLUSIONES

La implicación de múltiples factores (económicos, sociológicos, ambientales, etc.) con relación al turismo y al cambio climático dificultan el estudio de su interrelación.

El turismo, la recreación y el ocio se configuran en la actualidad como sectores económicos muy relevantes y dinámicos. El clima y el tiempo meteorológico son factores importantes para una buena parte de los productos y servicios, por lo que, con toda probabilidad, cualquier cambio en las condiciones climáticas comportará impactos muy significativos en este ámbito de actividad. La implicación de múltiples factores (económicos, sociológicos, ambientales, políticos, etc.) con relación al turismo y cambio climático dificultan el estudio de su interrelación e impide proyectar con seguridad cual va a ser el comportamiento de algunos de los elementos que participan en el sistema (demanda, oferta, agentes y operadores del mercado). Los modelos e índices actuales tan solo permiten realizar proyecciones en cuanto a las posibles variaciones que se puedan experimentar en la potencialidad climático-turística y en el ámbito territorial en el que las actividades turísticas se desarrollan.

En un contexto regional más amplio, el cambio climático podría favorecer que Gipuzkoa aumentara su atractivo turístico al mantener unas condiciones altamente favorables en relación a otros destinos más habituales como los del Mediterráneo, donde las

condiciones climáticas en verano serán menos favorables.

En los destinos turísticos del litoral, la mejora de las condiciones climáticas mejorará las condiciones del turismo de sol y playa. Sin embargo, el ascenso del nivel del mar y de la cota de inundación podría limitar dichos efectos.

Las actividades relacionadas con la naturaleza podrán verse afectadas. Los cambios pronosticados en los ecosistemas modificarán las cualidades estéticas, de funcionalidad y de fragilidad de estos ámbitos, limitando así las ventajas de una mejora climatológica.

La presión sobre determinados servicios ecosistémicos, principalmente agua, que un mayor atractivo turístico o un incremento de las actividades de ocio pudieran tener en el territorio de Gipuzkoa se debería considerar en futuros planes de adaptación al cambio climático.

Con el objetivo de realizar un seguimiento sobre el impacto del cambio climático sobre el turismo, se proponen una serie de indicadores para evaluar las condiciones climáticas desde la perspectiva del turismo, ocio y recreación. Se han utilizado como referencia los índices definidos en el proyecto europeo INDECIS (Integrated approach for the development across Europe of user oriented climate indicators for GFCS high-priority sectors: agriculture, disaster risk reduction, energy, health, water and tourism⁶³), en el que se han identificado índices climáticos orientados a distintos sectores prioritarios.

⁶³<http://www.indecis.eu/index.php>

TEMPERATURA DEL AIRE	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL
TEMPERATURA MÁXIMA/MÍNIMA	TEMPERATURA MÁXIMA/MÍNIMA MENSUAL
DÍAS CÁLIDOS/FRÍOS	NÚMERO DE DÍAS CON TEMPERATURA SUPERIOR/INFERIOR AL PERCENTIL 90/10
PRECIPITACIÓN TOTAL EN DÍAS HÚMEDOS	PRECIPITACIÓN TOTAL EN DÍAS CON $PR \geq 1\text{mm}$
DÍAS HÚMEDOS	NÚMERO DE DÍAS EN LOS QUE $PR \geq 1\text{mm}$
ÍNDICE CLIMÁTICO DE TEMPERATURA UNIVERSAL	CONSIDERA LA TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA, RADIACIÓN SOLAR Y LA VELOCIDAD DEL VIENTO. SE CONSIDERA LA TEMPERATURA DE REFERENCIA A PARTIR DE LA CUAL SE PIERDE CONFORT
MOULD INDEX	NÚMERO DE DÍAS CON HUMEDAD RELATIVA SUPERIOR A 90% Y TEMPERATURA SUPERIOR A 10°C
ÍNDICE DE CALOR	COMBINA TEMPERATURA DEL AIRE Y HUMEDAD RELATIVA. INDICA LA TEMPERATURA EQUIVALENTE O SENSACIÓN TÉRMICA.
WIND CHILL INDEX	COMBINA TEMPERATURA DEL AIRE Y VELOCIDAD DEL VIENTO ES LA PÉRDIDA DE CALOR CORPORAL
MÁXIMA VELOCIDAD DEL VIENTO	MÁXIMO VALOR DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO
VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO	MEDIA DE LA VELOCIDAD MEDIA DIARIA
DÍAS DE CALMA	NÚMERO DE DÍAS DE CALMA (VELOCIDAD MEDIA $\leq 2\text{ m/s}$)
HORAS DE LUZ SOLAR	NÚMERO DE HORAS DE LUZ SOLAR
DÍAS SOLEADOS/NUBLADOS	NÚMERO DE DÍAS CON COBERTURA NUBOSA INFERIOR A 10%. NÚMERO DE DÍAS CON BASE DE NUBES
COBERTURA NUBOSA MEDIA	MEDIA DIARIA DE LA COBERTURA NUBOSA
HOLLIDAY CLIMATE INDEX (TEMP+WIND+PREC.)	ÍNDICE CLIMÁTICO DE ACTIVIDADES TURÍSTICAS BASADO EN EL CAMBIO EN LAS RATIOS DE CONFORT DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS
TOURISM CLIMATE INDEX (PREC.+SUNSHINE+WIND)	INTEGRA CINCO VARIABLES CLIMÁTICAS QUE INFLUYEN EN EL GRADO DE CONFORT CLIMÁTICO-TURÍSTICO: TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA, VELOCIDAD DEL VIENTO, PRECIPITACIÓN E INSOLACIÓN Y UN ÍNDICE BIOCLIMÁTICO LA TE (TEMPERATURA EFECTIVA)
NIVEL DEL MAR	TASA DE CAMBIO DEL NIVEL DEL MAR
CALIDAD DE LAS AGUAS DE BAÑO	PORCENTAJE DE DÍAS CON CALIDAD DE LAS AGUAS DE BAÑO BUENA O EXCELENTE

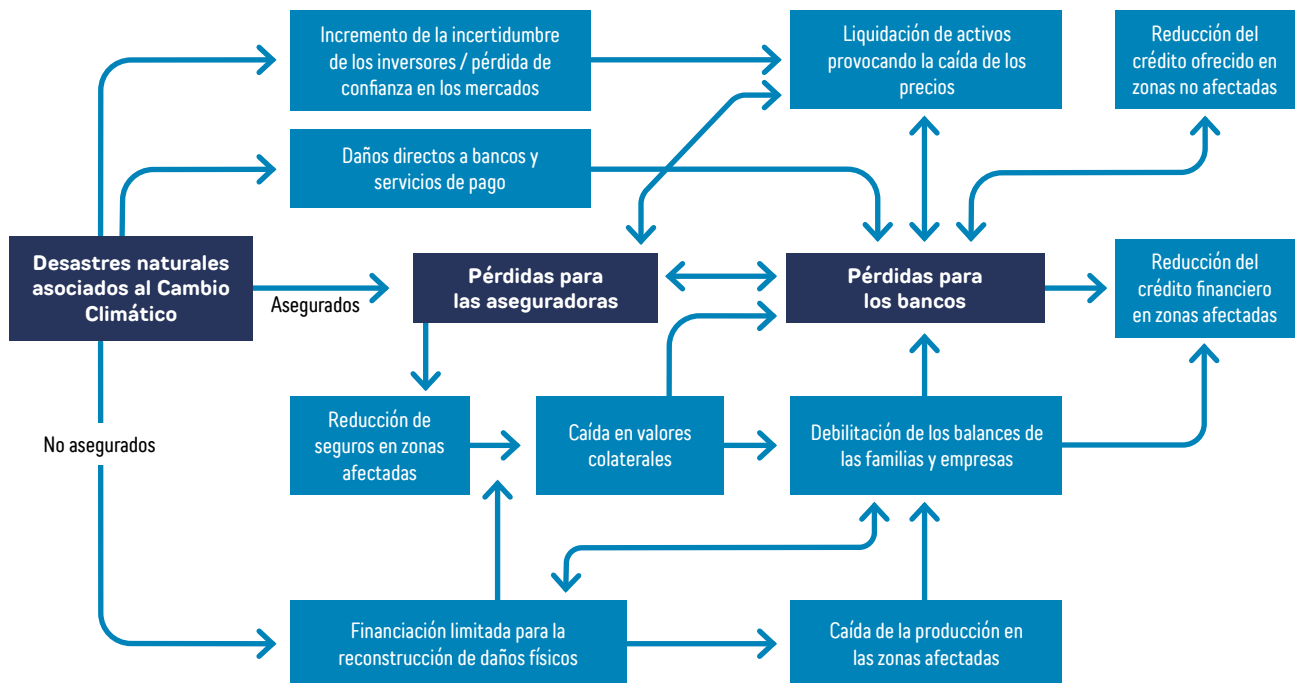
16.10 Tabla. Indicadores propuestos para el seguimiento del impacto del cambio climático en el sector turístico.



17.1 INTRODUCCIÓN

Los mercados financieros también se verán afectados por el cambio climático. Sus efectos adversos tienen ya consecuencias sobre el crecimiento económico de di-

versos sectores, industriales e inmobiliarios entre otros, al dañar sus activos y afectar al valor y la cotización de las propias empresas.



17.1 Fig. Esquema de impactos del cambio climático sobre la economía y el sector asegurador. Fuente: BBVA (2018).

El impacto del cambio climático sobre bancos, aseguradoras y gestoras de activos es múltiple y significativo a largo plazo. A los riesgos propios de la actividad como la compensación de daños y perjuicios por deterioro de activos a los asegurados, hay que unir otros ligados al marco regulatorio, a las transformaciones

tecnológicas o a las relacionadas con la reputación o la imagen de marca de las compañías. Sus consecuencias serán patentes en el deterioro de su cartera de préstamos, en el descenso de valor de los activos o en el aumento de las reclamaciones a las compañías de seguros.

“ El cambio climático presenta riesgos y oportunidades reales para los inversores y las instituciones financieras en todas las clases de activos y en todos los plazos, incluido el muy corto plazo. (UNEP FI, Universidad de Cambridge, IIGCC 2014). ”

17.2 IMPACTOS FINANCIEROS

En una publicación de The Economist⁶⁴, se estima que el valor en riesgo global debido al cambio climático de todos los activos cotizados en los mercados mundiales oscila entre 4.2 y 43 trillones de dólares hasta finales de siglo.

Los impactos financieros pueden deberse a una reducción en los ingresos, por cambios en la demanda de determinados productos intensivos en carbono, en los costes, asociados a sus propias estructuras de costes y su dependencia de determinados proveedores, en sus activos y pasivos, en función de los horizontes de amortización y las reservas que se han de dotar, así como en su propio capital y su esquema de financiación.

En resumen, los riesgos del sector financiero, según estimaba el Banco de Inglaterra en 2015, se pueden resumir en los siguientes:

- **Riesgos físicos:** riesgos directamente relacionados con fenómenos meteorológicos, como inundaciones u olas de calor. Pueden ser riesgos crónicos como el aumento de la temperatura o del nivel del mar o asociados a eventos extremos. Incluye tanto los impactos directos de estos fenómenos como daños a bienes y personas, como los impactos indirectos, debido por ejemplo a la pérdida de beneficios por escasez de recursos o interrupción de la cadena de producción.
- **Riesgos de transición:** como consecuencia de la transición repentina e inesperada hacia una economía más baja en carbono. Esto podría dar lugar a una fuerte depreciación en los activos de determinados

sectores, la reducción de uso de bienes de consumo intensivos en carbono o el aumento de los costes de producción derivados de los nuevos impuestos energéticos o de los precios del carbono.

- **Riesgos de responsabilidad:** resultado de las reclamaciones que podrían ejercer las partes perjudicadas por el cambio climático que pretenden obtener una compensación por parte de otros a los que estiman responsables de esos daños.

Las implicaciones reputacionales tampoco pueden pasarse por alto a medida que se intensifica la sensibilidad de inversores y clientes, que pueden devaluar activos intangibles como el valor de las marcas y, por tanto, las posiciones competitivas de numerosas empresas.

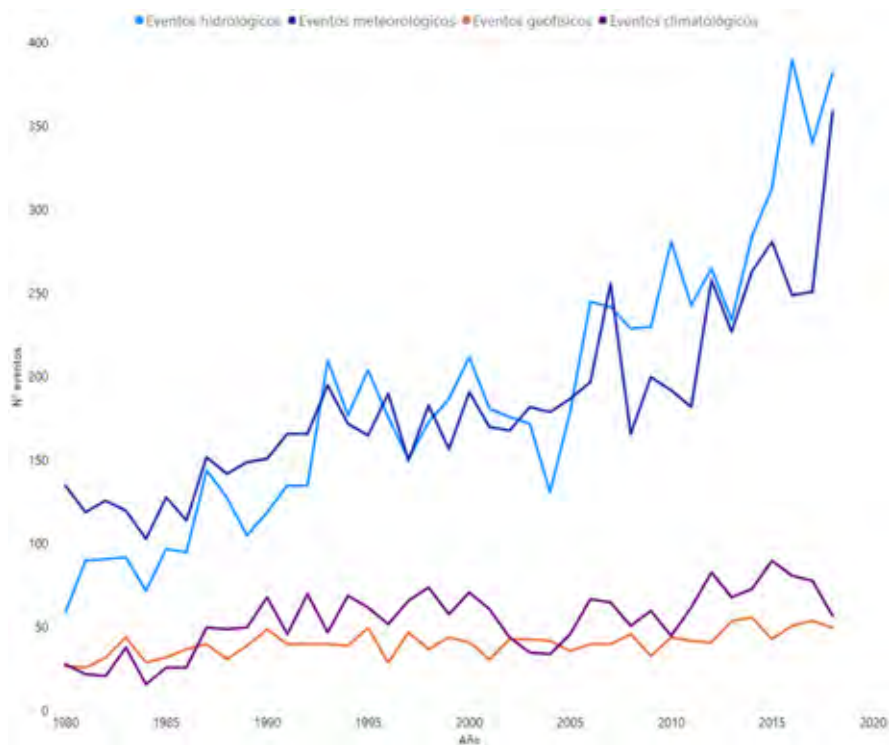
La agencia de calificación S&P, en su informe 'Climate Change: Can Banks Weather the Effects' de septiembre de 2019, recordaba los riesgos directamente relacionados con el cambio climático que pueden sufrir los bancos. "La transición global para reducir las emisiones de carbono plantea un desafío a la estabilidad financiera, debido al riesgo físico y de transición para los bancos, junto con los costos operativos y crediticios". Aunque la agencia de 'rating' reconoce que estos riesgos son algo que hasta ahora no se ha tenido en cuenta a la hora de establecer el 'rating' de las entidades financieras, advierte de que "bancos muy expuestos a sectores o países vulnerables al riesgo de cambio climático podrían ver una reducción en los ingresos". Es decir, que pueden pesar en sus proyecciones de riesgos pérdidas y ganancias.

⁶⁴"The Cost of Inaction: Recognising the Value at Risk from Climate Change", 2015. https://eiuperspectives.economist.com/sites/default/files/The%20cost%20of%20inaction_0.pdf

17.3 SECTOR ASEGURADOR

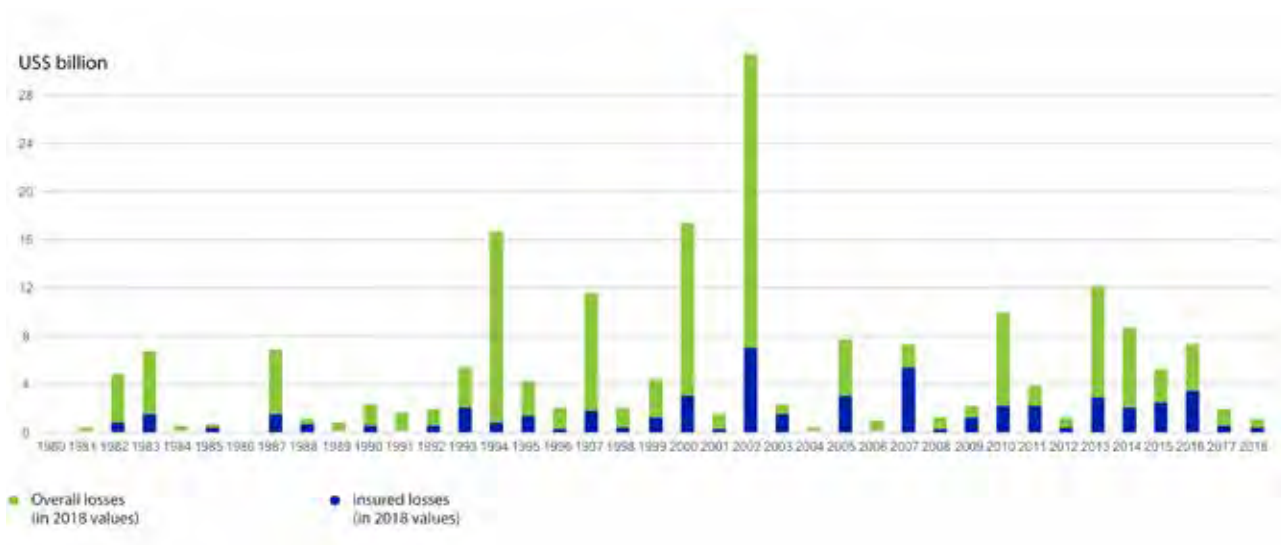
El cambio climático afecta tanto a medio físico como al social y al económico. Un estudio de la WMO⁶⁵ concluyó que un 80% de los desastres naturales entre

2005 y 2015 están claramente relacionados con el cambio climático, provocando una pérdida de 1.3 trillones de dólares (Insurance Journal Research, 2018).



17.2 Fig. Número de eventos extremos a escala mundial: eventos hidrológicos (inundaciones, deslizamientos), meteorológicos (tormentas), climatológicos (olas de calor, sequía, incendios forestales), geofísicos (terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas) y el total. Fuente: Munich RE.

⁶⁵Report Highlights Climate Change Risks Faced by Insurance Sector.



17.3 Fig. Perdida total (verde) y perdidas aseguradas (azul) (en US\$ a 2018) por inundaciones en Europa. Fuente: NatCatSERVICE, Munich RE.

El sector asegurador está presente en prácticamente la totalidad de los sectores, siendo especialmente vulnerable a los fenómenos extremos, como sequías, incendios, inundaciones o tormentas, y los riesgos asociados a estos. El cambio climático, el crecimiento y la concentración demográfica, el aumento de las zonas expuestas a catástrofes y la mayor riqueza de los valores inmobiliarios, están incrementando la exposición y vulnerabilidad de los activos económicos y la severidad de las pérdidas. El sector internacional del seguro destaca que en los escenarios de cambio climático proyectados y aumento de las pérdidas asociadas al mismo, los sectores que se verán más afectados son el de daños (patrimoniales, industria, ingeniería e incendios), y salud, vida y responsabilidad civil.

Así, por ejemplo, la cuantía total de los daños en bienes y pérdidas pecuniarias en Gipuzkoa durante los años 2015-2017 asociada a eventos climáticos (inundaciones, embates de mar y tempestad ciclónica atípica, TCA) as-

cendió a alrededor de 1,3 millones de euros. Los mayores costes en los años 2008, 2009 o 2011 están asociados a inundaciones, al igual que en el resto del mundo, acompañados en ocasiones de embates de mar o tempestad ciclónica atípica.

Es probable que el cambio climático provoque cambios en la peligrosidad de determinados riesgos hidrometeorológicos, como los vientos fuertes, la inundación fluvial y costera o los embates de mar. Algunos de estos riesgos están incluidos en el actual Sistema de Riesgos Extraordinarios⁶⁶, gestionados por el Consorcio de Compensación de Seguros. Sin embargo, a pesar de este aumento de la peligrosidad y sin descartar la incidencia del cambio climático, gran parte de las pérdidas proyectadas a futuro se deberán a la mayor concentración de bienes asegurados en zonas de riesgo y a su mayor valor económico.

⁶⁶Los fenómenos naturales cubiertos por esta garantía obligatoria son inundaciones extraordinarias, terremotos y maremotos, erupciones volcánicas, tempestad ciclónica atípica (incluyendo los vientos extraordinarios de rachas superiores a 120 km/h y los tornados) y caída de cuerpos siderales y aerolitos. El Consorcio actúa como mecanismo social complementario del seguro privado, al cubrir los riesgos catastróficos en consideración al enorme potencial de pérdidas que son susceptibles de generar estos eventos.

El cambio climático afectará al sector asegurador en tres aspectos fundamentales, como son la variación en la suscripción de pólizas, el cambio en los tipos de inversiones y la adopción de políticas medioambientales más exigentes por parte de las compañías.

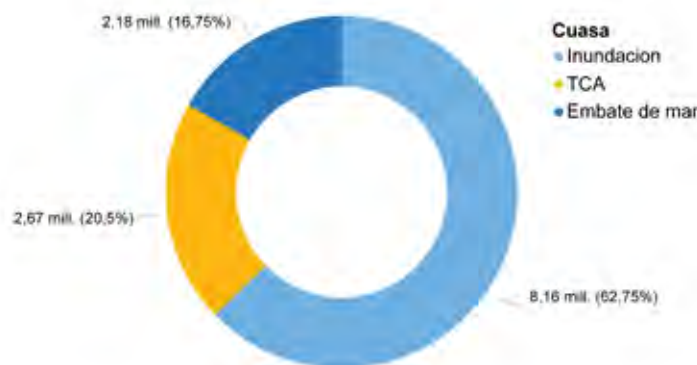
La existencia del Consorcio de Compensación de Seguros podrá amortiguar en el corto plazo los impactos del cambio climático, sin un encarecimiento excesivo de los seguros, al contrario de lo que ocurre en otros países como Estados Unidos donde se han encarecido en zonas muy vulnerables como Miami o Nueva York. El Consorcio de Compensación de Seguros señala que, de mantenerse las mismas condiciones en el mercado asegurador en el que ha crecido la penetración del seguro, esto es el número de pólizas y mayor valor de los bienes asegurados, el Sistema de Riesgos Extraordinarios podría asumir hacia 2050, sin modificaciones, un aumento de la siniestralidad del 15-20% como consecuencia de los riesgos directos del cambio climático (Álvarez et al., 2016).

A pesar del peculiar sistema español de seguros, el cambio climático y los sucesos ligados supondrán un incremento en la incertidumbre, con los consiguientes efectos

adversos sobre el funcionamiento de los mercados de seguros. El cambio climático amenaza a todo el modelo empresarial del sector de los seguros, con implicaciones en el aumento de las primas y la reducción de las coberturas. Todo ello a su vez, repercutiría negativamente en los mercados financieros y en la estabilidad financiera global.

Además de a los bienes materiales asegurados, el cambio climático también afectará a los seguros relacionados con la salud, cuyas primas aumentarán de forma notable. El propio proceso de envejecimiento poblacional agravará los efectos sobre el sector sanitario.

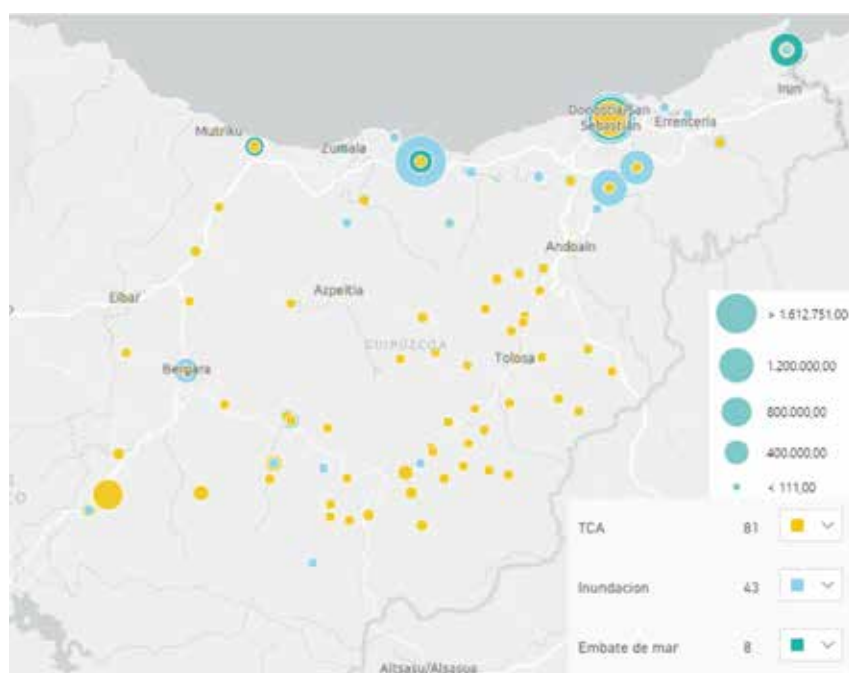
Sin embargo, frente a estas expectativas negativas, surgen nuevas oportunidades de negocio, nuevos sectores en los que invertir como, por ejemplo, los seguros de reducción de emisiones de carbono, los bonos sostenibles, las hipotecas verdes, o los fondos de inversión en el sector de las energías renovables o la eficiencia energética.



17.4 Fig. Eventos meteorológicos que ocasionan los principales daños a bienes durante el periodo 2015-2017 cubiertos por el Consorcio de Compensación de seguros. Fuente: elaboración propia a partir de datos del consorcio.

	Nº PÓLIZAS	Nº EXPEDIENTES	INDEMNIZACIONES
2006	129	113	1.424.783,00 €
2007	135	632	4.696.825,00 €
2008	146	1063	19.187.094,00 €
2009	167	11370	15.950.765,00 €
2010	181	6086	9.511.804,00 €
2011	155	4087	51.686.149,00 €
2012	165	11	20.584,00 €
2013	149	1191	4.616.223,00 €
2014	164	984	13.321.065,00 €
2015	163	843	3.828.496,00 €
2016	149	170	2.395.441,00 €
2017	170	3074	6.674.246,00 €
2018	178	220	1.115.556,00 €

17.1 Tabla. Número de pólizas⁶⁷, número de expedientes e indemnizaciones⁶⁸ asociados a riesgos extraordinarios. Fuente: Consorcio de Compensación de seguros.



17.5 Fig. Distribución espacial de los principales daños, en términos económicos, ocasionados por eventos meteorológicos adversos. Fuente: elaboración propia a partir de datos consorcio.

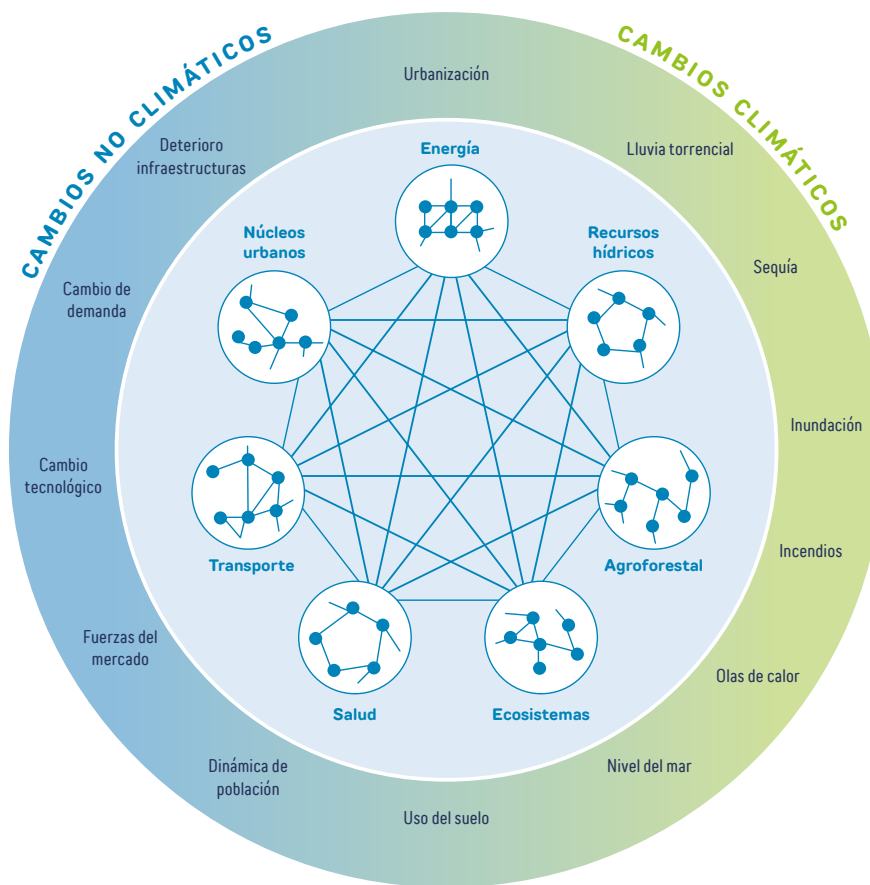
⁶⁷Número de pólizas con capital superior a 18.000.000 €

⁶⁸Importes en € actualizados a 31-12-2018

18.1 INTERACCIÓN ENTRE SECTORES

En el presente Informe se han analizado los posibles impactos del cambio climático sobre los distintos sectores socioeconómicos y el sistema natural (recursos hídricos, energía, sector agroforestal, infraestructuras, sistemas financieros, entre otros) en el T.H. de Gipuzkoa. Sin embargo, se trata de un conjunto complejo con fuertes relaciones e interdependencias entre sí. Además, estos sistemas no están únicamente expuestos a los impactos

directamente relacionados con las condiciones climáticas, como inundaciones u olas de calor, sino que están afectados también por las propias actividades económicas y sociales. Estas interacciones dan lugar a impactos difíciles de predecir y cuantificar. Una visión completa del impacto del cambio climático en el territorio requiere también considerar las interacciones entre los distintos sectores y sus consecuencias.



