

EA x CLIMA



ESTRATEGIA ASTURIANA DE ACCIÓN POR EL CLIMA

Diagnóstico previo sobre los efectos del cambio climático en los sistemas ambientales y socioeconómicos del Principado de Asturias

Octubre de 2021

GOBIERNO DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS

VICEPRESIDENCIA

CONSEJERÍA DE ADMINISTRACIÓN AUTONÓMICA,
MEDIO AMBIENTE Y CAMBIO CLIMÁTICO

VICECONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y CAMBIO CLIMÁTICO

El presente documento contiene el diagnóstico previo de los efectos del cambio climático en los sistemas ambientales y socioeconómicos del Principado de Asturias, elaborado por el Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio de la Universidad de Oviedo (INDUROT) por encargo de la Viceconsejería de Medio Ambiente y Cambio Climático del Principado de Asturias, y forma parte de la fase de diagnóstico del cambio climático de la Estrategia Asturiana de Acción por el Clima.



Gobierno del Principado de Asturias

Vicepresidencia

Consejería de Administración Autonómica,
Medio Ambiente y Cambio Climático

Viceconsejería de Medio Ambiente y Cambio Climático

Diagnóstico previo sobre los efectos del cambio climático en los sistemas ambientales y socioeconómicos del Principado de Asturias

Octubre de 2021

El presente documento recoge los resultados de los trabajos desarrollados por Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT) de la Universidad de Oviedo en cumplimiento de la RESOLUCIÓN de 11 de mayo de 2021 del Director General de Calidad Ambiental y Cambio Climático por la que se adjudica el contrato menor para la elaboración del diagnóstico previo sobre los efectos del cambio climático en los sistemas ambientales y socioeconómicos del Principado de Asturias.

Dirección Técnica

Manuel Carrero de Roa

Viceconsejería de Medio Ambiente y Cambio Climático

Elaboración

*Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio
(INDUROT) Universidad de Oviedo*

Dirección: Gil González Rodríguez

Coordinación: Arturo Colina Vuelta

Autores

Arturo Colina Vuelta
Laura García de la Fuente
Elena Fernández Iglesias

Colaboradores

Luján Infanzón Díaz
Pilar García Manteca
Antonio Torralba Burrial
José Luis Rodríguez Gallego

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
2. Marco de referencia para la acción contra el cambio climático.....	5
2.1. Introducción.....	5
2.2. Marco internacional.....	13
2.2.1. El quinto informe de evaluación del IPCC.....	13
2.2.2. El sexto ciclo de evaluación del IPCC.....	20
2.2.3. Informe especial del IPCC: Calentamiento global de 1.5 °C.....	20
2.2.3. La CMNUCC: el Acuerdo de París.....	22
2.3. Marco europeo.....	26
2.3.1. Reglamento 2018/1999 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima.....	26
2.3.2. Pacto Verde Europeo.....	27
2.3.3. La nueva estrategia de adaptación al cambio climático de la UE.....	31
2.4. Marco español.....	36
2.4.1. La Estrategia de Transición Justa.....	36
2.4.2. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030 (PNACC).....	43
2.4.3. Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC).....	52
2.4.4. Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo.....	56
2.4.5. Ley 7/2021 de cambio climático y transición energética.....	61
2.5. Contexto regional.....	71
2.5.1. Panel Climas.....	71
2.5.2. Estudio sobre la adaptación al cambio climático de la costa del Principado de Asturias.....	71
2.5.3. Planificación del litoral frente al cambio climático.....	74
2.5.4. Iniciativas en materia de transición justa.....	76
2.5.5. Mapa de estrategias del Principado de Asturias 2021-2027.....	77
2.5.6. Estrategia de rehabilitación energética de edificios del Principado de Asturias.....	80
2.5.7. Estrategia de transición energética justa de Asturias.....	82
2.5.8. Estrategia industrial Asturias 2030.....	89
2.5.9. Comisión de Coordinación de Acción por el Clima del Principado de Asturias.....	92
2.5.10. Análisis preliminar de las implicaciones de la Ley 7/2021 y del PNACC en el marco regional de acción contra el clima.....	92
3. Efectos del cambio climático en el medio, la biodiversidad y los ecosistemas.....	97
3.1. Medio marino.....	97
3.1.1. Alteraciones físico-químicas y de las dinámicas marinas.....	97
3.1.2. Nutrientes y sus ciclos.....	99
3.1.3. Biodiversidad.....	100
3.2. Sistemas costeros.....	102
3.2.1. Aumento del nivel del mar.....	102
3.2.2. Inundaciones costeras.....	103
3.2.3. Ecosistemas costeros.....	104
3.3. Recursos hídricos y ecosistemas acuáticos continentales.....	109
3.3.1. Recursos hídricos.....	109
3.3.2. Calidad del agua.....	113
3.3.3. Sequías.....	115
3.3.4. Inundaciones continentales.....	115
3.3.5. Ecosistemas acuáticos continentales.....	119
3.4. Ecosistemas terrestres.....	121
3.4.1. Suelo.....	121
3.4.2. Incendios forestales.....	123
3.4.3. Ecosistemas terrestres.....	127

4. Efectos sobre los sistemas socioeconómicos.....	135
4.1. Población.....	135
4.1.1. Vulnerabilidad y desigualdad sociedad.....	135
4.1.2. Salud humana.....	140
4.2. Pesca y acuicultura.....	148
4.2.1. Recursos pesqueros.....	151
4.2.2. Recolección de algas y marisqueo.....	154
4.2.3. Acuicultura marina.....	156
4.3. Agricultura.....	157
4.4. Ganadería.....	161
4.4.1. Aspectos generales y relativos a la ganadería intensiva.....	161
4.4.2. Ganadería extensiva y de montaña.....	162
4.4.3. Apicultura.....	165
4.5. Silvicultura.....	165
4.5.1. Distribución de formaciones forestales, fisiología y fenología.....	167
4.5.2. Problemas fitosanitarios, plagas y especies invasoras.....	169
4.5.3. Afección por incendios y otros riesgos naturales.....	170
4.6. Industria y energía.....	171
4.7. Comercio y servicios.....	176
4.8. Servicios públicos.....	179
4.9. Turismo.....	184
4.10. Transporte y movilidad.....	189
4.11. Poblamiento.....	197
4.11.1. Aspectos generales relativos al poblamiento y la adaptación al cambio climático.....	197
4.11.2. Particularidades del sistema de poblamiento asturiano ante el cambio climático.....	199
4.11.3. Principales afecciones del cambio climático al poblamiento.....	202
5. Evaluación inicial de los impactos y el riesgo ante los efectos del cambio climático.....	211
5.1. Evaluación de los efectos del cambio climático sobre el medio, la biodiversidad y los ecosistemas.....	212
Medio marino.....	212
Sistemas costeros.....	213
Recursos hídricos y ecosistemas acuáticos continentales.....	214
Ecosistemas terrestres.....	216
5.2. Evaluación de los efectos del cambio climático sobre los sistemas socioeconómicos.....	218
Población.....	219
Pesca y acuicultura.....	221
Agricultura.....	222
Ganadería.....	223
Silvicultura.....	224
Industria y energía.....	225
Comercio y servicios.....	226
Servicios públicos.....	226
Turismo.....	227
Movilidad y transporte.....	229
Poblamiento.....	230
5.3. Matriz de valoración preliminar del riesgo.....	233
Bibliografía.....	235

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales hitos en políticas relacionadas con el cambio climático.....	5
Tabla 2. Síntesis de las principales conclusiones del quinto informe de evaluación del IPCC.	13
Tabla 3. Clasificación de las medidas de adaptación propuesta en el informe quinto informe de evaluación del IPCC. ..	18
Tabla 4. Criterios para la selección de las opciones de adaptación.	19
Tabla 5. Elementos clave y compromisos de los países firmantes del Acuerdo de París.	22
Tabla 6. Posibles elementos de una comunicación sobre la adaptación según el Paquete de Katowice.....	24
Tabla 7. Cronología del Pacto Verde y su desarrollo.	28
Tabla 8. Líneas de acción y medidas de la nueva estrategia de adaptación al cambio climático de la UE.	32
Tabla 9. Medidas del Eje A. Impulso a la transición ecológica de los sectores económicos.....	37
Tabla 10. Medidas del Eje B. Acompañamiento específico a sectores estratégicos industriales.	38
Tabla 11. Medidas del Eje C. Reducción de la desigualdad y apoyo a los consumidores.....	38
Tabla 12. Medidas del Eje D. Reactivación.	38
Tabla 13. Medidas del Eje E. Políticas activas de empleo verde y protección social.	39
Tabla 14. Medidas del Eje F. Formación profesional verde.	39
Tabla 15. Medidas del Eje G. I+D+i.....	40
Tabla 16. Medidas del Eje H. Mejora del conocimiento sobre el impacto de la transición ecológica en el empleo.	40
Tabla 17. Objetivos para los ámbitos de trabajo contemplados en el PNACC-2.	46
Tabla 18. Objetivos del PNIEC y prioridades en materia de investigación, innovación y competitividad.	53
Tabla 19. Medidas del PNIEC según dimensiones.	54
Tabla 20. Opciones de Adaptación seleccionadas por la Estrategia de adaptación de la costa.	73
Tabla 21. Medidas de las líneas L.1.D y L.1.E de la EGIPLA.	75
Tabla 22. Mapa de estrategias del Principado de Asturias.	79
Tabla 23. Objetivos de la Estrategia de rehabilitación energética de edificios del Principado de Asturias.	81
Tabla 24. Objetivos del borrador de la Estrategia de transición energética justa de Asturias.	83
Tabla 25. Magnitudes analizadas por el borrador de la Estrategia de transición energética justa de Asturias para los diferentes escenarios analizados.	83
Tabla 26. Líneas y medidas propuestas en el borrador de la Estrategia de transición energética justa de Asturias para el objetivo 1.....	85
Tabla 27. Líneas y medidas propuestas en el borrador de la Estrategia de transición energética justa de Asturias para el objetivo 2.....	86
Tabla 28. Líneas y medidas propuestas en el borrador de la Estrategia de transición energética justa de Asturias para el objetivo 3.....	87
Tabla 29. Líneas y medidas propuestas en el borrador de la Estrategia de transición energética justa de Asturias para el objetivo 4.....	88
Tabla 30. Líneas y medidas propuestas en el borrador de la Estrategia de transición energética justa de Asturias para el objetivo 5.....	88
Tabla 31. Políticas palanca y componentes previstos en el eje de Industria sostenible de la Estrategia industrial de Asturias 2030.....	90
Tabla 32. Palancas estratégicas transversales de la Estrategia industrial de Asturias 2030.....	92
Tabla 33. Estrategias y planes en los que el PNACC considera necesario incorporar o reforzar el enfoque adaptativo frente al cambio climático.....	94
Tabla 34. Variación absoluta y relativa de los eventos costeros extremos de periodo de retorno de 100 años, considerando dos escenarios de ascenso del nivel del mar, RCP4.5 y RCP8 en el golfo de Vizcaya.	102

Tabla 35. Escenarios de cambio climático considerados en el estudio del IHCantabria para los estuarios.	106
Tabla 36. Afección del cambio climático sobre las variables hidrológicas en el ámbito de la DHC Occidental.	109
Tabla 37. Variación de la distribución de las siete especies que constituyen el principal recurso alimentario para la población de oso pardo en la cordillera Cantábrica según escenarios y horizontes temporales.	129
Tabla 38. Variación del hábitat del oso pardo según los escenarios y horizontes temporales considerados.	131
Tabla 39. Principales factores de riesgo asociados con la exposición a olas de calor.....	143
Tabla 40. Evolución de la superficie arbolada quemada en Asturias entre 2005 y 2018.....	170
Tabla 41. Principales impactos del cambio climático y eventos climáticos extremos en las distintas fuentes de energía.....	172
Tabla 42. Principales impactos del cambio climático y eventos climáticos extremos en la distribución de energía.	172
Tabla 43. Locales y personal ocupado en actividades industriales en Asturias en 2019.....	173
Tabla 44. Principales centros y establecimientos asistenciales para mayores en Asturias (2019).	181
Tabla 45. Principales centros y establecimientos sanitarios en Asturias.....	182
Tabla 46. Centros y servicios educativos de enseñanzas no universitarias (curso 2019-2020).....	182
Tabla 47. Resumen de los principales impactos asociados al cambio climático y sus consecuencias en el turismo	185
Tabla 48. Cambios en el TCI mensual en diferentes zonas de España.....	185
Tabla 49. Posibles impactos en las infraestructuras de transporte debido al cambio climático.	190
Tabla 50. Inversión del Gobierno del Principado de Asturias en reparación de argayos y prevención de deslizamientos de laderas.	194
Tabla 51. Efectos del cambio climático a paliar mediante medidas de adaptación.	199
Tabla 52. Entidades singulares y población según tamaño de la entidad en 2020.....	199
Tabla 53. Número de viviendas en edificios según tipología y periodo de construcción en Asturias por tamaños de municipios.....	209

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplificación de las diferencias entre adaptación y adaptación transformativa.	14
Figura 2. Enfoques para la gestión de los riesgos del cambio climático.	15
Figura 3. Calendario previsto para la elaboración del AR6.	20
Figura 4. Línea de tiempo para la presentación de información bajo el Acuerdo de París.	23
Figura 5. Elementos del Pacto Verde.	27
Figura 6. Convenios de Transición Justa en España.	42
Figura 7. Principios orientadores del PNACC-2.	44
Figura 8. Ámbitos de trabajo del PNACC-2.	45
Figura 9. Líneas de trabajo transversales del PNACC-2.	45
Figura 10. Escenarios analizados en el PNIEC y en la ELP.	56
Figura 11. Evolución prevista de las emisiones GEI por sector hasta 2050 en el Escenario de Neutralidad Climática.	57
Figura 12. Detalle de las medidas incluidas en algunos ámbitos de trabajo sectoriales para la adaptación al cambio climático.	58
Figura 13. Sistema autonómico de puertos de Asturias.	76
Figura 14. Síntesis de los impactos físico-químicos medios proyectados con escenarios moderados (RCP 4.5) y altos (RCP 8.5) de emisiones para 2100 en la región marítima del Atlántico peninsular.	97
Figura 15. Retroceso de la línea de costa en metros en las playas arenosas asturianas a final de siglo bajo el escenario de emisiones RCP8.5.	104
Figura 16. Evolución del acantilado al norte de Luanco.	105
Figura 17. Pérdida potencial de humedales en Asturias debido a la subida del nivel del mar para los escenarios de cambio climático C1-C4 en el Cantábrico.	106
Figura 18. Comparación del área máxima inundada sobre la PMVE para los escenarios de cambio climático considerados en los estuarios del Eo (izquierda) y Villaviciosa (derecha).	107
Figura 19. Tendencia de la precipitación 2010-2099 para los escenarios RCP4.5 y 8.5 en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental.	110
Figura 20. Tendencia de la escorrentía 2010-2099 para los escenarios RCP4.5 y 8.5 en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental.	111
Figura 21. Tendencia de la evapotranspiración potencial 2010-2099 para los escenarios RCP4.5 y 8.5 en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental.	111
Figura 22. Dinámicas detectadas en las aguas del lago Enol.	114
Figura 23. Valoración cualitativa total del incremento probable en el riesgo de inundación debido al cambio climático en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental para el escenario RCP4.5.	118
Figura 24. Índice de causalidad humana en Europa.	123
Figura 25. Evolución del número de incendios (arriba), de la superficie quemada (centro) y de la superficie media de los incendios en Asturias, zona noroeste y resto de España (2001 = 100).	124
Figura 26. Localización de la superficie quemada en grandes incendios forestales entre 1984 y 2019.	125
Figura 27. Evolución del tamaño de los grandes incendios forestales entre 1984 y 2018.	125
Figura 28. Cambios proyectados en la distribución futura del haya (<i>Fagus sylvatica</i>) en la cordillera Cantábrica.	128
Figura 29. Cambios proyectados en la distribución futura de las especies de arándano (<i>Vaccinium myrtillus</i>), haya (<i>Fagus sylvatica</i>), castaño (<i>Castanea sativa</i>), roble común (<i>Quercus robur</i>), roble pirenaico (<i>Quercus pirenaica</i>), roble albar (<i>Quercus petraea</i>) y pino silvestre (<i>Pinus sylvestris</i>).	130
Figura 30. Cambios proyectados en la distribución futura de la población de oso pardo cantábrico.	132
Figura 31. Mapa de probabilidad de invasión de <i>Vespa velutina</i>	134
Figura 32. Distribución de las zonas climáticas de invierno conforme al Código Técnico de la Edificación.	136

Figura 33. Evolución del índice AROPE en Asturias y en España (2008-2019).....	137
Figura 34. Evolución de la tasa de privación material severa en Asturias y en España (2008-2019).....	137
Figura 35. Evolución de la tasa BITH en Asturias y en España (2008-2019).....	137
Figura 36. Pobreza económica en Asturias y en España (2008-2019).	138
Figura 37. Pobreza severa en Asturias y en España (2008-2019).	138
Figura 38. Tasa de pobreza en Asturias según la relación con la actividad (2008-2019).	138
Figura 39. Índice de diversidad de las actividades ligadas a la adaptación 2020.	139
Figura 40. Impactos en Salud del Cambio Climático.	140
Figura 41. Pirámides de la población de Asturias en 2020 y de las proyecciones para 2035.....	141
Figura 42. Temperaturas (°C) máximas (izquierda) y mínimas (derecha) de disparo en España para la mortalidad diaria por calor por causas naturales para el periodo 2000-2009.....	144
Figura 43. Olas de calor y de frío registradas en Asturias desde 1975.	147
Figura 44. Evolución de la temperatura media anual de aguas intermedias (300-600 m) y profundas (600-950 m) en la Estación de Santander (sur del Golfo de Vizcaya)	153
Figura 45. Distribución potencial proyectada (probabilidad de ocurrencia de hábitat potencial) de <i>Gelidium corneum</i>	155
Figura 46. Esquema de los principales impactos potenciales del cambio climático sobre la acuicultura y su manifestación.....	156
Figura 47. Elementos susceptibles de verse afectados por el cambio climático y sus interacciones en el contexto de la industria maderera.....	167
Figura 48. Predicciones <i>para el norte de España basadas en modelos espaciales del hábitat apto actual y futuro de E. globulus</i> bajo los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 y horizontes a 2050 y 2070	168
Figura 49. Cambio en la productividad laboral frente a la temperatura media.	174
Figura 50. Impacto para 2070 en la productividad industrial (izquierda) y de la construcción (derecho) bajo el escenario RCP8.5.	175
Figura 51. Cobertura aseguradora de los riesgos naturales en España	178
Figura 52. Criterios utilizados para evaluar las buenas prácticas para la rentabilidad de los enfoques del mercado de los seguros en la Unión Europea (cuadro superior) y países que obtienen los "primeros" y "segundos" mejores resultados en los sectores doméstico y agrícola (cuadro inferior).....	178
Figura 53. Esquema de los impactos, vulnerabilidad y adaptación del sector turístico.....	184
Figura 54. Cambios proyectados en la duración de la temporada de esquí en las regiones europeas NUTS3.....	186
Figura 55. Viabilidad de las estaciones de esquí alpino según escenarios climáticos.....	189
Figura 56. Rachas máximas de viento registradas durante el día 3 de noviembre de 2019.	191
Figura 57. Régimen extremal del caudal de rebase para los escenarios de aumentos del nivel medio del mar.	195
Figura 58. Zonas del puerto de Candás (izquierda) y probabilidad media interanual del conjunto de horas no operativas de 2010 a 2099 debido al cambio climático (derecha).	196
Figura 59. Evolución de la población por parroquias entre 2000 y 2018.....	200
Figura 60. Evolución del sistema de ciudades y difusión de usos urbanos en el centro de Asturias.	201
Figura 61. Evolución del número de habitantes por parroquias entre 2000 y 2018.	201
Figura 62. Daños económicos en las diez ciudades españolas con un mayor riesgo de inundación costera.	203
Figura 63. Índice de valor de riesgo integrado por sector para el período de retorno de 100 años según el RCP8.5 en los municipios de la costa asturiana.	204
Figura 64. Porcentaje de la población total de la Demarcación expuesta a las inundaciones por municipios.....	204
Figura 65. Número de unidades de análisis del interfaz urbano-agrario-forestal según usos y valoración del riesgo....	205
Figura 66. Riesgo del Interfaz Urbano-Agrario-Forestal ante los incendios forestales.	206
Figura 67. Efecto de isla de calor urbana en el área central asturiana.	207
Figura 68. Grados-día de calefacción y de refrigeración en Europa	208

ACRÓNIMOS

AESPJ: Autoridad Europea de Seguros y Pensiones de Jubilación.