18.1 Fig. Los sectores son interdependientes a través de uniones físicas, sociales, institucionales, ambientales y económicas. Los sectores y sus interrelaciones están afectadas por variables climáticas y no climáticas. Fuente: Pacific Northwest National Laboratory, Arizona State University, and Cornell University. Clarke et al. (2018).

El cambio climático afecta individualmente a cada uno de estos sectores, pero éstos también se ven afectados a su vez por impactos en cadena de unos sectores sobre otros, de formas que muchas veces son difíciles de predecir y cuantificar sus efectos.

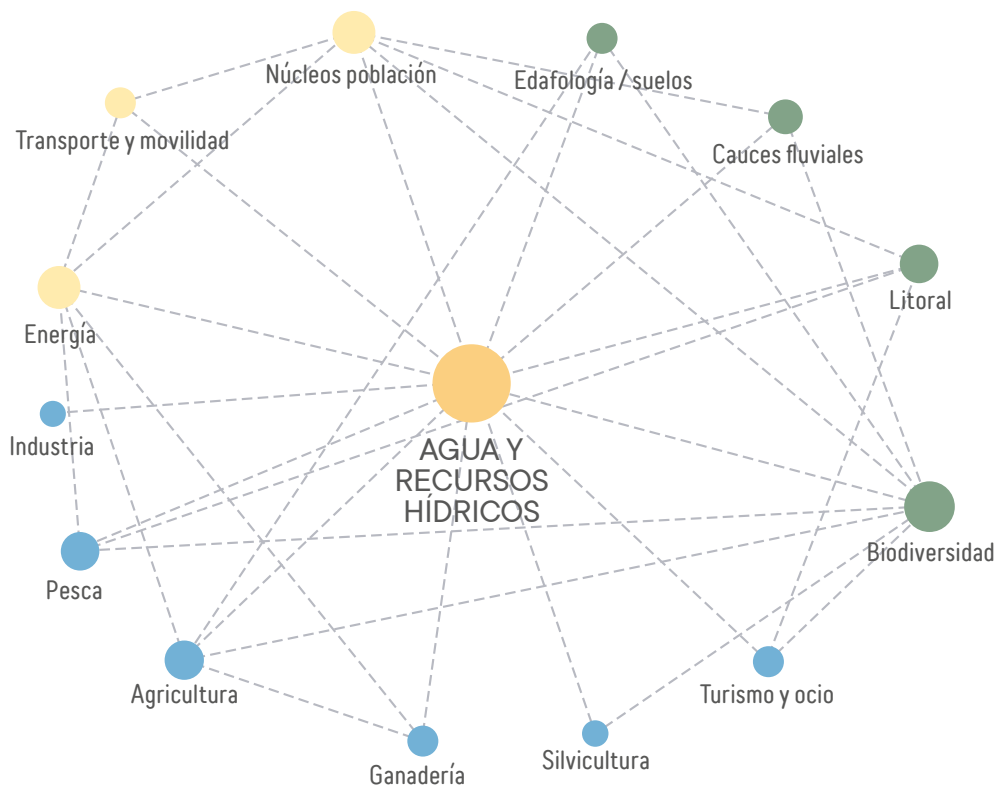
En los capítulos precedentes se han analizado los impactos del cambio climático a cada uno de los sectores de

forma independiente. Sin embargo, como se ha reflejado en muchos de ellos, si bien no explícitamente, es necesario conocer el riesgo de estos sistemas interdependientes. En este capítulo no se exploran en detalle estas relaciones, se citan varios ejemplos de las mismas, con el objeto de señalar el impacto de las mismas. Mejorar el conocimiento de las complejas dinámicas entre los distintos sectores será, sin embargo, esencial para evaluar el riesgo y

finalmente proponer y adoptar las medidas de adaptación necesarias.

La sensibilidad a la disponibilidad de recursos hídricos es un factor clave que se repite en la vulnerabilidad al cambio climático en la mayoría de los sectores analizados. Cambios en el patrón de precipitaciones por efecto del cambio climático afectarían a los caudales de los ríos y a

la disponibilidad del agua embalsada. Son sectores muy sensibles la variabilidad de dicho recurso el agroforestal, la energía, la industria o los propios núcleos de población. Sectores como el de la salud o núcleos de población por su parte requieren, para su correcto funcionamiento, no sólo de disponibilidad de agua, sino también de energía, transporte y telecomunicaciones.



18.2 Fig. Red de relaciones entre los distintos sectores analizados en este informe. La escala del círculo muestra el número de interrelaciones de dicho sector con el resto de los sectores analizados.

No siempre las relaciones entre los sectores y las variables climáticas son directas, como ocurre con el sector financiero que, sin embargo, juega un papel clave en las estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático por parte de los diferentes sectores socioeconómicos.

Otros factores no climáticos, como los cambios demográficos, crecimiento económico o transformaciones en la actividad industrial pueden afectar también a los sistemas expuestos a los cambios de las variables climáticas, así como a la interacción entre los propios sectores. El cambio en el uso del suelo también es fundamental, tanto en

la mitigación como en la adaptación al cambio climático. Estos factores adicionales pueden alterar la vulnerabilidad de los sistemas naturales y socioeconómicos al cambio climático, provocando a su vez la aparición de nuevas afecciones.

Tal como se desprende de los estudios de sistemas complejos, en disciplinas que abarcan desde la meteorología y la ecología a las ciencias de la computación, los sistemas que dependen unos de otros están sujetos a factores que no aparecen cuando estos sistemas se consideran de forma independiente. Por ejemplo, un desprendimiento

sobre una infraestructura de transporte durante una tormenta intensa puede provocar una cadena de afecciones a otros sistemas como las cadenas logísticas de suministro o los servicios sanitarios.

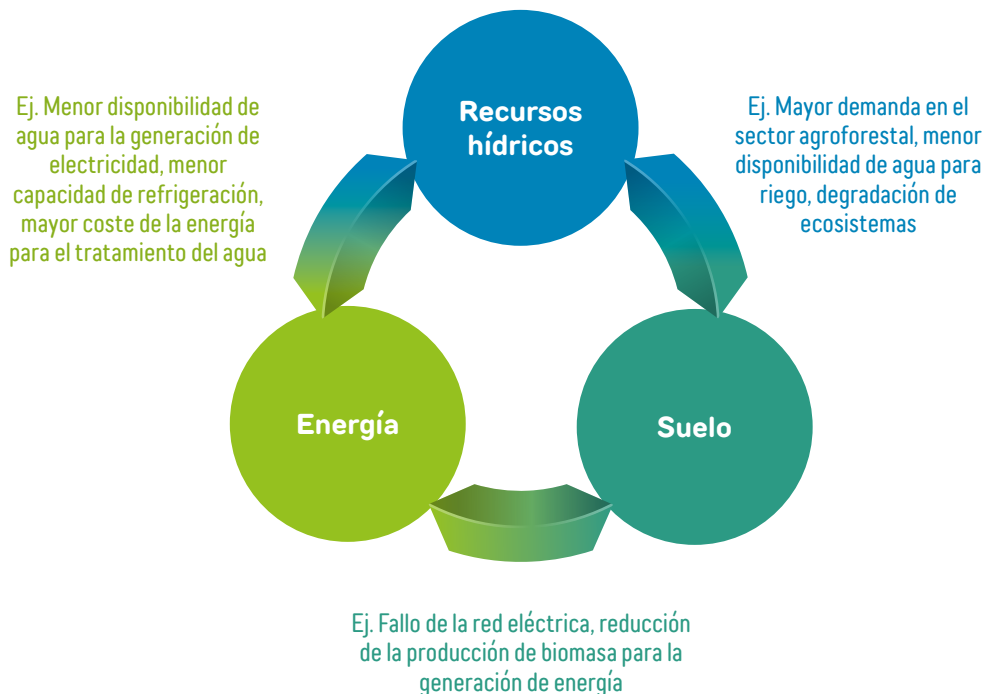
Asimismo, alteraciones en una parte del sistema pueden modificar los límites y puntos críticos en otras partes del sistema. Por ejemplo, los incendios forestales pueden afectar a la calidad del aire, del agua, así como a la permeabilidad del suelo, afectando directamente a la salud de la población, e indirectamente a través del mayor riesgo de inundación. La interacción entre sistemas también puede amortiguar algunos impactos e introducir cierta

estabilidad o capacidad de adaptación que no existiría de forma independiente. La complejidad entre estas relaciones limita la capacidad de análisis de los posibles impactos del cambio climático, incrementando así el grado de incertidumbre.

Por lo tanto, uno de los objetivos futuros será continuar profundizando en el impacto de estas interrelaciones. A continuación, se muestran dos ejemplos, uno ligado a la relación entre los sectores energía—recursos hídricos—suelo y un segundo para los sectores energía—infraestructuras críticas—salud/industria.

Ejemplo 1: Energía, recursos hídricos y suelo

Eventos relacionados con el cambio climático como temperaturas extremas, precipitación intensa, inundaciones o sequías resaltan las interacciones entre energía, agua y suelo. Estos factores también presentan interacciones con otros no climáticos como población, industria, tecnología o infraestructuras para a su vez afectar a la energía, recursos hídricos y suelo individualmente, así como a las dinámicas existentes entre estos sectores.



18.3 Fig. Ejemplos de las interrelaciones existentes entre los recursos hídricos, la energía y el suelo. Fuente: Pacific Northwest National Laboratory, Arizona State University, and Cornell University.

Ejemplo 2: Energía e infraestructuras críticas y salud o industria

La relación entre condiciones climáticas extremas, infraestructuras críticas (energía, transporte) y salud es un ejemplo de como los impactos pueden sucederse en cada uno de los sectores y también a través de las relaciones entre los mismos.

Las proyecciones muestran que las olas de calor serán cada vez más frecuentes y severas. Esto, supondrá un riesgo para la generación de energía eléctrica, como ya ocurrió por ejemplo en centro Europa durante la ola de calor de verano de 2003. Las altas temperaturas incrementan la demanda de electricidad, principalmente para los equipos de aire acondicionado y refrigeración, a la vez que se reduce la eficiencia de transmisión de la energía, llevando a los sistemas a sus límites de operatividad e incrementando el riesgo de cortes y fallos en el suministro. Estas alteraciones se pueden propagar a otros sistemas, por ejemplo con interrupciones en la producción industrial.

Las interrupciones en el sistema energético, además comprometen la operatividad de otras infraestructuras críticas como las redes de transporte, telecomunicaciones o el abastecimiento y tratamiento de agua. Todos ellos pueden afectar a su vez a otras cadenas de suministro o a la operatividad de determinadas industrias. Asimismo, los sistemas de salud pueden verse afectados por el limitado acceso a los equipos médicos o por retrasos en la atención y diagnóstico, en periodos en los que la salud también se ve afectada por las altas temperaturas.



Anexos Glosario Referencias



Gipuzkoako
Foru Aldundia
Departamento de Medio Ambiente
y Obras Hidráulicas



ETORKIZUNA ORAIN
Es futuro

Con el objetivo de realizar el seguimiento de la climatología en Gipuzkoa, así como de la evolución de la vulnerabilidad y de los principales impactos en el Territorio como consecuencia del cambio climático, se han definido a lo largo del informe una serie de indicadores tanto ambientales como meteorológicos o socioeconómicos.

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.
- Impulsar la generación de conocimiento.

Los indicadores deben cumplir una serie de requisitos:

- Ser científicamente válidos, estar basados en un buen conocimiento del sistema descrito.
- Deben mostrar tendencias en el tiempo.
- Deben provenir de observaciones actuales.
- Debe informar sobre aspectos de importancia nacional y para los sistemas humanos o naturales.
- Ser representativos de la región.
- Ser sensible a los cambios que se produzcan en medio o en las actividades humanas relacionadas con él.
- La información de la incertidumbre debe estar disponible.
- Estar basado en datos fiables y de buena calidad.
- Ser predictivo, de manera que pueda alertar sobre una evolución negativa.
- Ser comparable.
- Ofrecer información relevante para el usuario, además de simple y clara para facilitar la comprensión de la misma por parte del usuario no especializado.
- Presentar un buen equilibrio coste-efectividad.

El 'Observatorio de Cambio Climático' de Naturklima realizará el análisis y seguimiento de estos indicadores. Es probable que para algunos de ellos no exista actualmente información disponible, siendo uno de los objetivos del Observatorio el de completar dicha información en los próximos años.

SISTEMA DE INDICADORES

INDICADORES METEOROLÓGICOS	
TEMPERATURA DEL AIRE	TEMPERATURA MEDIA ANUAL
PRECIPITACIÓN	PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL
HUMEDAD RELATIVA	CONTENIDO DE VAPOR DE AGUA DEL AIRE EN RELACIÓN CON SU SATURACIÓN. VALOR MEDIO ANUAL DE LA HUMEDAD RELATIVA.
PRESIÓN ATMOSFÉRICA	VALOR MEDIO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA MEDIA DIARIA



EDAFOLOGÍA	
CONDUCTIVIDAD	INDICADOR DE LA SALINIZACIÓN DE LOS SUELOS.
TASA DE ABSORCIÓN DE SODIO	
CARTOGRAFÍAS DE EROSIÓN DEL SUELO	MAPAS DEL GRADO DE EROSIÓN HÍDRICA DE LOS SUELOS.
MEDIDAS DE TRANSPORTE DE SEDIMENTO EN ESTACIONES DE AFORO	
CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO	CARTOGRAFÍAS DE USOS DEL SUELO
RECURSOS HÍDRICOS	
TOTAL DE PRECIPITACIÓN ANUAL	SUMA DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL
NÚMERO DE DÍAS DE LLUVIA	NÚMERO TOTAL DE DÍAS EN LOS QUE LA PRECIPITACIÓN > 1 MM
VOLUMEN DE AGUA EMBALSADO	VOLUMEN TOTAL DE AGUA EMBALSAD. PORCENTAJE MEDIO DE LLENADO DE LOS EMBALSES.
CAUDAL MEDIO ANUAL	VALOR MEDIO ANUAL DE LOS CAUDALES EN LAS ESTACIONES DE AFORO.
NIVEL MEDIO ANUAL DEL AGUA	VALOR MEDIO DEL NIVEL EN LAS ESTACIONES DE AFORO.
NIVEL PIEZOMÉTRICO	VALOR MEDIO DEL NIVEL PIEZOMÉTRICO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.
CALIDAD DE LAS AGUAS	ESTADO DE LAS DISTINTAS MASAS DE AGUA.
MEDIO NATURAL	
SUPERFICIE PROTEGIDA	SUPERFICIE DEL TERRITORIO QUE SE ENCUENTRA INCLUIDA EN LA RED NATURAL 2000 O EN OTRA FIGURA DE PROTECCIÓN PREVISTA EN LA LEGISLACIÓN BÁSICA SOBRE BIODIVERSIDAD Y PATRIMONIO NATURAL.
SUPERFICIE FORESTAL	SUPERFICIE TERRESTRE FORESTAL TOTAL
SUPERFICIE INCENDIADA	NÚMERO DE HECTÁREAS FORESTALES DEL TERRITORIO AFECTADAS POR INCENDIOS
USOS DEL SUELO	CARTOGRAFÍA DE USOS DEL SUELO

ZONAS COSTERAS	
TEMPERATURA DEL MAR	TEMPERATURA MEDIA ANUAL DE LA SUPERFICIE DEL MAR Y EN LA COLUMNA DE AGUA.
SALINIDAD	SALINIDAD MEDIA ANUAL EN SUPERFICIE Y EN LA COLUMNA DE AGUA
CAPA DE MEZCLA Y ESTRATIFICACIÓN	PROFUNDIDAD MEDIA DE LA CAPA DE MEZCLA Y PERIODO DE ESTRATIFICACIÓN EN DÍAS.
OXÍGENO	VALOR MEDIO DE LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO
NUTRIENTES DISUELTOS	VALOR MEDIO DE LA CONCENTRACIÓN DE SILICATOS, FOSFATOS Y NITRATOS
NIVEL DEL MAR	VALOR MEDIO ANUAL DEL NIVEL DEL MAR
OLEAJE	INDICADORES DE OLEAJE: ALTURA SIGNIFICANTE DE 50 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO, FLUJO DE ENERGÍA MEDIO MENSUAL PROYECTADO SOBRE LA DIRECCIÓN PERPENDICULAR A LA COSTA
TEMPERATURA DEL AIRE	VALOR MEDIO DE LA TEMPERATURA MEDIA DIARIA
HORAS DE SOL	NÚMERO TOTAL DE HORAS DE SOL.
VIENTO	VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO.
PRECIPITACIÓN	PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL.
CAUDALES FLUVIALES EN ESTUARIOS	CAUDAL MEDIO FLUVIAL EN ESTUARIOS.
COMUNIDAD DE BACTERIAS Y EUCARIOTAS UNICELULARES	ABUNDANCIA Y COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DE LA COMUNIDAD DE BACTERIAS Y EUCARIOTAS UNICELULARES
COMUNIDAD DE ESPECIES DE FITOPLANCTON	ABUNDANCIA Y COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DE LAS ESPECIES DE FITOPLANCTON
CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA EN LA COLUMNA DE AGUA	VALOR MEDIO DE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA "A" SE CONSIDERA UNA APROXIMACIÓN VÁLIDA A LA BIOMASA FITOPLANCTÓNICA.
ZOOPLANCTON	ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES DE ZOOPLANCTON
MACROALGAS	BIOMASA Y COBERTURA DE ESPECIES DE MACROALGAS
MACROINVERTEBRADOS	ABUNDANCIA Y BIOMASA DE MACROINVERTEBRADOS
PECES	CAMBIOS EN LA FENOLOGÍA Y DESPLAZAMIENTOS DE ESPECIES
LÍNEA DE COSTA	EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA RESPECTO AL NIVEL MEDIO DEL MAR
SUPERFICIE SUPRAMAREAL MEDIA MENSUAL	SUPERFICIE EN LAS PLAYAS QUE QUEDA SOBRE LA LÍNEA MÁS ALTA DE LAS MAREAS VIVAS.
SUPERFICIE INTERMAREAL MEDIA MENSUAL	SUPERFICIE EN LAS PLAYAS QUE QUEDA COMPRENDIDA ENTRE EL BORDE DE LA BERMA Y LA LÍNEA DE MÁXIMA BAJAMAR.




ANCHURA MEDIA DE PLAYA SECA	DISTANCIA ENTRE EL LÍMITE DE TIERRA DE LA PLAYA Y EL NIVEL ALCANZADO POR EL OLEAJE EN PLEAMAR.
LONGITUD REPRESENTATIVA DE LA LÍNEA DE BAJAMAR	LONGITUD DE LA PLAYA EN CONDICIONES DE BAJAMAR.
ESTADO MORFOLÓGICO 3D	ESTADO MORFOLÓGICO DE LAS PLAYAS CONSIDERANDO EL PLANO HORIZONTAL Y VERTICAL.
PRADERAS MARINAS	UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DE PRADERAS MARINAS
SALUD	
PORCENTAJE DE POBLACIÓN MAYOR DE 65 AÑOS	% DE LA POBLACIÓN MAYOR DE 65 AÑOS, CONSIDERADA VULNERABLE A LAS OLAS DE CALOR
PORCENTAJE DE POBLACIÓN MENOR DE 4 AÑOS	% DE LA POBLACIÓN MENOR DE 4 AÑOS, CONSIDERADA VULNERABLE A LAS OLAS DE CALOR
INGRESOS HOSPITALARIOS POR EFECTO DE CALOR	Nº DE INGRESOS HOSPITALARIOS CODIFICADOS COMO "EFECTOS DE CALOR Y LUZ"
MORTALIDAD POR EXPOSICIÓN AL CALOR NATURAL	CUANTIFICA LA MORTALIDAD POR EXPOSICIÓN AL CALOR NATURAL
MORTALIDAD POR EXPOSICIÓN AL FRÍO NATURAL	CUANTIFICA LA MORTALIDAD POR EXPOSICIÓN AL FRÍO NATURAL EXCESIVO
AFECCIONES ALÉRGICAS AL POLEN	CONCENTRACIÓN ATMOSFÉRICA DE POLEN POTENCIALMENTE ALERGÉNICO
MUNICIPIOS EN LOS QUE SE DETECTA PRESENCIA O ESTABLECIMIENTO DEL MOSQUITO AEDES ALBOPICTUS	RECUENTO DEL NÚMERO DE MUNICIPIOS EN LOS QUE SE HA IDENTIFICADO LA PRESENCIA O EL ESTABLECIMIENTO DEL MOSQUITO AEDES ALBOPICTUS.
SECTOR AGROFORESTAL	
EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA	PÉRDIDA DE HUMEDAD DE UNA SUPERFICIE POR EVAPORACIÓN DIRECTA JUNTO CON LA PÉRDIDA DE AGUA POR TRANSPIRACIÓN DE LA VEGETACIÓN. CALCULADA MEDIANTE LA FORMULACIÓN PROPUESTA POR UR AGENTZIA, QUE ESTÁ BASADA EN EL MÉTODO FAO PENMAN-MONTEITH (ALLEN ET AL., 1998)
NÚMERO DE DÍAS DE HELADA	NÚMERO DE DÍAS CON TEMPERATURAS MÍNIMAS DIARIAS INFERIORES A 0°C
DURACIÓN O LONGITUD DE LA ESTACIÓN DE CRECIMIENTO	NÚMERO DE DÍAS QUE TRANSCURREN ENTRE: <ul style="list-style-type: none"> • EL PRIMER EPISODIO CON AL MENOS 6 DÍAS CONSECUTIVOS CON TEMPERATURA MEDIA DIARIA > 5°C • Y EL PRIMER EPISODIO DESPUÉS DEL 1 DE JULIO CON AL MENOS 6 DÍAS CONSECUTIVOS CON TEMPERATURA MEDIA DIARIA < 5°C
PRECIPITACIÓN TOTAL DE DÍAS HÚMEDOS	SUMA DE LAS PRECIPITACIONES OCURRIDA EN LOS DÍAS EN LOS QUE LA PRECIPITACIÓN ES $\geq 1,0$ MM
MEDIA DE TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS	VALOR PROMEDIO DE TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS
MEDIA DE TEMPERATURAS MÍNIMAS DIARIAS	VALOR PROMEDIO DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DIARIAS
MEDIA DE TEMPERATURAS MÁXIMAS DIARIAS	VALOR PROMEDIO DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DIARIAS
MÍNIMO DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DIARIAS	VALOR MÍNIMO DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DIARIAS

MÁXIMO DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DIARIAS	VALOR MÁXIMO DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DIARIAS
SUPERFICIE OCUPADA POR CULTIVOS LEÑOSOS	PORCENTAJE DEL SUELO OCUPADO POR CULTIVOS LEÑOSOS.
SUPERFICIE OCUPADA POR CULTIVOS AGRÍCOLAS	PORCENTAJE DEL SUELO OCUPADO POR CULTIVOS AGRÍCOLAS.
SUPERFICIE FORESTAL	PORCENTAJE DEL SUELO OCUPADO POR SUPERFICIE FORESTAL.
CENSO GANADERO	
SECTOR PESQUERO	
DISTRIBUCIÓN	CENTRO DE GRAVEDAD DE LA DISTRIBUCIÓN EN LA QUE SE ENCUENTRA UNA ESPECIE SE REFIERE AL VALOR PROMEDIO DE LA DISTRIBUCIÓN REPRESENTADA EN LOS EJES DE LATITUD Y LONGITUD; LOS LÍMITES DE DISTRIBUCIÓN DE UNA ESPECIE SE REFIEREN AL RANGO EXTREMO
ABUNDANCIA (BIOMASA O NÚMERO DE INDIVIDUOS)	BIOMASA O NÚMERO DE INDIVIDUOS, POR ZONAS CONCRETAS O ESTACIONES FIJAS, DE LAS ESPECIES DE INTERÉS COMERCIAL.
FENOLOGÍA	FENÓMENO BIOLÓGICO DE RITMO PERIÓDICO, COMO LA MIGRACIÓN O PUESTA
DESPLAZAMIENTOS EN PROFUNDIDAD	MIGRACIÓN DE LOS INDIVIDUOS EN LA COLUMNA DE AGUA HACIA MAYORES PROFUNDIDADES
TAMAÑO O PESO DE LOS INDIVIDUOS	LONGITUD, TALLA Y PESO DE LOS INDIVIDUOS
ENERGÍA	
NÚMERO DE DÍAS FRÍOS	NÚMERO DE DÍAS CON TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA INFERIOR 10°C
UNIVERSAL THERMAL CLIMATE INDEX (UTCI)	CONSIDERA LA TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA, RADIACIÓN SOLAR Y LA VELOCIDAD DEL VIENTO Y REPRESENTA EL ESTRÉS TÉRMICO INDUCIDO POR LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS
MOULD INDEX	NÚMERO DE DÍAS EN LOS QUE LA HUMEDAD RELATIVA ES SUPERIOR A 90% Y LA TEMPERATURA SUPERIOR A 10°C.
HEAT INDEX	COMBINA LA TEMPERATURA DEL AIRE Y LA HUMEDAD RELATIVA PARA DETERMINAR LA SENSACIÓN TÉRMICA PERCIBIDA.
WIND CHILL INDEX	SIRVE PARA EVALUAR LA SENSACIÓN TÉRMICA QUE EXPERIMENTA UN CUERPO HUMANO BAJO LOS EFECTOS COMBINADOS DE LA TEMPERATURA Y DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO.
DÍAS CON VELOCIDAD EL VIENTO MAYOR A 21 M/S	NÚMERO TOTAL DE DÍAS EN LOS QUE LA VELOCIDAD DEL VIENTO ES MAYOR A 21 M/S.
DÍAS CON VELOCIDAD MEDIA DL VIENTO INFERIOR A 2 M/S	NÚMERO TOTAL DE DÍAS EN LOS QUE LA VELOCIDAD DEL VIENTO ES INFERIOR A 2 M/S.
VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO	MEDIA DE LA VELOCIDAD MEDIA DIARIA DEL VIENTO.
GRADOS-DÍAS DE REFRIGERACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA DEL GRADO DE RIGOR CLIMÁTICO DE UN LUGAR EN LA TEMPORADA ESTIVAL. RELACIONA LA TEMPERATURA MEDIA CON UNA CIERTA TEMPERATURA DE CONFORT PARA REFRIGERACIÓN.



GRADOS-DÍAS DE CALEFACCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA DEL GRADO DE RIGOR CLIMÁTICO DE UN LUGAR EN LA TEMPORADA INVERNAL. RELACIONA LA TEMPERATURA MEDIA CON UNA CIERTA TEMPERATURA DE CONFORT PARA CALEFACCIÓN.
CONSUMO FINAL DE ENERGÍA	HACE REFERENCIA AL CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA (ELECTRICIDAD, GAS NATURAL, GASÓLEOS, GASOLINAS, FUELÓLEOS, Y GASES LICUADOS DE PETRÓLEO) POR PARTE DE LOS USUARIOS FINALES (DOMÉSTICO, INDUSTRIAL, SERVICIOS, TRANSPORTE Y OTROS USOS).
INTENSIDAD ENERGÉTICA FINAL	RELACIÓN ENTRE EL CONSUMO ENERGÉTICO FINAL Y EL PRODUCTO INTERIOR BRUTO (PIB). ES UN INDICADOR DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UNA ECONOMÍA.
TRANSPORTE	
PERCENTIL 95 DE LA TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA	VALOR SOBRE EL CUAL SE ENCUENTRAN EL 5% DE LOS VALORES DE TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA
NÚMERO DE OLAS DE CALOR	NÚMERO DE EVENTOS DEFINIDOS COMO OLAS DE CALOR
NÚMERO DE DÍAS CON TEMPERATURA MÍNIMA INFERIOR A 0°C	NÚMERO DE DÍAS CUYA TEMPERATURA MÍNIMA < 0°C
OSCILACIÓN TÉRMICA DIARIA	DIFERENCIA ENTRE LA TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMAS DIARIAS
HUMEDAD RELATIVA	MEDIA DIARIA DE LA HUMEDAD RELATIVA
COBERTURA NUBOSA MEDIA	VALOR MEDIO DE LA COBERTURA NUBOSA DIARIA
PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL	SUMA DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL
PERCENTIL 95 DE LA PRECIPITACIÓN DIARIA	VALOR BAJO EL CUAL SE ENCUENTRAN EL 95% DE LOS VALORES DE PRECIPITACIÓN DIARIA
PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS	MÁXIMO DE LA PRECIPITACIÓN DIARIA
DURACIÓN DE LAS LLUVIAS INTENSAS	NÚMERO DE DÍAS CUYA PRECIPITACIÓN ES SUPERIOR A 1 MM
NÚMERO DE INUNDACIONES	NÚMERO DE EVENTOS DE INUNDACIÓN
VELOCIDAD MÁXIMA DEL VIENTO	MÁXIMO DIARIO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO
ALTURA DE OLA MEDIA	MEDIA DE LA ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE MEDIA DIARIA.

TURISMO	
TEMPERATURA DEL AIRE	TEMPERATURA MEDIA ANUAL Y TEMPERATURA MEDIA ESTACIONAL
TEMPERATURA MÍNIMA	MÍNIMO DE LA TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA
TEMPERATURA MÁXIMA	MÁXIMO DE LA TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA
NÚMERO DE DÍAS DE VERANO	NÚMERO DE DÍAS EN LOS QUE LA TEMPERATURA MÁXIMA > 25°C
NÚMERO DE DÍAS FRÍOS	NÚMERO DE DÍAS EN LOS QUE LA TEMPERATURA MÁXIMA < 10°C
PRECIPITACIÓN TOTAL EN DÍAS HÚMEDOS	SUMA DE LA PRECIPITACIÓN REGISTRADA EN LOS DÍAS EN LOS QUE LA PRECIPITACIÓN > 1 MM.
NÚMERO DE DÍAS HÚMEDOS	NÚMERO DE DÍAS EN LOS QUE LA PRECIPITACIÓN TOTAL > 1 MM
UNIVERSAL THERMAL CLIMATE INDEX (UTCI)	CONSIDERA LA TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA, RADIACIÓN SOLAR Y LA VELOCIDAD DEL VIENTO E INDICA LA TEMPERATURA AMBIENTAL QUE CAUSA ESTRÉS.
HEAT INDEX	COMBINA LA TEMPERATURA DEL AIRE Y LA HUMEDAD RELATIVA PARA DETERMINAR LA SENSACIÓN TÉRMICA PERCIBIDA.
WIND CHILL INDEX	SIRVE PARA EVALUAR LA SENSACIÓN TÉRMICA QUE EXPERIMENTA UN CUERPO HUMANO BAJO LOS EFECTOS COMBINADOS DE LA TEMPERATURA Y DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO.
MÁXIMA VELOCIDAD DEL VIENTO	VALOR MÁXIMO DE LA VELOCIDAD MÁXIMA DIARIA DE VELOCIDAD DEL VIENTO.
VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO	VALOR MEDIO DE LA VELOCIDAD MEDIA DIARIA DEL VIENTO.
DÍAS DE CALMA	NÚMERO DE DÍAS EN LOS QUE LA VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO ES INFERIOR A 2 M/S.
HORAS DE LUZ SOLAR	NÚMERO TOTAL DE HORAS DE LUZ SOLAR.
DÍAS SOLEADOS	NÚMERO DE DÍAS CON COBERTURA NUBOSA INFERIOR AL 10%.
COBERTURA NUBOSA MEDIA	VALOR MEDIO DE LA COBERTURA NUBOSA DIARIA
HOLLIDAY CLIMATE INDEX	INDICAR LA IDONEIDAD DE CONDICIONES CLIMÁTICAS PARA ACTIVIDADES TURÍSTICAS. COMBINA LA TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA Y HUMEDAD RELATIVA (IDEA DE CONFORT TÉRMICO) CON LA COBERTURA NUBOSA, LA PRECIPITACIÓN Y LA VELOCIDAD DEL VIENTO.
TOURISM CLIMATE INDEX	REPRESENTA UNA EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL CLIMA MUNDIAL CON FINES TURÍSTICOS Y EN UNA MEDIDA COMPUESTA DEL BIENESTAR CLIMÁTICO DE LOS TURISTAS.
NIVEL DEL MAR	TASA DE CAMBIO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR.
CALIDAD DE LAS AGUAS DE BAÑO	ESTADO DE LAS AGUAS DE BAÑO.

1		HÁBITATS Y FLORA DUNARES	
<p>Las dunas son uno de los ambientes más escasos y degradados de Gipuzkoa, albergando diversas especies de flora amenazada y de hábitats de interés comunitario.</p> <p>Actualmente existen dunas únicamente en Zumaia, Zarautz y, casi testimonialmente, en Orio, Las dos primeras están incluidas dentro de la Red Natura 2000, en la ZEC ES2120004 Ría del Urola y ZEC ES2120009 Iñurritza, respectivamente.</p> <p>En nuestro territorio, este tipo de hábitat y las especies presentes en ella están sometidos a diversas presiones antrópicas derivadas principalmente de actividades de ocio y recreativas; son ecosistemas muy dinámicos, fácilmente colonizables por especies invasoras de ciclo corto y crecimiento rápido (Campos & Silván, 2001).</p>			
ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
<i>Herniaria ciliolata</i> subsp. <i>robusta</i>		Incluida en el CVEA	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
			
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
<p>Como todas las especies de las dunas, se trata de una pionera adaptada a condiciones de aridez, por lo que la mayor termicidad y descenso en las precipitaciones derivadas del cambio climático no deberían afectarle en exceso. Por el contrario, se esperan pérdidas significativas del hábitat debido al ascenso del nivel del mar y del oleaje extremal.</p>		Alta – 2	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
<p>La desaparición de las dunas no se compensará con la creación de nuevos depósitos arenosos en otros lugares. Según Chust et al., (en Tecnalia, 2011), el 14,9% del área de vegetación dunar en Gipuzkoa se verá afectado en 2090-2099 por el ascenso del nivel del mar y el 29,6% por el oleaje extremal, con pérdidas de hasta el 40% de la anchura de los depósitos de arena costeros.</p>		Baja – 2	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		4	Muy alta


2

HÁBITATS Y FLORA DE ACANTILADOS LITORALES

Se entiende por acantilados, los paredones que caen más o menos verticales sobre el mar. Son en sí mismos ambientes poco acogedores para la vegetación, que sólo puede desarrollarse en pequeñas grietas y rellanos. Esta, muestra un grado alto de especialización, al estar sometida a condiciones ambientales rigurosas: exposición al viento, salinidad, escaso desarrollo edáfico y escasa disponibilidad hídrica.

Los acantilados albergan hábitats de interés comunitario y especies de flora amenazada, incluyendo algún endemismo. Por ello, en Gipuzkoa se han designado varios espacios de la Red Natura 2000 pero sólo cubren una pequeña parte de los acantilados del T.H. Son la ZEC ES2120017 Jaizkibel, ZEC ES2120014 Ulia y la ZEC ES2120009 Iñurritza.

Las presiones y amenazas principales de los acantilados son la urbanización y la construcción de infraestructuras portuarias que al incidir sobre la dinámica litoral aceleran (o desactivan) sus procesos erosivos naturales.

ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
<i>Crithmum maritimum</i>		No amenazada	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
			
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
Al tratarse de una especie adaptada a condiciones muy rigurosas, el incremento en la dureza de las condiciones climáticas no parece que le vaya a afectar demasiado.		Baja – 0	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
Los acantilados predominantes en el litoral guipuzcoano son del tipo “acantilados duros”, es decir, formados por rocas compactas relativamente resistentes a la erosión, por lo que Cendrero et al., (2005) consideran que no presentan problemas significativos de cara a un aumento de la virulencia de los temporales. Sin embargo, Chust et al. (en Tecnalia, 2011), estiman que el oleaje extremal afectará al 38,2% del área de acantilados y roca supralitoral de la costa guipuzcoana, mientras que el ascenso del nivel del mar únicamente afectará al 5,2%.		Media – 1	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		1	Baja

3

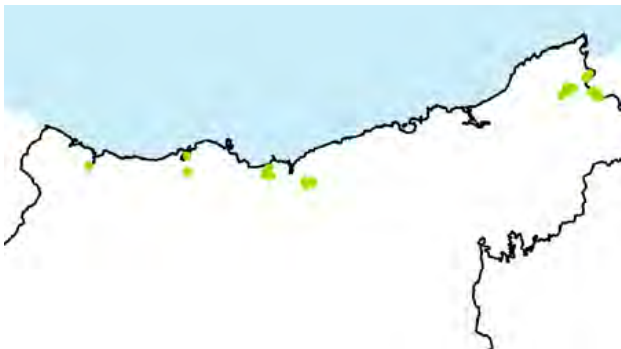
HÁBITATS Y FLORA DE MARISMAS Y ESTUARIOS

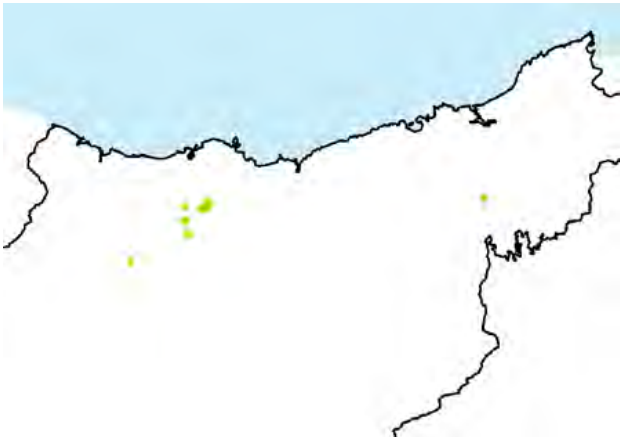
Son ecosistemas de gran dinamismo en los que entran en contacto, en mayor o menor medida, el agua de origen continental con el agua marina y por ello se dan unas tasas de reciclado de materia y de producción muy altas y, en consecuencia, una elevada riqueza de especies.

Son, por tanto, zonas de muy alto valor ecológico que, sin embargo, han sufrido a lo largo de la historia una gran regresión debido a su transformación para la agricultura en un primer momento y a los desarrollos urbanísticos, infraestructuras, etc., después. En las últimas décadas, no obstante, se han acometido también notables restauraciones de marismas y así, en Gipuzkoa contamos con 6 grandes estuarios que en la actualidad suman en total 57 ha de marismas.

Los estuarios, así como distintos tipos de marismas, se consideran hábitat de interés comunitario y albergan especies de flora amenazada, pero también son sensibles a las especies invasoras.

La mayor parte de la superficie de estos hábitats están incluidas en alguno de los espacios de la Red Natura 2000 de Gipuzkoa: ZEC ES2120018 Txingudi-Bidasoa/ZEPA ES0000243 Txingudi, ZEC ES2120010 Ría del Oria, ZEC ES2120009 Iñurritza y ZEC ES2120004 Ría del Urola.

ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
<i>Salicornia obscura</i>		Incluida en la CVEA	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
			
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
<p>Como otras especies de este género, es una planta anual que se desarrolla en las zonas inundadas en cada pleamar y está distribuida por el litoral atlántico desde la Cornisa Cantábrica hasta las Islas Británicas, es decir, estaría en su límite de distribución meridional. De esto se deduce que tolerará bien la reducción prevista en la precipitación, pero no tanto el incremento en la temperatura.</p>		Media - 1	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
<p>Chust et al. (en Tecnalía, 2011) predicen un avance de la cuña salina en los estuarios debido al ascenso del nivel del mar que provocará una traslación de las cotas en vertical (265,2 m de promedio río arriba del límite de la pleamar) junto a reconfiguraciones de la morfología de los estuarios. Es decir, el hábitat adecuado para la especie se desplazará aguas arriba, siempre que las características del tramo (orografía, ocupación del suelo, etc.) lo permitan.</p>		Media - 1	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		2	Media

4		HÁBITATS Y FLORA ACUÁTICA DE ECOSISTEMAS LENÍTICOS	
<p>Los ecosistemas leníticos no son abundantes de manera natural en el territorio guipuzcoano de manera que lo que encontramos son mayoritariamente balsas artificiales o semi-naturales y embalses. No por ello dejan de tener interés desde el punto de vista ecológico ya que son hábitats que albergan muchas especies, algunas amenazadas.</p>			
ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
<i>Patomogeton natans</i>		No amenazada	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
			
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
<p>Se trata de una especie hidrófita vivaz, presente únicamente en unas pocas charcas, así como en zonas remansadas de los ríos en Gipuzkoa. Depende totalmente del agua, de manera que se verá sensiblemente afectada por las sequías derivadas del cambio climático que provocarán que algunas balsas actualmente permanentes se vuelvan temporales o lleguen a desaparecer.</p>		Alta - 2	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
<p>Las posibilidades de adaptación de los ecosistemas leníticos al cambio climático son limitadas (Poff et al., 2002) y en el caso de la especie elegida como representativa, su única estrategia consiste en resistir la época seca en forma de semilla, si bien esto es algo que soporta cuando sucede excepcionalmente y no de manera recurrente, como se prevé en escenarios futuros de cambio climático.</p>		Baja - 2	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		4	Muy alta

5

HÁBITATS Y FLORA DE TURBERAS Y TRAMPALES

Las turberas y trampales o tremedales, son un tipo de humedales muy importantes en el contexto del cambio climático porque se ha visto que cumplen el papel de sumideros de carbono, al descomponerse la materia orgánica acumulada a una tasa muy lenta. Además, contribuyen a la regulación del flujo hídrico y sostienen una biodiversidad particular, albergando hábitats de interés comunitario y especies de flora y fauna de interés.

Sin embargo, no han sido en Gipuzkoa ambientes demasiado apreciados en el pasado, ya que, al no ser la explotación de turba una actividad de importancia, se ha tendido a desecar estos humedales para su aprovechamiento agrícola y ganadero.

En la actualidad, el Inventario de Zonas Húmedas de la CAPV cuenta un total de 65 manchas de turberas y trampales dispersos por el territorio en Gipuzkoa, de las cuales 42 están incluidas en los siguientes espacios de la Red Natura 2000: ZEC ES2120017 Jaizkibel, ZEC ES2120016 Aiako Harria, ZEC ES2120006 Pagoeta y ZEC ES2120002 Aizkorri-Aratz.

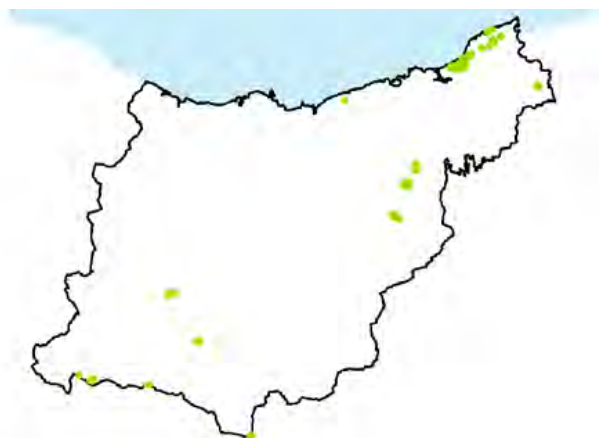
ESPECIE REPRESENTATIVA

Sphagnun sp.

ESTATUS ACTUAL

Incluida en la CVEA

MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL



MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA

SENSIBILIDAD

Las esfagnales, que se desarrollan sobre sustratos silíceos, son ecosistemas característicos de ambientes fríos y húmedos, por eso son tan extensos en los países nórdicos. Las condiciones climáticas futuras de baja precipitación y aumento de temperaturas no son por tanto favorables para su conservación.

VALORACIÓN (S)

Alta – 2

CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

La previsión es que este tipo de hábitats vayan desapareciendo progresivamente, sin posibilidad de que emerjan en otros lugares.

VALORACIÓN (CA)

Baja – 2

VULNERABILIDAD (V = S + CA)

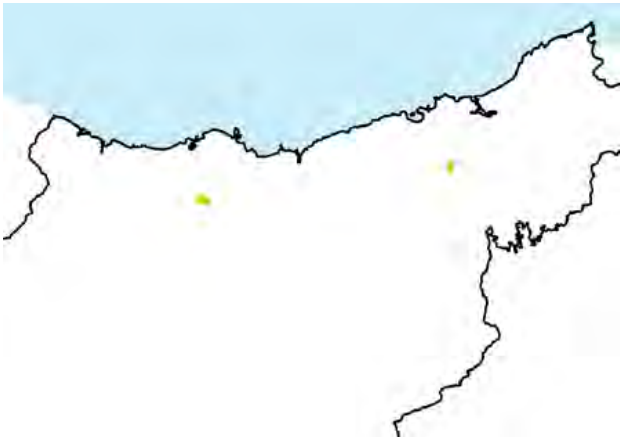
4

Muy alta

6

HÁBITATS Y FLORA DE ECOSISTEMAS LÓTICOS

Los ecosistemas de aguas corrientes del territorio guipuzcoano no son unos ambientes especialmente ricos en macrófitas, debido a la velocidad a la que discurren las aguas y el trazado de los cursos fluviales, que no permiten que se produzca demasiada sedimentación de manera natural. Las manchas de hidrófitas son casi testimoniales, destacando las de los cursos bajos del Urumea y Urola, ambas fuera de la Red Natura 2000, consideradas hábitats de interés comunitario.

ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
<i>Ranunculus penicillatus</i>		No amenazada	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
			
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
<p>Esta especie está ampliamente distribuida por el oeste europeo, incluyendo toda la Península Ibérica, por lo que no parece que sea una especie demasiado sensible a condiciones de mayor termicidad y menor precipitación como las que se esperan en los escenarios de cambio climático. Sin embargo, al ser las poblaciones tan escasas y con una distribución tan restringida y fragmentada en Gipuzkoa, existe un riesgo de pérdida de las poblaciones por eventos de torrencialidad, vertidos puntuales u otras causas.</p>		Media - 1	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
<p>Las poblaciones de esta planta acuática podrían extenderse por los cursos fluviales en los que están presentes, o incluso a otros cursos por ornitorcoria por ejemplo, donde las condiciones les sean favorables.</p>		Media - 1	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		2	Media

7

HÁBITATS Y FLORA DE BOSQUES DE RIBERA

La trama urbana del territorio guipuzcoano se ha concentrado en los fondos de los valles, y muchos cascos urbanos y desarrollos industriales se han ubicado en torno a los cursos fluviales. En consecuencia, la hidromorfología en estos tramos se ha modificado enormemente con encauzamientos, ocupación de márgenes y hasta soterramientos del cauce. En otros tramos en los que la presión urbanística no ha sido tan fuerte, los espacios perifluviales de pendientes más bajas han sido transformados en terrenos agrícolas o pastorales ocupando las márgenes casi hasta el propio cauce. Además, las márgenes, han sido colonizadas por distintas especies de especies invasoras, sobre todo en el entorno de las áreas urbanizadas.

Así, tenemos que, para encontrar buenas muestras de bosque de ribera en Gipuzkoa, del tipo alisedas fluviales, hay que acudir a las cabeceras de los ríos, si bien es posible identificar este hábitat de interés comunitario, considerado prioritario, en distintos puntos de la geografía fluvial guipuzcoana, aunque reducida a menudo a unos estrechísimos y degradados pasillos en las riberas.

ESPECIE REPRESENTATIVA	ESTATUS ACTUAL		
Aliso <i>Alnus glutinosa</i>	No amenazada		
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL	MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA		
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
El aliso se distribuye por todo tipo de insolaciones pero muestra preferencia por las moderadas a umbrías y requiere suelos con humedad permanente y temperaturas invernales moderadas. No parece que el aumento de las temperaturas le vaya a afectar en exceso, pero sí podría sufrir con las sequías prolongadas.		Media - 1	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
Por una parte, el área potencial futura (Felicísimo et al., 2011) se superpone a la actual, lo cual se puede interpretar como una capacidad de mantenimiento adecuada. Además, a través de una adecuada restauración de las riberas, podría promoverse la recuperación y la mejora del estado de conservación de este tipo de bosque.		Alta - 0	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		1	Baja

8

HÁBITATS Y FLORA DE BOSQUES DEL PISO COLINO

El piso colino o mesotemplado, es un piso bioclimático de la región medioeuropea que se sitúa generalmente por debajo de los 500 m de altitud. La vegetación potencial en este piso es de bosques caducifolios, con dominancia de las quercíneas.

Son formaciones por lo general ricas en especies y con un sotobosque denso en ausencia de herbivoría intensa.

Algunos tipos de bosques de este piso se consideran hábitats de interés comunitario; los robledales, que no se incluyen en este grupo, se consideran no obstante de interés regional porque albergan especies amenazadas tanto florísticas como faunísticas (sobre todo las ligadas a árboles viejos) y han sufrido una gran regresión a lo largo de la historia porque gran parte de la superficie que abarca este piso en Gipuzkoa está ocupado en la actualidad por otros usos como los desarrollos urbanos y de infraestructuras, agricultura, ganadería, explotaciones selvícolas...

ESPECIE REPRESENTATIVA

Roble pedunculado *Quercus robur*

ESTATUS ACTUAL

No amenazada

MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL



MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA



SENSIBILIDAD

Los modelos de Felicísimo et al. (2011) predicen unas pequeñas reducciones en el área de distribución potencial del roble para 2071-2100, aunque otros autores (Pinto et al., en Tecnalia 2011) hablan de un cambio en la distribución de los pisos bioclimáticos, con un aumento de la extensión del ombrotipo subhúmedo y una disminución de las áreas con ombrotipo húmedo e hiperhúmedo, lo cual se traduciría en una “mediterrización” del territorio que favorecería a otras especies como el melojo (*Quercus pyrenaica*), el quejigo (*Quercus faginea*), la encina (*Quercus ilex*) y el alcornoque (*Quercus suber*), actualmente de distribución muy restringida en Gipuzkoa.

VALORACIÓN (S)

Media - 1

CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

No se prevén problemas futuros por cuestiones climáticas ya que las áreas potenciales se superponen suficientemente con las actualmente ocupadas, con lo que facilitan el mantenimiento de los efectivos actuales o, si es necesario, una expansión planificada.

VALORACIÓN (CA)

Alta - 0

VULNERABILIDAD (V = S + CA)

1

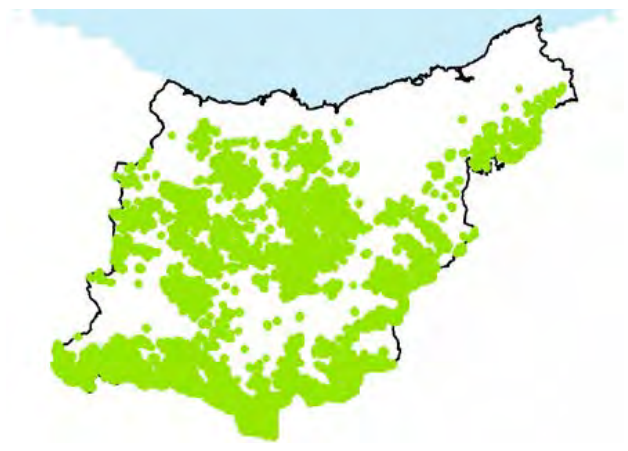
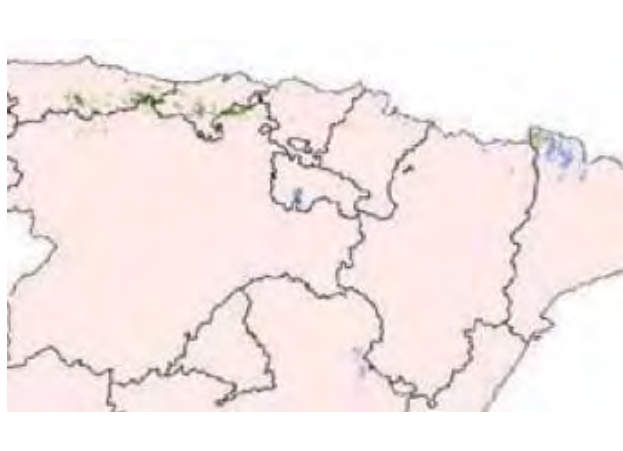
Baja

9

HÁBITATS Y FLORA DE BOSQUES DEL PISO MONTANO

El piso montano o supratemplado es un piso bioclimático de la región medioeuropea que se sitúa generalmente entre los 500 y los 1700 m de altitud. La vegetación potencial en este piso es de bosques caducifolios: concretamente, por encima de los 600 m, el hayedo (a excepción de las cumbres rocosas), un tipo de bosque naturalmente monoespecífico y con un sotobosque relativamente pobre, ausente de estrato arbustivo, pero que alberga especies amenazadas tanto florísticas como faunísticas (sobre todo las ligadas a árboles viejos) y hábitats de interés comunitario o regional.

Gran parte de la superficie que abarca este piso en Gipuzkoa está ocupado en la actualidad por explotaciones selvícolas, mayoritariamente de coníferas.

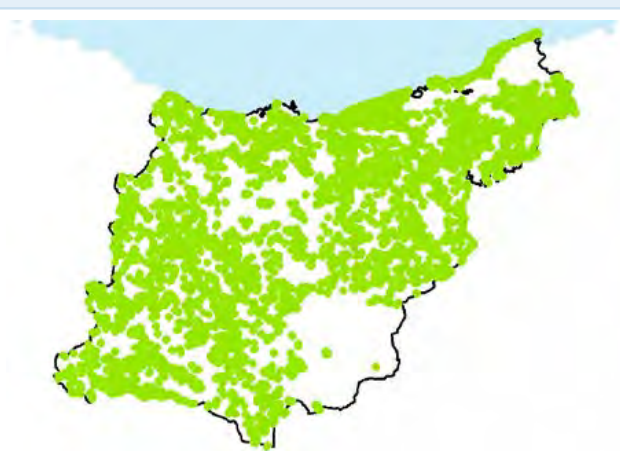
ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
Haya <i>Gagus sylvatica</i>		No amenazada	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
			
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
<p>Esta especie, independiente al sustrato, requiere precipitaciones moderadas o altas y temperaturas máximas moderadas, por lo que se prevé que el endurecimiento de las condiciones climáticas le afecten significativamente, por ello se prevé una reducción de su área potencial casi total en Gipuzkoa en el escenario más extremo, A2/GCM2 para 2071-2100 (Felicísimo et al., 2011).</p>		Alta - 2	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
<p>Por una parte, el área potencial futura se superpone a la actual, lo cual se puede interpretar como una capacidad de mantenimiento adecuada. Además, a través de una correcta gestión forestal, podría promoverse la recuperación del tipo de bosque en el que el haya es la especie dominante.</p>		Media - 1	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		3	Alta

10

HÁBITATS Y FLORA DE MATORRALES

En Gipuzkoa, los matorrales comprenden distintos tipos de hábitats arbustivos: brezales, argomales, espinares, zarzales, helechales... En muchos casos se tratan de etapas seriales de vegetación de degradación del bosque potencial, que requieren una perturbación constante para detener su evolución natural por sucesión ecológica y garantizar su mantenimiento como matorral.

Por eso, con la forestalización que ha vivido el territorio en el último siglo, el área ocupada por estas formaciones se ha reducido notablemente, y lo mismo ha sucedido en toda Europa, de forma que varios de estos tipos de hábitats se consideran en la actualidad de interés comunitario.


ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
Brezo <i>Erica vagans</i>		No amenazada	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
			
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
<p>Esta especie de brezo, crece sobre sustratos silíceos, neutros o calizos descarbonatados, soleados, desde el nivel del mar hasta la montaña y se extiende por toda Europa, aunque en la Península Ibérica es más común en la cornisa cantábrica, alcanzando su óptimo en los ombrotipos subhúmedo a ultrahiperhúmedo. Esto indica que si bien es resistente y podrá tolerar relativamente bien el aumento de termicidad previsto, probablemente sufrirá por el descenso en la precipitación derivada del cambio climático.</p>		Media - 1	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
<p>Se prevé que el cambio climático provocará importantes impactos en las masas forestales como incendios, vendavales, decaimiento, etc., lo cual podría favorecer la expansión del brezal en los hábitats forestales afectados.</p>		Alta - 0	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		1	Baja

11

HÁBITATS Y FLORA DE PRADOS Y HERBAZALES DE PISO COLINO

Las formaciones herbosas de prados y pastos en el piso colino, tan característica del paisaje de campiña atlántica en Gipuzkoa, deben su existencia a las prácticas ganaderas de pastoreo y han sufrido una enorme regresión en el último siglo debido al abandono generalizado de estas prácticas, sobre todo en su forma más tradicional.