AR5: *Fifth Assessment Report*. Quinto Informe de evaluación del IPCC.

AR6: *Sixth Assessment Report*. Sexto Informe de evaluación del IPCC.

ARPSI: Área de Riesgo Potencial Significativo de Inundación.

CCOO: Comisiones Obreras.

CHC: Confederación Hidrográfica del Cantábrico.

CIRA: Comité de Impactos, Riesgos y Adaptación.

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

COP: *Conference of the Parties* / Conferencia de las partes.

CSIC: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

CUOTA: Comisión de Urbanismo y Ordenación del Territorio del Principado de Asturias.

DHC: Demarcación Hidrográfica del Cantábrico.

EERR: Energías Renovables.

ELP: Estrategia de descarbonización al Largo Plazo.

EMODnet: *European Marine Observation and Data Network*.

EIGPLA: Plan Territorial Especial para la Estrategia Integrada de Gestión Portuaria Litoral del Principado de Asturias.

ERASMUS: *European Region Action Scheme for the Mobility of University Students*.

FADE: Federación Asturiana de Empresarios.

FAEN: Fundación Asturiana de la Energía.

FITAG: Federación de Industria y Trabajadores Agrarios.

FSE: Fondo Social Europeo.

GEI: gases de efecto invernadero.

GTIA: Grupo de Trabajo de Impactos y Adaptación.

INCAR: Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono.

IPCC: *Intergovernmental Panel on Climate Change* / Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

MITECO: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

LIFE: *L'Instrument Financier pour l'Environnement* (programa europeo).

PAC: Política Agrícola Común.

PIMA: Planes de Impulso al Medio Ambiente.

PNACC: Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

PNIEC: Plan Nacional Integrado de Energía y Clima.

PPC: Política Pesquera Común.

SOMA: Sindicato de Obreros Mineros de Asturias

UE: Unión Europea.

UGT: Unión General de Trabajadores.

1. Introducción.

El cambio climático es ya una realidad y, tal y como alerta el IPCC y la Comisión Europea, sus efectos asociados y los impactos que ya se están produciendo continuarán durante décadas o siglos, incluso si los esfuerzos de mitigación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero resultan eficaces. Por tanto, uno de los grandes desafíos del siglo XXI es “construir un mañana más resiliente”, en referencia a la nueva estrategia de adaptación al cambio climático de la UE, aprobada en febrero de 2021 y titulada “Forjar una Europa resiliente al cambio climático”.

La adaptación, uno de los dos pilares fundamentales de la lucha contra el cambio climático, se aborda desde los diferentes niveles de gobernanza (global, europeo, nacional, regional y local), lo que se traduce en marcos normativos y de planificación en los que se establecen obligaciones y directrices de la acción que deben estar diseñadas y dimensionadas según las diferentes características y capacidades de cada ámbito territorial.

En este contexto, el Gobierno del Principado de Asturias se ha marcado como uno de sus objetivos prioritarios la acción frente al cambio climático, actuando tanto desde la vertiente de la mitigación como desde la de la adaptación. La futura Estrategia Asturiana de Acción por el Clima se alinea con los esfuerzos que plantea la Unión Europea en su hoja de ruta a largo plazo y con los compromisos de España a través de sus instrumentos nacionales: el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030; el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030; y la reciente Ley 7/2021 de cambio climático y transición energética.

La estrategia regional de acción por el clima se concibe como una herramienta de coordinación del propio Gobierno del Principado de Asturias para articular una respuesta integrada frente a la crisis climática, formulada desde la doble perspectiva de la mitigación y la adaptación al cambio climático. El objetivo de esta última, en la que se encuadra el presente documento, es limitar los impactos y reducir las vulnerabilidades para incrementar la resiliencia frente al cambio del clima del sistema territorial asturiano frente a los riesgos del calentamiento global.

No obstante, para diseñar y proponer medidas de adaptación eficaces es imprescindible fundamentarse sobre una base de conocimientos necesariamente muy amplia, ya que los efectos del cambio climático repercuten en casi todos los ambientes y sectores presentes en el territorio de muy diversas formas, a lo que se suma la acción de otros estresores de cambio no climático que acentúan los impactos del cambio climático o son responsables de impactos adicionales, muchas veces con un resultado acumulativo y sinérgico.

La correcta evaluación de esos riesgos exige un diagnóstico de los impactos que el cambio climático está teniendo y tendrá sobre los diversos sistemas naturales, ambientales y socioeconómicos que integran el territorio de Asturias en los diferentes escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, a pesar de los avances realizados, siguen existiendo grandes lagunas en el conocimiento sobre los efectos del cambio climático y sobre necesidades de adaptación, en particular cuando se abordan los impactos para ámbitos regionales o locales, que requieren estudios regionales específicos.

En consecuencia, el objeto del presente documento es, sobre la base del conocimiento disponible, realizar una identificación y caracterización previa de dichos efectos, así como una evaluación

preliminar de los riesgos potenciales que amenazan al Principado de Asturias, identificando carencias en el conocimiento e incertidumbre de los resultados obtenidos en el análisis.

Se continúa así la senda iniciada con el panel CLIMAS 2009, aportando una síntesis de la información disponible, que sin duda deberá ser mejorada y ampliada en fases posteriores, identificando los aspectos que, *a priori*, requerirían una mayor atención, con la finalidad de que sea de utilidad para orientar las políticas públicas en Asturias dirigidas a prevenir los impactos y facilitar la recuperación posterior, y que deberán ser abordadas y traducidas a medidas y acciones en la próxima Estrategia Asturiana de Acción por el Clima.

La metodología del trabajo se basa fundamentalmente en el análisis de los principales documentos normativos, científicos, técnicos y de planificación disponibles, elaborados por diversos agentes internacionales, europeos, nacionales y regionales, en los que se aborda el cambio climático desde una perspectiva integral, sectorial o temática, con especial atención a los que tratan los efectos del cambio climático y las posibles estrategias de adaptación, considerando el ámbito geográfico de la región y sus características específicas.

El documento se ha estructurado en tres partes: marco de referencia para la acción contra el cambio climático; efectos del cambio climático, que abarca dos apartados, dedicado a los sistemas ambientales (medio, biodiversidad y ecosistemas) y a los sistemas socioeconómicos (población sectores económicos y poblamiento); y evaluación inicial de los impactos y el riesgo ante los efectos del cambio climático.

En la primera parte se han identificado los acuerdos, normas, planes y estrategias internacionales, europeas, nacionales y regionales que han tenido relevancia en el marco de acción por cambio climático, analizando los principales instrumentos vigentes o más recientes en cada ámbito, así como las previsiones de desarrollo de los mismos en los próximos años. En este sentido cabe destacar la intensificación de actividad desarrollada en los ámbitos europeo, nacional y regional principalmente desde 2018 y, en particular, durante el primer cuatrimestre del año 2021, como respuesta a los compromisos adquiridos tras la ratificación del Acuerdo de París, adoptado en diciembre de 2015, en el marco de la XXI Conferencia sobre el Clima (COP21).

Por citar algunos, entre 2020 y 2021 se han aprobado, están vigentes o en tramitación instrumentos tan relevantes como: el Pacto Verde Europeo; la nueva estrategia de adaptación al cambio climático de la UE; la Hoja de ruta climática del Banco Europeo de Inversiones 2021-2025; el Plan de Acción Urgente para comarcas de carbón y centrales en cierre 2019-2021; el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030 (PNACC-2); el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030; la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética; el Plan Territorial Especial para la Estrategia Integrada de Gestión Portuaria Litoral del Principado de Asturias (en tramitación); el Mapa de estrategias del Principado de Asturias 2021-2027; o la creación de la Comisión de Coordinación de Acción por el Clima del Principado de Asturias.

La segunda parte (capítulos 3 y 4 del presente documento) está dedicada a la identificación de los potenciales efectos y vulnerabilidades ambientales, sectoriales y sociales del cambio climático en Asturias, analizando el papel de los factores impulsores climáticos -los directamente vinculados con la variabilidad previsible del clima- y no climáticos, relacionados principalmente con procesos socioeconómicos.

En este diagnóstico previo se ha realizado una primera aproximación a la identificación de los efectos e impactos en los sistemas territoriales ambientales y socioeconómicos. En el caso de los primeros se analizan los efectos del cambio climático sobre el medio marino; los sistemas costeros; los recursos hídricos y ecosistemas acuáticos continentales y los ecosistemas terrestres. Por su

parte, la afección a los sistemas socioeconómicos se organizó considerando once temas y sectores: población, pesca y acuicultura, agricultura, ganadería, silvicultura, industria y energía, comercio y servicios, servicios públicos, turismo, transporte y movilidad y poblamiento.

La identificación de los impactos se realiza con una estructura sectorial o temática, sin analizar ni valorar las conexiones y vínculos entre los sistemas ni las posibles sinergias de los impactos, aspecto este que supera el alcance de este trabajo y que debiera ser abordado en fases posteriores.

En la tercera y última parte del documento se sintetizan y evalúan los principales impactos identificados sobre los sistemas naturales, ambientales y socioeconómicos en el contexto regional y se realiza una valoración preliminar del riesgo potencial. Cabe señalar que debido a algunas limitaciones, como la incertidumbre que generan los datos procedentes de los modelos y estudios de carácter general para el territorio asturiano, o la escasez de estudios específicos, y a que muchos de los resultados se basan en una única fuente de análisis, en este momento y en el contexto del presente proyecto, no ha sido posible determinar con el rigor necesario ni el grado de acuerdo sobre dichos impactos o efectos ni la magnitud del riesgo provocado por los impactos identificados.

Por tanto, la valoración inicial se realiza a modo de síntesis cualitativa, realizada a juicio de experto por el equipo de redacción del presente documento, expresando la validez o confianza de los resultados obtenidos para la definición de medidas de adaptación. Para ello se emplean tres niveles de confianza, alto, medio y bajo, considerando el tipo, la cantidad, la calidad y la coherencia de la información disponible para las potenciales evidencias de los efectos del cambio climático en el ámbito regional. Adicionalmente, cuando se considera necesario mejorar el nivel de conocimiento sobre los efectos y los impactos locales de los procesos identificados, o una parte de los mismos, podrían tener sobre la región, se señala la presencia de incertidumbre asociada.

Finalmente, se incluye una matriz con la valoración preliminar sobre el grado de certeza de que los impulsores climáticos y no climáticos supongan un riesgo de impacto negativo sobre los sistemas analizados, estableciendo tres categorías: riesgo seguro, riesgo probable y riesgo desconocido o incierto.

2. Marco de referencia para la acción contra el cambio climático.

2.1. Introducción.

La adaptación, uno de los dos pilares fundamentales de la lucha contra el cambio climático, se aborda desde los diferentes niveles de gobernanza (global, europeo, nacional, regional y local), lo que se traduce en marcos normativos y de planificación en los que se establecen obligaciones y directrices de la acción¹. En este apartado introductorio se han identificado los principales acuerdos, normas, planes y estrategias vigentes con relevancia para la adaptación al cambio climático (Tabla 1).

Tabla 1. Principales hitos en políticas relacionadas con el cambio climático.

AÑO	ÁMBITO	INSTRUMENTO
1988	INT	Creación del Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC).
1990	INT	I informe de evaluación del IPCC.
1992	INT	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).
1995	INT	II informe de evaluación del IPCC.
1997	INT	III Conferencia de la Partes de la CMNUCC (Kioto). Protocolo de Kioto.
2001	INT	III informe de evaluación del IPCC.
2002	INT	Cumbre Mundial de Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (Río +10), en la que varios países anunciaron su intención de ratificar el Protocolo de Kioto.
	UE	Decisión 2002/358/CE relativa a la aprobación, en nombre de la Comunidad Europea, del Protocolo de Kioto.
	ESP	LEY 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación (IPPC).
2003	UE	Directiva 2003/87/CE, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión en la UE (EU ETS).
	ESP	Proyecto: Efectos del Cambio Climático en España (ECCE)
2004	ESP	Real Decreto Ley 5/2004, de 27 de agosto, por el que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.
		Real Decreto 1866/2004, de 6 de septiembre, por el que se aprueba el Plan nacional de asignación de derechos de emisión, 2005-2007.
2005	INT	Entrada en vigor el Protocolo de Kioto. XI Conferencia de la Partes de la CMNUCC (Montreal).
	UE	Fase I del EU ETS.
	ESP	LEY 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero. Creación de la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático (CCPCC). Evaluación Preliminar General de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Plan de Acción 2005-2007 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España. Plan Nacional de asignación de derechos de emisión 2005-2007. Plan de energías renovables en España 2005-2010.

¹ Sanz y Galán (2020, p.201).

AÑO	ÁMBITO	INSTRUMENTO
2006	INT	Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
	UE	Libro verde: Estrategia europea para una energía sostenible, competitiva y segura (COM/2006/105 final).
	ESP	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2006-2020 (PNACC-1)
2007	INT	IV informe de evaluación del IPCC. XIII Conferencia de la Partes de la CMNUCC (Bali). Plan de Acción de Bali.
	UE	COM/2007/723 final: Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética (Plan EETE) - Hacia un futuro con baja emisión de carbono. Conclusiones de la Presidencia Consejo Europeo de Bruselas de marzo de 2007.
	ESP	Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte 2007-2012-2020.
2008	INT	Inicio del primer periodo de compromiso del Protocolo de Kioto.
	UE	Paquete de medidas sobre clima y energía hasta 2020. Fase II del EU ETS.
	ESP	Plan de Acción 2008-2012 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España. Plan Nacional de asignación de derechos de emisión 2008-2012
2009	INT	XV Conferencia de la Partes de la CMNUCC (Copenhague). Acuerdo de Copenhague: mecanismo de financiación para la mitigación y la adaptación a los países en desarrollo.
	UE	COM/2009/147 final: Libro blanco: Adaptación al cambio climático: Hacia un marco europeo de actuación. COM/2009/519 final: La inversión en el desarrollo de tecnologías con baja emisión de carbono: Plan EETE. Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE. Directiva 2009/31/CE relativa al almacenamiento geológico de dióxido de carbono. Decisión 2009/406/CE sobre el reparto de esfuerzos de los Estados miembros para reducir sus emisiones de GEI.
	ESP	Ley 19/2009, de 23 de noviembre, de medidas de fomento y agilización procesal del alquiler y de la eficiencia energética de los edificios. Plan Nacional Integrado de Residuos para el período 2008-2015. Plan de Impulso a la Internacionalización de la Economía Española en los sectores asociados al Cambio Climático.
2010	INT	XVI Conferencia de la Partes de la CMNUCC (Cancún). Segundo período de vigencia del Protocolo de Kioto. Establecimiento del Fondo Verde para el Clima.
	UE	Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios.
	ESP	Ley 40/2010, de 29 de diciembre, de almacenamiento geológico de dióxido de carbono. Plan integral de impulso al vehículo eléctrico en España 2010-2014.
2011	UE	COM/2011/109 final: Plan de eficiencia energética. COM/2011/112 final: Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050.
	ESP	Plan de Energías Renovables 2011-2020.
2012	INT	XVIII Conferencia de la Partes de la CMNUCC (Doha). Se extiende el Protocolo de Kioto hasta 2020.
	UE	Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética. Inclusión de las emisiones de la aviación civil en el EU ETS.
	ESP	Ley 15/2012, de 27 de diciembre, de medidas fiscales para la sostenibilidad energética. Real Decreto 1722/2012, de 28 de diciembre, por el que se desarrollan aspectos relativos a la asignación de derechos de emisión en el marco de la Ley 1/2005

AÑO	ÁMBITO	INSTRUMENTO
2013	INT	XIX Conferencia de la Partes de la CMNUCC (Varsovia). Mecanismo Internacional de Varsovia para las pérdidas y los daños relacionados con las repercusiones del cambio climático. Suplemento de 2013 a las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero de 2006: Humedales. Orientaciones revisadas de 2013 sobre buenas prácticas y métodos suplementarios derivados del Protocolo de Kyoto.
	UE	COM/2013/216 final: Estrategia de adaptación al cambio climático de la UE. Fase III del EU ETS. COM/2013/249 final: Infraestructura verde: mejora del capital natural de Europa. COM/2013/253 final: Tecnologías e innovación energéticas.
	ESP	Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.
2014	INT	V informe de evaluación del IPCC.
	UE	COM/2014/015/ final: Un marco estratégico en materia clima y energía para el periodo 2020-2030. COM/2014/0330 final: Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo: Estrategia de Seguridad Energética.
	ESP	Hoja de ruta de los sectores difusos a 2020. Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España (ERESEE 2014).
	AST	Desarrollo de los trabajos del convenio de colaboración entre la Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente y la Secretaría de Estado de Medio Ambiente sobre adaptación al cambio climático en la costa del Principado de Asturias.
2015	INT	XXI Conferencia de la Partes de la CMNUCC (París). Acuerdo de París. III Conferencia para la Reducción del Riesgo de Desastres (Sendai). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.
	UE	COM/2015/80 final: Estrategia Marco para una Unión de la Energía resiliente con una política climática prospectiva. COM/2015/614 final: Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular.
	ESP	Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático, PIMA Adapta.
	AST	Desarrollo de los trabajos del convenio de colaboración entre la Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente y la Secretaría de Estado de Medio Ambiente sobre adaptación al cambio climático en la costa del Principado de Asturias.
2016	INT	Entrada en vigor del Acuerdo de París.
	UE	COM/2016/860 final: Energía limpia para todos los europeos – Paquete de invierno.
	ESP	Firma del Acuerdo de París.
	AST	Plan Territorial Especial para la Estrategia Integrada de Gestión Portuaria Litoral del Principado de Asturias.
2017	ESP	Estrategia de adaptación al cambio climático de la costa española. Actualización de la Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España (ERESEE 2017).
2018	INT	XXIV Conferencia de la Partes de la CMNUCC (Katowice). Acuerdo sobre las reglas que permiten hacer operativo el Acuerdo de París.
	UE	Directiva 2018/844/UE por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética. Reglamento 2018/1999/EU sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima. SWD/2018/461 final: Evaluación de la Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático. COM/2018/773 final: Un planeta limpio para todos. La visión estratégica europea a largo plazo de una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra. COM/2018/738 final: Informe de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo relativo a la aplicación de la estrategia de adaptación al cambio climático de la UE.
	ESP	Plan de acción para la implementación de la Agenda 2030.

AÑO	ÁMBITO	INSTRUMENTO
2019	INT	Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1.5°C.
	ESP	Agenda Urbana Española. Orden PCI/488/2019, de 26 de abril, por la que se publica la Estrategia Nacional de Protección Civil, aprobada por el Consejo de Seguridad Nacional. Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética 2019-2024. Evaluación del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2006-2020 (PNACC 1).
	AST	Informe: Evolución del conocimiento sobre el Cambio Climático en Asturias: Diez años después de CLIMAS.
2020	INT	El cambio climático y la tierra. Informe especial del IPCC sobre el cambio climático, la desertificación, la degradación de las tierras, la gestión sostenible de las tierras, la seguridad alimentaria [...]. El océano y la criosfera en un clima cambiante. Informe especial IPCC.
	UE	COM/2020/98 final: Nuevo Plan de acción para la economía circular por una Europa más limpia y más competitiva. COM/2020/640 final: Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones: Pacto Verde Europeo.
	ESP	Medidas urgentes de la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Estudio: Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España. Actualización 2020 de la Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España (ERESEE 2020). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030 (PNACC-2). Hoja de Ruta Estrategia de Desarrollo Sostenible 2030. Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas 2050. Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030. Estrategia Española de Economía Circular, España Circular 2030.
AST	Mapa de Estrategias 2021-2027. Creación de la Comisión de Coordinación de Acción por el Clima en el Principado de Asturias	
2021	UE	COM/2021/82 final: Forjar una Europa resiliente al cambio climático — La nueva estrategia de adaptación al cambio climático de la UE.
	ESP	Directrices Generales de la Estrategia de Desarrollo Sostenible 2030. Estrategia de Sostenibilidad Turística en Destino. Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030. Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética. Estrategia de Turismo Sostenible de España 2030 – en elaboración. Planes de ordenación del espacio marítimo de las demarcaciones marinas españolas – en elaboración
	AST	Plan de Adaptación al Cambio Climático de los Puertos Autonómicos de Asturias – en elaboración Estrategia de Rehabilitación Energética de Edificios del Principado de Asturias (EREPA) – en elaboración. Estrategia de transición energética justa de Asturias – borrador. Estrategia industrial de Asturias 2030. Estrategia Asturiana de Acción por el Clima – inicio de los trabajos.