Son formaciones muy ricas en especies florísticas cuando el manejo es el adecuado, y algunos tipos se consideran hábitats de interés comunitario. Una parte importante de las gramíneas que podemos encontrar en estos herbazales son de origen exótico.

ESPECIE REPRESENTATIVA	ESTATUS ACTUAL		
Trébol rojo <i>Trifolium pratense</i>	No amenazada		
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL	MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA		
			
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
<p>Esta leguminosa, usada frecuentemente como forraje, puede vivir también en el piso montano, y se encuentra en toda la Península Ibérica, pero es sensible a la sequía y al calor y requiere suelos profundos, por lo que se desarrolla mejor en los prados húmedos o mesofíticos de menor altitud de la cornisa cantábrica. Es precisamente esta sensibilidad a la disponibilidad hídrica y a las altas temperaturas lo que harán que note los efectos previstos del cambio climático.</p>		Media - 1	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
<p>Cabe esperar una reducción de los prados mesofíticos e higrófilos en favor de otras formaciones herbosas más resistentes, es decir una reducción del área potencial de la especie, acuciada por el cambio de usos del suelo al que nos hemos referido arriba y que es actualmente su mayor amenaza pero que podría revertirse con una gestión adecuada.</p>		Media - 1	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		2	Media

12

HÁBITATS Y FLORA DE PRADOS Y HERBAZALES DEL PISO MONTANO

Las formaciones herbosas de montaña suelen corresponder a la vegetación potencial en las zonas más altas donde la delgadez del suelo y el viento no permiten el desarrollo de matorrales o bosques, aunque también está presente allí donde sí podrían crecer las leñosas gracias a la herbivoría.

Suelen formar céspedes de baja altura con predominio de las gramíneas, aunque destacan otras especies de flora amenazada. Los distintos tipos de pastos montanos se consideran hábitats de interés comunitario y la mayor parte de áreas ocupadas por estos hábitats están dentro de la Red Natura 2000 de Gipuzkoa: ZEC ES2120002 Aizkorri-Aratz, ZEC ES2120003 Izarraitz, ZEC ES2120006 Pagoeta, ZEC ES2120008 Hernio-Gazume, ZEC ES2120011 Aralar, ZEC ES2120016 Aiako Harria y ZEC ES2120017 Jaizkibel.

ESPECIE REPRESENTATIVA

Narcissus asturiensis

ESTATUS ACTUAL

CVEA y anexos II y IV Directiva Hábitats

MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL



MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA

SENSIBILIDAD

Esta especie endémica de la cordillera Cantábrica necesita vernalización, es decir, un periodo frío para que se produzca su floración, por lo que el aumento de temperaturas derivado del cambio climático puede perjudicarle seriamente.

VALORACIÓN (S)

Alta – 2

CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

Los modelos predicen la retracción del hábitat por desplazamiento competitivo por otros tipos de vegetación favorecidos por el calentamiento del clima (Fernández-González et al., 2005) y con ella, la extinción de las poblaciones de esta planta bulbosa, que no tiene capacidad de migración a zonas más favorables.

VALORACIÓN (CA)

Baja – 2

VULNERABILIDAD (V = S + CA)

4

Muy alta

13

HÁBITATS Y FLORA DE ROQUEDOS Y GLERAS

El conjunto de la vegetación propia de fisuras de roca, pedregales y canchales comprende una flora altamente especializada con un importante número de endemismos y especies amenazadas. Las peculiares condiciones de estos medios combinan suelos con escasa capacidad de retención hídrica y pobres en nutrientes, con regímenes de perturbación particulares ligados a los derrumbes periódicos o a la movilidad de los sustratos, para determinar estructuras vegetales muy abiertas en las que las relaciones de competencia por la luz son débiles.

En Gipuzkoa la mayor parte de la superficie de roquedos y gleras están dentro de la Red Natura 2000, sobre todo en los espacios de montaña: ZEC ES2120001 Arno, ZEC ES2120002 Aizkorri-Aratz, ZEC ES2120003 Izarraitz, ZEC ES2120008 Hernio-Gazume, ZEC ES2120011 Aralar y ZEC ES2120013 Río Leizaran y ZEC ES2120016 Aiako Harria.

ESPECIE REPRESENTATIVA

Petrocoptis pirenaica

ESTATUS ACTUAL

Incluida en el CVEA

MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL



MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA

SENSIBILIDAD

Es una especie endémica del Pirineo occidental que suele ocupar grietas en extraplomos sombreados. Como otras especies de flora rupícola, su tolerancia al estrés incluye la capacidad de afrontar largos períodos de parada o amortiguación fisiológica y la de concentrar la actividad vegetativa en los cortos y a menudo irregulares períodos favorables. Por ello, el incremento de la aridez proyectado no parece que le vaya a afectar demasiado (Theurillat, 1995).

VALORACIÓN (S)

Baja – 0

CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

Ante un calentamiento climático, se espera una migración de especies propias de zonas más bajas con el desplazamiento y eventual extinción de las especies que requieren rigor invernal. Este proceso se produciría muy lentamente, puesto que la capacidad de perduración de este tipo de vegetación es importante, como pone de manifiesto la presencia actual en roquedos de baja altitud de poblaciones de especies cuyo óptimo se halla en niveles altitudinales superiores, reminiscentes de períodos fríos precedentes (Fernández-González et al., 2005), que es el caso de la especie escogida como representativa del grupo, que crece desde los 200 m de altitud, aunque sobre todo por encima de los 800 m.

VALORACIÓN (CA)

Media – 1

VULNERABILIDAD (V = S + CA)

1

Baja

14

INVERTEBRADOS DE ECOSISTEMAS DULCEACUÍCOLAS

La fauna invertebrada de los ecosistemas acuáticos continentales es muy diversa tanto en formas como en tolerancia a las condiciones ecológicas del medio en el que habitan, por ello el cambio climático afectará en distinto grado y de distinta manera a unas especies y a otras.

Dentro de este amplio grupo, tienen interés desde el punto de vista de la conservación al contar con especies incluidas en el CVEA: los odonatos, las náyades y el cangrejo de río (*Austropotamobius pallipes*). En Gipuzkoa las mayores presiones para estas especies de interés han sido la destrucción de hábitat, el deterioro de la calidad de las aguas y la presencia de especies exóticas invasoras.

ESPECIE REPRESENTATIVA

Boyeria Irene

ESTATUS ACTUAL

No amenazada

MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL



MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA

SENSIBILIDAD

Esta libélula de medios fluviales es indicadora de aguas frescas, bien oxigenadas y poco o nada contaminadas, que se distribuye ampliamente por el territorio guipuzcoano (Paz et al., 2017). Como consecuencia del cambio climático, se espera que desaparezca de aquellos cursos que se vuelvan estacionales y de los que pierdan calidad al verse alteradas las condiciones físico-químicas que requiere la especie.

VALORACIÓN (S)

Alta - 2

CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

Los odonatos, a diferencia de otros invertebrados acuáticos, al tener la fase adulta voladora, tienen mayor capacidad de desplazarse y colonizar otras zonas más favorables.

VALORACIÓN (CA)

Media - 1

VULNERABILIDAD (V = S + CA)

3

Alta

15

INVERTEBRADOS DE ECOSISTEMAS FORESTALES

Dentro de este grupo destacan, por una parte, los coleópteros saproxílicos, con especies amenazadas incluidas en el CVEA y, por otra parte, las especies exóticas invasoras y el riesgo de plagas emergentes que se va a incrementar con el cambio climático.

En relación con los coleópteros saproxílicos, debido al fenómeno generalizado de abandono del campo, la superficie del T.H. se ha ido forestalizando a lo largo del siglo pasado y a medida que las explotaciones forestales han ido madurando (incluso en algunos casos se les ha pasado el turno de corta) y los bosques en general han ido acumulando madera muerta, estas formaciones han ido adquiriendo mayor interés para este grupo faunístico.

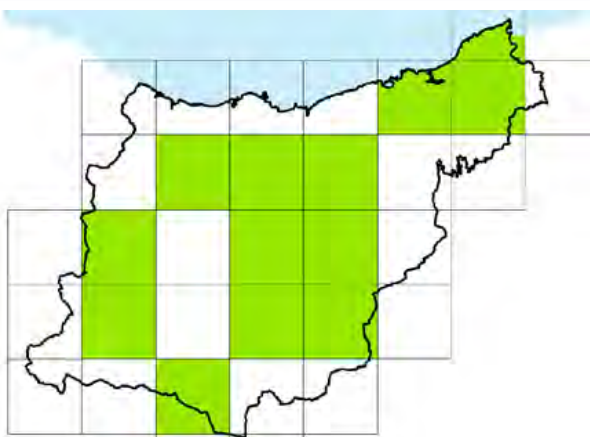
ESPECIE REPRESENTATIVA

Rosalia alpina

ESTATUS ACTUAL

CVEA y anexos II y IV Directiva Hábitats

MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL



MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA

SENSIBILIDAD

Este cerambícido se asocia a bosques maduros y con presencia de madera muerta. Se espera que el cambio climático provoque en los bosques una serie de impactos (reducción de la disponibilidad hídrica, aumento de la virulencia de los incendios forestales, aumento de la intensidad de las precipitaciones, mayor frecuencia de vendavales, expansión de plagas y enfermedades, y modificación de la fenología y la fisiología de las especies) que producirán procesos de pérdida de estabilidad, trastornos en la regeneración y pérdida de biomasa en las masas arboladas: en definitiva, pérdida de calidad del hábitat de esta especie.

VALORACIÓN (S)

Alta - 2

CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

Se trata de una especie propia de los hayedos húmedos europeos, si bien es capaz de colonizar otras especies de árboles (Cizek et al., 2009), por lo que la importante reducción del área de distribución del haya que predicen los modelos (ver ficha nº 9) podría ser compensada por la ocupación de formaciones forestales de otras especies.

VALORACIÓN (CA)

Alta - 0

VULNERABILIDAD (V = S + CA)

2

Media

16

INVERTEBRADOS DE ZONAS ABIERTAS

La fauna invertebrada que habita zonas abiertas es muy diversa, destacando todas aquellas especies que recolectan polen o liban néctar de las flores por el papel que cumplen en la polinización: lepidópteros, himenópteros, hormigas, coleópteros, dípteros, etc. Otros grupos como ortópteros, arácnidos, moluscos, etc., son también muy importantes al servir como alimento para otras especies de fauna.

Además, los invertebrados intervienen en muchos otros procesos ecológicos, de forma que se puede decir que una buena diversidad de invertebrados indica y sostiene una buena resiliencia del ecosistema, algo muy importante en el contexto del cambio climático.

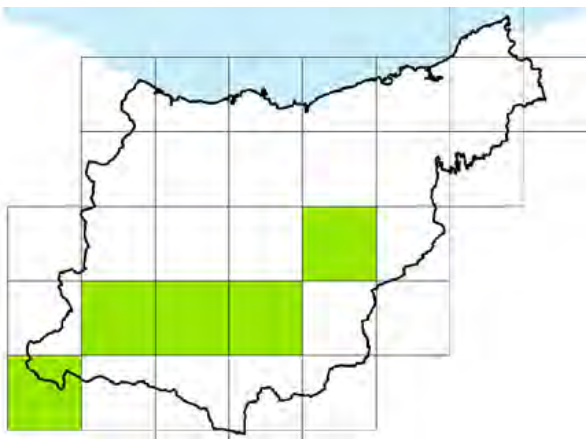
ESPECIE REPRESENTATIVA

Doncella de la madreSelva *Euphydryas aurinia*

ESTATUS ACTUAL

Anexo II de la Directiva Hábitats

MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL



MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA

SENSIBILIDAD

Esta mariposa vive en una gran variedad de espacios abiertos a diferentes altitudes, con preferencia por prados floridos, pero también en zonas de matorral, claros de bosque, etc., extendiéndose desde el norte de África hasta Asia. El mayor riesgo derivado del cambio climático al que se enfrenta es al posible desfase fenológico entre su ciclo de vida y las plantas de las que depende, ya que las temperaturas más altas que experimentan los estadios inmaduros (larvas y pupas) significan un adelantamiento en las fechas de vuelo de los adultos (Stefanescu et al., 2003). A lo que esta especie es extremadamente sensible es a los cambios de usos del suelo y la forestalización del territorio no le beneficia en absoluto.

VALORACIÓN (S)

Media - 1

CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

Como imago (abril a junio, principalmente), visita asiduamente flores de distintas especies y en su fase de oruga se alimenta de plantas del género *Lonicera*, aunque también se ha citado sobre *Gentiana* sp., *Plantago* sp., *Scabiosa* sp., *Digitalis* sp., etc. (Rosas et al., 1992): al tener un espectro relativamente amplio de plantas nutricias, se puede predecir que el impacto del cambio climático será menor que sobre las especies más especialistas. Por otra parte, al tener la fase adulta voladora, los lepidópteros tienen en general mayor capacidad de desplazarse y colonizar otras zonas más favorables.

VALORACIÓN (CA)

Alta - 0


VULNERABILIDAD (V = S + CA)

1

Baja

El cambio climático está causando el calentamiento de los océanos y la acidificación del medio ambiente marino y, con esto, alteraciones en las redes tróficas y en la abundancia y distribución de las especies. Concretamente, en el golfo de Bizkaia Azti-Tecnalía (2019) ya ha detectado que el calentamiento de las capas más superficiales del océano está conllevando un desplazamiento de algunas especies de peces hacia los polos, la entrada en el golfo de Bizkaia de especies de aguas más cálidas y la disminución de las de aguas más frías, así como cambios en la estacionalidad de las migraciones. Además, también se está produciendo un desplazamiento vertical para buscar aguas más frías en profundidad, así como una mayor estratificación térmica de la columna de agua que conllevaría un descenso de la biomasa del plancton (principal fuente de alimento de los pequeños peces pelágicos).

Por otro lado, los animales que viven fuera de su rango térmico óptimo gastan más energía en respirar en detrimento de otras funciones. Esto les debilita y les hace más vulnerables a las enfermedades, facilitando que otras especies mejor adaptadas al nuevo régimen de temperaturas obtengan una ventaja de competencia. Además, cuando las temperaturas no son óptimas, las dificultades para el desarrollo de las esporas, los huevos o la progenie de estos animales son mayores. En el caso de la costa vasca se ha encontrado una tendencia hacia la atenuación de la estacionalidad del ciclo reproductor de mejillones, ostras y peces (1988-2007). Esto puede suponer que la capacidad de adaptación frente a agresiones ambientales, tanto climáticas como antropogénicas (contaminación química), sea distinta dependiendo de la ventana estacional, dado que la capacidad de respuesta y la resistencia difiere según la fase de desarrollo gametogénico y el sexo (Múgica et al., 2010).


ESPECIE REPRESENTATIVA	ESTATUS ACTUAL		
Anchoa <i>Engraulis encrasicolus</i>	No amenazada		
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL	MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA		
			
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
Se considera una especie resistente, con una gran amplitud de nicho termal que va de zonas tropicales a templadas y por lo tanto su tolerancia al calentamiento del mar es mayor.		Baja – 0	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
Los estudios prevén que a medida que avance el siglo XXI aumentará la producción de huevos y del área de desove de esta especie, si bien la competencia con otros pelágicos o la interacción con sus predadores, cuya abundancia también puede cambiar, puede modificar a su vez dicho escenario futuro.		Alta – 0	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		0	Muy Baja

18

PECES CONTINENTALES

La comunidad de peces que encontramos en los cursos fluviales guipuzcoanos comprende especies tanto sedentarias como migradoras, como los salmónidos, por ejemplo, que requieren para reproducirse, aguas frías, bien oxigenadas y de buena calidad, que, según los pronósticos escasearán en el futuro debido al cambio climático.

Entre las presiones y amenazas que más afectan a este grupo faunístico es el de las barreras a la conectividad longitudinal, es decir los obstáculos fluviales como las presas y azudes, así como el derivado de la regulación y aprovechamiento de los caudales.

ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
Trucha común <i>Salmo trutta morpha fario</i>		No amenazada	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
			
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
<p>Estudios de ADN antiguo prueban que la abundancia y la diversidad genética de la trucha tras el último máximo glacial se incrementó marcadamente durante el periodo más frío del Dryas Reciente, reduciéndose sensiblemente durante el evento cálido del interestadio Bölling/Allerød (Splendiani et al., 2016). Esto demuestra que es una especie sensible al incremento en la temperatura de las aguas y otros cambios en las condiciones físico-químicas provocadas por el cambio climático.</p>		Alta – 2	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
<p>Los modelos dicen que las especies termófilas se desplazarán aguas arriba (siempre que las barreras fluviales se lo permitan) y disminuirá la proporción de especies de aguas frías, como muestran los resultados del estudio arriba indicado. Por otro lado, al ser una especie eurifágica, es decir, de amplio espectro alimentario y carácter oportunista, la trucha posee una gran capacidad de adaptación frente a los cambios en la disponibilidad de alimento.</p>		Media – 1	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		3	Alta

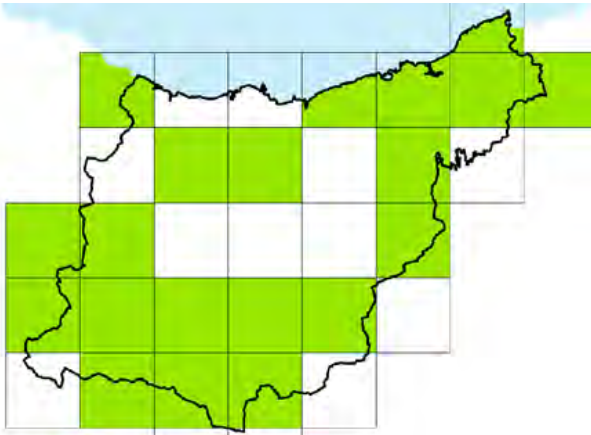
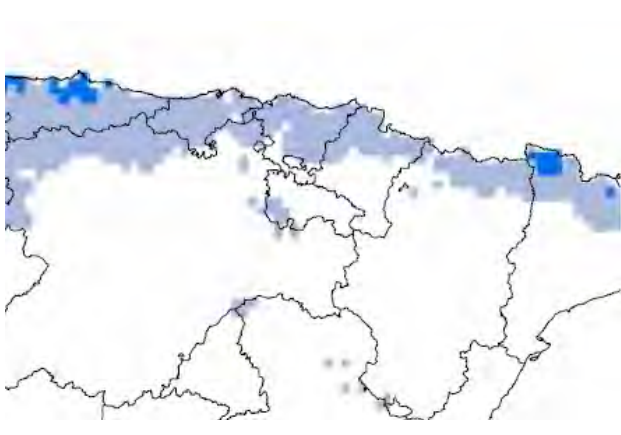
19		PECES DIÁDROMOS	
<p>Son aquellos que migran entre cuerpos de agua dulce y agua salada. Entre nuestras especies, tenemos las que viven en el mar y se reproducen en agua dulce (anádromos) como el salmón (<i>Salmo salar</i>), el sábalo (<i>Alosa alosa</i>) y la lamprea (<i>Petromyzon marinus</i>) -estos dos incluidos en el CVEA- y, en el lado contrario (catádromos), la anguila (<i>Anguilla anguilla</i>), que vive en los ríos y migra al mar para reproducirse.</p> <p>El cambio climático se podría sumar a las severas presiones y amenazas que se ciernen en la actualidad sobre estas especies: pérdida de hábitat, explotación pesquera insostenible, mortalidad en las turbinas de las centrales hidroeléctricas, etc.</p>			
ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
Anguila europea <i>Anguilla anguilla</i>		No amenazada	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
<p>Los cambios proyectados en variables como la oscilación del Atlántico Norte, temperatura del mar, corrientes marinas y vientos, podrían afectar negativamente al reclutamiento de la anguila en la Península Ibérica (Díaz et al., 2018), lo cual tendría consecuencias muy graves teniendo en cuenta que se trata de una especie que sufre de depensación (Dekker, 2004), es decir, el reclutamiento es menor que en una relación clásica cuanto menor es la biomasa reproductora.</p>		Alta - 2	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
<p>Díaz et al., (2018) señalan que el pico de angulas, actualmente situado en el golfo de Bizkaia podría desplazarse hacia el norte y, aunque algunos peces son capaces de cambiar el momento de su migración para llegar cuando las aguas están más frías para compensar el incremento en la temperatura del mar, afirman que es difícil predecir si la anguila ajustará su fenología al cambio climático.</p>		Media - 1	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		3	Alta

20

ANFIBIOS

Los anfibios son un grupo faunístico que en Gipuzkoa cuenta con cerca de una docena de especies y que está en serio declive en todo el mundo: destrucción y fragmentación del hábitat, contaminación de las aguas, lluvia ácida, aumento de la radiación ultravioleta por efecto del adelgazamiento de la capa de ozono, enfermedades emergentes como la pata roja y la quitridiomycosis, etc. (Paz, 2008). A todo esto hay que añadirle los impactos del cambio climático, que ya se han empezado a constatar, como por ejemplo: el adelanto de la reproducción, motivado por el aumento de la temperatura, hace que los anfibios estén más expuestos a las heladas tardías, por lo que muchos animales mueren congelados al inicio de la estación reproductora; también, el aumento de las temperaturas provoca en muchas zonas la desecación temprana de las masas de agua, con la consiguiente muerte de las larvas que no tienen tiempo de completar su metamorfosis y, por otra parte, el aumento de la temperatura del agua provoca un adelanto en el desarrollo larvario, lo que hace disminuir la talla de los ejemplares recién metamorfoseados, comprometiendo su supervivencia (Henares, 2016).

Por todo esto, se considera que los anfibios son el grupo de vertebrados más vulnerables al cambio climático.

ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
Sapo partero común <i>Alytes ibstetricans</i>		Incluida en el anexo IV de la Directiva Hábitats	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
			
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
En la Península Ibérica, su área de distribución abarca actualmente la mitad septentrional y ocupa medios muy diversos, siempre que haya algún punto de agua permanente para su reproducción (charcas, abrevaderos...). Por ello, las sequías previstas derivadas del cambio climático le afectarán gravemente.		Alta - 2	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
Bajo los escenarios climáticos disponibles para el siglo XXI, se esperan impactos elevados en la distribución potencial. Los modelos proyectan contracciones en la distribución potencial actual de la especie entre un 80% y un 88% en 2041-2070 y el nivel de coincidencia entre la distribución observada y potencial se reduce hasta un rango de entre un 11% y un 20% en 2041-2070 (Araújo et al., 2015).		Baja - 2	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		4	Muy alta

21

REPTILES ACUÁTICOS

Dentro de este grupo, en Gipuzkoa, tenemos por un lado a las tortugas marinas, concretamente la tortuga boba (*Caretta caretta*) y la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*), que suelen acercarse a nuestras costas en otoño e invierno para alimentarse, y por otro lado, a los galápagos dulceacuícolas: entre éstos, se consideran autóctonos el galápagos leproso (*Mauremys leprosa*) y el galápagos europeo (*Emys orbicularis*); aunque, a pesar de que se hayan encontrado algunos ejemplares de ambas especies (ambas incluidas en el CVEA), la ausencia de poblaciones conocidas hace pensar en que su origen sea de translocaciones (Paz & Buenetxea, 2012),

ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
Tortuga de Florida <i>Trachemys scripta</i>		Incluida en el Catálogo Español de EEI	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
<p>En la actualidad, es una especie que, si bien sobrevive en el medio natural guipuzcoano, de momento no es capaz de reproducirse con éxito, limitada por las actuales condiciones climáticas en Gipuzkoa. En el sur y este de la Península Ibérica, por el contrario, donde se alcanzan temperaturas mayores y la pluviosidad es menor, son un auténtico problema ecológico. En el escenario futuro de cambio climático, la climatología en Gipuzkoa se asemejará a la de estas zonas, por lo que podríamos sufrir una explosión demográfica de estos animales.</p>		Baja - 0	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
<p>Hemos visto arriba que las condiciones climáticas futuras bajo el cambio climático favorecerán en principio a este reptil, siempre que no se dessequen los puntos de agua que ha colonizado.</p>		Media - 1	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		1	Baja

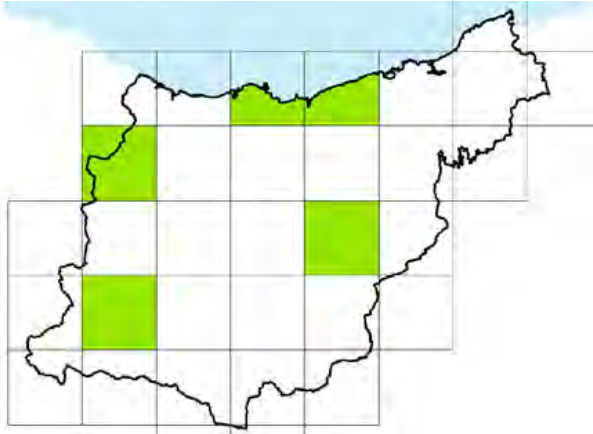

22

REPTILES TERRESTRES

Los reptiles, al ser ectotermos, requieren obtener el calor necesario para llevar a cabo los procesos biológicos vitales (alimentación, digestión y reproducción) exponiéndose directamente a los rayos del sol, por eso son más abundantes en ambientes abiertos donde a la vez existan elementos que les ofrezcan refugio.

En Gipuzkoa se cuentan en torno a 15 de especies terrestres autóctonas, alguna de ellas incluidas en el CVEA. Entre las presiones y amenazas que más afectan a este grupo están la destrucción y fragmentación del hábitat y, en menor medida, las muertes directas por atropellos o, en el caso de los ofidios, aversión.

De acuerdo con los modelos de Araújo et al., (2015), la riqueza potencial de los reptiles se incrementará con el cambio climático en Gipuzkoa (ver sección 6.3), aunque, a costa de pérdida de unas especies y llegada de otras de distribución actualmente más meridional.

ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
Lagarto verdinegro <i>Lacerta schreiberi</i>		CVEA y anexos II y IV de la Directiva Hábitats	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
			
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
<p>Endémico de la Península Ibérica, se distribuye por el noroeste peninsular y por el Sistema Central en un amplio rango de altitudes, frecuente bordes y claros en bosques, orillas de arroyos y áreas de matorral. Aunque asociado a áreas con cierta humedad, no parece que el cambio climático vaya a afectarle en exceso.</p>		<p>Baja – 0</p>	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
<p>Bajo los escenarios climáticos disponibles para el siglo XXI, se esperan impactos moderados en la distribución potencial de este lagarto (Araújo et al., 2011), que en el caso de Gipuzkoa no se traduce en contracciones significativas de su área de distribución potencial futura. Acciones para favorecer la permeabilidad y la conectividad del territorio podrían ser una buena medida de adaptación para ésta y otras especies de reptiles terrestres.</p>		<p>Alta – 0</p>	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		0	Muy baja

23

AVES MARINAS

Son numerosas las especies de aves marinas que hacen uso del litoral guipuzcoano a lo largo del año: algunas se acercan a nuestras costas en invierno, otras lo hacen en migración y otras son residentes y forman colonias para criar, 4 de estas especies están incluidas en el CVEA.

A los impactos antropogénicos conocidos (captura accidental en aparejos de pesca, contaminación incluidas las mareas negras y otros vertidos, microplásticos, depredación de nidos, molestias por embarcaciones de recreo...) hay que añadirle los derivados del cambio climático, ya que, al estar situadas en los niveles más altos de la red trófica, las aves marinas reflejan los cambios que suceden bajo la superficie del agua (ver ficha nº 17 sobre peces marinos y estuarinos). De hecho, varios estudios señalan que este grupo no está sabiendo adaptar sus ritmos biológicos a los cambios de la temperatura en superficie de los océanos, mientras que sus presas más habituales sí están alterando los patrones reproductores como respuesta al cambio global, lo cual se podría traducir en una falta de sincronía entre el periodo de cría y las etapas en que las presas son más abundantes (Keogan et al., 2018). Por otra parte, el incremento en la frecuencia e intensidad de los vendavales y temporales también afectará a estos animales.

ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
Cormorán moñudo <i>Phalacrocorax aristotellis</i>		No amenazada	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
<p>Es una especie residente que se asienta en los acantilados y tramos rocosos más inaccesibles de la costa. Las poblaciones atlánticas están en recesión desde los años 90, aunque en Gipuzkoa se ha observado una tendencia positiva en las dos últimas décadas pasando de considerarse extinguido en los 70 a 36 nidos detectados en el último censo de 2019 (Alfonso et al., 2020), a pesar de lo cual sigue considerándose una población muy frágil y vulnerable en nuestro territorio.</p>		Alta – 2	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
<p>El cormorán moñudo es más flexible que otras especies de aves marinas en lo que a la alimentación respecta y en las colonias del Mar del Norte ya se ha observado una diversificación de su dieta, en respuesta a los cambios derivados del cambio climático en la disponibilidad de sus presas potenciales (Howels et al., 2017). Por otro lado, Lewis et al., (2018) observaron que con fuertes vientos costeros las hembras de los cormoranes, de menor tamaño que los machos, requerían más tiempo para encontrar comida, lo cual podría afectar a las tasas de supervivencia y por tanto a las dinámicas poblacionales de esta especie.</p>		Media – 2	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		3	Alta


24

AVES ACUÁTICAS

Se trata éste de un amplio grupo de aves, tanto residentes como migradoras, que hacen uso de los humedales y otros medios acuáticos de nuestro territorio. Cuenta con varias especies amenazadas.

Gipuzkoa es un punto clave de la ruta migratoria atlántica, utilizada por aves del norte y centro de Europa, debido al efecto de embudo provocado por los Pirineos y la cordillera cantábrica, por ello, es en las épocas de migración (primavera y otoño) cuando los humedales de nuestro territorio acogen a un mayor número y diversidad de especies.

En este sentido, cobran especial relevancia los humedales estuarinos, que, aunque en el pasado sufrieron una gran regresión, en los últimos años se les ha reconocido su valor ecológico y se han acometido algunas restauraciones ecológicas. En la actualidad la mayor parte de la superficie de estos hábitats están incluidas en alguno de los espacios de la Red Natura 2000 señalados en la ficha nº 3 sobre hábitats y flora de marismas y estuarios. Entre estos espacios, destaca Txingudi por ser la única ZEPA (zona de especial protección para las aves) y único humedal Ramsar (humedal de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas) de Gipuzkoa.


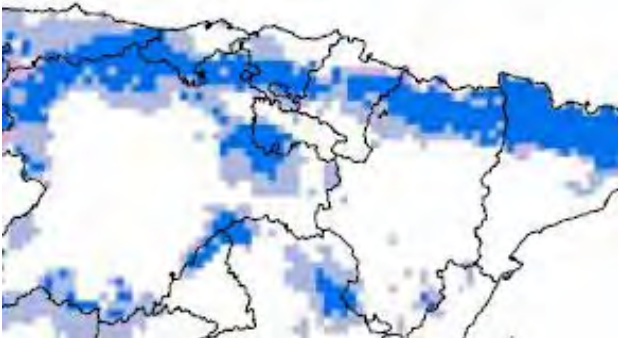
ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
Espátula común <i>Platalea leucorodia</i>		Incluida en el CVEA y anexo I Directiva Aves	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
			
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
<p>El humedal de Txingudi es una importante área de “refuelling” de esta especie, sobre todo en su migración postnupcial. Su dieta se compone mayoritariamente de invertebrados en zonas vadeables, por lo que el cambio climático le afectará tanto a nivel de la disponibilidad de alimento (habrá cambios en las comunidades de invertebrados, sensibles a las condiciones del agua) como de hábitat (está por ver si el territorio puede ofrecer nuevos emplazamientos para estos humedales estuarinos en respuesta a la pérdida de las actuales superficies como consecuencia el aumento del nivel del mar).</p>		Media – 1	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
<p>Se ha observado que, a escala continental, los núcleos principales de invernada de las aves acuáticas han sufrido un desplazamiento progresivo hacia el noreste de Europa durante los últimos 24 años, sin embargo, en el caso concreto de la espátula, Bellisario (2018) sugiere que el cambio climático provocará un incremento de las distancias a recorrer en sus viajes migratorios entre lugares de cría y de invernada, aumentando el riesgo de fragmentación y contracción de las poblaciones de esta especie.</p>		Media – 1	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		2	Media

25

AVES DE CAMPIÑA

La campiña atlántica es ese paisaje característico del mundo del caserío, de prados y helechales, huertas y frutales, jalonados por setos, ribazos, arroyos vegetados y bosquetes de frondosas que conforman un mosaico con multitud de nichos que aprovechan muchas especies de aves.

Debido a los cambios de usos del suelo que han acontecido en Gipuzkoa durante el último siglo, los espacios abiertos ocupan una cada vez menor superficie en el territorio, de manera que a día de hoy ésta es la mayor amenaza para este grupo faunístico.


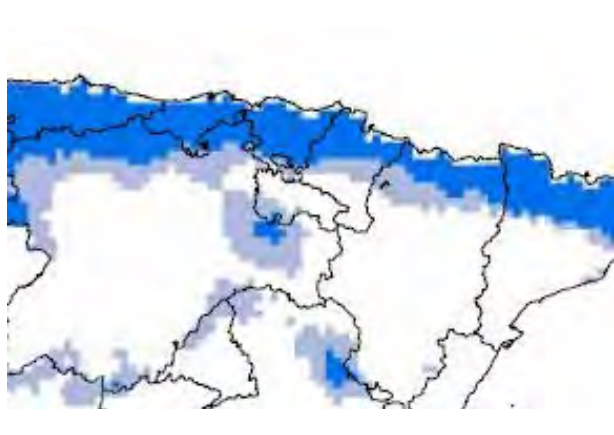
ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
Milano negro <i>Milvus migrans</i>		Incluida en el Anexo I de la Directiva Aves	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
			
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
<p>Se trata de una rapaz diurna estival en la Península Ibérica que está presente por todo el territorio, aunque es mucho más frecuente en la mitad occidental y en el norte. Aparece en un amplio rango de temperaturas y precipitaciones, pero siempre ligada a espacios abiertos, de manera que se podría decir que es más sensible al hábitat que a las condiciones climáticas.</p>		Baja – 0	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
<p>Bajo los escenarios climáticos disponibles para el siglo XXI, se esperan impactos elevados en la distribución potencial de la especie, con contracciones por encima del 70% hacia finales de siglo (Araújo et al., 2011).</p>		Baja – 2	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		2	Media

26

AVES FORESTALES

Debido a un fenómeno generalizado de abandono del campo, la superficie del T.H. se ha ido forestalizando a lo largo del siglo pasado y a medida que las explotaciones forestales han ido madurando (incluso en algunos casos se les ha pasado el turno de corta), estas formaciones han ido adquiriendo mayor capacidad de albergar fauna, como el caso de las aves forestales. Este grupo faunístico incluye muchas especies distintas, desde pequeños insectívoros, hasta rapaces incluidas las nocturnas.

Podemos decir que, en general, en la actualidad corren buenos tiempos para las aves forestales, pero se espera que el cambio climático provoque en los bosques una serie de impactos (reducción de la disponibilidad hídrica, aumento de la virulencia de los incendios forestales, aumento de la intensidad de las precipitaciones, mayor frecuencia de vendavales, expansión de plagas y enfermedades, y modificación de la fenología y la fisiología de las especies) que producirán procesos de pérdida de estabilidad, trastornos en la regeneración y pérdida de biomasa en las masas arboladas, con consecuencias para las aves que las habiten.

ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
Pico picapinos <i>Dendrocopos major</i>		No amenazada	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
			
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
El pico picapinos está actualmente ampliamente distribuido por todo el continente europeo y en la Península Ibérica se encuentra presente en todo el territorio a excepción de las regiones más áridas, por ello en el escenario climático A2/CGCM2 para 2071-2100 se prevén contracciones significativas en su área de distribución (Araújo et al., 2011) que, sin embargo, no se notarían demasiado en el territorio guipuzcoano.		Baja - 0	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
Es una especie que habita todo tipo de bosques y desde el nivel del mar hasta los 2000 m, así que puede decirse que tiene una gran capacidad de adaptación.		Alta - 0	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		0	Muy baja

27

AVES RUPÍCOLAS

Este grupo reúne a aquellas especies que utilizan los roquedos para nidificar, desde las grandes aves necrófagas hasta pequeños pájaros. Cuenta con varias especies catalogadas y entre las amenazas más importantes están las derivadas de los cambios en la gestión de carroñas, la instalación de aerogeneradores, actividades de ocio como la escalada y la espeleología y, en menor medida, el uso de venenos y la persecución directa.


ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
Chova piquirroja <i>Pyrrhocorax pyrrhocorax</i>		Incluida en el CVEA y anexo I Directiva Aves	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
<p>Ampliamente distribuida por los macizos montañosos de la Península Ibérica, a diferencia de otros córvidos, esta especie sedentaria se alimenta fundamentalmente de invertebrados en espacios abiertos de montaña, por lo que su principal amenaza deriva de la transformación del hábitat de alimentación como consecuencia de la progresiva desaparición de la ganadería extensiva.</p>		Media – 1	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
<p>Bajo los escenarios climáticos disponibles para el siglo XXI, se esperan impactos elevados en la distribución potencial de la especie, con contracciones por encima del 90% hacia finales de siglo (Araújo et al., 2011).</p>		Baja – 2	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		3	Alta

28

MAMÍFEROS MARINOS

En este grupo se encuentran los cetáceos y alguna foca que otra que suele acercarse a nuestras costas en invierno. Respecto a los primeros, hacen uso de nuestras aguas durante todo el año, aunque suelen dejarse ver más en determinadas épocas como en enero y febrero, cuando grandes grupos de delfines se acercan a la costa detrás de los bancos de verdel, o en verano y otoño cuando entran en el Golfo de Bizkaia multitud de especies diferentes durante sus rutas migratorias.

Aunque antaño la caza de ballenas fue una presión importante para algunas de las especies de este grupo, en la actualidad las amenazas que les afectan están relacionadas con la pesca ilegal, vertidos químicos y basura, contaminación acústica por el ruido de los barcos y sónares que afectan a la comunicación entre estos animales y las colisiones con embarcaciones.

ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
Calderón común <i>Globicephala melas</i>		Incluida en el Anexo IV de la Directiva Hábitats	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
			
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
Fullard et al., (2000) han descrito en esta especie patrones de diferenciación genética que señalan un aislamiento poblacional entre zonas que difieren en la temperatura superficial del mar, de manera que si la temperatura es un factor primario en la determinación de las distribuciones de sus poblaciones, es de esperar que el cambio climático afecte a la estructura poblacional de los calderones.		Media - 1	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
Algunas de las presas de esta especie, como los calamares, muestran sensibilidad a cambios en la temperatura y pH de los océanos lo cual podría afectar a su distribución y desarrollo y, en consecuencia, a la distribución de los calderones.		Media - 1	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		2	Media

29

MAMÍFEROS SEMIACUÁTICOS

Dentro de este grupo tenemos desde especies amenazadas como el visón europeo (*Mustela lutreola*), el desmán ibérico (*Galemys pyrenaicus*) o la nutria (*Lutra lutra*) hasta especies invasoras como el visón americano (*Neovison vison*), el coipú (*Myocastor coypus*) o la rata almizclera (*Ondatra zibethicus*).
La pérdida de hábitat o de calidad en el mismo (canalizaciones, contaminación, etc.) y la competencia con las especies invasoras citadas son actualmente las principales amenazas que les afectan.

ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
Rata de agua meridional <i>Arvicola sapidus</i>		No amenazada	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
<p>Distribuida por el suroeste de Europa, en la Península Ibérica se extiende por un amplio rango de altitudes y climatologías y requiere orillas con abundante vegetación (macrófitos y herbáceas densas). Sensible a los cambios en el hábitat, se encuentra en franca regresión en todo su rango habiendo desaparecido en Gipuzkoa de muchas zonas donde existen citas históricas (Zabala et al., 2011), por lo que sus perspectivas ante el cambio climático no son muy esperanzadoras, puesto que este acarreará cambios en el hábitat de la especie.</p>		Alta – 2	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
<p>Bajo los escenarios climáticos disponibles para el siglo XXI, se esperan impactos elevados en la distribución potencial, con contracciones por encima del 93% y un nivel de coincidencia muy bajo entre la distribución observada y la potencial (Araújo et al., 2011).</p>		Baja – 2	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		4	Muy alta

30

MAMÍFEROS TERRESTRES DE PEQUEÑO TAMAÑO

Insectívoros, roedores y lagomorfos, habitualmente denominados micromamíferos, constituyen un grupo que cumple una función relevante en los ecosistemas, expresada en un gran número de relaciones con otros grupos de organismos (presa esencial para muchos carnívoros a la vez que predadores de invertebrados, grandes consumidores y dispersores de semillas, ...) y por otro lado tienen una rápida capacidad de respuesta demográfica a los cambios ambientales (sus poblaciones crecen o disminuyen muy rápidamente). Esto los convierte en unos elocuentes indicadores del estado de los ecosistemas y de la evolución de fenómenos generales como el cambio climático; sin embargo, no abundan los estudios sobre este grupo en Gipuzkoa, a pesar de que cuenta con algunas especies catalogadas.

ESPECIE REPRESENTATIVA

Erizo europeo *Erinaceus europaeus*

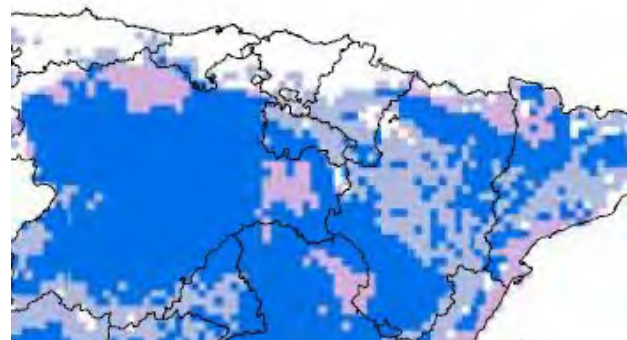
ESTATUS ACTUAL

No amenazada

MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL



MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA



SENSIBILIDAD

En la Península Ibérica está ampliamente distribuido por casi todo el territorio, donde ocupa gran variedad de ambientes, tanto forestales como abiertos, desde el nivel del mar hasta los 1600 m de altitud, si bien es más abundante en la campiña atlántica, donde el seto vivo le ofrece refugio; en el ámbito mediterráneo es más escaso y prefiere las zonas más húmedas.

VALORACIÓN (S)

Media – 1

CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

Bajo los escenarios climáticos disponibles para el siglo XXI, se espera un importante impacto en la distribución potencial de la especie en Gipuzkoa, donde podría llegar a desaparecer según los modelos de Araújo et al. (2011).

VALORACIÓN (CA)

Baja – 2

VULNERABILIDAD (V = S + CA)

3


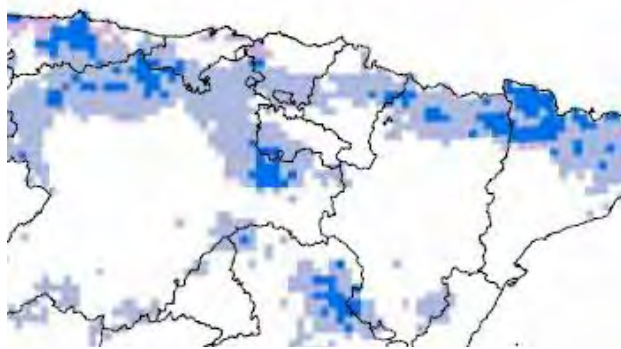
Alta

31

MAMÍFEROS TERRESTRES DE TAMAÑO MEDIO-GRANDE

Dentro de este diverso grupo incluimos carnívoros, súidos y ungulados. Aunque tienen distintas querencias de hábitat y distintos hábitos, tienen en común una mayor capacidad de desplazamiento por el territorio que otros grupos terrestres de menor tamaño y que, en el caso de los más grandes, en Gipuzkoa no existe actualmente un depredador natural que controle sus poblaciones y por ello son a menudo especies cinegéticas.

Asimismo, en este grupo hay varias especies amenazadas como el gato montés (*Felis sylvestris*) y algunos mustélidos.

ESPECIE REPRESENTATIVA		ESTATUS ACTUAL	
Tejón <i>Meles meles</i>		No amenazada	
MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL		MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA	
			
SENSIBILIDAD		VALORACIÓN (S)	
<p>En la Península Ibérica ocupa gran variedad de ambientes desde masas forestales de montaña a dehesas, pastizales, áreas cubiertas por matorral y zonas de cultivo, en un amplio rango de temperaturas y de precipitaciones. Los resultados de Newman (2002) muestran una correlación entre los inviernos más cálidos y el tamaño poblacional, que indicarían que el cambio climático afectaría positivamente a este omnívoro.</p>		Baja - 0	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		VALORACIÓN (CA)	
<p>No obstante, lo anterior, de acuerdo a los modelos de Araújo et al. (2011), se esperan impactos elevados en la distribución potencial de esta especie bajo los escenarios climáticos disponibles para finales del siglo XXI, con contracciones por encima del 86% y un nivel de coincidencia muy bajo entre la distribución observada y la potencial.</p>		Baja - 2	
VULNERABILIDAD (V = S + CA)		2	Media

32

QUIRÓPTEROS

Los quirópteros han sido un grupo faunístico tradicionalmente poco conocido y estudiado, debido, en gran parte, a sus costumbres nocturnas y discretas, que dificultan su observación. Suelen agruparse por su ecología y el tipo de refugios diurnos que utilizan: cavernícolas, arborícolas o fisurícolas (ocupan grietas en edificaciones, etc.), aunque esta clasificación no es rigurosa ya que muchas especies son de hábitos mixtos. También hay especies residentes y migradoras.

Todas las especies, a excepción de la más común *Pipistrellus pipistrellus*, están incluidas en el CVEA.

Los quirópteros son, junto con las aves insectívoras, los principales vertebrados depredadores de insectos en los ecosistemas, de manera que cumplen un importante papel en la lucha contra las plagas, las cuales irán aumentando, de acuerdo con las predicciones de los escenarios de cambio climático.

Entre las presiones y amenazas que sufre este grupo faunístico destacan: el empleo de fitosanitarios para el control de plagas, la destrucción de sus refugios y las colisiones con los aerogeneradores; en menor medida: en el caso de las cavernícolas, molestias por actividades como la espeleología, y depredación por gatos en las colonias en los lugares más antropizados.

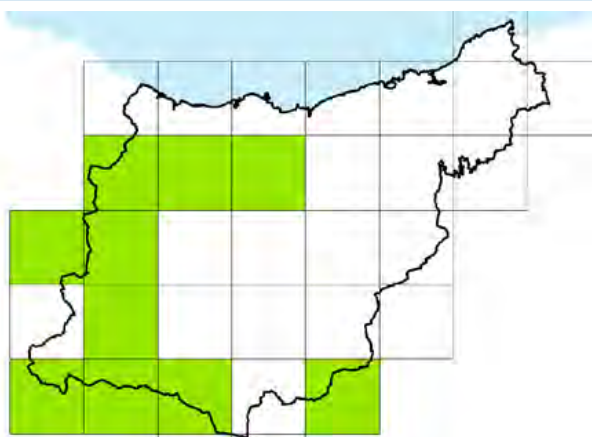
ESPECIE REPRESENTATIVA

Murciélago orejado dorado *Plecotus auritus*

ESTATUS ACTUAL

Incluida en CVEA y anexo IV Directiva Hábitats

MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL



MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL FUTURA

SENSIBILIDAD

Su dieta se compone principalmente de lepidópteros nocturnos, cuyo ciclo de vida está influido por la temperatura, de manera que el cambio climático podría provocar alteraciones en las dinámicas depredador-presa que tengan un impacto negativo en esta y otras especies de quirópteros (Sherwin et al., 2012).

VALORACIÓN (S)

Media - 1

CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

Los murciélagos, a diferencia de otros mamíferos, vuelan, lo cual les facilita el desplazamiento a otras zonas con condiciones más favorables. En el caso de esta especie, es generalmente abundante en el norte de Europa pero raro en las zonas meridionales (Aihartza, 2004), por lo que se puede predecir que ante el calentamiento y la aridización derivados del cambio climático irá desplazando su área de distribución hacia el norte, pudiendo llegar a desaparecer del territorio guipuzcoano.

VALORACIÓN (CA)

Media - 1

VULNERABILIDAD (V = S + CA)

2

Media

INDICADOR	DESCRIPCIÓN	UNIDADES
ETO	EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA CALCULADA MEDIANTE LA FORMULACIÓN PROPUESTA POR UR AGENTZIA, QUE ESTÁ BASADA EN EL MÉTODO FAO PENMAN-MONTEITH (ALLEN ET AL., 1998) Y RESUMIDA EN LA "ECUACIÓN 6" DE ALLEN ET AL., 1998. A LA HORA DE CALCULAR LA RADIACIÓN NETA (RN) DE LA "ECUACIÓN 6", SE APLICÓ: · LA ECUACIÓN 38 DE ALLÉN ET AL., (1998), PARA ESTIMAR LA RNS (ASUMIENDO UN ALBEDO = 0.25) · LA ECUACIÓN 89 DE ALLEN ET AL. (1998), PARA ESTIMAR LA RNL (ASUMIENDO LA CONSTANTE DE STEFAN-BOLTZMANN = $4.903 \cdot 10^{-9}$ MJ K ⁻⁴ M ⁻² DÍA ⁻¹) EN AMBOS CASOS ES NECESARIO ESTIMAR LA RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE (RS), QUE FUE CALCULADA MEDIANTE LA ECUACIÓN DESARROLLADA POR HARGREAVES & SAMANI (ECUACIÓN 50 DE ALLEN ET AL., 1998).	MM
FD	NÚMERO DE DÍAS DE HELADA (TN < 0°C)	DÍAS
PRCPTOT	ES, PARA EL PERIODO J, EL NÚMERO DE DÍAS CON TEMPERATURAS MÍNIMAS DIARIAS (TNI,J) INFERIORES A 0°C: TNI,J < 0°C	MM
CDD	PRECIPITACIÓN TOTAL DE DÍAS HÚMEDOS (RR ≥ 1 mm)	DÍAS
RV10YEAR	ES LA SUMA DE LAS PRECIPITACIONES OCURRIDAS EN LOS DÍAS HÚMEDOS DE UN PERIODO J. SE ENTIENDE POR DÍA HÚMEDO AQUÉL EN EL QUE LA PRECIPITACIÓN ES IGUAL O SUPERIOR A 1 MM (RR ≥ 1 mm)	MM
SDII	MÁXIMO DEL NÚMERO DE DÍAS SECOS CONSECUTIVOS (RR < 1 MM) (DÍAS)	MM/DÍA HÚMEDO
PRCTN10	ES LA LONGITUD MÁXIMA DE RACHAS SECAS. ES EL MAYOR NUMERO DE DÍAS CONSECUTIVOS EN LOS CUALES:	°C
TN90P	RR _{I,J} < 1 mm (SIENDO RR _{I,J} LA CANTIDAD DE PRECIPITACIÓN DIARIA PARA EL DÍA I DEL PERIODO J)	DÍAS
PRCTX90	PRECIPITACIÓN MEDIA MÁXIMA ASOCIADA A UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS	°C
HWA	ÍNDICE DE INTENSIDAD DIARIA SIMPLE (mm/DÍA HÚMEDO)	°C
HWF	ES EL VALOR PROMEDIO DE LA CANTIDAD DE PRECIPITACIÓN OCURRIDA EN LOS DÍAS HÚMEDOS (RR ≥ 1.0 MM) DE UN PERIODO J	DÍAS/OLA

AIII1. Tabla. Indicadores climáticos considerados en el análisis de la vulnerabilidad del sector agroforestal.

En lo que respecta a la exposición, se ha valorado (de 0 a 1) el grado de exposición de cada uno de los cultivos, especies piscícolas y forestales y grupos de ganado de Gipuzkoa, previamente caracterizados. En el caso de las especies forestales y piscícolas, además, se han segmentado por su altitud y por pendiente, asumiendo que son factores importantes para valorar su vulnerabilidad. Los cultivos y el ganado se han segmentado por tipos.

Para la valoración de la sensibilidad se han considerado cuatro grandes bloques (1- cultivos/

bosques/ganadería, 2-Suelo, 3-Plagas, enfermedades, adventicias, especies invasoras y zoonosis, y 4-extremos climáticos), realizándose su valoración, por bloque de 1 a 5 (se someten a una normalización de 1 a 5, de manera que sea posible cuantificar y comparar los diferentes bloques para posteriormente poder aplicar la fórmula de la vulnerabilidad). La citada valoración ha sido realizada, a juicio de experto, para cada una de las categorías de caracterización del sector agroforestal de Gipuzkoa.

ÁMBITO/SECTOR	VARIABLES		DEFINICIÓN
CULTIVO/BOSQUE/ GANADERÍA	TEMPERATURAS CRÍTICAS CULTIVO	T MÁX. (ESTRÉS TÉRMICO)	T MAX POR ENCIMA DE LA CUAL EL DESARROLLO DEL CULTIVO SE VE COMPROMETIDO
		T MIN	T MIN POR DEBAJO DE LA CUAL EL DESARROLLO DEL CULTIVO SE VE COMPROMETIDO
		HELADAS	FRECUENCIA DE EVENTOS DE HELADA QUE GENERAN DAÑOS EN EL CULTIVO COMPROMETIENDO SU VIABILIDAD
	PRECIPITACIÓN CRÍTICA CULTIVO	P MAX	VALORES A PARTIR DE LOS CUALES EL DESARROLLO DEL CULTIVO SE VE COMPROMETIDO
		P MIN	
	NECESIDADES DE AGUA/RIEGO	NECESIDADES DE AGUA/RIEGO	AUMENTO EN LA FRECUENCIA DE EVENTOS, COMPROMETIENDO SU VIABILIDAD
	CONCENTRACIÓN DE CO2 ATMOSFÉRICO	PRODUCCIÓN	MAGNITUD DEL DÉFICIT HÍDRICO ESTIVAL VS NECESIDADES HÍDRICAS DEL CULTIVO
	INCENDIOS	AUMENTO EN LA FRECUENCIA, INTENSIDAD Y MAGNITUD	C4 VS. C3
	GLOBAL CULTIVOS		LOS INCENDIOS AFECTAN DE DISTINTA FORMA A LA VEGETACIÓN EN FUNCIÓN DE SU BIOMASA, QUE EN GRAN MEDIDA ES INTRÍNSECA DE LA ESPECIE
SUELO	MATERIA ORGÁNICA	CAMBIOS EN LA DINÁMICA DE LA MINERALIZACIÓN	MINERALIZACIÓN MO
	EROSIÓN		
	GLOBAL SUELO		
PLAGAS, ENFERMEDADES, ADVENTICIAS, ESPECIES INVASORAS Y ZONOSIS	PROBLEMAS SANITARIOS	PLAGAS Y ENFERMEDADES (CULTIVOS, BOSQUES Y GANADERÍA)	<ul style="list-style-type: none"> • EN PINARES: BANDA MARRÓN Y ROJA DE LAS ACÍCULAS, EL <i>FUSARIUM CIRCINATUM</i> Y LA PROCESIONARIA (<i>THAUMETOPEA PITYOCAMPA</i>); NEMATODO DEL PINO • EN ECUALIPTALES: GONOPTERUS PLATENSIS Y <i>MYCOSPPHAERELLA EPP.</i> • EN CASTAÑOS, LA TINTA Y EL CHANCRO; EN ROBLES, LOS OIDIOS, Y EN FRESNOS, LA <i>CHALARA FRAXINEA</i> • EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA Y PREVALENCIA DE CASOS DE LENGUA AZUL, TUBERCULOSIS, FIEBRE AFTOSA, PESTE PORCINA, FIEBRE HEMORRÁGICA CRIMEA-CONGO, GRIPE AVIAR
	ADVENTICIAS	AUMENTO DE LA COMPETENCIA POR LA PRESENCIA DE MALAS HIERBAS	APARICIÓN DE NUEVAS Y/O MAYOR GRADO DE INCIDENCIA AUMENTO EN LA FRECUENCIA DE EVENTOS, COMPROMETIENDO SU VIABILIDAD
	ESPECIES INVASORAS	APARICIÓN DE ESPECIES INVASORAS	<ul style="list-style-type: none"> • <i>ACACIA DEALBATA</i>, <i>ACACIA MALANAXYLON</i>, <i>ACACIA SP.</i>, <i>AILANTHUS ALTISSIMA</i>, <i>ROBINIA PSEUDOACACIA</i> • <i>QUERCUS ROBUR</i> Y/O <i>QUERCUS PETRAEA</i> Y LOS BOSQUES RIBEREÑOS, SON LAS FORMACIONES MÁS VULNERABLES.
	GLOBAL COMPETENCIA		
EXTREMOS CLIMÁTICOS	NO RECOGIDOS EN LAS AMENAZAS	VIENTO, GRANIZO, HUMEDAD RELATIVA, ETC.	

AIII2. Tabla. Bloques utilizados en el marco del estudio para la valoración de la sensibilidad del sector agroforestal en Gipuzkoa.

En función de las estrategias adaptativas, se ha valorado en qué grado (de 0 a 1) se conseguiría actualmente compensar la sensibilidad de cada uno de los cuatro bloques anteriormente presentados. Esta valoración ha sido realizada, a juicio de experto, para cada una de las categorías de caracterización del sector agroforestal.

INDICADORES DE CAPACIDAD ADAPTATIVA		HERRAMIENTAS E INFRAESTRUCTURAS DISPONIBLES
ADAPTABILIDAD DE CULTIVOS, ESPECIES PASCÍCOLAS, FORESTALES Y GANADERAS	PLASTICIDAD GENÉTICA Y ADAPTATIVA	ADAPTACIÓN INTRÍNSECA, DISTINTAS VARIEDADES, RAZAS GANADERAS
PRÁCTICAS DE GESTIÓN/ MANEJOS IMPLEMENTABLES A CORTO/MEDIO PLAZO INDIVIDUALMENTE	MODIFICACIÓN PERIODOS DE CULTIVO/ CRÍA	FECHAS DE SIEMBRE/COSECHA, PARTO, LACTACIÓN, ETC.
	ROTACIONES Y ALTERNATIVAS EN TIEMPO Y ESPACIO	COMBINAR ESPECIES DISTINTAS, ALTERNATIVAS DE CULTIVO, ROTACIONES DE CULTIVO, ADAPTAR EL PASTOREO DESPLAZANDO ESPACIALMENTE Y/O TEMPORALMENTE EL GANADO
	ALTERNATIVAS CULTIVOS/ESPECIES/RAZAS	SELECCIÓN DE NUEVOS CULTIVOS MEJOR ADAPTADOS A LAS NUEVAS CONDICIONES CLIMÁTICAS
	PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DEL SUELO	PRÁCTICAS PARA PROMOVER EL ALMACENAMIENTO DE CARBONO, LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA, EVITAR LA EROSIÓN (FILTROS VEGETALES, CULTIVOS DE COBERTERA, TERRAZAS, SIEMBRA DIRECTA, MÍNIMO LABOREO, ETC.)
PRÁCTICAS DE GESTIÓN/ MANEJOS IMPLEMENTABLES A MEDIO PLAZO, CON APOYO TÉCNICO	AGRICULTURA DE PRECISIÓN	TELEDETECCIÓN, INTELIGENCIA ARTIFICIAL, BIG DATA, HERRAMIENTAS DE AYUDA A LA DECISIÓN, MODELIZACIÓN, TICS, LABOREO DE PRECISIÓN, GPS, SENSÓRICA AMBIENTAL, ETC.
	REDISEÑO SISTEMAS DE CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	MEJORA DE ESQUEMAS DE LUCHA INTEGRADA, APLICACIÓN DE TELEDETECCIÓN, VISIÓN ARTIFICIAL, NUEVAS MATERIAS ACTIVAS, ETC.
	MEJORA GENÉTICA E INTRODUCCIÓN DE NUEVAS VARIEDADES	SELECCIÓN DE VARIEDADES MEJOR ADAPTADAS AL CAMBIO CLIMÁTICO, PROGRAMAS DE MEJORA GENÉTICA PARA EL DESARROLLO DE NUEVAS VARIEDADES
INFRAESTRUCTURA	CULTIVOS EN REGADÍO	POSIBILIDADES DE PUETA EN REGADÍO DE CULTIVO
	MODERNIZACIÓN DE REGADÍO	MEJORA DE INFRAESTRUCTURAS DE RIEGO, TELECONTROL, AUTOMATIZACIÓN
	NAVES GANADERAS, SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN	ADECUACIÓN DE EXISTENCIAS
	NUEVAS INFRAESTRUCTURAS	ABREVADEROS, CUBIERTAS, RESGUARDO

I+D+I PARA ADAPTACIÓN DEL SECTOR AGROFORESTAL AL CC	ENSAYOS DE TÉCNICAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	ESTUDIOS EMPÍRICOS DE EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE CULTIVO EN LA RENTABILIDAD Y SOSTENIBILIDAD DE LAS EXPLOTACIONES EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO
	MODELIZACIÓN	MODELOS DE SIMULACIÓN DE CULTIVOS Y DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIE (MDE): AJUSTE-CALIBRACIÓN, VALIDACIÓN, ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD E INCERTIDUMBRE, CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN Y ASIMILACIÓN COMO HERRAMIENTA DE AYUDA A LA DECISIÓN
INCENTIVOS (AYUDAS ECONÓMICAS Y SUBENCIONES PÚBLICAS)	PRÁCTICAS AGROFORESTALES FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO	CLARAS; ALARGAR LOS TURNOS DE CORTA
EDUCACIÓN	PROGRAMAS FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN	FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN DE AGRICULTORES QUE LES PERMITA ADOPTAR TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS QUE POSIBILITEN INCREMENTAR LA SOSTENIBILIDAD DE LAS EXPLOTACIONES Y MEJORAR LA ADAPTACIÓN DE LAS MISMAS AL CAMBIO CLIMÁTICO
EXTREMOS CLIMÁTICOS	COBERTURA MEDIANTE SEGUROS	SEGUROS GANADEROS, AGRÍCOLAS Y FORESTALES (% DE COBERTURA EN EL SECTOR)
	SISTEMAS DE AYUDAS	COMPENSACIÓN ANTE DAÑOS POR EVENTOS EXTREMOS (GRANIZO, VENDAVALES, INUNDACIONES, SEQUÍA, ETC.)
ADAPTACIÓN GLOBAL	CULTIVO/BOSQUE/GANADERÍA	
	SUELO	
	PLAGAS, ENFERMEDADES, ADVENTICIAS, ESPECIES INVASORAS Y ZONOSIS	
	EXTREMOS CLIMÁTICOS	

AIII3. Tabla. Bloques utilizados en el marco del estudio para la valoración de la capacidad de adaptación del sector agroforestal en Gipuzkoa.

Posteriormente, la vulnerabilidad se ha calculado, para cada uno de los cuatro bloques, en función de la sensibilidad y la capacidad de adaptación. En este caso, se han multiplicado.

VULNERABILIDAD = SENSIBILIDAD X CAPACIDAD ADAPTATIVA

La vulnerabilidad conjunta se ha obtenido como sumatorio de los 4 bloques (valorados del 1 al 5), de manera que el rango posible va de 1 a 20. Este valor se ha multiplicado por la exposición para calcular el riesgo global y se ha relativizado a tanto por uno (dividiendo entre 20).

Finalmente, se ha ponderado la vulnerabilidad según la importancia relativa al global de Gipuzkoa de cada una de las partes que conforman el sector agroforestal medida en términos de:

- Superficie o, para el ganado, UGM-Unidades de Ganado Mayor (la conversión a UGM se ha basado en el Decreto 515/2009, de 22 de septiembre, por el que se establecen las normas técnicas, higiénico-sanitarias y medioambientales de las explotaciones ganaderas), y
- Valoración económica (macromagnitudes)

En cuanto a las macromagnitudes, estas se han obtenido del Órgano Estadístico del Departamento de Desarrollo Económico e Infraestructuras y se refieren al conjunto de Gipuzkoa. Su asignación por comarcas se ha realizado proporcionalmente a su superficie y a los equivalentes de UGM.

Posteriormente, el riesgo de cada uno de los subsectores agroforestales comarcales se ha medido como la suma de los riesgos de cada una de las categorías de caracterización. Este riesgo se ha valorado como BAJO, MEDIO, ALTO, según los percentiles 25 y 75. Es decir, se ha asumido que los valores inferiores al percentil 25 son bajos en relación con el conjunto de valores encontrados en Gipuzkoa, mientras que los valores superiores al percentil 75 se han considerado altos.

Acidificación del océano: disminución del pH del océano durante un período prolongado, normalmente decenios o períodos más largos, causado primordialmente por la incorporación de dióxido de carbono de la atmósfera, pero también por otras adiciones químicas o sustracciones del océano. La acidificación del océano antropógena hace referencia a la proporción de la disminución del pH causada por la actividad humana.

Adaptación al cambio climático: proceso de ajuste al actual o proyectado clima y sus impactos para moderar o evitar sus daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas.

Altura significativa de las olas: promedio de altura entre el punto de depresión y el punto de cresta del tercio más alto de las olas (de viento y de fondo) en un período dado.

Antropógeno: resultante de la actividad de los seres humanos o producto de esta.

Balance energético: diferencia entre los valores totales de energía entrante y saliente. Si el balance es positivo, se produce un calentamiento; si es negativo, sobreviene un enfriamiento. Promediado a nivel global y durante largos períodos de tiempo, este balance ha de ser igual a cero. Como el sistema climático obtiene virtualmente toda su energía del Sol, un balance nulo implica que, a nivel global, la cantidad de radiación solar absorbida, esto es, la radiación solar entrante debe ser, en promedio, igual a la suma de la radiación solar reflejada en la parte superior de la atmósfera más la radiación saliente de onda larga emitida por el sistema climático.

Base/referencia: estado respecto del cual se mide un cambio. Un período de referencia es el período relativo al cual se computan las anomalías.

Cambio climático: cambio en el clima que puede ser identificado (por ejemplo, mediante el uso de técnicas estadísticas) por cambios en los valores promedios o en la variabilidad de sus propiedades, que persisten durante un periodo determinado, usualmente décadas o periodos superiores. El cambio climático puede deberse a procesos naturales internos o a forzamientos externos como los ciclos solares, erupciones volcánicas y cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso del suelo. Esta definición difiere de la empleada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio climático (CMNUCC), la cual define el cambio climático como: "un cambio en el clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad climática natural observada durante periodos de tiempo comparables". Por lo tanto, la CMNUCC distingue entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales.

Cambio del nivel del mar: el nivel del mar puede cambiar, tanto en términos globales como locales, por efecto de: 1) cambios de conformación de las cuencas oceánicas, 2) cambios en el volumen del océano como resultado de un cambio en la masa del agua del océano, y 3) cambios en el volumen del océano como resultado de cambios en la densidad del agua del océano (**cambios estéricos**).

Cambio global: término genérico que describe los cambios a escala global en los sistemas, incluyendo el sistema climático, los ecosistemas y los sistemas socio-ecológicos. Como motores del cambio global se incluyen todas aquellas actividades que, aunque ejercidas localmente, tienen efectos que trascienden el ámbito local o regional para afectar el funcionamiento global del planeta.

Capacidad de adaptación: habilidad de los sistemas, instituciones, u organismos para sumir los potenciales efectos del cambio climático, aprovechando las oportunidades o superando sus consecuencias.

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 periodos que pueden abarcar desde meses hasta millares o millones de años.

El período de promedio habitual es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial. Las magnitudes son casi siempre variables de superficie (por ejemplo, temperatura, precipitación o viento). En un sentido más amplio, el clima es el estado del sistema climático en términos tanto clásicos como estadísticos.

Efecto radiativo: repercusión en el flujo de la radiación o el índice de calentamiento (por regla general, en el flujo descendente en la parte superior de la atmósfera) causado por la interacción de un determinado elemento con los campos de radiación infrarroja o radiación solar mediante absorción, dispersión y emisión, en relación con una porción idéntica de atmósfera que carezca de ese elemento. Cuantifica la repercusión del elemento en el sistema climático. Entre otros ejemplos de este efecto figuran las interacciones aerosol-radiación, el efecto radiativo de nube y el efecto invernadero.

Escenario de emisiones: representación plausible de la evolución futura de las emisiones de sustancias que podrían ser radiativamente activas (ej. gases de efecto invernadero, aerosoles), basada en un conjunto coherente de supuestos sobre las fuerzas que las determinan (ej. desarrollo demográfico y socioeconómico y la evolución tecnológica) y las principales relaciones entre ellos. Los escenarios de concentración, obtenidos a partir de los escenarios de emisión, se introducen en un modelo climático para obtener proyecciones climáticas.

Exposición: existencia de personas, medios de vida, ecosistemas, recursos y servicios ambientales, infraestructuras y activos económicos, sociales o culturales que pueden verse afectados de manera adversa por un evento o tendencia climática.

Expansión térmica: en referencia al nivel del mar, aumento de volumen (y disminución de densidad) causado por el calentamiento del agua. El calentamiento del océano conlleva un aumento de volumen y, por consiguiente, un aumento del nivel del mar.

Evapotranspiración: proceso combinado de evaporación en la superficie de la Tierra y de transpiración de la vegetación.

Fenómeno meteorológico extremo: fenómeno meteorológico raro en determinado lugar y época del año. Aunque las definiciones de raro son diversas, la rareza normal de un fenómeno meteorológico extremo sería igual o superior a los percentiles 10° o 90° de la estimación de la función de densidad de probabilidad observada. Por definición, las características de un fenómeno meteorológico extremo pueden variar de un lugar a otro en sentido absoluto.

Impactos (climáticos): cualquier efecto específico y cuantificable, positivo o negativo, en los sistemas naturales y humanos atribuibles, al menos en parte, al cambio climático.

Incertidumbre: descriptor de la calidad de nuestro conocimiento asociado a un riesgo, o del grado de desconocimiento de un valor (p. ej., el estado futuro del sistema climático). La incertidumbre puede derivarse de la falta de información o de las discrepancias en cuanto a lo que se sabe o incluso en cuanto a lo que es posible saber. Puede tener muy diversos orígenes, desde errores cuantificables en los datos hasta ambigüedades en la definición de conceptos o en la terminología, o inseguridad en las proyecciones del comportamiento humano. La incertidumbre puede, por lo tanto, representarse con medidas cuantitativas (p. ej., una serie de valores calculados con distintos modelos) o con expresiones cualitativas (p. ej., que reflejen la opinión de un grupo de expertos).

Indicador: valor observado representativo de un fenómeno determinado. En general, los indicadores cuantifican la información mediante la agregación de múltiples y diferentes datos. La información resultante se encuentra pues sintetizada. En resumen, los indicadores simplifican una información que puede ayudar a revelar fenómenos complejos.

Isla de calor urbana (ICU): calor relativo de una ciudad respecto de las áreas rurales circundantes, frecuentemente asociado a los cambios de escorrentía, los efectos en la retención de calor y las variaciones del albedo superficial.

Marea meteorológica: aumento episódico de la altura del mar en un determinado lugar causado por condiciones meteorológicas extremas (presión atmosférica baja y/o vientos fuertes). Se define como la diferencia entre el nivel de la marea alcanzado y el esperado en un lugar y momento dados.

Mitigación: conjunto de intervenciones humanas dirigidas a frenar el proceso de cambio climático, a través de la disminución de la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Ola de calor: período de tiempo anormalmente caluroso.

Período de retorno: estimación del intervalo de tiempo medio transcurrido entre distintos sucesos de un episodio (por ejemplo, una crecida o lluvias extremas) de (o mayores/menores de) un tamaño o intensidad definidos.

Proyecciones climáticas: evoluciones posibles del clima para el siglo XXI, cuando se asumen diferentes escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero como datos de entrada en los Modelos Generales de Circulación.

Proyecciones climáticas regionalizadas: evoluciones posibles del clima en regiones concretas, elaboradas a partir de proyecciones globales con un aumento de resolución espacial a escala regional. Estas proyecciones están especialmente diseñadas para su utilización en el análisis de impactos y adaptación al cambio climático.

Riesgo: combinación de la probabilidad de ocurrencia de un suceso dado y de la magnitud de sus consecuencias. El riesgo considera la frecuencia con que se presentan ciertos estados o eventos y la magnitud de las consecuencias probables asociadas a la exposición a dichos estados o eventos.

Sensibilidad: grado en el que se ve afectado un sistema, sector, elemento o especie por la variabilidad climática o los eventos extremos, ya sea de forma negativa o positiva.

Tendencia: en el presente informe, el término tendencia describe un cambio en el valor de una variable, generalmente uniforme, a lo largo del tiempo.

Uso del suelo y cambio de uso del suelo: el término uso del suelo denota el conjunto de disposiciones, actividades e insumos (conjunto de actividades humanas) adoptados para cierto tipo de cubierta terrestre. Este término se utiliza también en el sentido de los fines sociales y económicos que persigue la gestión de los suelos (por ejemplo, pastoreo, y extracción y conservación de madera). Un cambio de uso del suelo es un cambio del uso o gestión del suelo por los seres humanos, que puede originar una modificación de la cubierta terrestre. Las modificaciones de la cubierta terrestre y del uso del suelo pueden afectar al albedo de la superficie, a la evapotranspiración, a las fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero o a otras propiedades del sistema climático y pueden, por consiguiente, producir un forzamiento radiativo y/u otros efectos sobre el clima, a nivel local o global.

Vulnerabilidad: hace referencia a la valoración de territorio, sus sistemas o sectores y elementos o especies, en función de su propensión o predisposición a verse afectado por una amenaza climática. Se explica a través de la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la capacidad para hacerle frente y superar los efectos o capacidad adaptativa (vulnerabilidad= riesgo-adaptación).

Fuentes: [Climate adaptation: Risk, uncertainty and decision-making, UKCIP 2003](#) y [Quinto Informe de Evaluación, IPCC 2013](#).

- AA.VV. (2008). Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Informe de síntesis. Secretariado de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio.
- AEMA. (2004). Impact of climate change. Informe AEMA nº 2/2004. Disponible en http://reports.eea.eu.int/climate_report_2_2004/en.
- AEMA. (2005). Perspectivas para el medio ambiente europeo. Informe AEMA nº 4/2005. Disponible en http://reports.eea.eu.int/eea_report_2005_4/en.
- AEMET (Agencia Estatal de Meteorológico). (2019). Resúmenes climatológicos. http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/resumenes.
- Adler, R. F., & Coauthors. (2003). The version-2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) monthly precipitation analysis (1979–present). *Journal of Hydrometeorology*, 4, 1147–1167.
- Aihartza, JR. (2004). Quirópteros de Araba, Bizkaia y Gipuzkoa: distribución, ecología y conservación. Tesis doctoral UPV/EHU, 346 pp.
- Alfieri, L., Burek, P., Feyen, L., & Forzier, G. (2015). Global warming increases the frequency of river floods in Europe. *Hydrological Earth System Science*, 19:2247–2260.
- Alfonso, M., Ferreres, J., González, C., Borrego, J., Estomba, M., González, H., Leiza, A., Unzueta, J., Sáez, M., Saez, E., & Azkue, E. (2019). Censo de cormorán moñudo en Gipuzkoa 2019. *Itsas Enara Ornitologia Elkarte*. 6 pp.
- Allard, M., Fortier, A., Sarrazin, D., Calmels, F., Fortier, D., Chaumont, D., Savard, J.P., & Tarussov A. (2007). L'Impact du Réchauffement Climatique sur les Aéroports du Nunavik: Caractéristiques du Pergélisol et Caractérisation des Processus de 695 10 Key Economic Sectors and Services Chapter 10 Dégradation des Pistes. *Ressources naturelles Canada (Natural Resources Canada), Ottawa, ON, Canada*, 184 pp.
- Allen, R.G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *FAO, Irrigation and Drainage Paper 56. Crop evapotranspiration (Guidelines for computing crop water requirements)*. Rome, Italy, 300 pp.
- Álvarez Camiña, S., Nájera Ibáñez, A., & Espejo Gil, F. (2016). El impacto del cambio climático en el sector financiero y de seguros. *Economía y cambio climático: reto y oportunidad*. ICE.
- Amelung, B., & Moreno, A. (2012). Costing the impact of climate change on tourism in Europe: results of the PESETA project. *Climatic Change* 112, 83–100.
- Araújo, M.B., Guilhaumon, F., Neto, D.R., Pozo, I., & Calmaestra, R.G. (2011). Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 2. Fauna de vertebrados. Proyecciones de las áreas de distribución potencial de la fauna de vertebrados de la España peninsular por efecto del cambio climático. Ministerio de Medio Ambiente. Medio Rural y Marino. Madrid. 640 pp.
- Arregui, I., Galaurdi, B., Goñi, N., Hin Lam, C., Fraile, I., Santiago, J., Lutcavage, M., & Arrizabalaga, H. (2018). Movements and geographic distribution of juvenile bluefin tuna in the Northeast Atlantic, described through internal and satellite archival tags. *ICES Journal of Marine Science*, 75, 5, 1560–1572.
- Azti-Tecnalia. (2019). La anchoa del golfo de Bizkaia resiste al cambio climático. Noticia en: azti.es 27/02/2019.

- Baldock, J. A., Wheeler, I., McKenzie, N., & McBratney, A. (2012). Soils and climate change: potential impacts on carbon stocks and greenhouse gas emissions, and future research for Australian agriculture. *Crop and Pasture Science*, 63, 269–283.
- Bank of England. (2015). The impact of climate change on the UK insurance sector. A Climate Change Adaptation Report by the Prudential Regulation Authority.
- Bañón, R. (2009). Variacions no diversidade e abundancia ictiolóxica mariña en Galicia por efectos do cambio climático. In: Evidencias e impactos do cambio climático en Galicia. M.F.e.J.L.G. V. Pérez (ed.) Spain: Xunta de Galicia. Consellería de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostible. pp. 339–355.
- Bañón, R., del Rio, J.L., Piñeiro, C., & Casas, M. (2002). Occurrence of tropical affinity fish in Galician waters, north-west Spain. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 82(5), 877–880.
- Barange, M., Merino, G., Blanchard, J.L., Scholtens, J., Harle, J., Allison, E.H., Allen, J.I., Holt, J., & Jennings, S. (2014). Impacts of climate change on marine ecosystem production in societies dependent on fisheries. *Nature Climate Change*, 4, 211–216.
- Baudron, A.R., Brunel, T., Blanchet, M.-A., Hidalgo, M., Chust, G., Brown, E.J., Kleisner, K.M., Millar, C., MacKenzie, B.R., Nikolioudakis, N., Fernandes, J.A., & Fernandes, P.G. (2019). Changing fish distributions challenge the effective management of European fisheries. *Ecography*, (In Press).
- BBVA Research. (2018). Situación seguros. <https://www.bbva.com/publicaciones/situacion-seguros-segundo-semester-2018/>
- Beare, D., Burns, F., Peach, K., Portilla, E., Greig, T., McKenzie, E., & Reid, D. (2004). An increase in the abundance of anchovies and sardines in the north-western North Sea since 1995. *Global Change Biology*, 10, 1–5.
- Beare, D.J., & Reid, D.G. (2002). Investigating spatio-temporal change in spawning activity by Atlantic mackerel between 1977 and 1998 using generalized additive models. *ICES Journal of Marine Science*, 59, 711–724.
- Becken, S. (2010). The importance of climate and weather for tourism. Technical Report Lincoln University. Retrieved from <https://wuve.pw/pshuwuloey.pdf>.
- Becker, A., Acciaro, M., Asariotis, R., Carera, E., Cretegnny, L., Crist, P., Esteban, M., Mather, A., Messner, S., Naruse, S., Ng, A.K.Y., Rahmstorf, S., Savonis, M., Song, D., Stenek, V., & Velegrakis, A.F. (2013). A Note on Climate change adaptation for seaports: A challenge for global ports, a challenge for global society. *Climatic Change*, 120, 4, 683– 695.
- Becker, A., Finger, P., Meyer-Christoffer, A., Rudolf, B., Schamm, K., Schneider, U., & Ziese, M. (2013). A description of the global land-surface precipitation data products of the Global Precipitation Climatology Centre with sample applications including centennial (trend) analysis from 1901–present. *Earth System Sciences Data*, 5, 71–99.
- Bellier, E., Planque, B., & Petitgas, P. (2007). Historical fluctuations in spawning location of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardina pilchardus*) in the Bay of Biscay during 1967–73 and 2000–2004. *Fisheries Oceanography*, 16, 1–15.
- Bellisario, B. (2018). Conserving migration in a changing climate. a case study: The Eurasian spoonbill. *Platalea leucorodia leucorodia*. *Biological Conservation*, 217, 222–231.

- Berge, J., Heggland, K., Lonne, O.J., Cottier, F., Hop, H., Gabrielsen, G.W., Nottestad, L., & Misund, O.A. (2015). First Records of Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*) from the Svalbard Archipelago, Norway, with Possible Explanations for the Extension of Its Distribution. *Arctic*, 68, 54–61.
- Bigano, A. Hamilton, J.M., & Richard, S.J.T. (2008). Climate change and tourism in the Mediterranean, Working Paper FNU-157. Research Unit Sustainable and Global Change. Hamburg University. Retrieved from <http://www.fnu.zmaw.de/HTM.5681.O.html>.
- Bindoff, N.L., Cheung, W.W.L., Kairo, J.G., Arístegui, J., Guinder, V.A., Hallberg, R., Hilmi, N., Jiao, N., Karim, M.S., Levin, L., O'Donoghue, S., Purca Cuicapusa, S.R., Rinkevich, B., Suga, T., Tagliabue, A., & Williamson, P. (2019). Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.
- Blanchard, F., & Vandermeirsch, F. (2005). Warming and exponential abundance increase of the subtropical fish *Capros aper* in the Bay of Biscay (1973–2002). *Comptes Rendus Biologies*, 328, 505–509.
- Blunden, J., & Arndt, D.S. Eds. (2019). State of the Climate in 2018. *Bulletin of American Meteorological Society*, 100 (9), Si–S305.
- Bonhommeau, S. (2008). Effets environnementaux sur la survie larvaire de l'Anguille sur le recrutement. Thèse, 305pp.
- Borja, A., Chust, G., Fontán, A., Garmendia, J.M., & Uyarra, M.C. (2018). Long-term decline of the canopy-forming algae *Gelidium corneum*, associated to extreme wave events and reduced sunlight hours, in the southeastern Bay of Biscay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 205, 152–160.
- Bouزيد, M., Colón-González, F. J., Lung, T., et al.. (2014). Climate change and the emergence of vector-borne diseases in Europe: case study of dengue fever. *BMC Public Health*, 14, 781.
- Boyer, T., Levitus, S., Antonov, J., Locarnini, R., Mishonov, A., Garcia, H., & Josey, S. A. (2007). Changes in freshwater content in the North Atlantic Ocean 1955–2006. *Geophysical Research Letters*, 34(16).
- Boyra, G., Martínez, U., Cotano, U., Santos, M., Irigoien, X., & Uriarte, U. (2013). Acoustic surveys for juvenile anchovy in the Bay of Biscay: abundance estimate as an indicator of the next year's recruitment and spatial distribution patterns. *ICES Journal of Marine Science*, 70, 1354–1368.
- Bruge, A., Alvarez, P., Fontán, A., Cotano, U., & Chust, G. (2016). Thermal Niche Tracking and Future Distribution of Atlantic Mackerel Spawning in response to Ocean Warming. *Frontiers in Marine Science*, 3, 86.
- Brunel, T., van Damme, C.J.G., Samson, M., & Dickey-Collas, M. (2018). Quantifying the influence of geography and environment on the northeast Atlantic mackerel spawning distribution. *Fisheries Oceanography*, 27, 159–173.
- C3S (Copernicus Climate Change Service). (2018). European State of the Climate 2018. Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS), <https://climate.copernicus.eu/ESOTC>.
- C3S (Copernicus Climate Change Service). (2019). Monthly climate bulletins. Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS), <https://climate.copernicus.eu/climate-bulletins>.