INT: internacional; UE: Unión Europea; ESP: España; AST: Principado de Asturias

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta el objeto y alcance del presente documento, el análisis de los contenidos y objetivos se ha centrado en los últimos instrumentos internacionales, europeos, nacionales y regionales, incluyendo la nueva estrategia de adaptación al cambio climático de la UE, la reciente Ley 7/2021 de cambio climático y transición energética y las últimas estrategias elaboradas por el Gobierno del Principado de Asturias.

En el ámbito internacional destaca la **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)** adoptada en Nueva York en 1992 y que entró en vigor en 1994. Es el principal instrumento jurídico de respuesta internacional ante el reto del cambio climático.

El máximo órgano de decisión de la CMNUCC es la **Conferencia de las Partes**, o COP por sus siglas en inglés (*Conference of the Parties*), que se reúne todos los años desde 1995. En estas reuniones se examina la aplicación de la Convención, y de otros instrumentos jurídicos que se pudieran aprobar, y se evalúan los efectos de las medidas adoptadas y los progresos realizados por las Partes.

El objetivo último de la Convención y de los instrumentos jurídicos que adopte la COP es “lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático [...] en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible”².

En este contexto, el Acuerdo de París de 2015, el desarrollo de sus reglas en Katowice, y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible marcan el inicio de una agenda global hacia el desarrollo sostenible, que conlleva la transformación del modelo económico y de un nuevo contrato social de prosperidad inclusiva dentro de los límites del planeta³.

Estos acuerdos ponen de manifiesto que el profundo cambio necesario en los patrones de crecimiento y desarrollo solo puede realizarse de manera global, concertada y en un marco multilateral que sienta las bases de un camino compartido a la descarbonización, una agenda que exige una nueva gobernanza para su éxito, en la que han de involucrarse Administraciones Públicas y sociedad civil³.

Por otra parte, el **Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático**, conocido como IPCC por su acrónimo en inglés (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) es una organización intergubernamental de las Naciones Unidas creada en 1988 con el objetivo de proporcionar opinión objetiva y científica sobre el cambio climático.

En los informes del IPCC se evalúa la información disponible obtenida principalmente de la revisión de artículos académicos, científicos y técnicos publicados, recogiendo los avances en el conocimiento desde el informe anterior y señalando las áreas donde es necesario seguir progresando. En los informes del IPCC se expresa el grado de certeza de sus principales conclusiones y la valoración del grado de comprensión científica sobre los temas en los que se fundamentan las conclusiones establecidas⁴.

Hasta la fecha el IPCC ha realizado cinco ciclos de evaluación, cuyos resultados se han plasmado en los correspondientes informes y, actualmente, se encuentra en el sexto ciclo de evaluación, cuyo informe de síntesis se espera para el año 2022.

En este capítulo se analizan los principales contenidos del **V informe del IPCC** y del **Acuerdo de París**, poniendo el foco de atención en los aspectos relacionados con la adaptación. Además, se incluye una breve referencia a las conclusiones actualizadas de la comunidad científica, publicadas en el **informe especial del IPCC** titulado *Calentamiento global de 1,5 °C*.

Por lo que se refiere al **marco europeo**, cabe destacar que la Unión Europea (UE) ha sido una de las principales impulsoras de la respuesta internacional frente a la crisis climática desde 1990, dotándose de un marco jurídico amplio que le permitirá mantenerse a la vanguardia en la transición y cumplir con los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a 2030⁵.

² Naciones Unidas (1992, artículo 2).

³ España (2021a, p. 62010).

⁴ Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2016, p. 6).

⁵ España (2021a, p. 62011).

En 2013 se adoptó la **Estrategia de adaptación al cambio climático** de la UE (COM/2013/216 final)⁶ en la que se señalaba que en los estados miembros la adaptación al cambio climático, en la mayoría de los casos, se halla aún en una fase inicial, por lo que las medidas concretas disponibles son relativamente escasas. El objetivo general de esta estrategia de adaptación de la UE era contribuir a una Europa más resistente al clima, mejorando la preparación y la capacidad de respuesta a los efectos del cambio climático, a nivel local, regional, nacional y de la UE, y creando un planteamiento coherente y mejorando la coordinación. Para ello contemplaba las siguientes actuaciones:

- 1. Instar a todos los Estados miembros a adoptar estrategias exhaustivas de adaptación.
- 2. Facilitar financiación de LIFE para respaldar la creación de capacidades y acelerar las medidas de adaptación en Europa (2013-2020).
- 3: Introducir la adaptación en el marco del Pacto entre alcaldes (2013/2014).
- 4: Remediar el déficit de conocimientos.
- 5. Convertir Climate-ADAPT en la ventanilla única de información sobre la adaptación en Europa.
- 6. Facilitar la reducción del impacto del cambio climático de la política agrícola común (PAC), la política de cohesión y la política pesquera común (PPC).
- 7. Garantizar infraestructuras más resistentes.
- 8. Promover los seguros y los demás productos financieros para las decisiones sobre inversiones y empresas resistentes.

Ante la celebración de la XXI Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el Consejo Europeo de octubre de 2014 acordó el marco de actuación de la Unión Europea en materia de clima y energía hasta 2030⁷. Teniendo en cuenta dicho horizonte temporal, la UE estableció el objetivo de reducir las emisiones de GEI, para lo que la Comisión Europea propuso acelerar la transición hacia una economía baja en carbono, dar cumplimiento al Acuerdo de París y avanzar hacia la consecución de la Unión de la Energía en sus cinco dimensiones (descarbonización, eficiencia energética, seguridad energética, mercado interior e I+i+c). Esto se tradujo en una serie de propuestas normativas presentadas en 2015 y 2016 en las que se abordaban: la revisión del régimen de comercio de derechos de emisión de la UE; el reparto de esfuerzos entre los Estados miembros para cumplir con el objetivo común de reducción de emisiones en los sectores no sujetos a dicho régimen; el establecimiento de objetivos en la cuota de renovables en el consumo de energía final; y la mejora de la eficiencia energética e interconexiones.

Asimismo, se realizó una propuesta de Reglamento Europeo para inclusión de los GEI y de los sumideros provenientes del uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura en el marco de Clima y Energía 2030, y el conjunto de medidas “Energía Limpia para Todos los Europeos”, también conocido como “Paquete de invierno” que incluyó revisiones y propuestas legislativas sobre eficiencia energética, edificios, energías renovables, diseño de mercado eléctrico, seguridad de suministro y reglas de Gobernanza para la Unión de la Energía.

La mayoría de las propuestas ya han sido aprobadas en el seno de las instituciones europeas e incluyen revisiones y propuestas legislativas sobre eficiencia energética, energías renovables, diseño de mercado eléctrico, seguridad de suministro y reglas de gobernanza de la Energía.

⁶ Comisión Europea (2013).

⁷ España (2021b, p. 26).

Este marco normativo aportaba certidumbre regulatoria y condiciones favorables para que se llevaran a cabo las inversiones, facultaba a los consumidores europeos para que se convirtieran en actores en la transición energética y fijaba **objetivos vinculantes para la UE en 2030**:

- 40% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) respecto a 1990.
- 32% de renovables sobre el consumo total de energía final bruta.
- 32,5% de mejora de la eficiencia energética.
- 15% interconexión eléctrica de los Estados miembros.

En cuanto al resto de dimensiones de la Unión de la Energía, destacar que, en materia de seguridad energética, se define la forma de actuación en caso de limitación del suministro y se fijan objetivos para aumentar la diversificación de fuentes de energía y suministro, así como la reducción de importación de energía. En investigación, innovación y competitividad se establecen objetivos nacionales y de financiación en materia de investigación e innovación tanto pública como privada.

Por otra parte, la Comisión Europea actualizó en noviembre de 2018 su **hoja de ruta hacia una descarbonización de la economía** (COM/2018/773 final) con la intención de convertir a la Unión Europea en climáticamente neutra en 2050, creando dos herramientas de gobernanza de clima y energía establecidas en el Reglamento 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo: los Planes Nacionales Integrados de Energía y Clima (PNIEC) y las estrategias a largo plazo.

En 2019 la comunicación titulada “**El Pacto Verde Europeo**” (COM/2019/640 final) estableció una nueva estrategia de crecimiento destinada a transformar la UE en una sociedad equitativa y próspera, que mejore la calidad de vida de las generaciones presentes y venideras, con una economía moderna, eficiente en el uso de los recursos y competitiva, en la que no habrá emisiones netas de gases de efecto invernadero en 2050 y el crecimiento económico estará disociado del uso de los recursos⁸.

En febrero de 2020 la Comisión Europea presentó una propuesta de Reglamento (COM/2020/80 final)⁹, conocida como “**Ley Europea del Clima**”, con el objeto convertir en legislación el objetivo establecido en el Pacto Verde Europeo para que la economía y la sociedad europeas sean climáticamente neutras de aquí a 2050. Por último, en febrero de 2021 la Comisión Europea presentó la **nueva Estrategia de adaptación** al cambio climático de la UE titulada “Forjar una Europa resiliente al cambio climático” (COM/2021/82 final)¹⁰.

En este capítulo se analizan los principales contenidos de algunos de estos últimos instrumentos europeos, como el Pacto Verde o la nueva Estrategia europea de adaptación al cambio climático.

El reciente **marco nacional** de acción contra el cambio climático responde a las obligaciones adquiridas en los acuerdos internacionales y la normativa europea. Destaca aquí el **Marco Estratégico de Energía y Clima**, aprobado en febrero de 2019 y que, según afirmó el Gobierno en su presentación¹¹, constituye una oportunidad para la modernización de la economía española y la creación de empleo, sentando las bases para el posicionamiento de liderazgo de España en las energías y tecnologías renovables que dominarán la próxima década, el desarrollo del medio rural, la mejora de la salud de las personas y el medio ambiente, y la justicia social. Las tres piezas clave que componen este marco son la Ley de Cambio Climático y Transición Energética, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 y la Estrategia de Transición Justa.

⁸ Comisión Europea (2019).

⁹ Comisión Europea (2020).

¹⁰ Comisión Europea (2021).

¹¹ https://www.miteco.gob.es/images/es/1marcoestrategicodeenergíayclima_tcm30-487329.pdf. Fecha de consulta: 6 de junio de 2021.

La **Ley de Cambio Climático y Transición Energética** constituye la herramienta institucional para facilitar la progresiva adecuación a las exigencias de la acción climática. Este texto incluye instrumentos de cooperación institucional, herramientas de evaluación y aprendizaje, y un marco facilitador de la transición energética con cauces de integración de los diferentes sectores.

El **Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030** define los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, de penetración de energías renovables y de eficiencia energética. También determina las líneas de actuación y la senda que, según los modelos utilizados, es la más adecuada y eficiente, maximizando las oportunidades y beneficios para la economía, el empleo, la salud y el medio ambiente, minimizando los costes y respetando las necesidades de adecuación de los sectores más intensivos en CO₂. Al amparo de las previsiones del PNIEC se han aprobado o se están tramitando instrumentos específicos como las Hojas de Ruta del hidrógeno, del biogás, para el desarrollo de la Eólica Marina y las Energías del Mar, o la Estrategia de almacenamiento energético.

La **Estrategia de Transición Justa** incluye instrumentos para optimizar las oportunidades de empleo de la transición a través de la formación profesional, las políticas activas de empleo, medidas de apoyo y acompañamiento –con especial atención a los sectores estratégicos– y planes de reactivación de los territorios que puedan verse más afectados por este proceso. Además, contempla instrumentos de reducción de la desigualdad y apoyo a los consumidores, en particular los vulnerables.

Con estos instrumentos se pretende que España, en línea con la Agenda 2030 y el Acuerdo de París, cuente con un marco estratégico estable para la descarbonización de su economía; una hoja de ruta para la próxima década, el Plan 2021-2030, diseñado en coherencia con la neutralidad de emisiones a la que se aspira en 2050; y una estrategia de acompañamiento solidario y de transición justa, para asegurar que las personas y los territorios aprovechan las oportunidades de esta transición ¹¹.

A estos instrumentos hay que añadir la **Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo**, que complementa al PNIEC alargando su perspectiva hasta 2050 para alcanzar la neutralidad climática, y el **Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030**, instrumento de planificación básico para promover la acción coordinada y coherente frente a los efectos del cambio climático en España.

Por lo que se refiere al **ámbito regional**, en este estudio se hace referencia a **algunas iniciativas tempranas** en relación con el análisis de los efectos del cambio climático en Asturias, como el Panel CLIMAS o la planificación para la adaptación de la costa, analizándose también las **últimas estrategias** impulsadas por el gobierno regional centradas en aspectos relacionados, principalmente, con las **políticas sectoriales de mitigación**, como las estrategias de rehabilitación energética de edificios, de transición energética justa o la referida a la industria asturiana.

También se ha analizado el contenido del **Mapa de estrategias del Principado de Asturias**, constatando que la mitigación y adaptación al cambio climático afecta a la práctica totalidad de las políticas e instrumentos de planificación territorial, ambiental y sectorial de la región (territorio y urbanismo, recursos naturales, pesca, forestal, industrial, turismo, educación, transporte y movilidad, etc.).

También se incluye un **análisis preliminar de la incidencia de algunos instrumentos nacionales sobre el marco de acción regional** en materia de cambio climático, recomendando que en el diagnóstico que acompañe la futura estrategia o plan de adaptación al cambio climático en Asturias, se aborde un análisis más detallado en esta materia.

2.2. Marco internacional.

2.2.1. El quinto informe de evaluación del IPCC.

El Quinto Informe del IPCC (AR5 por sus siglas en inglés) y fue publicado en 2014 con el título *Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. En la Tabla 2 se sintetizan las principales conclusiones del quinto informe.

Tabla 2. Síntesis de las principales conclusiones del quinto informe de evaluación del IPCC.

CAMBIOS OBSERVADOS EN EL SISTEMA CLIMÁTICO Y SUS CAUSAS.	<ul style="list-style-type: none"> - Las temperaturas continúan ascendiendo y el nivel del mar aumentando. - Los océanos están absorbiendo la mayor parte de la energía. - Las concentraciones atmosféricas de CO₂, CH₄ y N₂O no tienen precedentes, al menos, en los últimos 800 000 años. - Entre 2000 y 2010 las emisiones de GEI han crecido más que en las tres décadas previas. - La producción de energía es el mayor contribuyente a las emisiones. - El clima está cambiando por la influencia humana. - Algunos de los cambios en extremos meteorológicos y climáticos observados desde 1950 se han relacionado con la influencia humana.
CAMBIO CLIMÁTICO EN EL FUTURO, RIESGOS E IMPACTOS.	<ul style="list-style-type: none"> - Las reducciones sustanciales y sostenidas de las emisiones de gases de efecto invernadero, junto con la adaptación, pueden limitar los riesgos del cambio climático. - Durante el siglo XXI los océanos continuarán calentándose y aumentando su nivel medio, y la banquisa ártica continuará reduciéndose y perdiendo espesor. - El cambio climático pone en riesgo la producción de alimentos.
SENDAS FUTURAS PARA LA ADAPTACIÓN, LA MITIGACIÓN Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE.	<ul style="list-style-type: none"> - Los riesgos del cambio climático dependen de las emisiones acumuladas de GEI, que a su vez dependen de las emisiones anuales en las próximas décadas. - Con concentraciones de CO₂ equivalente de hasta 450 ppm en 2100 es probable que no se sobrepase un calentamiento de 2°C en relación con los niveles preindustriales. - La ventana para actuar se está cerrando rápidamente y el retraso en la mitigación aumentará sustancialmente los desafíos que supone limitar el calentamiento a 2°C.
ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN.	<ul style="list-style-type: none"> - La adaptación y la mitigación son estrategias complementarias y necesarias conjuntamente para reducir y gestionar los riesgos asociados al cambio climático. - El aumento del cambio climático incrementará los retos para muchas de las opciones de adaptación. - La forma de vida, las costumbres y la cultura tienen una considerable influencia en el uso de la energía y, por lo tanto, en las emisiones asociadas.

Fuente: elaborado a partir de Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2016).

Cabe destacar que, a partir del cuarto informe, el marco de acción de la adaptación ha evolucionado desde un enfoque centrado en la vulnerabilidad biofísica a un marco más amplio que pone la atención sobre los factores sociales y económicos de la vulnerabilidad y a la capacidad de respuesta de las personas¹².

Así en el documento se dedica **mayor atención a la adaptación** que los informes anteriores, dedicándole específicamente cuatro de sus veinte capítulos (*Chapter 14 Adaptation Needs and Options; Chapter 15 Adaptation Planning and Implementation; Chapter 16 Adaptation Opportunities, Constraints, and Limits; Chapter 17 Economics of Adaptation*), además de hacer constantes referencias a la misma en el resto del documento.

¹² IPCC, (2014, p. 834).



Figura 1. Ejemplificación de las diferencias entre adaptación y adaptación transformativa.

Fuente: IPCC (2019, p. 66).

En este documento se **define la adaptación** como el proceso de ajuste al clima real o esperado y sus efectos con el objetivo de moderar o evitar daños o aprovechar oportunidades beneficiosas en los sistemas humanos, indicando, además, que la intervención humana que se desarrolla en este proceso de adaptación puede facilitar la adaptación al clima esperado y sus efectos de algunos sistemas naturales¹³.

En el documento el IPCC diferencia dos tipos de enfoque adaptativos¹⁴ (Figura 1):

- **Adaptación progresiva:** basada en acciones cuyo objetivo central es mantener la esencia e integridad de un sistema o proceso a una escala determinada.
- **Adaptación transformativa:** cuyas acciones modifican las características fundamentales de un sistema en capacidad de respuesta al clima y sus efectos.

Por tanto al enfoque tradicional de adaptación se añade un concepto interesante para las estrategias de adaptación, el de **transformación**, que van un paso más allá de la adaptación, ya que no sólo modificación de las características fundamentales de un sistema, si no que suponen una conversión o cambio de los sistemas naturales y humanos¹³. La transformación modifica los paradigmas, objetivos o valores de la sociedad, y suponen un cambio en las decisiones y acciones económicas, sociales, tecnológicas y políticas para alinearlas no solo con la adaptación al cambio climático, si no con la adaptación al desarrollo sostenible¹⁵.

Asimismo, se pone de manifiesto que las diferentes opciones de mitigación, adaptación y transformación pueden ayudar a reducir y gestionar los riesgos asociados al cambio climático, pero

¹³ IPCC, (2014, p. 5).

¹⁴ IPCC, (2014, p. 40).

¹⁵ IPCC, (2014, p. 1122).

es necesario aplicar respuestas integradas que vinculen la adaptación y mitigación con otros objetivos ambientales y sociales¹⁶ (Figura 2) identificando las condiciones favorables que apoyan las transformaciones¹⁷.