- Caballero, A., Pascual, A., Dibarboure, G., & Espino, M. (2008). Sea level and eddy kinetic energy variability in the Bay of Biscay, inferred from satellite altimeter data. *Journal of Marine Systems*, 72, 116–134.
- Cabré, A., Marinov, I., Bernardello, R., & Bianchi, D. (2015). Oxygen minimum zones in the tropical Pacific across CMIP5 models: mean state differences and climate change trends. *Biogeosciences*, 12, 5429–5454.
- Campos, J.A., & Herrera, M. (2009). Diagnóstico de la flora alóctona invasora de la CAPV. Ihobe. Gobierno Vasco-Eusko Jaurlaritza. 296 pp.
- Campos, J.A., & Silván, F. (2001). Flora exótica de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. Evaluación de impacto ambiental. Gobierno Vasco-Eusko Jaurlaritza. 200 pp.
- Camus, P., Losada, I.J., Izaguirre, C., Espejo, A., Menéndez, M., & Pérez, J. (2017). Statistical wave climate projections for coastal impact assessments. *Earth's Future*, 5, 918–933.
- Cañizares, M. (2019). Habitat modelling of horse mackerel spawning and ocean warming. Trabajo fin de Master en Biodiversidad. Funcionamiento y Gestión de ecosistemas, UPV-EHU. 15PP.
- Capdevilla-Argüelles, L., Zilletti, B., & Suárez, V.A. (2011). Cambio climático y especies exóticas invasoras en España. Diagnóstico preliminar y bases de conocimiento sobre impactos y vulnerabilidad. Ministerio de Medio Ambiente. Medio Rural y Marino. Madrid. 146 pp.
- Castañares Hernández, G. (2018). La adaptación al cambio climático en el transporte ferroviario en España. *Revista Digital Del Cedex*, (191), 133–140.
- CCI. (2006). Hoepffner, N. (ed.). Marine and Coastal Dimension of Climate Change in Europe. Informe elaborado por el CCI/IES en colaboración con la AEMA para los Directores Generales del Agua en Europa.
- CEDEX. (2012). Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación.
- CEDEX. (2013). Informe final del Grupo de Trabajo para el análisis de las Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España.
- CEDEX (2018). Secciones de la red estatal de infraestructura de transporte terrestre potencialmente más expuestas por razón de la variabilidad y cambio climáticos.
- Cendrero, A., Sánchez-Arcilla, A., & Zazo, C. (2005). Impactos sobre las zonas costeras. En: Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del Cambio Climático. Proyecto ECCE – Informe final [Moreno, J.M., coord.]. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 846 pp.
- Cheng, L., Abraham, J., Hausfather, Z., & Trenberth, K. (2019). How fast are the oceans warming?. *Science*, 363, 128–129.
- Church, J. A., White, N. J., Konikow, L. F., Domingues, C. M., Cogley, J. G., Rignot, E., Gregory, J. M., van den Broeke, M. R., Monaghan, A. J., & Velicogna, I. (2011). Revisiting the Earth's sealevel and energy budgets from 1961 to 2008. *Geophysical Research Letters*, 38, L18601.
- Cheng, H.-Q., & Chen, J.-Y. (2017). Adapting cities to sea level rise: A perspective from Chinese deltas. *Advances in Climate Change Research*, 8(2), 130–136.

Cheng, L., Zhang, L., Wnag, Y.P., Canadell, J.G., Chiew, F.H.S., Beringer, J., Li, L., Miralles, D.G., Piao, S. & Zhang, Y. (2017). Recent increases in terrestrial carbon uptake at little cost to the water cycle. *Nature Communications*, 8, 110.

Cheung, W.W.L., Watson, R., & Pauly, D. (2013). Signature of ocean warming in global fisheries catch. *Nature*, 497, 365–368.

Chifflet, M., Ferrer, L., Fraile, I., & Chust, C. (2013). Modeling climate change and variability effects in the Bay of Biscay ecosystem using ROMS-NPZD-OSMODE model.

Christodoulou, A., Christidis, P., & Demirel, H. (2019). Sea-level rise in ports: a wider focus on impacts. *Maritime Economics and Logistics* 21, 482–496.

Christodoulou, A., & Demirel, H. (2018). Impacts of climate change on Transport. A focus on airports, seaports and inland waterways. EUR 28896 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-97039-9.

Chust, G., Allen, J.I., Bopp, L., Schrum, C., Holt, J., Tsiaras, K., Zavatarelli, M., Chifflet, M., Cannabu, H., Dadou, I., Daewel, U., Wakelin, S.L., Machu, E., Pushpadas, D., Butenschon, M., Artioli, Y., Petihakis, G., Smith, C., Garçon, V., Goubanova, K., Le VU, B., Fach, B.A., Salihoglu, B., Clementi, E., & Irigoien, X. (2014). Biomass changes and trophic amplification of plankton in a warmer ocean. *Global Change Biology*, 20, 2124–2139.

Chust, G., Borja, Á., Caballero, A., Irigoien, X., Sáenz, J., Monjo, R., Marcos, M., Liria, P., Hidalgo, J., Valle, M., & Valencia, V. (2011). Climate change impacts on coastal and pelagic environments in the southeastern Bay of Biscay. *Climate Research*, 48, 307–332.

Chust G., Borja, Á., Liria, P., Galparsoro, I., Marcos, M., Caballero, A., & Castro, R. (2009). Human impacts overwhelm the effects of sea-level rise on Basque coastal habitats (N Spain) between 1954 and 2004. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 84,453–462.

Chust, G., Caballero, A., Marcos, M., Liria, P., Hernández, C., & Borja, Á. (2010). Regional scenarios of sea level rise and impacts on Basque (Bay of Biscay) coastal habitats, throughout the 21st century. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 87,113–124.

Chust, G., Goikoetxea, N., Ibaibarriaga, L., Sagarminaga, Y., Arregui, I., Fontán, A., Irigoien, X., & Arrizabalaga, H. (2019). Earlier migration and distribution changes of albacore in the Northeast Atlantic. *Fisheries Oceanography*, 28, 505–516.

Ciscar, J.C., Ibarreta, D., Soria, A., Dosio, A., Toreti, A., Ceglar, A., Fumagalli, D., Dentener, F., Lecerf, R., Zucchini, A., Panarello, L., Niemeyer, S., Pérez-Domínguez, I., Fellmann, T., Kitous, A., Després, J., Christodoulou, A., Demirel, H., Alfieri, L., Dottori, F., Vousdoukas, M.I., Mentaschi, L., Voukouvalas, E., Cammalleri, C., Barbosa, P., Micale, F., Vogt, J.V., Barredo, J.I., Caudullo, G., Mauri, A., de Rigo, D., Libertà, G., Houston Durrant, T., Artés Vivancos, T., San-Miguel-Ayanz, J., Gosling, S.N., Zaherpour, J., De Roo, A., Bisselink, B., Bernhard, J., Bianchi, L., Rozsai, M., Szweczyk, W., Mongelli, I., & Feyen, L. (2018). Climate impacts in Europe: Final report of the JRC PESETA III Project. EUR 29427 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Clarke, L., Nichols, L., Vallario, R., Hejazi, M., Horing, J., Janetos, A.C., Mach, K., Mastrandrea, M., Orr, M., Preston, B.L., Reed, P., Sands, R.D., & White, D.D. (2018). Sector Interactions, Multiple Stressors, and Complex Systems. In *Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II* [Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, & B.C. Stewart (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, pp. 638–668,

- CONSORCIO DE COMPENSACIÓN DE SEGUROS. (2018). Estadística de riesgos extraordinarios. Serie 19712018. Madrid, 155 pp.
- Costoya, X., deCastro, M., & Gómez-Gesteira, M. (2014). Thermohaline trends in the Bay of Biscay from Argo floats over the decade 2004–2013. *Journal of Marine Systems*, 139, 159–165.
- Costoya, X., deCastro, M., Gómez-Gesteira, M., & Santos, F. (2015). Changes in sea surface temperature seasonality in the Bay of Biscay over the last decades (1982 - 2014). *Journal of Marine Systems*, 150, 91–10.
- Damm, A., Köberl, J., Prettenthaler, F., Rogler, N., & Töglhofer, C. (2017). Impacts of +2°C global warming on electricity demand in Europe. *Climate Services*, 7, 12–30.
- Davy, R., Gnatiuk, N., Pettersson, L., & Bobylev, L. (2018). Climate change impacts on wind energy potential in the European domain with a focus on the Black Sea. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1652–1659.
- Daw, T.; Adger, W.N.; Brown, K., & Badjeck, M.-C. (2009). El cambio climático y la pesca de captura: repercusiones potenciales, adaptación y mitigación. En K. Cochrane, C. De Young, D. Soto y T. Bahri (eds). *Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura: visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos*. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura, No 530. Roma, FAO. pp. 119–168.
- Dawson, T.P., Jackson, S.T., House, J.I., Prentice, I.C., & Mace, G.M. (2011). Beyond predictions: Biodiversity conservation in a changing climate. *Science*, 332, 53–58.
- Dee, D. P., & Coauthors. (2011). The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 137, 553–597.
- de Boyer Montégut, C., Madec, G., Fischer, A. S., Lazar, A., & Iudicone, D. (2004). Mixed layer depth over the global ocean: An examination of profile data and a profile-based climatology. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 109(C12).
- deCastro, M., Gómez-Gesteira, M., Álvarez, I., & Gesteira, J.L.G. (2009). Present warming within the context of cooling–warming cycles observed since 1854 in the Bay of Biscay. *Continental Shelf Research*, 29, 1053–1059.
- Dekker, W. (2004). *Slipping through our hands - Population dynamics of the European eel*. Doctoral dissertation. University of Amsterdam. 186 pp.
- Departamento de Salud. (2006). *Plan de Prevención en Situación de Ola de Calor en la CAPV*. Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz.
- Desma. (2009). *Diagnóstico de la fauna exótica invasora de la CAV*. Ihobe. Gobierno Vasco-Eusko Jaurlaritz. 165 pp.
- 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. *Environment International*, 85, 273–283.
- Díaz, E., Korta, M., Pórtolas, J., Monjo, R., Gaitán, E., Ribalaygua, J., Cabré, A., & Chust, G. (2018). Eels of southern Europe under future climate change. *Revista de Investigación Marina*, 25(2), 46–49.

Díez, I., Muguerza, N., Santolaria, A., Ganzedo, U., & Gorostiaga, J.M. (2012). Seaweed assemblage changes in the eastern Cantabrian Sea and their potential relationship to climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 99, 108–120.

DGOH-DFG. (2017). Estudio de actualización del análisis de las precipitaciones intensas y recomendaciones de cálculo de caudales de avenidas en pequeñas cuencas del territorio histórico de Gipuzkoa.

Diputación Foral de Gipuzkoa. (2018). Gipuzkoa Klima 2050. Estrategia guipuzcoana de lucha contra el cambio climático 2050. Departamento de Medio Ambiente y Obras Hidráulicas de la Diputación Foral de Gipuzkoa. Donostia-San Sebastián. 371 pp.

Duarte, C.M., Losada, I.J., Hendriks, I.E., Mazarrasa, I., & Marba, N. (2013). The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature Climate Change*, 3, 961–968.

Dubus, L. (2008). Weather, water and climate information and the energy sector. Elements for Life, WMO publication for the Madrid Conference, Tudor Rose Ed., WMO, Geneva, Switzerland.

Dufour, F., Arrizabalaga, H., Irigoien, X., & Santiago, J. (2010). Climate impacts on albacore and bluefin tunas migrations phenology and spatial distribution. *Progress in Oceanography*, 86, 283–290.

Durack, P. J., & Wijffels, S. E. (2010). Fifty-year trends in global ocean salinities and their relationship to broad-scale warming. *Journal of Climate*, 23(16), 4342–4362.

EEA (Agencia Ambiental Europea). (2014). Adaptation of transport to climate change in Europe. Challenges and options across transport modes and stakeholders. Luxembourg: EEA.

Ekolur-Eten. (2014). Cartografía de la Red de Corredores Ecológicos de la Eurociudad Vasca Bayonne-San Sebastián. Guía de lectura. Agencia transfronteriza para el desarrollo de la Eurociudad Vasca. 115 pp.

Ekolur. (2016). Infraestructura verde de la CAPV. Propuesta metodológica para la identificación y representación de la infraestructura verde a escala regional de la CAPV. Gobierno Vasco-Eusko Jaurlaritza. 111 pp. Informe inédito.

Ekolur. (2017). Conectividad ecológica en Donostialdea-Bajo Bidasoa. Elaboración de las bases técnicas para la inclusión de los requisitos de la conectividad ecológica en la planificación territorial a escala de Unidad Funcional. Gobierno Vasco-Eusko Jaurlaritza. 95 pp. Informe inédito.

Ekolur. (2018). Inventario del Patrimonio Natural del municipio de Eibar. Informe técnico para el Ayuntamiento de Eibar.

Ekolur. (2020). Vulnerabilidad al cambio climático de los elementos naturales de Gipuzkoa. Informe técnico para Naturklima.

Erauskin-Extramiana, M., Alvarez, P., Arrizabalaga, H., Ibaibarriaga, L., Uriarte, A., Cotano, U., Santos, M., Ferrer, L., Cabré, A., Irigoien, X., & Chust, G. (2019). Historical trends and future distribution of anchovy spawning in the Bay of Biscay. *Deep Sea Research II: Topical Studies in Oceanography*, 159, 169–182.

Erauskin-Extramiana, M., Arrizabalaga, H., Hobday, A.J., et al. (2019). Large-scale distribution of tuna species in a warming ocean. *Glob Change Biology*; 25. 2043–2060.

- Eskeland, G.S., Jochem, E., Neufeldt, H., Traber, T., Rive, N., & Bethrens, A. (2008). The future of European electricity: choices before 2020. CEPS Policy Brief, 164.
- FAO (2009). Climate Change implications for fisheries and aquaculture – Overview of current scientific knowledge. Cochrane, K.; De Young, C.; Soto, D. y Bahri, T. (eds). 237 Ppp.
- Felicitísimo, A., Muñoz, J., Villalba, C.J., & Mateo, R.G. (2011). Impactos. vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 1. Flora y vegetación: proyecciones de las áreas de distribución potencial de la flora amenazada y las especies forestales de la España peninsular por efecto del cambio climático. PNACC Plan Nacional de Adaptación del Cambio Climático. Inventario Nacional de Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente. Medio Rural y Marino. Madrid. 553 pp.
- Feliu, E., García, G., Gutiérrez, L., Abajo, B., Mendizabal, M., Tapia, C., & Alonso, A. (2015). Guía para la elaboración de Planes Locales de Adaptación al Cambio Climático. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 100 pág.
- Fernández-González, F., Loidi, J., & Moreno, J.C. (2005). Impactos sobre la biodiversidad vegetal. En: Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del Cambio Climático. Proyecto ECCE – Informe final [Moreno, J.M. coord.]. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 846 pp.
- Freckman, D.W., Blackburn, T.W., Brussaard, L., Hutchings, P., Palmer, M.A., & Snelgrove, P.V.R. (1997). Linking biodiversity and ecosystem functioning of soils and sediments. *Ambio*, 26, 556–562.
- Friedland, K.D., Miller, M.J., & Knights, B. (2007). Oceanic changes in the Sargasso Sea and declines in recruitment of the European eel. *ICES Journal of Marine Science*, 64, 519–530.
- Fontán, A., Valencia, V., Borja, Á., & Goikoetxea, N. (2008). Oceanometeorological conditions and coupling in the southeastern Bay of Biscay, for the period 2001–2005: a comparison with the past two decades. *Journal of Marine Systems*, 72, 167–177.
- Frölicher, T.L., Fischer, E.M. & Gruber, N. (2018). Marine heatwaves under global warming. *Nature*, 560, 360–364.
- Fullard, K.J., Early, G., Heide-Jorgensen, M.P., Bloch, D., Rosing-Asvid, A., & Amos, W. (2000). Population structure of long finned pilot whales in the North Atlantic: a correlation with sea surface temperature? *Molecular Ecology*, 9, 949–958.
- García-Soto, C., & Pingree, R.D. (2009). Spring and summer blooms of phytoplankton (SeaWiFS/MODIS) along a ferry line in the Bay of Biscay and western English Channel. *Continental Shelf Research*, 29, 1111–1122.
- Goikoetxea, N., Borja, Á., Egaña, J., Fontán, A., González, M., & Valencia, V. (2009). Trends and anomalies in sea surface temperature, observed over the last 60 years, within the southeastern Bay of Biscay. *Continental Shelf Research*, 29, 1060–1069.
- Gómez, G., Cabos, W. D., Liguori, G., Sein, D., Lozano Galeana, S., Fita, L., Fernández, J., Magariño, M. E., Jiménez Guerrero, P., Montávez, J. P., & Domínguez, M. (2016). Characterization of the wind speed variability and future change in the Iberian Peninsula and the Balearic Islands. *Wind Energy*, 19 (7), 1223–1237.
- GómezGesteira, M., deCastro, M., Alvarez, I., & GómezGesteira, J. L. (2008). Coastal sea surface temperature warming trend along the continental part of the Atlantic Arc (1985–2005). *Journal of Geophysical Research*, 113, C04010.

- Gómez-Gesteira, M., de Castro, M., Santos, F., Álvarez, I., & Costoya, X. (2013). Changes in ENACW observed in the Bay of Biscay over the period 1975-2010. *Continental Shelf Research* 65, 7380.
- Gómez Martín, M.B. (2017). Retos del turismo español ante el cambio climático. *Investigaciones Geográficas*, 67, 31-47.
- Gomis, D., Álvarez-Fanjul, E., Jordà, G., Marcos, M., Aznar, R., Rodríguez-Camino, E., Sánchez-Perrino, J. C., Rodríguez-González, J. M., Martínez-Asensio, A., Llasses, J., Pérez, B., & Sotillo, M. G. (2016). Regional marine climate scenarios in the NE Atlantic sector close to the Spanish shores. *Scientia Marina*, 80, 215-234.
- González, M., Fontán, A., & Chust, G. ¿Cómo afecta el cambio climático a la temperatura del mar y los recursos marinos de la Costa Vasca?
- González, M., Fontán, A., Esnaola, G., & Collins, M. (2013). Abrupt changes, multidecadal variability and long-term trends in sea surface temperature and sea level datasets within the southeastern Bay of Biscay. *Journal of Marine Systems*, 109, S144-S152.
- González, M., Mader, J., Fontán, A., Uriarte, A., & Ferrer, L. (2008). Análisis de la tendencia de la temperatura superficial del agua del mar en Donostia-San Sebastián a partir del estudio de la serie del Aquarium (1946-2007). *Revista de Investigación Marina*, 4, 1-7.
- González, M., & Medina, R. (2001). On the application of static equilibrium bay formulations to natural and man-made beaches. *Coastal Engineering*, 43, 3-4, 209-225.
- Guntiñas, E., Leiros, M.C., Trasar-Cepeda, C., García-Fernández, F., & Gil Sotres, F. (2000). Laboratory study of soil matter mineralization in a temperate forest soil. 10th International Humic Substances Society. Toulouse.
- Gurrutxaga, M. (2005). Red de Corredores Ecológicos de la Comunidad Autónoma de Euskadi. Síntesis. IKT SA. Gobierno Vasco-Eusko Jaurlaritza. 32 pp.
- Hartmann, D. L., & Coauthors. (2013). Observations: Atmosphere and surface. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, T. F. Stocker et al., Eds., Cambridge University Press, 159-254.
- Hátún, H., Payne, M.R., & Jacobsen, J.A. (2009). The North Atlantic subpolar gyre regulates the spawning distribution of blue whiting (*Micromesistius poutassou*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 66, 759-770.
- Heinrich, G., & Gobiet, A. (2012) The future of dry and wet spells in Europe: a comprehensive study based on the ENSEMBLES regional climate models. *International Journal of Climatology* 32, 1951-1970.
- Helaouet, P., & Beaugrand, G. (2009). Physiology, Ecological Niches and Species Distribution. *Ecosystems*, 12, 1235-1245.
- Hemer, M. A., Fan, Y., Mori, N., Semedo, A., & Wang, X. L. (2013a). Projected changes in wave climate from a multimodel ensemble. *Nature climate change*, 3 (5), 471-476.
- Hemer, M. A., Katzfey, J., & Trenham, C. E. (2013b). Global dynamical projections of surface ocean wave climate for a future high greenhouse gas emission scenario. *Ocean Modelling*, 70, 221-245.
- Henares, I. (2016). Anfibios. termómetro del cambio climático. Granada. 18/03/2016.

- Hermant, M., Lobry, J., Bonhommeau, S., Poulard, J.-C., & Le Pape, O. (2010). Impact of warming on abundance and occurrence of flatfish populations in the Bay of Biscay (France). *Journal of Sea Research*, 64, 45–53.
- Herrera, P. M. (ed.) (2020) Ganadería y cambio climático: un acercamiento en profundidad. Fundación Entretantos y Plataforma por la Ganadería Extensiva y el Pastoralismo.
- Herrera García, S. (2018). Proyecciones regionales de Cambio Climático para vientos extremos en España para el s. XXI: Caracterización de valores de retorno y frecuencia de configuraciones atmosféricas de peligro.
- Herrero, A., & Zavala, M.A. (2015). Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos. Vulnerabilidad y Adaptación en España. Documento de Síntesis. Plan Nacional de Adaptación del Cambio Climático. Ministerio de Agricultura. Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 67 pp.
- Hobday, A.J., Alexander, L.V., Perkins, S.E., Smale, D.A., Straub, S.C., Oliver, E.C.J., Benthuisen, J.A., Burrows, M.T., Donat, M.G., Feng, M., Holbrook, N.J., Moore, P.J., Scannell, H.A., Gupta, A.S., & Wernberg, T. (2016). A hierarchical approach to defining marine heatwaves. *Progress in Oceanography*, 141, 227–238.
- Holt, J., Butenschon, M., Wakelin, S.L., Artioli, Y., & Allen, J.I. (2012). Oceanic controls on the primary production of the northwest European continental shelf: model experiments under recent past conditions and a potential future scenario. *Biogeosciences*, 9, 97117.
- Hosking, J.S., MacLeod, D., Phillips, T., Holmes, C.R., Watson, P., Shuckburgh, E.F., & Mitchell, D. (2018). Changes in European wind energy generation potential within a 1.5°C warmer world. *Environmental Research Letters*, 13, 054032.
- Hosoda, S., Suga, T., Shikama, N., & Mizuno, K. (2009). Global surface layer salinity change detected by Argo and its implication for hydrological cycle intensification. *Journal of oceanography*, 65(4), 579–586.
- Howells, R.J., Burthe, S.J., Green, J.A., Harris, M.P., Newell, M.A., Butler, A., Johns, D.G., Carnell, E.J., Wanless, S., & Daunt, F. (2017). From days to decades: short- and long-term variation in environmental conditions affect offspring diet composition of a marine top predator. *Marine Ecology Progress Series*, 583, 227–242.
- Hughes, K., Dransfeld, L., & Johnson, M. (2014). Changes in the spatial distribution of spawning activity by north-east Atlantic mackerel in warming seas: 1977–2010. *Marine Biology*, 161, 2563–2576.
- Hutchinson, G.E. (1957). Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology*, 22 415–427.
- ICES. (2016). Report of the Working Group on Fish Distribution Shifts (WKFISHDISH), 22–25 November 2016, ICES HQ, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2016/ACOM: 55. 197 pp.
- Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Departamento de Medio Ambiente, Planificación territorial y vivienda. Gobierno Vasco. (2017). Cómo medir la sostenibilidad local. Sistema de indicadores de sostenibilidad local de la Comunidad autónoma del País Vasco.
- Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Departamento de Medio Ambiente, Planificación territorial y vivienda. Gobierno Vasco. (2019). Evaluación del impacto de los factores climáticos en el ascenso del nivel del mar sobre el litoral vasco.
- Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Departamento de Medio Ambiente, Planificación territorial y vivienda.

Gobierno Vasco. (2019). Evaluación de la vulnerabilidad y riesgo de los municipios vascos ante el cambio climático.

Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Departamento de Medio Ambiente, Planificación territorial y vivienda. Gobierno Vasco. (2019). Guía para la elaboración de planes de adaptación al cambio climático para organizaciones.

Indicadores de Salud y Cambio Climático. (2016). Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. [http://www.oscc.gob.es/docs/documentos/82_2016_INDICADORES.pdf].

Insurance Journal Research. (2018). Climate Change Risks to the Insurance Sector. <https://www.insurancejournal.com/research/research/climate-change-risks-to-the-insurance-sector/>

IPCC. (2007). Cambio Climático 2007. Informe de Síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Pachauri, R.K. & Reisinger, A. (eds.)]. Ginebra, Suiza. 104 pp.

IPCC. (2012). Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (Eds.) Available from Cambridge University Press. The Edinburgh Building, Shaftesbury Road, Cambridge CB2 8RU ENGLAND. 582 pp.

IPCC. (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

IPCC. (2014). Cambio Climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, 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 y L.L. White (eds.)]. Ginebra, Suiza. 218 pp.

IPCC. (2018). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.

IPCC. (2019). IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.

Ishii, M., Fukuda, Y., Hirahara, S., Yasui, S., Suzuki, T., & Sato, K. (2017). Accuracy of global upper ocean heat content estimation expected from present observational data sets. *SOLA*, 13, 163–167.

Jeffery, S., & Gardi, C. (2010). Soil biodiversity under threat – A review. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 74, 7–12.

Jordà, G., Menéndez, M., Aznar, R., & Sanchez-arcilla, A. (2017). Regional marine climate projections over Spain. *Exchanges*, 73, 53–64.

- Keogan, K., Daunt, F., Wanless, S., Phillips, R.A., Walling, C.A., Agnew, P., Ainley, D.G., Anker-Nilssen, T., Ballard, G., Barrett, R.T., Barton, K.J., Bech, C., Becker, P., Berglund, P.A., Bollache, L., Bond, A.L., Bouwhuis, S., Bradley, R.W., Burr, Z.M., Camphuysen, K. & Lewis, S. (2018). Global phenological insensitivity to shifting ocean temperatures among seabirds. *Nature Climate Change*, 8 (4), 313–318.
- Kersting, D.K. (2016). Cambio climático en el medio marino español: impactos, vulnerabilidad y adaptación. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 166pg.
- Kirschbaum, M.U.F. (2000). Will changes in soil organic carbon act as a positive or negative feedback on global warming?. *Biogeochemistry*, 48,21–51.
- Knights, B. (2003). A review of the possible impacts of long-term oceanic and climate changes and fishing mortality on recruitment of anguillid eels of the Northern Hemisphere. *Science of the Total Environment*, 310, 237–244.
- Koutsikopoulos, C., Beillois, P., Leroy, C., & Taillefer, F. (1998). Temporal trends and spatial structures of the sea surface temperature in the Bay of Biscay. *Oceanologica Acta*, 21, 335–344.
- Laffoley, D.B., J.M. (eds.). (2019). Ocean deoxygenation: Everyone's problem - Causes, impacts, consequences and solutions. Full report. Gland, Switzerland: IUCN. 580pp.
- Lassalle, G., Crouzet, P., & Rochard, E. (2009). Modelling the current distribution of European diadromous fishes: an approach integrating regional anthropogenic pressures. *Freshwater Biology*, 54, 587–606.
- Lemmen, D., & Warren, F. (2010). Climate change impacts and adaptation: a Canadian perspective. Lemmen, D. & Warren F. eds. Natural Resources Canada, Ottawa, Ontario. 174 p.
- Lenoir, S., Beaugrand, G., & Lecuyer, É. (2011). Modelled spatial distribution of marine fish and projected modifications in the North Atlantic Ocean. *Global Change Biology*, 17, 115–129.
- Leorri, E., & Cearreta, A. (2009). Recent sea-level changes in the southern Bay of Biscay: transfer function reconstructions from salt-marshes compared with instrumental data. *Scientia Marina*, 73, 287–296.
- Leorri, E., Horton, B.P., & Cearreta, A. (2008). Development of a foraminifera-based transfer function in the Basque marshes, N. Spain: implications for sea-level studies in the Bay of Biscay. *Marine Geology*, 251, 60–74.
- Le Quéré, C., & Coauthors. (2018). Global Carbon Budget 2018. *Earth System Science Data*, 10, 2141–2194.
- Levitus, S., Antonov, J.I., Boyer, T.P., Locarnini, R.A., Garcia, H.E., & Mishonov, A.V. (2009). Global ocean heat content 1955–2008 in light of recently revealed instrumentation problems. *Geophysical Research Letters*, 36, L07608.
- Levitus, S., Antonov, J.I., Boyer, T.P., Baranova, O.K., Garcia, H.E., Locarnini, R.A., Mishonov, A.V., Reagan, J.R., Seidov, D., Yarosh, E.S., & Zweng, M.M. (2012). World ocean heat content and thermocline sea level change (0–2000 m), 1955–2010. *Geophysical Research Letters*, 39.
- Lewis, S., Phillips, R.A., Burthe, S.J., Wanless, S.W., & Daunt, F. (2015). Contrasting responses of male and female foraging effort to year-round wind conditions. *Journal of Animal Ecology*, 84(6).