Overlapping Approaches	Category	Examples
Vulnerability & Exposure Reduction through development, planning, & practices including many low-regrets measures	Human development	Improved access to education, nutrition, health facilities, energy, safe housing & settlement structures, & social support structures; Reduced gender inequality & marginalization in other forms.
	Poverty alleviation	Improved access to & control of local resources; Land tenure; Disaster risk reduction; Social safety nets & social protection; Insurance schemes.
	Livelihood security	Income, asset, & livelihood diversification; Improved infrastructure; Access to technology & decision-making fora; Increased decision-making power; Changed cropping, livestock, & aquaculture practices; Reliance on social networks.
	Disaster risk management	Early warning systems; Hazard & vulnerability mapping; Diversifying water resources; Improved drainage; Flood & cyclone shelters; Building codes & practices; Storm & wastewater management; Transport & road infrastructure improvements.
	Ecosystem management	Maintaining wetlands & urban green spaces; Coastal afforestation; Watershed & reservoir management; Reduction of other stressors on ecosystems & of habitat fragmentation; Maintenance of genetic diversity; Manipulation of disturbance regimes; Community-based natural resource management.
	Spatial or land-use planning	Provisioning of adequate housing, infrastructure, & services; Managing development in flood prone & other high risk areas; Urban planning & upgrading programs; Land zoning laws; Easements; Protected areas.
	Structural/physical	Engineered & built-environment options: Sea walls & coastal protection structures; Flood levees; Water storage; Improved drainage; Flood & cyclone shelters; Building codes & practices; Storm & wastewater management; Transport & road infrastructure improvements; Floating houses; Power plant & electricity grid adjustments.
		Technological options: New crop & animal varieties; Indigenous, traditional, & local knowledge, technologies, & methods; Efficient irrigation; Water-saving technologies; Desalination; Conservation agriculture; Food storage & preservation facilities; Hazard & vulnerability mapping & monitoring; Early warning systems; Building insulation; Mechanical & passive cooling; Technology development, transfer, & diffusion.
		Ecosystem-based options: Ecological restoration; Soil conservation; Afforestation & reforestation; Mangrove conservation & replanting; Green infrastructure (e.g., shade trees, green roofs); Controlling overfishing; Fisheries co-management; Assisted species migration & dispersal; Ecological corridors; Seed banks, gene banks, & other <i>ex situ</i> conservation; Community-based natural resource management.
		Services: Social safety nets & social protection; Food banks & distribution of food surplus; Municipal services including water & sanitation; Vaccination programs; Essential public health services; Enhanced emergency medical services.
Institutional	Economic options: Financial incentives; Insurance; Catastrophe bonds; Payments for ecosystem services; Pricing water to encourage universal provision and careful use; Microfinance; Disaster contingency funds; Cash transfers; Public-private partnerships.	
	Laws & regulations: Land zoning laws; Building standards & practices; Easements; Water regulations & agreements; Laws to support disaster risk reduction; Laws to encourage insurance purchasing; Defined property rights & land tenure security; Protected areas; Fishing quotas; Patent pools & technology transfer.	
	National & government policies & programs: National & regional adaptation plans including mainstreaming; Sub-national & local adaptation plans; Economic diversification; Urban upgrading programs; Municipal water management programs; Disaster planning & preparedness; Integrated water resource management; Integrated coastal zone management; Ecosystem-based management; Community-based adaptation.	
Social	Educational options: Awareness raising & integrating into education; Gender equity in education; Extension services; Sharing indigenous, traditional, & local knowledge; Participatory action research & social learning; Knowledge-sharing & learning platforms.	
	Informational options: Hazard & vulnerability mapping; Early warning & response systems; Systematic monitoring & remote sensing; Climate services; Use of indigenous climate observations; Participatory scenario development; Integrated assessments.	
	Behavioral options: Household preparation & evacuation planning; Migration; Soil & water conservation; Storm drain clearance; Livelihood diversification; Changed cropping, livestock, & aquaculture practices; Reliance on social networks.	
Spheres of change	Practical: Social & technical innovations, behavioral shifts, or institutional & managerial changes that produce substantial shifts in outcomes.	
	Political: Political, social, cultural, & ecological decisions & actions consistent with reducing vulnerability & risk & supporting adaptation, mitigation, & sustainable development.	
	Personal: Individual & collective assumptions, beliefs, values, & worldviews influencing climate-change responses.	

Figura 2. Enfoques para la gestión de los riesgos del cambio climático.

Estos enfoques deben considerarse superpuestos y complementarios ya que a menudo se aplican simultáneamente.

Fuente: IPCC (2014, p. 27).

¹⁶ IPCC, (2014, p. 1104).

¹⁷ IPCC, (2014, p. 1105).

Con respecto a al ámbito específico de la adaptación al cambio climático, el informe recoge una serie de **principios orientadores para alcanzar una adaptación eficaz** que, aunque establecidos desde una perspectiva global, pueden resultar de interés para la elaboración de los instrumentos a otras escalas como la regional. Entre estos principios se encuentran¹⁸:

- **Adaptación específica al contexto:** la adaptación es específica al lugar y al contexto, sin que haya un enfoque único para reducir los riesgos en todos los entornos (*alta confianza*).
 - Para que sea efectiva la adaptación debe considerar las dinámicas de la vulnerabilidad y la exposición y sus relaciones con los procesos socioeconómicos, el desarrollo sostenible y el cambio climático.
 - El apoyo a las decisiones es más eficaz cuando es sensible al contexto y la diversidad de visiones, procesos de toma de decisión y grupos de interés (*evidencia sólida, alto acuerdo*).
- **Gobernanza a distintos niveles:** la planificación y la implementación de la adaptación se pueden mejorar mediante acciones complementarias en todos los niveles, desde los individuos hasta los gobiernos (*alta confianza*).
- **Papel de los gobiernos nacionales:** los gobiernos nacionales pueden coordinar los esfuerzos de adaptación de los gobiernos regionales y locales, proporcionando información, marcos normativos y legales y apoyo financiero e impulsando medidas destinadas a, por ejemplo, a proteger a los grupos vulnerables, apoyar la diversificación económica (*evidencia sólida, acuerdo alto*).
- **Papel de las administraciones locales y el sector privado:** cada vez se reconoce más el papel fundamental que desempeñan las administraciones locales y el sector privado para avanzar en la adaptación (*evidencia media, acuerdo alto*).
- **Integración de la visión de la sociedad:** la planificación y la implementación de la adaptación en todos los niveles de gobernanza dependen de los valores, objetivos y percepciones de riesgo de la sociedad (*alta confianza*).
 - Los procesos de toma de decisiones se pueden beneficiar del reconocimiento o consideración de los diversos intereses, circunstancias, contextos socioculturales y expectativas.
 - Los sistemas y prácticas de conocimientos locales y tradicionales son un recurso importante para adaptarse al cambio climático y pueden incrementar su efectividad.
- **Reducción de la vulnerabilidad y la exposición:** el primer paso hacia la adaptación al cambio climático es reducir la vulnerabilidad y la exposición a la variación climática (*nivel de confianza alto*) para aumentar la resiliencia.
- **Interacciones, complementariedad y beneficios colaterales:** entre la mitigación y la adaptación, así como entre las diferentes respuestas de adaptación, se generan importantes beneficios colaterales, sinergias y compensaciones tanto dentro como entre regiones (*confianza muy alta*):
 - El incremento de los esfuerzos de mitigación y adaptación al cambio climático provoca interacciones cada vez más complejas, particularmente entre agua, energía, uso del suelo y biodiversidad. Sin embargo, las herramientas para comprender y gestionar estas interacciones siguen siendo limitadas.

¹⁸ IPCC, (2014, pp. 25-28).

- Algunos ejemplos de líneas de acción que generan beneficios colaterales son: una mayor eficiencia energética y la utilización fuentes de energía más limpias, que supone una reducción de las emisiones de contaminantes del aire, que alteran el clima y dañan la salud; la reducción del consumo de energía y de agua en las zonas urbanas mediante estrategias de transformación ecológica de las ciudades y el reciclaje de los recursos hídricos; el impulso de la agricultura y silvicultura sostenibles; o la protección de los ecosistemas para el almacenamiento de carbono y otros servicios de los ecosistemas.
- Las acciones recogidas en las estrategias de adaptación deben ayudar a mejorar en otros ámbitos como la salud humana, los medios de vida, el bienestar social y económico o la calidad ambiental.
- **Incentivos económicos:** los instrumentos económicos pueden fomentar la adaptación proporcionando incentivos para anticipar y reducir los impactos (*confianza media*):
 - Los mecanismos de financiación del riesgo en el sector público y privado, como los seguros, pueden contribuir a aumentar la resiliencia, pero suponen un esfuerzo adicional para la introducción de innovaciones e, incluso, pueden desincentivar la adaptación, tener consecuencias en el mercado y disminuir la equidad.
- **Planificación realista:** una planificación deficiente, en la que se exageren los resultados a corto plazo o en la que no se anticipen suficientemente las consecuencias, puede dar como resultado una adaptación ineficaz (*evidencia media, acuerdo alto*) dando resultados indeseados como:
 - El incremento de la vulnerabilidad o exposición de las personas, grupos, sectores o territorios objetivo de las medidas o de otros distintos a éstos.
 - La adopción de decisiones a corto plazo para hacer frente a los crecientes riesgos relacionados con el cambio climático puede limitar las opciones de adaptación futuras.
 - La creación de expectativas poco realistas sobre los resultados de adaptación previstos al subestimar la complejidad de la adaptación como proceso social.
- **Coste de la adaptación:** hay una importante deficiencia en relación a los datos, métodos y cobertura que se utilizan en los estudios para estimar el coste global de la adaptación (*alta confianza*):
 - Es necesario mejorar la evaluación de los costes, la financiación y la inversión de la adaptación mundial.
 - Hay pocos datos para afirmar que los recursos disponibles son insuficientes para cubrir las necesidades de adaptación global (*confianza media*).
- **Limitaciones para la implementación de las medidas:** las limitaciones u obstáculos que aparecen en cada entorno o contexto específico pueden interactuar para impedir la planificación e implementación de la adaptación (*alta confianza*), siendo las más comunes las relacionadas con: la limitación de los recursos humanos y financieros; una pobre integración o coordinación de la gobernanza; las diferentes percepciones de los riesgos; la presencia de valores o intereses en competencia; la ausencia de liderazgo; la limitación de los instrumentos para monitorear la efectividad de la adaptación; la ausencia o insuficiencia de las acciones de investigación, seguimiento y observación y de la financiación necesaria para mantenerlas.

El informe del IPCC aborda, en su capítulo 14, los aspectos relacionados con **las necesidades, las opciones, la evaluación y el seguimiento de la adaptación**, señalando que debido a las restricciones

y límites de la adaptación no se podrán cubrir todas las necesidades de adaptación y no todas las opciones de adaptación serán viables en todos los contextos.

Tabla 3. Clasificación de las medidas de adaptación propuesta en el informe quinto informe de evaluación del IPCC.

CATEGORÍA/SOLUCIONES		EJEMPLOS DE MEDIDAS
ESTRUCTURAL-FÍSICA	Ingeniería	Estructuras de protección costera; defensas y drenajes contra inundaciones; almacenamiento de agua y almacenamiento por bombeo; obras de alcantarillado; drenaje mejorado; aportaciones a las playas; refugios contra inundaciones y ciclones; códigos de construcción; gestión de aguas pluviales y residuales; adaptación de las infraestructuras de transporte; adaptación de centrales eléctricas y redes eléctricas.
	Tecnología	Nuevas variedades de cultivos y animales; técnicas genéticas; tecnologías y métodos tradicionales; riego eficiente; tecnologías de ahorro de agua, incluido el aprovechamiento de las aguas pluviales; agricultura de conservación; instalaciones de almacenamiento y conservación de alimentos; seguimiento y cartografía de peligros; sistemas de alerta temprana; aislamiento de edificios; enfriamiento mecánico y pasivo; tecnologías de energía renovable; biocombustibles de segunda generación.
	Basadas en ecosistemas	Restauración ecológica que incluye la conservación y restauración de humedales y llanuras aluviales; aumento de la diversidad biológica; forestación y reforestación; reducción de incendios forestales y fuego prescrito; infraestructuras verdes; control de la sobrepesca; cogestión pesquera; corredores ecológicos; conservación <i>ex situ</i> y bancos de semillas; gestión de recursos naturales basada en la comunidad; gestión adaptativa del uso del suelo.
	Servicios	Redes de seguridad y protección social; bancos de alimentos y distribución de excedentes alimentarios; servicios municipales incluidos agua y saneamiento; servicios esenciales de salud pública y servicios médicos de emergencia mejorados; comercio internacional.
SOCIAL	Educación	Sensibilización e integración en la educación; equidad de género; servicios de extensión; difusión de conocimientos locales y tradicionales, incluida su integración en la planificación de la adaptación; investigación-acción participativa y social; plataformas de intercambio de conocimientos y aprendizaje; conferencias internacionales y redes de investigación; comunicación.
	Información	Cartografía de peligros y vulnerabilidades; sistemas de alerta temprana y respuesta, incluidos los de salud; monitoreo sistemático y teledetección; servicios climáticos; escenarios climáticos de escala local; planes de adaptación que consideren los diferentes grupos de la comunidad; el desarrollo de escenarios participativos.
	Comportamiento	Planificación para preparación y evacuación de las zonas residenciales; seguridad y salud de la población; conservación del suelo y el agua; diversificación de los medios de vida; cambios en las prácticas agrícolas, ganaderas y acuícolas; cambio de cultivos; aprovechamiento de las opciones de las prácticas silvícolas.
INSTITUCIONAL	Económicas	Incentivos financieros; seguros; pagos por servicios ecosistémicos; fondos de contingencia para desastres; transferencias de efectivo.
	Regulaciones	Normativa de ordenación del territorio del territorio; normas de construcción; servidumbres; reglamentos y acuerdos en materia de aguas; normas para la reducción del riesgo de desastres; normas para fomentar la suscripción de seguros; definir los derechos de propiedad y la seguridad de la tenencia del suelo; áreas protegidas terrestres y marinas; cuotas de pesca.
	Políticas y programas gubernamentales	Planes de adaptación nacionales, regionales y locales; planes y programas de mejora urbana; programas municipales de gestión del agua; planificación de la respuesta y preparación ante desastres; planes urbanos considerando, en su caso, el nivel de distrito o barrio; planificación sectorial sostenible: paisaje, cuencas hidrográficas, zonas costeras, forestal, pesquera, etc.; modelos de ordenación adaptativa o basada en ecosistemas.

Debe considerarse la combinación o superposición de opciones de adaptación.

Los ejemplos pueden ser relevantes para más de una categoría.

Fuente: IPCC (2014, p. 845).

Otro de los aspectos de interés para la planificación de la adaptación al cambio climático es la clasificación de las **opciones de adaptación** que el IPCC adopta en el informe para las que, en un primer nivel, establece tres categorías generales (Tabla 3): estructural/física, social e institucional.

Las **opciones estructurales y físicas** son de carácter puntual, con intervenciones y resultados bien definidos en alcance, espacio y tiempo. Entre ellas se encuentran las soluciones basadas en la ingeniería, la aplicación de tecnologías específicas, el uso de los ecosistemas y sus servicios para las necesidades de adaptación y la prestación de servicios específicos a nivel nacional, regional y local.

Las **opciones sociales** de adaptación ponen el foco de atención fundamentalmente en la vulnerabilidad de la comunidad, sobre todo en la específica de los grupos desfavorecidos, con el objetivo de reducirla junto con las desigualdades sociales.

Las **opciones institucionales** para fomentar la adaptación son muy diversas, abarcando un amplio abanico que va desde los instrumentos económicos (impuestos, subsidios o seguros) hasta la planificación y regulación territorial y sectorial. Sin embargo, en este caso, se indica que, en muchas ocasiones, materializar lo establecido en la planificación o la formulación de políticas de adaptación nacionales y locales puede resultar un gran desafío para los gestores y gobernantes.

En el informe también se señala que en la mayoría de las ocasiones la adaptación es un **proceso iterativo** y que la **selección de opciones de adaptación específicas para cada contexto constituye un desafío** debido a la incertidumbre sobre los impactos acumulativos del cambio climático y su magnitud.

Tabla 4. Criterios para la selección de las opciones de adaptación.

<ul style="list-style-type: none">- Eficacia para reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia.- Eficiencia (aumente los beneficios y reduzca los costos).- Equitativo, especialmente para los grupos vulnerables.- Integración con objetivos, programas y actividades sociales más amplios.- Coherencia y sinergia con otros objetivos, como la mitigación.- Sostenibilidad ambiental e institucional.- Flexibilidad y receptividad a la retroalimentación y al aprendizaje.- Diseño adecuado para un alcance y un período de tiempo adecuados.- Capacidad para hacer frente a una amplia gama de escenarios climáticos y sociales.- Adaptado a los recursos disponibles (información, finanzas, liderazgo, capacidad de gestión).- Legitimidad y aceptabilidad social.- Participación, compromiso y apoyo de las partes interesadas.- Acorde con las normas y tradiciones sociales.- Consideración de la necesidad de cambios transformadores.- Gobernanza: capacidad para evitar opciones de mala adaptación.

Fuente: elaborado a partir de IPCC (2014, p. 850).

A medida que aumenta la investigación y la experiencia en la práctica de la adaptación, se han incrementado el número de criterios a considerar que son importantes para orientar la selección y planificación de las opciones de adaptación (Tabla 4).

Así, la forma en la que se conciba la adaptación tiene una importancia vital para la selección de las opciones adaptativas. En este sentido, se destaca que, por lo general, las opciones de adaptación **no se conciben** o diseñan para **abordar únicamente los riesgos u oportunidades climáticos**, sino que también están asociadas a otros objetivos, como la reducción de la pobreza o la desigualdad, al mismo tiempo que se logran los beneficios conjuntos relacionados con el clima. Por lo tanto, en lugar de centrarse en la adaptación específica del cambio climático, cada vez es más habitual la **incorporación del cambio climático en las políticas gubernamentales** generales o sectoriales y en las actividades del sector privado.

2.2.2. El sexto ciclo de evaluación del IPCC.

Durante el sexto ciclo de evaluación, el IPCC ha elaborado hasta la fecha tres informes especiales y un informe metodológico sobre los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Actualmente trabaja en el Sexto Informe de Evaluación (AR6).

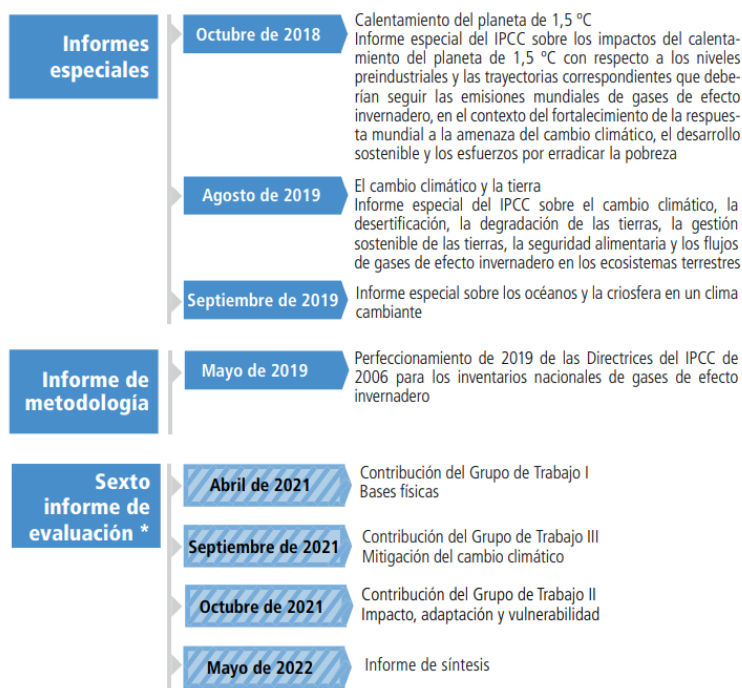


Figura 3. Calendario previsto para la elaboración del AR6.

Fuente: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/10/2020-AC6_es.pdf

Fecha de consulta: 23 de mayo de 2021.

En la 43ª reunión del IPCC, celebrada en abril de 2016, se acordó que el informe de síntesis del AR6 se terminaría en 2022, a tiempo para el primer balance mundial de la CMNUCC. Se prevé que las contribuciones de los tres Grupos de Trabajo al AR6 estén listas a lo largo de 2021.

Así en agosto de 2021, durante la 14ª sesión del Grupo de trabajo I y la 54ª sesión del IPCC, se tiene previsto finalizar la primera parte AR6 (*Climate Change 2021: The Physical Science Basis*) en el que se reunirán los últimos avances en la ciencia del clima, combinando múltiples líneas de evidencias del paleoclima, observaciones, comprensión de procesos y simulaciones climáticas globales y regionales.

2.2.3. Informe especial del IPCC: Calentamiento global de 1.5 °C.

Las conclusiones actualizadas y sistematizadas de la comunidad científica se recogen en el informe especial del IPCC relativo a los impactos de un calentamiento global de 1.5°C sobre los niveles preindustriales y las sendas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para limitar dicho calentamiento, publicado en 2018¹⁹.

En este informe se afirma, con un nivel de confianza alto, que las actividades humanas son las responsables de un aumento de las temperaturas globales de aproximadamente 1°C sobre el nivel preindustrial, y que es probable que, al ritmo actual, el aumento de 1,5 °C se alcanzará entre 2030

¹⁹ IPCC (2019).

y 2052, aunque es improbable que las emisiones por sí solas causen un calentamiento global de esta magnitud²⁰.

También, con un nivel de confianza alto, se asevera que²¹:

- El calentamiento causado por las emisiones antropógenas hasta la actualidad durará de siglos a milenios y seguirá causando nuevos cambios a largo plazo en el sistema climático, como un aumento del nivel del mar, acompañados de impactos asociados.
- Los riesgos relacionados con el clima para los sistemas naturales y humanos dependen de la magnitud y el ritmo del calentamiento, la ubicación geográfica y los niveles de desarrollo y vulnerabilidad, así como de las opciones de adaptación y mitigación que se elijan y de su implementación.
- Si el calentamiento global se limita a 1,5°C en lugar de 2°C, se calcula que los impactos en los ecosistemas terrestres, costeros y de agua dulce serán menores y que se conservarán más servicios ecosistémicos para los seres humanos.

En relación con la **adaptación**, en el informe se señala que “la adaptación climática hace referencia a las medidas adoptadas para gestionar los impactos del cambio climático por medio de reducir la vulnerabilidad y la exposición a sus efectos perjudiciales y explotar cualquier posible beneficio”²². Esta adaptación tiene lugar en todos los ámbitos (internacional, nacional y local) y las “entidades subnacionales, incluidos los municipios urbanos y rurales, son fundamentales para desarrollar y reforzar medidas dirigidas a reducir los riesgos meteorológicos y climáticos conexos”²².

Asimismo se afirma que, aunque “hay una amplia gama de opciones de adaptación que pueden reducir los riesgos del cambio climático”, con un calentamiento global de 1,5 °C, la adaptación y la capacidad de adaptación de algunos sistemas naturales y humanos son limitadas, dependiendo del sector, y no se podrán evitar las pérdidas asociadas²³.

Por lo tanto, la **capacidad de adaptación es limitada** con un calentamiento global de 1,5 °C, limitación que se incrementa si el calentamiento es mayor y que varía en función del sector, lo que tiene consecuencias específicas para las regiones vulnerables, los ecosistemas y la salud humana²³. Además, se afirma que las opciones de adaptación específicas a contextos nacionales, si se seleccionan cuidadosamente, tendrán beneficios para el desarrollo sostenible y la reducción de la pobreza con un calentamiento global de 1,5°C, aunque **es posible que haya que asumir efectos negativos**.

Por lo que se refiere a los **niveles de gobernanza**, el informe señala que la adaptación satisfactoria puede apoyarse a nivel nacional y subnacional, desempeñando los gobiernos nacionales un papel importante en la coordinación, planificación, determinación de las prioridades y distribución de los recursos y el apoyo. Sin embargo, puesto que la necesidad de adaptación puede ser muy diferente de una comunidad a otra, el tipo de medidas que pueden reducir con éxito los riesgos del cambio climático también dependerán en gran medida del contexto local²⁴.

Asimismo, el **fortalecimiento de las capacidades** para la acción climática de las autoridades nacionales y subnacionales, la sociedad civil, el sector privado y las comunidades locales puede

²⁰ IPCC (2019, pp. 4 y 5).

²¹ IPCC (2019, pp. 5 y 7).

²² IPCC (2019, p. 31).

²³ IPCC (2019, p. 10).

²⁴ IPCC (2019, p. 65).

facilitar la aplicación de medidas ambiciosas derivadas necesariamente de la limitación del calentamiento global a 1,5°C.

2.2.3. La CMNUCC: el Acuerdo de París.

Aunque al principio la CMNUCC prestó más atención a la reducción de las emisiones, progresivamente la adaptación al cambio climático ha ganado peso, en particular desde la XIII Conferencia de la Partes de la CMNUCC, celebrada en Bali en 2007, en la que se propuso la creación del Fondo de Adaptación²⁵, hasta la XXI de París en 2015, en la que se reafirma que **la adaptación es un objetivo y un reto global** que deberá afrontarse desde distintas dimensiones.

En esta XXI Conferencia sobre el Clima (COP21) se elabora el Acuerdo de París²⁶, que constituye el primer acuerdo universal y jurídicamente vinculante sobre el cambio climático. Para que el Acuerdo entrara en vigor, al menos 55 países que representasen al menos el 55% de las emisiones mundiales debían depositar sus instrumentos de ratificación. La ratificación formal de la UE tuvo lugar en octubre de 2016, lo que permitió que el Acuerdo entrara en vigor el 4 de noviembre de 2016.

Tabla 5. Elementos clave y compromisos de los países firmantes del Acuerdo de París.

MITIGACIÓN.	<ul style="list-style-type: none"> - El objetivo a largo plazo de mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C sobre los niveles preindustriales. - Limitar el aumento a 1,5 °C, lo que reducirá considerablemente los riesgos y el impacto del cambio climático. - Que las emisiones globales alcancen su nivel máximo cuanto antes, si bien reconocen que en los países en desarrollo el proceso será más largo. - Realizar posteriormente reducciones rápidas de acuerdo con los mejores conocimientos científicos disponibles, para lograr un equilibrio entre las emisiones y las absorciones en la segunda mitad del siglo.
TRANSPARENCIA Y BALANCE GLOBAL.	<ul style="list-style-type: none"> - Reunirse cada cinco años para evaluar el progreso colectivo hacia los objetivos a largo plazo e informar a las Partes sobre la actualización y mejora de sus contribuciones determinadas a nivel nacional - Informar a los demás gobiernos y a la ciudadanía sobre sus avances en la aplicación de las medidas de acción por el clima - Evaluar los avances hacia el cumplimiento de sus compromisos en virtud del Acuerdo mediante un sólido mecanismo de transparencia y rendición de cuentas.
ADAPTACIÓN.	<ul style="list-style-type: none"> - Reforzar la capacidad de las sociedades para afrontar las consecuencias del cambio climático - Ofrecer a los países en desarrollo una ayuda internacional a la adaptación mejor y más constante.
DAÑOS Y PERJUICIOS.	<ul style="list-style-type: none"> - Reconoce la importancia de evitar, reducir al mínimo y atender a los daños y perjuicios debidos a los efectos adversos del cambio climático - Admite la necesidad de cooperar y mejorar la comprensión, actuación y apoyo en diferentes campos: sistemas de alerta temprana, preparación para emergencias y seguro contra los riesgos.
PAPEL DE LAS CIUDADES, LAS REGIONES Y LAS ADMINISTRACIONES LOCALES.	<ul style="list-style-type: none"> - Reconoce la importancia de las partes interesadas no signatarias: las ciudades y otras administraciones subnacionales, la sociedad civil, el sector privado, etc. - Les invita a: intensificar sus esfuerzos y medidas de apoyo para reducir las emisiones; aumentar la resistencia y reducir la vulnerabilidad a los efectos adversos del cambio climático; y mantener e impulsar la cooperación regional e internacional.

Fuente: Comisión Europea (s. f.).

²⁵ Sanz y Galán (2020, p.201).

²⁶ CMNUCC (2015).

El Acuerdo tiene por objeto reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza (artículo 2.1) para lo que se establecen los siguientes objetivos globales^{26/27} (Tabla 5):

- Mantener el incremento de la temperatura media global por debajo de los 2°C respecto a los niveles preindustriales y, si es posible, por debajo de 1.5°C (art. 2.1a).
- Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia (art. 2.1b).
- Asegurar la coherencia de los flujos financieros con el nuevo modelo de desarrollo (art. 2.1c).

En materia de **adaptación** el Acuerdo señala^{26/27}:

- Que es necesario aumentar la capacidad adaptativa, reducir la vulnerabilidad y mejorar la resiliencia frente a los impactos del cambio climático, incluidos fenómenos extremos, reconociendo la importancia de evitar, minimizar y hacer frente a las pérdidas y daños y el papel del desarrollo sostenible en la reducción del riesgo de los mismos.
- Reconoce “que la necesidad actual de adaptación es considerable, que un incremento de los niveles de mitigación puede reducir la necesidad de esfuerzos adicionales de adaptación, y que, por el contrario, un aumento, de las necesidades de adaptación entrañaría un incremento de los costes” (art. 7.4).
- Reafirma en que la adaptación es un objetivo y un reto global (art. 7.2) que deberá afrontarse desde distintas dimensiones (local, regional, nacional, internacional).

Además, se establece (art. 12) que “las Partes deberán cooperar en la adopción de las medidas que correspondan para mejorar la educación, la formación, la sensibilización y participación del público y el acceso público a la información sobre el cambio climático” considerando la importancia de estas medidas para mejorar la acción en el marco del Acuerdo.

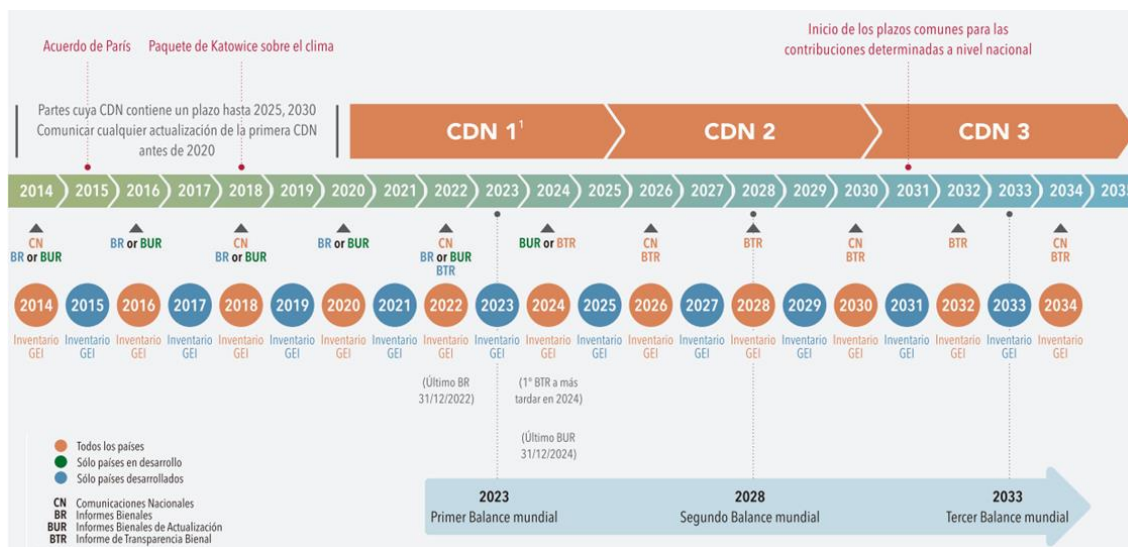


Figura 4. Línea de tiempo para la presentación de información bajo el Acuerdo de París.

¹Comunicación de la CDN (Contribución Determinada a Nivel Nacional) cada 5 años.

Fuente: Sanz et al. (2019).

²⁷ España (2021).

El Acuerdo incluye un marco de transparencia que contempla un ciclo de revisión cada 5 años (Figura 4), comenzando en 2023, en el que se realizará un balance su estado de la implementación, incluyendo el progreso respecto al objetivo de los 2°C (art. 14).

En 2018, durante COP24, se aprobaron las directrices de aplicación del Acuerdo de París recogidas en el conocido como **Paquete de Katowice**, un documento reglamentario en el que se incluyen las normas, directrices y procedimientos comunes detallados que ponen en práctica el Acuerdo en lo que respecta a²⁸:

- La información sobre los objetivos nacionales de mitigación, y otros objetivos y actividades relacionados con el clima, que los Gobiernos proporcionarán en sus contribuciones determinadas a nivel nacional.
- La comunicación de los esfuerzos de adaptación a las repercusiones del cambio climático.
- Las reglas de funcionamiento del marco de transparencia.
- El establecimiento de un comité para facilitar la aplicación del Acuerdo y promover el cumplimiento de las obligaciones dimanantes del mismo.
- La elaboración del balance mundial del progreso general hacia los objetivos del Acuerdo.
- La evaluación del progreso del desarrollo y la transferencia de tecnología.
- La información preliminar sobre el apoyo financiero que será proporcionada a los países en desarrollo y el proceso de establecimiento de nuevas metas de financiación de 2025 en adelante.

Tabla 6. Posibles elementos de una comunicación sobre la adaptación según el Paquete de Katowice.

<p>a) Las circunstancias, los arreglos institucionales y los marcos jurídicos nacionales.</p> <p>b) Los efectos, riesgos y vulnerabilidades, según proceda.</p> <p>c) Las prioridades, estrategias, políticas, planes, objetivos y medidas nacionales en materia de adaptación.</p> <p>d) Las necesidades de aplicación y apoyo de las Partes que son países en desarrollo, y el apoyo que se les haya prestado.</p> <p>e) La aplicación de medidas y planes de adaptación, en particular:</p> <ul style="list-style-type: none">i) Los progresos y resultados obtenidos.ii) Los esfuerzos de adaptación de los países en desarrollo, para que se reconozcan.iii) La cooperación para mejorar la adaptación en los planos nacional, regional e internacional, según proceda.iv) Los obstáculos, dificultades y carencias relacionados con la aplicación de la adaptación.v) Las buenas prácticas y lecciones aprendidas y el intercambio de información.vi) La vigilancia y evaluación. <p>f) Las medidas de adaptación o los planes de diversificación económica, particularmente aquellos que conlleven beneficios secundarios de mitigación.</p> <p>g) El modo en que las medidas de adaptación contribuyen a otros marcos y/o convenciones internacionales.</p> <p>h) Las medidas de adaptación con perspectiva de género y los conocimientos tradicionales, los conocimientos de los pueblos indígenas y los sistemas de conocimientos locales relacionados con la adaptación, cuando proceda.</p> <p>i) Cualquier otra información relacionada con la adaptación.</p>
--

Fuente: CMNUCC (2019, p. 27).

²⁸ CMNUCC (2021).

En materia de **adaptación** las directrices de implementación del Acuerdo aclaran cómo llevar un seguimiento de los esfuerzos para mejorar las capacidades nacionales de adaptación a los efectos adversos del cambio climático²⁸.

Se considera que este **seguimiento es esencial** porque, incluso en un escenario de reducción drástica de las emisiones de gases de efecto invernadero, el clima seguiría cambiando debido a las emisiones del pasado y porque cuanto menos disminuyan las emisiones futuras, mayor será el esfuerzo que habrá que hacer para adaptarse a sus efectos y más crítica será la situación de los más vulnerables.

La información sobre las prioridades, necesidades, planes y medidas de adaptación serán presentadas a través de "comunicaciones sobre la adaptación" o como parte de una comunicación nacional o de un plan nacional de adaptación. Las directrices para la aplicación del Acuerdo²⁹ presentan un anexo en el que se recoge una lista de elementos no vinculantes que se pueden incluir en esas comunicaciones (Tabla 6).

²⁹ CMNUCC, (2019, p. 27).

2.3. Marco europeo.

2.3.1. Reglamento 2018/1999 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima.

El Reglamento 2018/1999 de la UE³⁰ sienta la base legislativa necesaria para un **mecanismo de gobernanza** fiable y transparente que asegure el logro de los objetivos generales y específicos de la **Unión de la Energía para 2030** y a largo plazo, en consonancia con el Acuerdo de París de 2015.

A tal efecto el mecanismo de gobernanza se aplicará a las **cinco dimensiones de actuación** que en materia de energía fueron establecidas por la Estrategia Marco para una Unión de la Energía en 2015 (COM/2015/08 final)³¹: seguridad energética, mercado interior de la energía, eficiencia energética, descarbonización e investigación, innovación y competitividad.

El mecanismo de gobernanza se basa en las estrategias a largo plazo, los planes nacionales integrados de energía y clima, que abarquen períodos decenales con inicio en el período de 2021 a 2030, y los informes de situación nacionales integrados de energía y clima correspondientes elaborados por los Estados miembros.

Por lo que se refiere a las **Estrategias a largo plazo**, o estrategias de descarbonización, el Reglamento establece (artículo 15) que, a más tardar el 1 de enero de 2020 cada Estado miembro elaborará y comunicará a la Comisión sus estrategias a largo plazo con una perspectiva de, al menos, 30 años. La segunda es estas estrategias deberá comunicarse antes del 1 de enero de 2029 y las siguientes cada diez años, a no ser que requieran una actualización, en cuyo caso el plazo se reduce hasta los cinco años.

El Reglamento establece que los Estados miembros deberán comunicar a la Comisión sus **planes nacionales integrados de energía y clima**, el primero antes del 31 de diciembre de 2019, el segundo antes del 1 de enero de 2029 y, posteriormente cada diez años. El contenido de estos planes se establece en el artículo 3 y el anexo I del Reglamento.

Los **informes de situación nacionales integrados de energía y clima** de los Estados miembros deben reflejar los elementos establecidos en el modelo de planes nacionales integrados de energía y clima. Los primeros informes de situación deben presentarse en 2023 y, posteriormente cada dos años, señalando la situación de la aplicación de su plan nacional integrado de energía y clima y haciendo referencia a las cinco dimensiones de la Unión de la Energía. El contenido de estos informes se establece en el artículo 17 y el anexo I del Reglamento.

Entre las comunicaciones que se deben incorporar a estos informes de situación se encuentran las de información integrada sobre: energías renovables (artículo 20); eficiencia energética (artículo 21); seguridad energética (artículo 22); el mercado interior de la energía (artículo 23); pobreza energética (artículo 24); investigación, innovación y competitividad (artículo 25).

Otras obligaciones de comunicación a la Comisión establecidas en el Reglamento son:

- Información integrada de las políticas y medidas en materia de gases de efecto invernadero y de las proyecciones correspondientes, cada dos años (artículo 18).

³⁰ Parlamento y Consejo de la Unión Europea (2018).

³¹ Comisión Europea (2015).

- Información integrada de las actuaciones nacionales de adaptación, del apoyo financiero y tecnológico proporcionado a países en desarrollo e ingresos procedentes de las subastas, cada dos años o anualmente, según el tipo de información (artículo 19).

2.3.2. Pacto Verde Europeo.

La Comunicación de la Unión Europea relativa al **Pacto Verde Europeo** (*The European Green Deal*), de diciembre de 2019, establece una nueva estrategia de crecimiento que persigue transformar la Unión Europea en una sociedad justa y próspera, con una economía moderna, eficiente en el uso de sus recursos y competitiva, y con la finalidad de hacer de la Unión Europea el primer continente neutro climáticamente en el año 2050 y con un crecimiento económico disociado del uso de los recursos ^{32/33}.

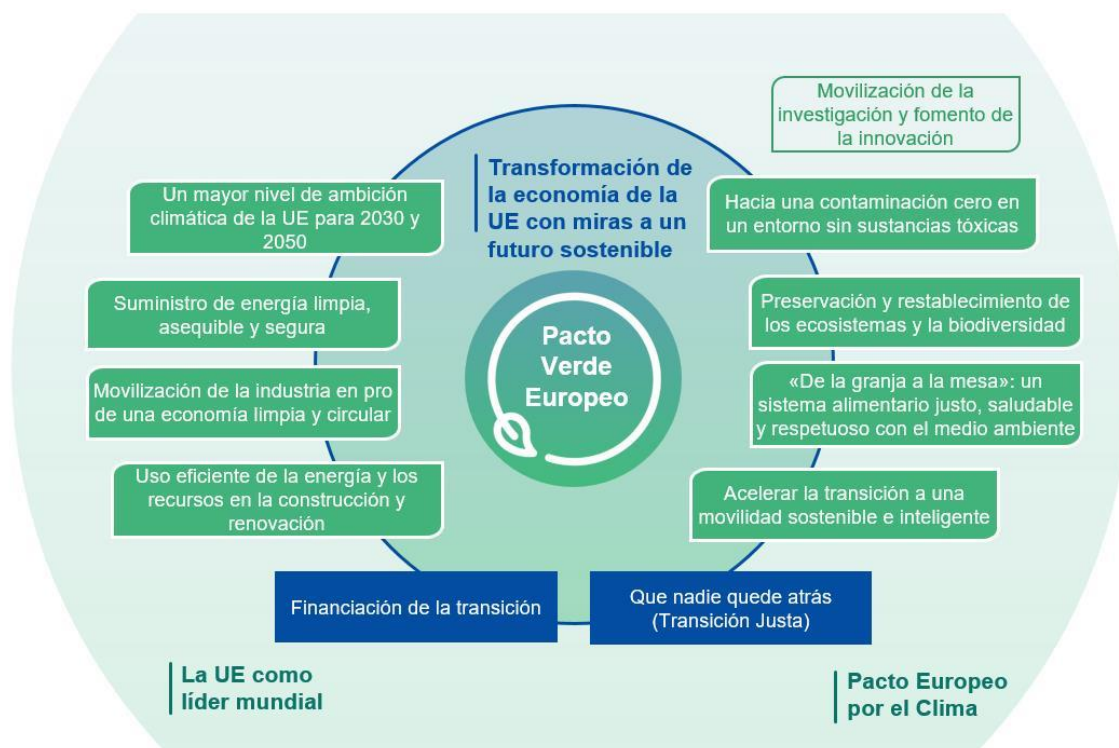


Figura 5. Elementos del Pacto Verde.

Fuente Comisión Europea (2019).

El Pacto Verde establece un plan de acción para impulsar un uso eficiente de los recursos mediante el paso a una economía limpia y circular, restaurar la biodiversidad y reducir la contaminación, que afecta a una multitud de ámbitos de acción: suministro de energía limpia al conjunto de la economía, industria, producción y consumo, grandes infraestructuras, transporte, alimentación y

³² España (2021).

³³ Comisión Europea (2019).

agricultura, construcción, fiscalidad, prestaciones sociales, protección y restablecimiento de los ecosistemas naturales, uso sostenible de los recursos y la mejora de la salud humana.

Tabla 7. Cronología del Pacto Verde y su desarrollo.

11 de diciembre de 2019	Presentación del Pacto Verde Europeo.
14 de enero de 2020	Presentación del Plan de Inversiones del Pacto Verde Europeo y del Mecanismo para una Transición Justa.
4 de marzo de 2020	Propuesta de una Ley Europea del Clima para garantizar la neutralidad climática de la Unión Europea de aquí a 2050. Consulta pública (abierta hasta el 17 de junio de 2020) sobre el Pacto Europeo por el Clima, que reúne a regiones, comunidades locales, la sociedad civil, empresas y centros escolares.
10 de marzo de 2020	Adopción de la Estrategia Industrial Europea, un plan para una economía preparada para el futuro.
11 de marzo de 2020	Propuesta de un Plan de Acción para una Economía Circular centrado en el uso sostenible de los recursos.
20 de mayo de 2020	Presentación de la Estrategia de la UE sobre Biodiversidad para 2030, destinada a proteger los frágiles recursos naturales de nuestro planeta. Presentación de la Estrategia «De la Granja a la Mesa» para aumentar la sostenibilidad de los sistemas alimentarios.
8 de julio de 2020	Adopción de las estrategias de la UE para la integración del sistema energético y para el hidrógeno a fin de allanar el camino hacia un sector energético totalmente descarbonizado, más eficiente e interconectado.
17 de septiembre de 2020	Presentación del Plan del Objetivo Climático para 2030.
14 de octubre de 2020	Oleada de renovación para mejorar la eficiencia energética de los edificios. Estrategia sobre el Metano. Estrategia sobre sustancias químicas para la sostenibilidad.
19 de noviembre de 2020	Energías renovables marinas.
9 de diciembre de 2020	Pacto Europeo por el Clima.
10 de diciembre de 2020	Alianza Europea de Baterías.
18 de enero de 2021	Una nueva Bauhaus europea.
25 de marzo de 2021	Plan de Acción Ecológico.
12 de mayo de 2021	Plan de acción de contaminación cero.

Fuente: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es.

Fecha de consulta: 6 de junio de 2021.

Para hacer posible que los objetivos se cumplan, tras la presentación del Plan, se sucedieron una cascada de planes y acuerdos que recogían medidas específicas en distintas áreas (Tabla 7)³⁴:

- **Plan de Inversiones para el Pacto Verde Europeo y del Mecanismo de Transición Justa:** por el que se establecen sistemas de apoyo para las regiones donde la transición hacia la neutralidad climática suponga mayores esfuerzos por tener una mayor dependencia de los combustibles fósiles. El Mecanismo para una Transición Justa es un elemento fundamental para que el paso a una economía climáticamente neutra se haga de forma equitativa y no deje a nadie atrás. Proporciona apoyo específico para ayudar a movilizar al menos entre 65 000 y 75 000 millones de euros durante el período 2021-2027 en las regiones más

³⁴ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es#latest. Fecha de consulta: 6 de junio de 2021.

afectadas, a fin de mitigar el impacto socioeconómico de la transición. El Mecanismo consta de tres pilares de financiación: el Fondo de Transición Justa; un régimen de transición justa específico en el marco de InvestEU; y un instrumento de préstamo al sector público.

- **Ley Europea del Clima:** todavía en tramitación, ha sido aprobada por el Parlamento y el Consejo en primera lectura. El proyecto de ley establece un marco jurídicamente vinculante para llegar a la neutralidad climática en el año 2050, fijando un proceso de revisiones periódicas para comprobar los avances y hacer las correcciones necesarias.
- **Estrategia Industrial Europea:** un plan para lograr que las empresas y las industrias europeas lleven a cabo su transición ecológica de forma competitiva a través de tres líneas estratégicas de acción: la transición ecológica, la transición digital y la competitividad mundial. El plan incluye a todos los actores de los “ecosistemas industriales” (grandes empresas, pymes, prestadores de servicios para proveedores, administraciones públicas e instituciones académicas y de investigación) señalando que no se puede adoptar un enfoque único, sino que es necesario establecer soluciones adaptadas a cada tipo de actor. Además, tomando por modelo el éxito de las alianzas industriales (baterías, plásticos y microelectrónica), se pondrá en marcha una nueva alianza europea por un hidrógeno limpio, a la que deberían seguir, cuando estén listas, las alianzas sobre industrias hipocarbónicas, nubes y plataformas industriales, y materias primas.
- **Plan de Acción para la Economía Circular:** con iniciativas para transformar la economía de modo en que se fabriquen productos sostenibles que duren más y sean más sencillos de reutilizar o de reciclar. Entre estas iniciativas se señalan: el ecodiseño y el desarrollo de negocios que impulsen el reciclaje y la reutilización de textiles; la eliminación de los productos desechables o de un solo uso; y la eliminación o reducción de envasados contaminantes de los productos.
- **Estrategia “de la granja a la mesa”:** instrumento que se centra en la agricultura y la creación de un sistema alimentario más saludable y sostenible. Algunos de los objetivos de esta estrategia son: reducir un 50% el uso y el riesgo de los plaguicidas químicos para 2030; disminuir las pérdidas de nutrientes al menos un 50%, sin alterar la fertilidad del suelo; reducir el uso de fertilizantes al menos un 20% para 2030; reducir un 50% las ventas de antimicrobianos para animales de granja y de acuicultura de aquí a 2030; e impulsar el desarrollo de los cultivos ecológicos, de forma que en 2030 el 25% de todas las tierras agrícolas de la UE se dedique a la agricultura ecológica.
- **Estrategia de la UE sobre Biodiversidad para 2030:** con el objetivo de frenar la pérdida de biodiversidad en Europa, la estrategia propone, entre otras cosas, definir objetivos vinculantes para: regenerar los ríos y los ecosistemas degradados; mejorar la salud de las especies y hábitats protegidos de la UE; devolver los polinizadores a las tierras agrícolas; reducir la contaminación; hacer más ecológicas las ciudades; aumentar la agricultura ecológica y otras prácticas agrícolas respetuosas con la biodiversidad; y mejorar la salud de los bosques europeos. Para regenerar la biodiversidad y restaurar ecosistemas dañados o en peligro se fija como objetivo a 2030 establecer zonas protegidas en al menos el 30% de los suelos y el 30% de los mares en Europa y devolver la diversidad paisajística a un 10% de la superficie agrícola.
- **Estrategia de la UE para la integración del sistema energético:** que proporcionará el marco para la transición a una energía ecológica basándose en tres pilares: un sistema energético más circular, centrado en la eficiencia energética; una mayor electrificación directa de los sectores de uso final (edificios, vehículos, industria, etc.); y la promoción de combustibles

limpios, incluidos el hidrógeno renovable y los biocarburantes y el biogás sostenibles, para aquellos sectores en los que la electrificación resulta difícil.

- **Estrategia del hidrógeno:** como materia que puede apoyar la descarbonización de la industria, el transporte, la generación de electricidad y los edificios en Europa. La prioridad es desarrollar el hidrógeno renovable, producido utilizando principalmente energía eólica y solar; sin embargo, a corto y medio plazo se necesitan otras formas de hidrógeno bajo en carbono para reducir rápidamente las emisiones y apoyar el desarrollo de un mercado viable. Para ello se establece una transición con tres fases que culminan en el periodo 2030-2050 con la madurez de las tecnologías del hidrógeno y su despliegue a gran escala en todos los sectores de difícil descarbonización.
- **Plan del Objetivo Climático para 2030:** para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE en al menos un 55% de aquí a 2030, en comparación con los niveles de 1990.
- **Estrategia de sostenibilidad de la UE para las sustancias químicas:** uno de los primeros pasos hacia la consecución del objetivo de contaminación cero en un entorno sin sustancias tóxicas, impulsando la innovación para el desarrollo de sustancias químicas seguras y sostenibles, y reforzando la protección de la salud humana y el medio ambiente frente a las sustancias químicas peligrosas.
- **Estrategia de la UE para reducir las emisiones de metano:** que establece medidas legislativas y no legislativas para reducir las emisiones de metano en los sectores de la energía, la agricultura y los residuos.
- **Estrategia sobre una oleada de renovación:** con el objetivo de mejorar la eficiencia energética de los edificios públicos y privados se establece el objetivo de al menos a duplicar las tasas de renovación en los próximos 10 años. Hasta 2030 podrían renovarse 35 millones de edificios y crearse hasta 160 000 puestos de trabajo verdes adicionales en el sector de la construcción. Estas medidas son también una respuesta a la pobreza energética, contribuyen a la salud y el bienestar de las personas y ayudan a reducir su factura energética.
- **Estrategias sobre las energías renovables marinas:** con el objetivo de aumentar la capacidad de producción de energía eólica marina de Europa de su nivel actual de 12 GW a, como mínimo, 60 GW para 2030 y 300 GW para 2050. Además, se pretende complementarla de aquí a 2050 con 40 GW de energía oceánica y otras tecnologías emergentes, como la eólica y la solar flotantes.
- **Pacto europeo por el clima:** una iniciativa abierta, inclusiva y en evolución en pro de la acción por el clima, que invita a las regiones, las comunidades locales, la industria, las escuelas y la sociedad civil a compartir información sobre el cambio climático y la degradación del medio ambiente, así como sobre la manera de hacer frente a estas amenazas existenciales. En la fase inicial el Pacto dará prioridad a las acciones centradas en cuatro ámbitos que ofrezcan beneficios inmediatos no solo para el clima y el medio ambiente, sino también para la salud y el bienestar de los ciudadanos: zonas verdes, movilidad ecológica, edificios eficientes y competencias ecológicas.
- **Alianza europea de Baterías:** es la primera iniciativa de las acciones anunciadas dentro del Plan de Acción para la Economía Circular. La alianza propone requisitos obligatorios para todas las baterías (industriales, de automóviles, de vehículos eléctricos y de equipos portátiles) comercializadas en el mercado de la UE, como: el uso de materiales de origen responsable con un empleo restringido de sustancias peligrosas; un contenido mínimo de

materiales reciclados; la huella de carbono, el rendimiento, la durabilidad y el etiquetado; y el cumplimiento de los objetivos de recogida y reciclado. Se propone incrementar el porcentaje actual de recogida hasta alcanzar el 65% en 2025 y el 70% en 2030.

- **Nueva Bauhaus europea:** un proyecto medioambiental, económico y cultural cuyo objetivo es combinar diseño, sostenibilidad, accesibilidad, asequibilidad e inversión, bajo los principios de la sostenibilidad, la estética y la inclusividad.
- **Plan de Acción Ecológico:** con el objetivo de ayudar al sector orgánico alimentario a alcanzar su máximo potencial. El Plan establece 23 medidas organizadas en tres ejes: estimular la demanda y garantizar la confianza de los consumidores; estimular la conversión y reforzar toda la cadena de valor; y mejorar la contribución de la agricultura ecológica a la sostenibilidad medioambiental (productos orgánicos predicando con el ejemplo).
- **Plan de acción de contaminación cero del aire, el agua y el suelo:** en el que se establecen una serie de objetivos clave para 2030 mediante los que se busca una reducción de la contaminación en origen, en comparación con la situación actual: mejorar la calidad del aire para reducir en un 55% el número de muertes prematuras causadas por la contaminación atmosférica; mejorar la calidad del agua, reduciendo los residuos, los desechos plásticos en el mar en un 50% y en un 30% los microplásticos liberados en el medio ambiente; mejorar la calidad del suelo, reduciendo las pérdidas de nutrientes y el uso de plaguicidas químicos en un 50%; reducir en un 25% los ecosistemas de la UE cuya biodiversidad se ve amenazada por la contaminación atmosférica; disminuir en un 30% el porcentaje de personas crónicamente afectadas por el ruido del transporte; reducir significativamente la generación de residuos, y a la mitad la de desechos urbanos residuales.

2.3.3. La nueva estrategia de adaptación al cambio climático de la UE.

El 24 de febrero de 2021 se aprobó la Comunicación (2021) 82 final, **Forjar una Europa resiliente al clima - la nueva estrategia de la UE sobre adaptación al cambio climático**³⁵. Esta nueva estrategia europea de adaptación al cambio climático pone de manifiesto que hay un consenso mundial cada vez más amplio sobre la importancia de la adaptación, pero también una falta de preparación.

Citando a la Comisión Mundial sobre la Adaptación, en el documento se señala que, a menudo, vale la pena adoptar soluciones de adaptación independientemente de la trayectoria climática final debido a sus múltiples beneficios colaterales, en particular los de las soluciones basadas en la naturaleza y la prevención del riesgo de desastres, y al “**triple dividendo**” que genera la adaptación: evitar futuras pérdidas humanas, naturales y materiales; generar beneficios económicos mediante la reducción de riesgos, el aumento de la productividad y el estímulo de la innovación; y los beneficios sociales, ambientales y culturales³⁶.

Esta nueva estrategia se basa en la experiencia adquirida años en el marco de la Estrategia de adaptación de 2013, aumentando la ambición y ampliando su marco de acción, abarcando nuevas áreas y prioridades, para materializar la visión de **una Unión resiliente frente al cambio climático** en 2050, favoreciendo una adaptación más inteligente, sistémica y rápida, e intensificando la acción internacional. A tal efecto se propone desarrollar las líneas de acción y medidas que se detallan a continuación, y para las que se indican los compromisos que adquiere la Comisión (Tabla 8).

³⁵ Comisión Europea (2021).

³⁶ Comisión Europea (2021, p. 2).

Tabla 8. Líneas de acción y medidas de la nueva estrategia de adaptación al cambio climático de la UE.

LÍNEAS DE ACCIÓN	MEDIDAS
Adaptación más inteligente.	Expandir las fronteras del conocimiento sobre la adaptación. Incrementar y mejorar datos sobre riesgos y pérdidas relacionados con el cambio climático. Hacer que Climate-ADAPT sea la plataforma europea autorizada para la adaptación
Adaptación más sistémica apoyando el desarrollo de políticas en todos los niveles y sectores.	Mejorar las estrategias y los planes de adaptación. Fomentar una resiliencia local, individual y justa. Integración de la resiliencia frente al cambio climático en los marcos presupuestarios nacionales. Promover soluciones de adaptación basadas en la naturaleza.
Adaptación más rápida - acelerar la adaptación en todos los ámbitos.	Acelerar la aplicación de soluciones de adaptación. Reducir el riesgo relacionado con el cambio climático. Cubrir las deficiencias de protección frente al cambio climático. Garantizar la disponibilidad y la sostenibilidad del agua dulce.
Intensificar la acción internacional para la resiliencia frente al cambio climático.	Aumentar el apoyo a la resiliencia y preparación internacionales frente al cambio climático. Incrementar la financiación internacional para aumentar la resiliencia frente al cambio climático. Fortalecer el compromiso y los intercambios mundiales en materia de adaptación.

Fuente: elaborado a partir de Comisión Europea (2021).

Adaptación más inteligente: a pesar de los progresos realizados, sigue habiendo grandes lagunas sobre adaptación por lo que es necesario avanzar en los conocimientos y en la gestión de la incertidumbre. Para ello la Comisión se compromete a:

- Expandir las fronteras del conocimiento sobre la adaptación:
 - ayudará a superar las lagunas de conocimiento sobre los efectos del cambio climático y la resiliencia al clima, incluso en los océanos, a través de Horizonte Europa, Europa Digital, Copernicus y EMODnet;
 - innovará en la elaboración de modelos de adaptación, la evaluación de riesgos y las herramientas de gestión hacia la “elaboración de modelos a nivel de activos”.
- Incrementar y mejorar datos sobre riesgos y pérdidas relacionados con el cambio climático:
 - promoverá y apoyará el uso de su centro de datos sobre riesgos, para armonizar el registro y la recopilación de datos exhaustivos y pormenorizados sobre riesgos y pérdidas relacionados con el cambio climático, y fomentará colaboraciones público-privadas a escala nacional para recopilar e intercambiar dichos datos;
 - estudiará con la Autoridad Europea de Seguros y Pensiones de Jubilación (AESPJ) y la industria las mejores vías para optimizar la recopilación de datos uniformes y exhaustivos sobre pérdidas aseguradas, y capacitará a la AESPJ, según sea necesario;
 - ampliará el alcance del acceso público a la información medioambiental en la Directiva INSPIRE para incluir datos sobre riesgos y pérdidas relacionados con el cambio climático.
- Hacer que Climate-ADAPT sea la plataforma europea autorizada para la adaptación proponiéndose:
 - actualizar y ampliar Climate-ADAPT como fuente de conocimientos sobre los impactos climáticos y la adaptación y como mecanismo de seguimiento y notificación;
 - establecer un observatorio europeo del clima y la salud en el marco de la plataforma Climate-ADAPT.

Adaptación más sistémica apoyando el desarrollo de políticas en todos los niveles y sectores: incorporando activamente las consideraciones relativas a la resiliencia frente al cambio climático en todos los ámbitos políticos pertinentes, aplicables tanto al sector público como al privado, y apoyando el desarrollo y la aplicación de estrategias y planes de adaptación en todos los niveles de gobernanza. Para ello se establecen tres prioridades transversales: integración de la adaptación en la política macropresupuestaria, soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación y medidas locales de adaptación. De este modo la Comisión se compromete a:

- Mejorar las estrategias y los planes de adaptación:
 - estimulará la cooperación regional y transfronteriza y mejorará las directrices sobre estrategias nacionales de adaptación en cooperación con los Estados miembros;
 - mejorará el seguimiento, la notificación y la evaluación de la adaptación mediante un marco armonizado de normas e indicadores;
 - proporcionará herramientas de evaluación previa de proyectos para identificar mejor los beneficios colaterales y los impactos económicos positivos de los proyectos de adaptación y prevención;
 - actualizará sus directrices y su conjunto de herramientas para la mejora de la legislación para reflejar mejor los principios de coherencia de las políticas de gestión del riesgo climático.
- Fomentar una resiliencia local, individual y justa:
 - intensificará su apoyo a la planificación y la aplicación de la adaptación local y pondrá en marcha un mecanismo de apoyo a la adaptación en el marco del Pacto Mundial entre Alcaldes de la UE;
 - apoyará la reconversión y el reciclaje laboral de los trabajadores para una resiliencia justa y equitativa mediante la educación y la formación a través del FSE+, el programa ERASMUS+ y el Cuerpo Europeo de Solidaridad;
 - seguirá garantizando la aplicación de la actual legislación social y en materia de empleo y, cuando proceda, estudiará la propuesta de nuevas iniciativas que aumenten la protección de los trabajadores frente a los impactos climáticos.
- Integración de la resiliencia frente al cambio climático en los marcos presupuestarios nacionales:
 - elaborará métodos para medir el impacto potencial de los riesgos relacionados con el clima en las finanzas públicas, desarrollará herramientas y modelos para las pruebas de resistencia al clima y entablará conversaciones con los Estados miembros sobre cómo tener mejor en cuenta el cambio climático en la presentación de información nacional y en los marcos presupuestarios;
 - explorará y examinará con los Estados miembros medidas para amortiguar el impacto fiscal de los eventos relacionados con el cambio climático y reducir los riesgos de sostenibilidad fiscal;
 - estudiará con los Estados miembros si los programas de estabilidad y convergencia podrían influir, y en qué medida, en la dimensión de la adaptación al clima;
 - promoverá una mejor coordinación y complementariedad entre las operaciones de emergencia y recuperación después de una catástrofe, apoyadas por el Fondo de Solidaridad de la Unión Europea y otros fondos de la UE, para fomentar el principio de “una mejor reconstrucción”.

- Promover soluciones de adaptación basadas en la naturaleza:
 - propondrá soluciones basadas en la naturaleza para la eliminación de carbono, incluyendo la contabilidad y la certificación de futuras iniciativas de captura de dióxido de carbono en suelos agrícolas;
 - desarrollará los aspectos financieros de las soluciones basadas en la naturaleza y fomentará el desarrollo de enfoques y productos financieros que también tengan en cuenta la adaptación basada en la naturaleza;
 - seguirá incentivando y ayudando a los Estados miembros a implementar soluciones basadas en la naturaleza mediante evaluaciones, directrices, creación de capacidades y financiación de la UE.

Adaptación más rápida - acelerar la adaptación en todos los ámbitos: el progreso en la planificación de la adaptación sigue siendo lento, la aplicación y el seguimiento son aún más lentos, y las medidas actuales se centran principalmente en la concienciación, la organización institucional o el desarrollo de políticas, pero se demora la aplicación de soluciones físicas.

La Comisión pretende poner recursos para su ejecución acordes al desafío, aumentando al 30% el objetivo de gasto para la acción por el clima en su presupuesto a largo plazo para 2021-2027; con un refuerzo de la dimensión social en el presupuesto de la UE en el marco del Fondo Social Europeo para proteger a los más vulnerables; y mediante el apoyo del Banco Europeo de Inversiones. Así, la Comisión se compromete a:

- Acelerar la aplicación de soluciones de adaptación:
 - implementará la Misión Horizonte Europa prevista sobre la adaptación al cambio climático, y otras misiones relevantes para la adaptación, incluidas las relativas a la salubridad del suelo, las ciudades climáticamente neutras y los océanos una vez que estas sean aprobadas;
 - favorecerá el desarrollo de nuevas soluciones de adaptación, incluidas herramientas de apoyo a la adopción de decisiones de respuesta rápida para enriquecer el conjunto de herramientas para los profesionales de la adaptación;
 - integrará la adaptación al cambio climático en la actualización de las directrices relativas a Natura 2000, en las directrices sobre forestación y reforestación respetuosas de la biodiversidad, y en la futura estrategia forestal;
 - fortalecerá su apoyo a la protección del potencial de los recursos genéticos para la adaptación, incluso proponiendo legislación sobre la producción y la comercialización de semillas;
 - seguirá desarrollando la taxonomía de la UE para actividades sostenibles de adaptación al cambio climático.
- Reducir el riesgo relacionado con el cambio climático:
 - mejorará las directrices para la protección frente al cambio climático y promoverá su uso en Europa y en el extranjero;
 - desarrollará una evaluación del riesgo climático a escala europea y reforzará las consideraciones climáticas en la prevención y la gestión del riesgo de desastres de la UE;
 - abordará la preparación y la respuesta a escala de la UE ante las amenazas sanitarias relacionadas con el cambio climático, en particular, a través del marco de la UE sobre amenazas para la salud pública y, en caso necesario, a través de la prevista Autoridad de Preparación y Respuesta ante Emergencias Sanitarias;

- aumentará la cooperación con las organizaciones de normalización para hacer que las normas sean resistentes al cambio climático y desarrollar otras nuevas para las soluciones de adaptación al cambio climático;
- apoyará la integración de las consideraciones de resiliencia frente al cambio climático en los criterios aplicables a la construcción y renovación de edificios e infraestructuras críticas.
- Cubrir las deficiencias de protección frente al cambio climático:
 - ayudará a examinar la penetración de los seguros contra desastres naturales en los Estados miembros, y a fomentarla, e invitará a la AESPJ a que elaborará un cuadro de indicadores de catástrofes naturales que permita evaluaciones a escala nacional;
 - reforzará el diálogo entre aseguradores, responsables políticos y otras partes interesadas;
 - identificará y promoverá las mejores prácticas en materia de instrumentos financieros para la gestión de riesgos, en cooperación con la AESPJ;
 - explorará un uso más amplio de instrumentos financieros y soluciones innovadoras para hacer frente a los riesgos provocados por el clima.
- Garantizar la disponibilidad y la sostenibilidad del agua dulce:
 - ayudará a garantizar en todos los sectores y fronteras un consumo y una gestión del agua sostenibles y resilientes frente al cambio climático mejorando la coordinación de los planes temáticos y otros mecanismos, como la asignación de recursos hídricos y los permisos para el agua;
 - ayudará a reducir el consumo del agua mediante el aumento de los requisitos de ahorro de agua para los productos, el fomento de la eficiencia hídrica y el ahorro del agua, y la promoción de un uso más amplio de los planes de gestión de sequías, así como la gestión y el uso sostenible de los suelos;
 - contribuirá a garantizar un suministro estable y seguro de agua potable, fomentando la incorporación de los riesgos del cambio climático en los análisis de riesgos de la gestión del agua.

Intensificar la acción internacional para la resiliencia frente al cambio climático: considerando la adaptación es un elemento transversal de la acción exterior de la UE y los Estados miembros, que abarca la cooperación internacional, la migración, el comercio, la agricultura y la seguridad. Se promoverán enfoques nacionales, subnacionales y regionales para la adaptación, prestando especial atención a la adaptación en los países africanos, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países menos adelantados, y se desarrollarán mecanismos financieros innovadores para potenciar la financiación privada dirigida a la adaptación en los países asociados.

Para ello se establecen los siguientes mecanismos o líneas de acción: aumentar el apoyo a la resiliencia y preparación internacionales frente al cambio climático; incrementar la financiación internacional para aumentar la resiliencia frente al cambio climático; y fortalecer el compromiso y los intercambios mundiales en materia de adaptación.

Finalmente, el documento concluye señalando que **la adaptación es un componente fundamental de la respuesta mundial al cambio climático, imprescindible para incrementar la resiliencia**, y la nueva estrategia, junto con el Pacto Verde y la propuesta de Ley Europea del Clima, allana el camino para una mayor ambición en esta materia, con el objetivo de alcanzar una sociedad plenamente adaptada en 2050.

2.4. Marco español.

2.4.1. La Estrategia de Transición Justa.

Aprobada por el Gobierno de España en febrero de 2019, la **Estrategia de Transición Justa** se centra principalmente en los aspectos relacionados con el apoyo a la transformación de los sectores económicos y la generación y protección del empleo³⁷, estableciendo los siguiente **objetivos**³⁸:

- OE1. Facilitar el aprovechamiento de las oportunidades de empleo y mejora de la competitividad y cohesión social generados por la transición ecológica de la economía.
- OE2. Garantizar un aprovechamiento de las oportunidades igualitario: género, colectivos vulnerables y mundo rural.
- OE3. Dotar de capacidad de observación sobre la situación y las tendencias del mercado laboral respecto a la transición ecológica.
- OE4. Convertir la transición ecológica en un vector para frenar la despoblación e impulsar la dinamización de las zonas rurales.
- OE5. Promover foros de participación sectoriales.
- OE6. Realizar planes sectoriales en los principales sectores económicos, analizando retos, oportunidades, amenazas y diseñando medidas necesarias para llevar a cabo su transformación.
- OE7. Evaluar y mejorar los actuales instrumentos de la Administración General del Estado de apoyo a la empresa para la transición ecológica (apoyo a I+D+i, financiación, préstamos, avales, garantías, formación, etc.).
- OE8. Proponer políticas de apoyo adecuadas (industriales, de I+D+I, de promoción de actividad económica, de empleo y formación profesional, etc.) para el trabajo coordinado de las Administraciones Públicas y los agentes sociales.
- OE9. Minimizar los impactos negativos en zonas vulnerables a través de Convenios de Transición Justa, apoyando técnica y financieramente su realización, y con la participación de las diferentes administraciones, agentes y organizaciones sociales del territorio.
- OE10. Impulsar la elaboración de Convenios de Transición Justa para sectores estratégicos y colectivos afectados y apoyar su realización.
- OE11. Proponer un Plan de Acción Urgente de Transición Justa para comarcas del carbón y territorios y colectivos afectados por el cierre de centrales.

Para alcanzar estos objetivos la Estrategia incluye diferentes medidas (Tabla 9 a Tabla 16) que se estructuran en ocho líneas de acción o ejes:

- Eje A. Impulso a la transición ecológica de los sectores económicos (24 medidas).
- Eje B. Acompañamiento específico a sectores estratégicos industriales (cinco medidas).
- Eje C. Reducción de la desigualdad y apoyo a los consumidores (tres medidas).
- Eje D. Reactivación (4 medidas).
- Eje E. Políticas activas de empleo verde y protección social (ocho medidas).
- Eje F. Formación profesional verde (ocho medidas).
- Eje G. I+D+i (diez medidas)
- Eje H. Mejora del conocimiento sobre el impacto de la transición ecológica en el empleo (cinco medidas).

³⁷ Instituto para la Transición Justa (2020 p. 10).

³⁸ Instituto para la Transición Justa (2020 p. 30).

Tabla 9. Medidas del Eje A. Impulso a la transición ecológica de los sectores económicos.

A1. Promover el desarrollo de nuevos sistemas y procesos productivos basados en el empleo de recursos biológicos, renovables, garantizando la sostenibilidad de los recursos naturales y la utilización eficiente de los mismos y la conservación de la biodiversidad.
A2. Promover, en coordinación con los agentes sociales, la realización de foros sectoriales sobre transición ecológica para la mejora de la competitividad, la atracción de inversión, la generación de empleo verde y la adaptación de las actividades económicas al cambio climático.
A3. Fomentar la transparencia de los productos para que los consumidores puedan basar su decisión de compra disponiendo de la información necesaria, mediante el uso de la ecoetiqueta europea, los sistemas voluntarios de certificación, el análisis del ciclo de vida o las declaraciones ambientales de producto.
A4. Impulsar la contratación pública verde como vector de transformación.
A5. Apoyar las tecnologías y los productos respetuosos con el medio ambiente mediante de medidas de fiscalidad verde.
A6. Acelerar la Transición Energética mediante el desarrollo del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 y otros instrumentos de política energética.
A7. Aprobar una Estrategia de Movilidad, Segura, Sostenible y Conectada que garantice, teniendo en cuenta el reto del cambio climático, la movilidad a toda la ciudadanía y que incluya aspectos sociales y laborales del transporte y la movilidad.
A8. Elaboración de un Plan Industrial de Energías Renovables para que la penetración de renovables lleve aparejada la creación de empleo en el tejido industrial a lo largo de toda la cadena de valor, con equilibrio territorial y dentro de las exigencias de la economía circular.
A9. Aprobar una Estrategia Española de Economía Circular y los correspondientes planes de acción que abarquen aspectos económicos, ambientales, sociales y de I+D+i y acelerar las actuaciones en materia de prevención y gestión de residuos mediante la aprobación de una nueva Ley de residuos.
A10. Aprobar un Plan de Acción en materia de plásticos acorde con las líneas marcadas por la Comisión Europea en su estrategia de plásticos y enmarcado en el I Plan de Acción de la EEEC.
A11. Apoyar la creación de empleo verde en el mundo rural contribuyendo a la Estrategia Nacional frente al Reto Demográfico y siguiendo las Directrices Generales que establece la misma, con particular atención al fomento del empleo y emprendimiento juvenil y de las mujeres.
A12. Desarrollo de medidas específicas para la generación de empleo rural ligado a oportunidades de las energías renovables como biomasa o biogás, bajo criterios de sostenibilidad.
A13. Elaboración y adopción de una agenda de digitalización para el sector agroalimentario, forestal y del medio rural en la que se definirán las líneas estratégicas para impulsar la transformación digital de estos sectores.
A14. Reconocimiento y apoyo a figuras como las del silvicultor activo para mantener los montes en adecuado nivel de conservación y generar recursos renovables.
A15. Impulso de la Estrategia de Bioeconomía para generar valor económico utilizando como elementos fundamentales los recursos de origen biológico, de manera eficiente y sostenible, activando mercados locales para productos y subproductos.
A16. Aprobar la Estrategia Española de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas , y promover la total aplicación de los planes de gestión de la Red Natura 2000 y de las estrategias de conservación de especies amenazadas y de lucha contra las especies exóticas invasoras para impulsar la creación de empleo verde en conservación de biodiversidad.
A17. Continuar con la ejecución del Programa Nacional de Desarrollo Rural , como herramienta necesaria para apoyar un desarrollo territorial equilibrado de nuestras zonas rurales.
A18. Revisión del Plan Forestal Español (2002-2032) con medidas específicas de fiscalidad forestal y de actividades económicas en el medio rural que promuevan el uso de los montes y eviten su abandono.
A19. Promover medidas en el contexto de la Iniciativa de Empresas y Biodiversidad para el refuerzo de las consideraciones de la biodiversidad en las estrategias de negocio de las empresas, tanto en minimización de los impactos negativos como en la generación de impactos positivos.
A20. Apoyar la creación de empleo en gestión de agua a través del Plan de Depuración, Saneamiento, Eficiencia, Energía, Ahorro y Reutilización del Agua.
A21. Aprobar una Estrategia de Turismo Sostenible 2030 que desestacionalice el turismo e impulse el turismo de naturaleza y biodiversidad, cultura, historia y arte para la promoción de un turismo generador de ingresos y empleo, que ponga en valor la biodiversidad, asegurando la correcta conservación de los valores naturales del territorio y contribuyendo a su utilización sostenible.
A22. Elaborar un Plan de Adaptación de los Instrumentos de la AGE de Apoyo a la Empresa , para asegurar su efectividad para la transición ecológica.
A23. Adaptación de programas de desarrollo rural del FEADER para la inclusión de propuestas de Transición Justa.
A24. Reorientación del ICO como instrumento de política económica y entidad de promoción de las PYMES, fomentando especialmente aquellas actividades relacionadas con la transición ecológica y con respeto al principio de equilibrio presupuestario.

Fuente: Instituto para la Transición Justa (2020 pp. 32-35).

Tabla 10. Medidas del Eje B. Acompañamiento específico a sectores estratégicos industriales.

B1. Aprobación del Acuerdo Estratégico del Sector de la Automoción para marcar la hoja de ruta del trabajo a realizar en colaboración público-privada para el impulso del sector y la atracción de nuevas inversiones con instrumentos como mesas de trabajo para debatir con todos los agentes involucrados las necesarias propuestas, instrumentos de apoyo a las inversiones productivas que pueda utilizar el sector para acometer sus proyectos de I+D+i o la adquisición de nuevos activos, apoyo al rejuvenecimiento de plantillas y de la formación profesional.
B2. Elaboración de un Plan Sectorial de Transición para el Transporte que, dentro de la Estrategia de Movilidad, Segura, Sostenible y Conectada para todos, identifique los retos de la transición ecológica y proponga las medidas de acompañamiento y apoyo necesarias para avanzar en la descarbonización del transporte y en la internalización de los costes.
B3. Aprobación del Estatuto de Consumidores Electrointensivos , que caracterizará dichos consumidores en un marco estable y predecible y establecerá las medidas necesarias a corto y largo plazo (maximización de recursos presupuestarios, impulso a los contratos bilaterales) para el mantenimiento y refuerzo de la competitividad de la industria electrointensiva, el mantenimiento del empleo y el impulso a proyectos de I+D+i.
B4. Establecimiento de un marco de transición para la cogeneración de alta eficiencia que utilice combustibles renovables o gas natural, garantice el autoconsumo de las instalaciones y aporte flexibilidad en su operación de cara al sistema eléctrico.
B5. Elaboración de un Plan Sectorial de Transición para la Industria que identifique los desafíos y oportunidades de la transición ecológica para sectores y subsectores industriales que facilite la consecución del objetivo de que el sector industrial alcance un 20% del PIB y que proponga medidas de acompañamiento y apoyo necesarias en las áreas de I+D+i, financiación a inversiones en adaptación de procesos y productos, eficiencia energética, utilización de nuevas materias primas y fuentes de energía, apoyo a renovación de bienes de equipo y tecnología, mantenimiento y creación de empleo, formación de trabajadores, etc.

Fuente: Instituto para la Transición Justa (2020 p. 35).

Tabla 11. Medidas del Eje C. Reducción de la desigualdad y apoyo a los consumidores.

C1. Realizar análisis de impactos sobre desigualdad, colectivos vulnerables y salud de las políticas de transición ecológica que se propongan.
C2. Aprobar una Estrategia de Pobreza Energética , con la colaboración de las comunidades autónomas, entidades locales y diversos representantes sociales y de las empresas energéticas, que mejore el conocimiento de la misma, la respuesta actual al problema y crear un cambio estructural para la mitigación de este problema.
C3. Realizar un estudio del impacto distributivo de las medidas propuestas en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima y diseñar los instrumentos para optimizar el impacto positivo que demuestra en el primer análisis.

Fuente: Instituto para la Transición Justa (2020 p. 36).

Tabla 12. Medidas del Eje D. Reactivación.

D1. Elaborar planes de transformación ecológica con calendarios claros, pactados y respetados por las partes, para que todos los actores puedan anticipar medidas de adaptación y transformación.
D2. Impulsar Convenios de Transición Justa para potenciar la reactivación económica de los sectores o territorios especialmente vulnerables o afectadas por los efectos de la transición hacia un modelo descarbonizado a través de marcos participados.
D3. Apoyar la diversificación de las propias empresas en dificultades por la transición para que puedan diversificar su actividad, incorporar nuevas líneas de producción y soluciones tecnológicas que permitan mantener empleos de calidad en las mismas zonas.
D4. Promover la realización de Planes de Transición Justa en empresas o grupos de empresas estratégicas , especialmente en aquellas que vayan a sufrir transformaciones significativas a corto plazo por las políticas de descarbonización y ecologización de la economía.

Fuente: Instituto para la Transición Justa (2020 p. 36).

Tabla 13. Medidas del Eje E. Políticas activas de empleo verde y protección social.

E1. Mejorar la integración de la variable de ecologización de la economía en los Planes Anuales de Política de Empleo .
E2. Garantizar la incorporación de las mujeres a las oportunidades laborales de la economía verde a través de inclusión de la perspectiva de género en las diferentes medidas.
E3. Garantizar la incorporación de la transición ecológica de la economía en las iniciativas o programas operativos de Fondo Social Europeo y fortalecer las iniciativas existentes.
E4. Impulsar desde el Servicio Público de Empleo Estatal, su Red de Centros Nacionales de Referencia, y en colaboración con las comunidades autónomas y los agentes sociales, la mejora del desempeño de los servicios de empleo y el desarrollo programas específicos en aquellos territorios que se identifiquen como vulnerables a los procesos de transición ecológica .
E5. Desarrollo de planes de formación específicos para personal docente y formador del CNER sobre transición ecológica.
E6. Fomento del empleo, autoempleo e iniciativas emprendedoras con fórmulas colectivas de economía social (cooperativas, empresas sin ánimo de lucro) mediante convocatorias específicas de promoción de empleo verde en zonas vulnerables a través, entre otras, de las convocatorias de la Fundación Biodiversidad.
E7. Participación del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico en las convocatorias del Servicio Público de Empleo Estatal para la concesión de subvenciones en el ámbito de colaboración con órganos de la Administración General del Estado que contraten trabajadores desempleados para la realización de obras y servicios de interés general y social.
E8. Implementar el Plan de Empleo para personas desempleadas de larga duración y el Plan de Choque por el Empleo Joven 2019-2021 cuyos objetivos entre otros son la reducción del paro juvenil, el aumento de la tasa de actividad, la reducción de la brecha de género y el incremento de las contrataciones indefinidas a través de medidas para facilitar el acceso de estos colectivos a nuevas oportunidades, como las derivadas de la transición ecológica y la lucha contra la despoblación.

Fuente: Instituto para la Transición Justa (2020 pp. 37-38).

Tabla 14. Medidas del Eje F. Formación profesional verde.

F1. Impulsar la formación para el empleo en los sectores productivos de la llamada economía verde y circular y potenciar la recualificación de los trabajadores de los sectores vulnerables o en reconversión.
F2. Continuar con la revisión de los currículos de la enseñanza primaria, secundaria obligatoria, bachillerato y enseñanza universitaria, así como del Catálogo Nacional de Cualificaciones Profesionales y el Catálogo de Títulos de Formación Profesional, y fomentar la elaboración de Cursos de Especialización vinculados con los sectores relacionados con la transición ecológica y el desarrollo de la competencia digital.
F3. Elaborar un estudio diagnóstico de las necesidades formativas de la transición ecológica en los diferentes sectores.
F4. Elaborar programas conjuntos para jóvenes entre los Ministerios de Educación y de Trabajo para la realización de una oferta de promoción de títulos y certificados de profesionalidad en los sectores ligados a la transición ecológica y promover una Formación Profesional Dual de calidad entre empresas de sectores verdes y jóvenes en formación.
F5. Acompasar estas medidas con las destinadas a disminuir la brecha de capacitación en tecnologías de la información y de formación en habilidades digitales ; dinamizar el emprendimiento local y luchar contra la brecha territorial y la despoblación tal como propone la Estrategia España Nación Emprendedora y las Directrices Generales para la Estrategia Nacional frente al Reto Demográfico.
F6. Apoyar la planificación de las empresas respecto a las necesidades de formación programada para la transición ecológica, así como el acceso a las bonificaciones existentes, con especial énfasis en el acceso a formación adecuada de trabajadores y trabajadoras de las pequeñas y medianas empresas.
F7. Promover la inclusión de cláusulas de formación para la transición ecológica de la economía en los convenios sectoriales firmados por empresas y sindicatos y la inclusión de estos contenidos en las instituciones responsables de su oferta.
F8. Promover la transición justa en la Educación Superior (Ciclos Formativos de Grado Superior y Educación Universitaria) y elaborar un plan de formación profesional que permita contar con el personal cualificado que requiere asegurar la seguridad y el desmantelamiento de las centrales nucleares dentro de un plan de cierre nuclear ordenado y flexible de las mismas.

Fuente: Instituto para la Transición Justa (2020 p. 38).

Tabla 15. Medidas del Eje G. I+D+i.

G1. Potenciar la compra pública innovadora para la ecologización de la economía .
G2. Apoyar la innovación y el desarrollo de tecnologías para la consecución de un sistema energético 100% renovable a través de soluciones de almacenamiento, hibridación, digitalización e integración de redes y movilidad sostenible.
G3. Inclusión de una Acción Estratégica en Energía y Cambio Climático en la futura Estrategia Española de Ciencia y Tecnología 2021-2028 y en el futuro Plan de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2021-2024 de forma que se pueda dar cabida a los instrumentos y modalidades de participación necesarios para cumplir con los compromisos internacionales y europeos asumidos.
G4. Apoyar el desarrollo de proyectos singulares o demostrativos de colaboración público-privada a través del IDAE y del Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) y proyectos para los territorios insulares y municipios afectados por la transición energética como campo de pruebas para tecnologías o políticas.
G5. Evaluación del actual Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación , y de la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación 2013-2020 y actualización de los documentos a las necesidades demandadas por la empresa española en apoyo a su actividad de I+D+i para su adaptación durante la transición.
G6. Programa para el desarrollo de una Red de Centros Tecnológicos de Excelencia para potenciar la investigación e innovación aplicada mediante la colaboración entre Centros Tecnológicos y PYMES en tecnologías prioritarias.
G7. Integración de políticas de Transición Justa en las plataformas temáticas de especialización inteligente para intensificar la cooperación entre regiones y facilitar la transición industrial y ecológica de regiones con vulnerabilidades.
G8. Implementación del plan SET (Strategic Energy Technology) de la UE que consiste en acelerar el desarrollo y despliegue de tecnologías bajas en carbono.
G9. Ejecución de la medida de apoyo a la innovación en el Programa Nacional de Desarrollo Rural , que contribuye a la financiación para la creación de grupos operativos supra-autonómicos y la realización de proyectos innovadores en el medio rural, incluyendo la difusión de los resultados de la innovación en relación con la economía circular y la bioeconomía, cambio climático y otros aspectos medioambientales relevantes con incidencia en el medio rural generada a través de la Asociación Europea para la Innovación (AEI-AGRI) y la creación de grupos locales.
G10. Apoyo y promoción a nuevos enfoques de financiación para apoyar la innovación de alto riesgo y gran repercusión en el ámbito de la energía limpia a fin de fomentar el espíritu empresarial y la asimilación por el mercado de soluciones hipocarbónicas innovadoras y eficientes desde el punto de vista energético.

Fuente: Instituto para la Transición Justa (2020 p. 39).

Tabla 16. Medidas del Eje H. Mejora del conocimiento sobre el impacto de la transición ecológica en el empleo.

H1. Presentar un análisis periódico de la transición ecológica de los sectores económicos para conocer la situación, tendencias y evolución, sus posibilidades de generación de empleo, las actividades económicas y ocupaciones con mejores perspectivas de empleo, las competencias más solicitadas por las empresas y las necesidades formativas, etc. La información incluirá segregación de datos por sexo para proponer estrategias de género adecuadas.
H2. Presentar un análisis de las vulnerabilidades en sectores o zonas concretas para poder implementar políticas de anticipación.
H3. Realización de un informe de diagnóstico completo con el lanzamiento de cada Estrategia de Transición Justa cada 5 años y un informe de seguimiento a la mitad del periodo de desarrollo, que incluirá un análisis de las oportunidades y las vulnerabilidades ligadas al ámbito demográfico y, especialmente, a la despoblación rural.
H4. Elaborar estudios de impactos en el empleo y la vulnerabilidad social como parte del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030.
H5. Promover la mejora de las fuentes estadísticas a través de la adaptación de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas para el seguimiento de la ecologización de la economía .

Fuente: Instituto para la Transición Justa (2020 p. 40).

Para los desafíos a corto plazo del proceso de descarbonización, la Estrategia incorpora el **Plan de Acción Urgente para comarcas de carbón y centrales en cierre 2019-2021**, con el que se pretende dar respuesta al cierre de explotaciones mineras a 31 de diciembre de 2018, así como de centrales térmicas de carbón y centrales nucleares. Los objetivos de este Plan son:

- 1. Garantizar a los trabajadores que pierdan su empleo en empresas mineras que cierren compensaciones adecuadas.
- 2. Mantener a corto plazo el empleo para las comarcas mineras a través del Plan de Restauración de Minas, el Plan de Energías Renovables y Eficiencia Energética, y otros planes a desarrollar con los municipios mineros.

- 3. Ofrecer, durante el marco temporal del Plan, la implementación en las zonas sujetas al cierre de minas a 31 de diciembre de 2018, al cierre de centrales de carbón o centrales nucleares la aspiración de Convenios de Transición Justa con el objetivo de que los cierres no generen impactos sobre empleo y población al final del proceso.

Las **medidas previstas** en el Plan de Acción Urgente son³⁹:

- 1. Apoyo y financiación del desarrollo a corto plazo de Convenios de Transición Justa para las comarcas mineras y territorios afectados por el cierre de centrales con objeto de asegurar su transformación estructural, recuperación económica y bienestar social.
- 2. Solicitud de un plan de reactivación a las empresas que requieran el cierre de sus instalaciones.
- 3. Desarrollo de un marco de acuerdo entre empresas que solicitan los cierres, organizaciones sindicales y Administración para acompañar el cierre de las centrales térmicas que incorporen los elementos necesarios para desarrollar una transición justa.
- 4. Agilización de la concesión de subvenciones para el impulso económico de las comarcas mineras del carbón del marco 2013-2018 y la extensión de fecha límite para el reconocimiento de las ayudas hasta el 31 de diciembre de 2023.
- 5. Implementación de medidas urgentes para el mantenimiento del empleo y la protección social en las comarcas afectadas por el cierre de empresas mineras.
- 6. Puesta en marcha de la primera convocatoria de ayudas del programa Empleaverde con especial atención a zonas en transición para su reactivación.
- 7. Aprobación de un nuevo Plan Estratégico para la Fundación Ciudad de la Energía (CIUDEN) para que cumpla un papel significativo en la reactivación de las zonas mineras en la I+D+i de la transición energética.
- 8. Impulso del Instituto para la Transición Justa para prestar el apoyo técnico y acceso a financiación necesario.
- 9. Elaboración de una guía de desmantelamiento y reactivación para centrales nucleares que optimice los resultados sobre el empleo, la actividad y la cohesión social de las zonas implicadas en los procesos de cierre de instalaciones.
- 10. Lanzamiento del Equipo País de la Plataforma Europea de Regiones de Carbón en Transición para la presentación de actividades conjuntas que faciliten un mejor acceso a fondos europeos para proyectos estratégicos, incluyendo los que se destinen particularmente para esta Plataforma.

Para aquellas comarcas donde la transición energética y ecológica pueda poner en dificultades a las empresas y la actividad económica, la Estrategia incorpora una herramienta para su reactivación, los **Convenios de Transición Justa**, que deben proponer un plan de acción territorial integral.

Estos instrumentos, recogidos también en la Ley de Cambio Climático y Transición Energética, tienen como objetivo prioritario el mantenimiento y creación de actividad y empleo en el territorio, a través del acompañamiento a sectores y colectivos en riesgo, la fijación de población en los territorios rurales o en zonas con instalaciones en cierre y la promoción de una diversificación y especialización coherente con el contexto socio-económico.

³⁹ Instituto para la Transición Justa (2020 pp. 56-57).

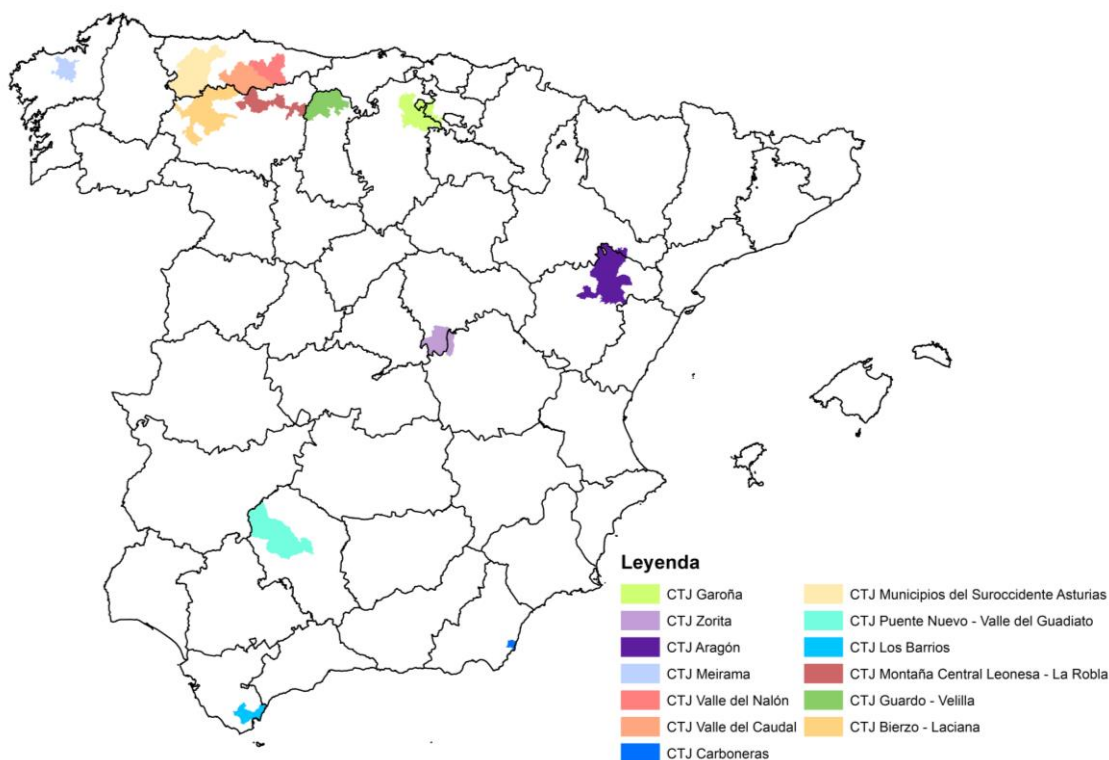


Figura 6. Convenios de Transición Justa en España.

Fuente: https://www.transicionjusta.gob.es/Convenios_transicion_justa/procesos_en_marcha-ides-idweb.asp.

Fecha de consulta: 8 de junio de 2021.

Algunas de los **requisitos** más destacados de este instrumento de reactivación son que:

- Constituyan proyectos integrados de desarrollo territorial que garanticen el empleo a medio y largo plazo y que dinamicen la transición ecológica.
- Se elaboren mediante procesos con amplia participación de actores, transparentes e inclusivos, fomentando la participación de empresas, organizaciones de los sectores empresariales, organizaciones sindicales, universidades, centros educativos, asociaciones y organizaciones ambientales no gubernamentales, agencias de desarrollo, Grupos de Acción Local y demás entidades interesadas o afectadas.
- Consideren la necesidad de mejorar la empleabilidad y condiciones laborales de las mujeres y de los colectivos con problemas de acceso al mercado laboral, como parados de larga duración, personas con discapacidad o población en riesgo de exclusión social.
- Busquen aprovechar los recursos endógenos del territorio, ya sean económicos, sociales o ambientales y atraerán inversiones exógenas, cuando sea necesario, apostando prioritariamente por aquellos sectores que también presenten mejores resultados de sostenibilidad, tanto ambiental, como económica y social.
- Sean negociados y pactados incorporando al mayor número de actores especialmente a las administraciones a nivel local.
- Incluyan hojas de ruta con calendarios de transformación acordados y obliguen a la consecución de objetivos medibles de índole económica (número de empleos creados y

mantenidos, número de empresas creadas, apoyadas en su transformación o que hayan incrementado su actividad), y de índole ambiental (de mejora ambiental de la zona, de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, etc.).

La **elaboración de los Convenios** conlleva las siguientes fases:

- Delimitación del ámbito geográfico del Convenio para cada zona en base a la metodología y criterios establecidos.
- Elaboración de un documento de caracterización y diagnóstico preliminar de las zonas.
- Firma del Protocolo General de Actuación del Convenio.
- Realización de un proceso de participación pública que permita involucrar a los distintos agentes del territorio de cada una de las zonas en la elaboración del respectivo Convenio, con especial interés en sus aportaciones al documento de caracterización y diagnóstico y sus propuestas sobre posibles proyectos e inversiones y la estrategia de desarrollo local para la zona.
- Finalización del documento de caracterización y diagnóstico en base a las contribuciones realizadas por los distintos agentes del territorio.
- Identificación final de potenciales inversiones y proyectos en cada territorio, análisis de viabilidad de los mismos y selección en base a indicadores.
- Identificación de fuentes de financiación y otras formas de apoyo que permitan la ejecución de los proyectos seleccionados.

Estos convenios se suscribirán entre el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, previo informe del Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad Social y del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, y otras Administraciones Públicas y buscarán la implicación de todos los niveles de la administración (Administración General del Estado, comunidades autónomas, diputaciones y administraciones locales).

2.4.2. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030 (PNACC).

En el ámbito nacional uno de los hitos principales en materia de adaptación al cambio climático fue el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC-1). En 2019 se publicó el Informe de Evaluación del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático y en 2020 se aprobó el segundo **Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático para el periodo 2021-2030 (PNACC-2)**.

El PNACC-2 constituye el instrumento de planificación básico para promover la acción coordinada y coherente frente a los efectos del cambio climático en España, en el que se definen objetivos, criterios, ámbitos de trabajo y líneas de acción para fomentar la adaptación y la resiliencia frente al cambio del clima, sin perjuicio de las competencias que correspondan a las diversas Administraciones Públicas⁴⁰.

El PNACC-2 explicita una serie de **principios orientadores** que deberán guiar las políticas y medidas en materia de adaptación (Figura 7) entre los que se encuentran: la consideración de las dimensiones social y territorial; el respeto a los derechos humanos y la justicia intergeneracional; el fundamento en la mejor ciencia y conocimiento disponibles; la transversalidad y la integración en los diferentes campos de la gestión pública; o la cooperación institucional⁴¹.

⁴⁰ Sanz y Galán (2020, p. 203).

⁴¹ MITERD (2020, pp. 47-51).



Figura 7. Principios orientadores del PNACC-2.

Fuente: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/pnacc_qa.aspx. Fecha de consulta: 5 de junio de 2021.

Asimismo, este segundo PNACC identifica cuatro dimensiones o **componentes estratégicos**⁴² que facilitan la definición y desarrollo de iniciativas eficaces en materia de adaptación:

- **Generación de conocimiento:** se debe impulsar la generación de conocimiento en el campo de las respuestas de carácter adaptativo, incluyendo nuevos ámbitos económicos, sociales y ecológicos y, además, se hace necesario generar nuevo conocimiento en los campos relacionados con el diseño y evaluación de estrategias y medidas de adaptación.
- **Integración de la adaptación en planes, programas y normativa sectorial:** a través de su incorporación en los planes y programas elaborados desde las Administraciones Públicas y en las normas que regulan la actividad en cada ámbito sectorial. En este sentido el Plan considera que la evaluación ambiental es un instrumento fundamental para la integración, con carácter preventivo, de la adaptación al cambio climático en planes, programas y proyectos que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente.
- **Movilización de actores:** mediante el impulso de la información, la divulgación, la capacitación y la investigación e innovación y participación social.

⁴² MITERD (2020, pp. 51-56).

- **Seguimiento y la evaluación:** con un enfoque iterativo, con objeto de asegurar procesos flexibles, robustos y que eviten la mala adaptación, permitiendo la integración periódica de la mejor ciencia disponible.

Con objeto de facilitar la integración de las actuaciones de adaptación en los distintos campos de la gestión pública y privada, el PNACC-2 define **18 ámbitos de trabajo**, en los que se encuadran las líneas de acción de carácter sectorial para los que se definen objetivos (Figura 8 y Tabla 17)⁴³.



Figura 8. Ámbitos de trabajo del PNACC-2.

Fuente: MITECO.



Figura 9. Líneas de trabajo transversales del PNACC-2.

Fuente: MITECO.

Asimismo, define siete **elementos de carácter transversal**: vulnerabilidad territorial, vulnerabilidad social, efectos transfronterizos, integración del enfoque de género, prevención de la mala adaptación y eliminación de incentivos perversos, costes y beneficios de la adaptación y de la inacción y orientación a la acción (Figura 9).

Estos elementos transversales deberán ser considerados a la hora de avanzar en el proceso de identificación de impactos, análisis de riesgos, identificación de acciones de adaptación, aplicación de las acciones y evaluación de los resultados⁴⁴.

⁴³ MITERD (2