- Linares, C., Carmona, R., Ortiz, C., Mirón, I. J., & Díaz, J. (2017). Temperaturas extremas y salud en España en un contexto de cambio climático: Algunas líneas de investigación. *Revista salud ambiental*, 17(1): 57–69.
- Linnerud, K., Mideksa, T.K., & Eskeland, G.S. (2011). The impact of climate change on nuclear power supply. *Energy Journal*, 32.
- Liria, P., Chust, G., Epelde, I., & Caballero, A. (2011). Extreme Wave Flood-Risk Mapping Within the Basque Coast. *Journal of Coastal Research*, SI 64 (Proceedings of the 11th International Coastal Symposium), 225–229.
- Llope, M., Anadón, R., Viesca, L., Quevedo, M., González-Quiros, R., & Stenseth, N.C. (2006). Hydrography of the Southern Bay of Biscay shelf-break region: interacting the multiscale physical variability over the period 1993–2003. *Journal of Geophysical Research*, 111, C09021.
- Loidi, J., Biurrun, I., Campos, J.A., García-Mijangos, I., & Herrera, M. (2011). La vegetación de la Comunidad Autónoma del País Vasco. *Leyenda del mapa de series de vegetación a escala 1:50.000*. Gobierno Vasco. 197 pp.
- Losada, I., Izaguirre, C. & Diaz, P. (2014). *Cambio climático en la costa española*. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 133 pág.
- Lotze, H., Tittensor, D., Bryndum-Buchholz, A., Eddy, T., Cheung, W., Galbraith, E., Barange, M., Barrier, N., Bianchi, D., Blanchard, J., Bopp, L., Büchner, M., Bulman, C., Carozza, D., Christensen, V., Coll, M., Dunne, J. F.E., Jennings, S., & Worm, B. (2019). Global ensemble projections reveal trophic amplification of ocean biomass declines with climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 10.
- Lyman, J. M., & Johnson, G. C. (2014). Estimating global ocean heat content changes in the upper 1800 m since 1950 and the influence of climatology choice. *Journal of Climate*, 27, 1945–1957.
- Marcos, M., Gomis, D., Monserrat, S., Álvarez-Fanjul, E., Pérez, B., & García-Lafuente, J. (2005). Consistency of long sea-level time series in the northern coast of Spain. *Journal of Geophysical Research*, 110, C03008.
- Marcos, M., Woepelmann, G., Bosch, W., & Savcenko, R. (2007). Decadal sea level trends in the Bay of Biscay from tide gauges, GPS and TOPEX. *Journal of Marine Systems*, 68, 529–536.
- Marcos, M., & Woodworth, P. L. (2017). Spatiotemporal changes in extreme sea levels along the coasts of the North Atlantic and the Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 122, 7031– 7048.
- Martínez, B., Arenas, F., Trilla, A., Viejo, R.m., & Carreño, F. (2014). Combining physiological threshold knowledge to species distribution models is key to improving forecasts of the future niche for macroalgae. *Global Change Biology*.
- Meaurio, M., Zabaleta, A., Boithias, L., Epelde, A.M., Sauvage, S., Sánchez-Pérez, J.M., et al. (2017). Assessing the hydrological response from an ensemble of CMIP5 climate projections in the transition zone of the Atlantic region (Bay of Biscay). *Journal of Hydrology*, 548,46–62.
- Melillo, J.M., Aber, J.D., & Muratore, J.M. (1982). Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. *Ecology*, 63, 621–626.
- Mendoza, J.F, & Trejo, J.A. (2015). La adaptación de las carreteras al cambio climático. *Vías Terrestres*, 16–20.

- Menéndez, M., & Woodworth, P.L. (2010). Changes in extreme high water levels based on a quasi-global tide-gauge dataset. *Journal of Geophysical Research*, 115, C10011.
- Michel, S., Treguier, A.M., & Vandermeirsch, F. (2009a). Temperature variability in the Bay of Biscay during the past 40 years, from an in situ analysis and a 3D global simulation. *Continental Shelf Research*, 29, 1070–1087.
- Michel, S., Vandermeirsch, F., & Lorance, P. (2009b). Evolution of upper layer temperature in the Bay of Biscay during the last 40 years. *Aquatic Living Resources* 22, 447–461.
- Mima, S. & Criqui, P. (2015). The Costs of Climate Change for the European Energy System, an Assessment with the POLES Model. *Environmental modeling and assessment*, 20,1, 303–319.
- Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. (2014). Impactos del cambio climático en la salud. Estudios e Investigación 2013.
- Ministerio para la Transición Ecológica. (2018). Inundaciones y cambio climático. Madrid. 105 pp.
- Möller B., Wiechers E., Persson U., Grundahl L., Lund R.S., & Mathiesen B.V. (2019). | Heat Roadmap Europe: Towards EU-Wide, local heat supply strategies.
- Monioudi I. N., Asariotis R., Becker, A., Bhat, C., Dowding-Gooden, D., Esteban, M., Feyen, L., Mentaschi, L., Nikolaou, A., Nurse, L., Phillips, W., Smith, D. A-Y., Satoh, M., Trotz, U.O., Velegrakis, A., Voukouvalas, E., Vousdoukas, M., & Witkop, R. (2018). Climate change impacts on critical international transportation assets of Caribbean Small Island Developing States (SIDS): The case of Jamaica and Saint Lucia. *Regional Environmental Change*, 18 (8), 2211–2225.
- Monterey, G. I., & Levitus, S. (1997). Seasonal variability of mixed layer depth for the world ocean. US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service.
- Montero-Serra, I., Edwards, M., & Genner, M.J. (2015). Warming shelf seas drive the subtropicalization of European pelagic fish communities. *Global Change Biology*, 21, 144–153.
- Mora C., Dousset B., Caldwell I.R., Powell, F.E., Geronimo, R.C., Bielecki, C.R., Counsell, C.W.W., Dietrich, B.S., Johnston, E.T., Louis, L.V., Lucas, M.P., McKenzie, M.M., Shea, A.G., Tseng, H., Giambelluca, T.W., Leon, L.R., Hawkings, E., & Trauernicht, C. (2017.) Global risk of deadly heat. *Nature Climate Change*, 7, 501–507.
- Moreno, J. M., Aguiló, E., Alonso, S., Álvarez Cobelas, M., Anadón, R., Ballester, F., Benito, G., Catalán, J., de Castro, M., Cendrero, A., Corominas, J., Díaz, J., Díaz-Fierros, F., Duarte, C.M., Esteban Talaya, A., Estrada Peña, A., Estrela, T., Fariña, A.C., Fernández González, F., Galante, E., Gallart, F., García de Jalón, L.D., Gil, L., Gracia, C., Iglesias, A., Lapieza, R., Loidi, J., López, F., Palomeque, López-Vélez, R., López Zafra, J.M., de Luis Calabuig, E., Martín-Vide, J., Meneu, V., Mínguez Tudela, M.I., Montero, G., Moreno, J., Moreno Saiz, J.C., Nájera, A., Peñuelas, J., Piserra, M.T., Ramos, M.A., de la Rosa, D., Ruiz Mantecón, A., Sánchez-Arcilla, A., Sánchez de Tembleque, L.J., Valladares, F., Vallejo, V.R., & Zazo, C. (2005). Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del del Cambio climático. Proyecto ECCE. Ministerio de Medio Ambiente. 822 pp.
- Moscattelli, M.C., Fonck, M., De Angelis, P., Larbi, H., Macuz, A., Rambelli, A., & Grego S. (2001). Mediterranean natural forest living at elevated carbon dioxide: soil biological properties and plant biomass growth. *Soil Use and Management*, 17, 195–202.

- Múgica, M., Izagirre, U., Ortiz-Zarragoitia, M., & Marigómez, I. (2010). Biological effects of increasing temperatures in mussels at different stages of their reproductive cycle. 27th ESCPB Congress: Biological effects of climatic changes and pollution: from biomarkers to system biology. Alessandria.
- Neiker (2020). Vulnerabilidad al cambio climático del sector agroforestal de Gipuzkoa. Informe técnico para Naturklima.
- Nemry, F., & Demirel, H. Comisión Europea. (2012). Impacts of Climate Change on Transport: A focus on road and rail transport infrastructures.
- Newman, C. (2002). Population dynamics of badgers (*Meles meles*) in Oxfordshire. U.K.: Numbers, density and cohort life histories, and a possible role of climate change in population growth. *Journal of Zoology*, 256 (1), 121–138.
- Norby, R.J., Cotrufo, M.F., Ineson, P., O’Neal, E.G., & Canadell, J.G. (2001). Elevated CO₂, litter chemistry, and decomposition: a synthesis. *Oecologia*, 127, 153–165.
- Observatorio de sostenibilidad (2019). Riesgo de inundaciones en España en la franja de los primeros 10 kilómetros de costa.
- Observatorio de la sostenibilidad de Gipuzkoa. Dirección General de Medio Ambiente de la Diputación Foral de Gipuzkoa. (2019). Diagnóstico de las políticas de sostenibilidad local en Gipuzkoa.
- Observatorio turístico de Gipuzkoa. (2017). Evolución del sector turístico en Gipuzkoa 2006–2016.
- Oficina Española de Cambio Climático (OECC). (2013). Estrategia empresarial para la adaptación al cambio climático. Incorporación de impactos, riesgos y vulnerabilidad. Madrid: OECC.
- Olafsdottir, A.H., Utne, K.R., Jacobsen, J.A., Jansen, T., Óskarsson, G.J., Nøttestad, L., Elvarsson, B., Broms, C., & Slotte, A. (2019). Geographical expansion of Northeast Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) in the Nordic Seas from 2007 to 2016 was primarily driven by stock size and constrained by low temperatures. *Deep Sea Research II: Topical Studies in Oceanography*, 159, 152–168.
- OMT – Organización Mundial del Turismo (2003). “Climate change and tourism”. Madrid.
- Ormaetxea, O., & Sáenz de Olazagoitia, A. (2016). Análisis y caracterización de los factores que intervienen en los movimientos de ladera y aproximación de la susceptibilidad en el País Vasco. *Lurralde: Investigación y espacio*, 40, 81–109.
- Orru, H., Andersson, C.; Ebi, K. L. [et al.]. (2013). Impact of climate change on ozone-related mortality and morbidity in Europe. *The European Respiratory Journal*, 41(2), 285–294.
- OSATU. Olas de calor y salud: impactos y adaptación en Euskadi. Proyecto Klimatek 2016. Evaluación del impacto de las temperaturas extremas sobre la salud en el País Vasco bajo condiciones de cambio climático.
- Palko. (2017). Synthesis. In K. Palko and D.S. Lemmen (Eds.), *Climate risks and adaptation practices for the Canadian transportation sector 2016* (pp. 12–25). Ottawa, ON: Government of Canada.
- Palmer, M. D., Haines, K., Tett, S. F. B., & Ansell, T. J. (2007). Isolating the signal of ocean global warming. *Geophysical Research Letters*, 34, L23610.

- Pan-European Thermal Atlas, Flensburg, Halmstad and Aalborg Universities 2018.
- Paskal, C. (2009). The vulnerability of energy infrastructure to environmental change, Chatham House Briefing Paper No EERG BP 2009/01, Chatham House, London, UK.
- Pauly, D., & Cheung, W.W.L. (2018). Sound physiological knowledge and principles in modeling shrinking of fishes under climate change. *Glob Change Biology*, 24, e15– e26.
- Paz, L. (2008). Anfibioen gaixotasun berriak. *Elhuyar*, 241: 21–23.
- Paz, L., & Buenetxea, X. (2012). Dortokak? hemen? *Elhuyar*, 288: 48–51.
- Paz, L., Conesa, M.A., & Torralba-Burrial, A. (2017). Contribución al conocimiento distributivo de los odonatos de Gipuzkoa (España) a través del estudio de las larvas recolectadas en los muestreos anuales de la red de seguimiento de la calidad de los ríos guipuzcoanos. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 61, 278–280.
- Pejovic, T., Williams, V.A., Noland, R.B., & Toumi, R. (2009). Factors Affecting the Frequency and Severity of Airport Weather Delays and the Implications of Climate Change for Future Delays. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2139, 97–106.
- Pendell, E., Bridgham, S., Hanson, P.J., Hungate, B., Kicklighter, D.W., Johnson, D.W., Law, B.E., Luo, Y., Megonigal, J.P., Olsrud, M., Ryan, M.G., & Wang, S. (2004). Below-ground process responses to elevated CO₂ and temperature: a discussion of observations, measurement methods, and models. *New Phytologist*, 162, 311–322.
- Perera, A.T.D., Nik, V.M., Chen, D., Scartezzini, J.L., & Hong, T. (2020). Quantifying the impacts of climate change and extreme climate events on energy systems. *Nature Energy*, 5, 150–159.
- PESETA Project: Impact of climate change in Europe. Disponible en <http://peseta.jrc.ec.europa.eu>
- Peters, I. M., & Buonassisi, T. (2019). On climate change and photovoltaic energy production.
- Peterson, T. C., & Vose, R. S. (1997). An overview of the global historical climatology network temperature database. *Bulletin of American Meteorological Society*, 78, 2837–2849.
- Petitgas, P., Alheit, J., Peck, M.A., Raab, K., Irigoien, X., Huret, M., van der Kooij, J., Pohlmann, T., Wagner, C., Zarraonaindia, I., & Dickey-Collas, M. (2012). Anchovy population expansion in the North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 444, 1–13.
- Planque, B., Beilois, P., Jégou, A.M., Lazure, P., Petitgas, P., & Puillat, I. (2003). Large scale hydroclimatic variability in the Bay of Biscay. The 1990s in the context of interdecadal changes.
- SLoCaT (2018). Transport and Climate Change Global Status Report 2018. Available at: <http://slocat.net/tcc-gsr>.
- Poff, N.L., Brinson, M. M., & Day, J.W. (2002). Aquatic ecosystems and global climate change. Pew Center on Global Climate Change. Arlington. Virginia.
- Poloczanska, E.S., Brown, C.J., Sydeman, W.J., Kiessling, W., Schoeman, D.S., Moore, P.J., Brander, K., Bruno, J.F., Buckley, L.B., Burrows, M.T., Duarte, C.M., Halpern, B.S., Holding, J., Kappel, C.V., O'Connor, M.I., Pandolfi, J.M., Parmesan, C., Schwing, F., Thompson, S.A., & Richardson, A.J. (2013). Global imprint of climate change on marine life. *Nature Climate Change*, 3, 919–925.

- Poulard, J.-C., & Blanchard, F. (2005). The impact of climate change on the fish community structure of the eastern continental shelf of the Bay of Biscay. *ICES Journal of Marine Science*, 62, 1436–1443.
- Prior, S.C., & Barthelmie, R.J. (2010). Climate change impacts on wind energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14,1, 430–437.
- Punzón, A., & Villamor, B. (2009). Does the timing of the spawning migration change for the southern component of the Northeast Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*, L. 1758)? An approximation using fishery analyses. *Continental Shelf Research*, 29, 1195–1204.
- Qiu, L., & Nixon, W. A. (2008). Effects of Adverse Weather on Traffic Crashes: Systematic Review and Meta-Analysis. *Transportation Research Record*, 2055(1), 139–146.
- Quero, J.-C., Du Buit, M.-H., & Vayne, J.-J. (1998). Les observations de poissons tropicaux et le réchauffement des eaux dans l'Atlantique européen. *Oceanologica Acta*, 21, 345–351.
- Ramírez, M., Menéndez, M., Camus, P., Lobeto, H., & Pérez, B. (2019). Elaboración de la metodología y bases de datos para la proyección de impactos de cambio climático a lo largo de la costa española. Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO).
- Reichle, R. H., Liu, Q., Koster, R. D., Draper, C. S., Mahanama, S. P. P., & Partyka, G. S. (2017). Land surface precipitation in MERRA-2. *Journal of Climate*, 30, 1643–1664.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., & Yoder, D.C. (Coordinators). (1997). *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. USDA Agriculture Handbook No. 703.
- Reuters, 2018, 'France's EDF halts four nuclear reactors due to heatwave', Reuters, 4 August 2018 (<https://www.reuters.com/article/us-france-nuclearpower-weather/frances-edf-halts-four-nuclear-reactors-due-toheatwave-idUSKBN1KPOES>) accessed 24 September 2018.
- Reyers, M., Moemken, J., & Pinto, J.G. (2016). Future changes of wind energy potentials over Europe in a large CMIP5 multi-model ensemble. *International Journal of Climatology* 36(2), 783–796.
- Rivas Martínez, S. (1987). Memoria del mapa de series de vegetación de España 1: 400.000. ICONA. Ministerio de Agricultura. Pesca y Alimentación. Madrid. 268 pp.
- Rivera-Ferre, M.G., López-i-Gelats, F., Howden, M., Smith, P., Morton, J.F., & Herrero, M. (2016). Re-framing the climate change debate in the livestock sector: mitigation and adaptation options. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 7(6), 869–892.
- Robine, J.-M., Cheung, S.L.K., Le Roy, S., Van Oyen, H., Griffiths, C., Michel, J.-P., & Herrmann, F.R. (2008). Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *Comptes Rendus Biologies*, 331, 171–178.
- Roemmich, D., & Gilson, J. (2009). The 2004–2008 mean and annual cycle of temperature, salinity, and steric height in the global ocean from the Argo Program. *Progress in Oceanography*, 82(2), 81–100.

- Rosas, G., Ramos, M. A., & García Valdecasas, A. (1992). *Invertebrados españoles Protegidos por Convenios Internacionales*. ICONA. Madrid. 250 pp.
- Rubio, A., & Roig, S. (2017). *Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en los sistemas extensivos de producción ganadera en España*, editado por la Oficina Española de Cambio Climático y el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- Sainz de Murieta, E., Abadie, L., & Galarraga, I. (2018). Sea-level rise in the Basque coast, A probabilistic approach. *Ekonomiaz*, 94, 324-344.
- Schlessinger, W.H., & Andrews, J.A. (2000). Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry*, 48, 7-20.
- Scott. (2008). *El Canvi Climàtic i el Futur del Turisme. Informe Econòmic i Social de les Illes Balears 2007*. Palma de Mallorca. Caixa de Balears, pags. 109-120.
- SENSES: Sensibilidad física y biótica de los estuarios peninsulares al cambio global. Instituto Interuniversitario del Sistema Tierra en Andalucía-Universidad de Granada. Fundación Biodiversidad. MAPAMA.
- Settele, J., Kudrna, O., Harpke, A., Kühn, I., Van Swaay, C., Verovnik, R., Warren, M., Wiemers, M., Hanspach, J., Hickler, T., Kühn, E., Van Halder, I., Veling, K., Vliegenthart, A., Wynhoff, I., & Schweiger, O. (2008). *Climatic risk Atlas of European Butterflies*. BIORISK. Biodiversity and Ecosystem Risk Assessment, 1, 1-710. Pensoft. Sofia.
- Sherwin, H.A., Montgomery, W.I., & Lundy, M.G. (2012). The impact and implications of climate change for bats. *Mammal Review*, 43 (3), 171-182.
- Shukla, P.R., Skea, J., Slade, R., van Diemen, R., Haughey, E., Malley, J., Pathak, M., Portugal Pereira, J. (eds.). *Technical Summary*. (2019). In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.
- Slangen, A.B.A., Carson, M., Katsman, C.A. van del Wal, R.S.W., Köhl, A., Vermeersen, L.L.A., & Stammer, D. (2014). Projecting twenty-first century regional sea-level changes. *Climatic Change*, 124, 317-332.
- Soares, P. M. M., Lima, D. C. A., Cardoso, R. M., Nascimento, M.L., & Semedo, A. (2017). Western Iberian offshore wind resources: more or less in a global warming climate?. *Applied Energy*, 203, 72-90.
- Solaun, K., Gómez, I., Urban, J., Liaño, F., Pereira, S. & Genovês, A. (2014). Integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial. Guía metodológica para la evaluación de los impactos y la vulnerabilidad en el sector privado Caso piloto: Renfe. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 77 pág.
- S&P Global Ratings. (2019). *Climate Change: Can Banks Weather The Effects?* <https://www.spglobal.com/ratings/en/research/articles/190909-climate-change-can-banks-weather-the-effects-11139468>.
- Splendiani, A., Fioravanti, T., Giovannotti, M., Negri, A., Ruggeri, P., Olivieri, L., Nisi Cerioni, P., Lorenzoni, M., Caputo Barucchi, V., & Consuegra, S. (2016). The Effects of Paleoclimatic Events on Mediterranean Trout: Preliminary Evidences from Ancient DNA. *PLoS ONE*, 11 (6), e0157975.

- Stefanescu, C., Peñuelas, J., & Filella, I. (2003). Effects of climatic change on the phenology of butterflies in the northwest Mediterranean Basin. *Global Change Biology*, 9, 1494–1506.
- Stern, F. (1998). Energy. En: Feenstra, J.F., Burton, I., Smith, J.B., Tol, R.S.J. (eds.). *Handbook on methods for climate change impact assessment and adaptation strategies*. UNEP Institute for Environmental Studies.
- Sullivan, B.W., Kolb, T.E., Hart, S.C., Kaye, J.P., Dore, S., & Montes-Helu, M. (2008). Thinning reduces soil carbon dioxide but not methane flux from southwestern USA ponderosa pine forests. *Forest Ecology and Management*, 255, 4047–4055.
- Sumaila, U.R., Cheung, W.W.L., Lam, V.W.Y., Pauly, D., & Herrick, S. (2011). Climate change impacts on the biophysics and economics of world fisheries. *Nature Climate Change*, 1, 449–456.
- Sverdrup, H. (1953). On conditions for the vernal blooming of phytoplankton. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 18: 287–295.
- Tecnalía. (2011). *Cambio Climático. Impacto y adaptación en la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Departamento de Medio Ambiente. Planificación Territorial. Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz. 112 pp.
- Theurillat, J.-P. (1995). Climate change and the alpine flora: some perspectives. En: Guisan A., Holten J.I., Spichiger R. y Tessier L. (Eds.). *Potential ecological impacts of climate change in the Alps and Fennoscandian mountains*. Conserv. Jard. Bot. Genève. Genève. Pp. 121–127.
- Tobin, I., et al. (2014). Assessing climate change impacts on European wind energy from ENSEMBLES high resolution climate projections. *Climatic Change*, 128(1–2), 99–112.
- Tobin, I., et al. (2016). Climate change impacts on the power generation potential of a European mid-century wind farms scenario. *Environmental Research Letters*, 11(3), 034013.
- Toimil, A., Losada, I.J., Camus, P. (2016). Metodología para el análisis del efecto del cambio climático en la inundación costera: aplicación a Asturias. *Revista Iberoamericana Del Agua*, 3, 56–65.
- UNCTAD. (2011). *The Review of Maritime Transport 2011*. Available at: [https://unctad.org/es/paginas/publications/Review-of-Maritime-Transport-\(Series\).aspx?Do=6,5](https://unctad.org/es/paginas/publications/Review-of-Maritime-Transport-(Series).aspx?Do=6,5),
- UNEP FI, Universidad de Cambridge, IIGCC 2014. *Climate change: implications for investors and financial institutions*. https://www.unepfi.org/fileadmin/documents/IPCC_AR5_Implications_for_Investors_Briefing_WEB_EN.pdf
- United Nations Economic Commission for Europe [UNECE]. (2020). *Climate Change Impacts and Adaptation for International Transport Networks*. Geneva, 2020. <https://www.unece.org/trans/resources/publications/trends-and-economics/2020/climate-change-impacts-and-adaptation-for-international-transport-networks/doc.html>.
- UNFCCC. (2015). *The Paris Agreement by Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. unfccc.int/meetings/paris_nov_2015/items/9445.php.
- URA. (2018). *Registro de derechos de los recursos y usos del agua*. <https://www.uragentzia.euskadi.eus/transparencia/gestion-de-los-recursos-y-usos-del-agua/u81-000312/es/>.

- Usabiaga, J. I., Sáenz, J., Valencia, V., & Borja, Á. (2004). Climate and meteorology: variability and its influence on the Ocean. In: *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country*. Elsevier Oceanography Series, 70, 75–95.
- Valdés, L., Gómez, B., & Moreno, A. (2011). Evidencias y efectos potenciales del cambio climático en Asturias. *BAGE:Boletón de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 57, 243–266.
- Valencia, V., Fontán, A., Goikoetxea, N., Chifflet, M., González, M., & López, A. (2019). Long-term evolution of the stratification, Winter mixing and -S signature of upper water masses in the southeastern Bay of Biscay. *Continental Shelf Research*, 181, 124–134.
- Villarino, E., Irigoien, X., Villate, F., Iriarte, A., Uriarte, I., Zervoudaki, S., Carstensen, J., O'Brien, T.D., & Chust, G. (In press). Long-term trends of zooplankton and sea warming across the North Atlantic and Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*.
- Visor C3E. Proyecciones climáticas regionales marinas en España. <http://c3e.ihcantabria.com/>
- Vogel, M.M., Orth, R., Cheruy, F., Hagemann, S., Lorenz, R., van den Hurk, B.J.J.M., & Seneviratne, S.I. (2017). Regional amplification of projected changes in extreme temperatures strongly controlled by soil moisture temperature feedbacks. *Geophysical Research Letters*, 44, 1511–1519.
- Vousdoukas, M.I., Mentaschi, L., Voukouvalas, E., Verlaan, M. & Feyen, L. (2017). Extreme sea levels on the rise along Europe's coasts. *Earth's Future*, 5: 304–323.
- Vousdoukas, M.I., Mentaschi, L., Voukouvalas, E., Verlaan, M., Jevrejeva, S., Jackson, L., & Feyen, L. (2018). Global probabilistic projections of extreme sea levels show intensification of coastal flood hazard. *Nature Communications*, 9, 2360.
- Voukouvalas, E., Verlaan, M. & Feyen, L. (2017). Extreme sea levels on the rise along Europe's coasts. *Earth's Future*, 5, 304–323.
- Vousdoukas, M.I., Voukouvalas, E., Annunziato, A. et al. (2016). Projections of extreme storm surge levels along Europe. *Climate Dynamics*, 47, 3171–3190.
- Wang, H., & Chen, Q. (2014). Impact of climate change heating and cooling energy use in buildings in the United States. *Energy Build.* 82, 428–436.
- WCRP Global Sea Level Budget Group: Global sea-level budget 1993–present. *Earth System Science, Data*, 10, 1551–1590.
- Whitehead, P. G., Lapworth, D. J., Skeffington, R. A., & Wade, A. (2002). Excess nitrogen leaching and decline in the Tillingbourne catchment. southern England. INCA process modelling for current and historic time series. *Hydrological Earth System Science*, 6, 455–466.
- Whitehead, P. G., Wilby, R. L., Butterfield, D., & Wade, A. J. (2006). Impacts of climate change on nitrogen in a lowland chalk stream: An appraisal of adaptation strategies. *Science of the Total Environment*, 365, 260–273.
- Wild, M., et al. (2017). Impact of climate change on future concentrated solar power (CSP) production. Conference paper presented at: Radiation Processes in the Atmosphere and Ocean (IRS2016): Proceedings of the International Radiation Symposium (IRC/IAMAS), Auckland, New Zealand, 2017.

Willems, P., Olsson, J., Arnbjerg-Nielsen, K., Beecham, S., Pathirana, A., Gregersen, I.B., Madsen, H., & Nguyen, V.-T.-V. (2012). Impacts of climate change on rainfall extremes and urban drainage. IWA Publishing, London, UK.

WMO (World Meteorological Organization). (2019). WMO Provisional Statement of the State of the Climate, https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21626#.XejuZvZFwuU.

WMO (World Meteorological Organization) Global Atmosphere Watch. (2019). <https://community.wmo.int/activity-areas/gaw?page=0%2C3>.

WMO, WHO. (2015). Heatwaves and health: guidance on warning-system development. WMO, Geneva, Switzerland.

Woodworth, P.L. & Blackman, D.L. (2004). Evidence for Systematic Changes in Extreme High Waters since the Mid-1970s. *Journal of Climate*, 17, 1190–1197.

Yang, X. (2014). Deriving RUSLE cover factor from time-series fractional vegetation cover for soil erosion risk monitoring in New South Wales. *Soil Research* 52, 253–261.

Yang, X., & Yu, B. (2015). Modelling and mapping rainfall erosivity in New South Wales, Australia. *Soil Research*, 53(2), 178–189.

Zabala, J., López de Luzuriaga, J., Agirre, H., Rubines, J., Vergara, M., & Butrón, A. (2011). Distribución de la rata de agua (*Arvicola sapidus*) en la CAPV. X Congreso de la Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos. SECEM. Fuengirola. Málaga.



Gipuzkoako
Foru Aldundia
Departamento de Medio Ambiente
y Obras Hidráulicas



ETORKIZUNA ORAIN
Es futuro



Naturklima
Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa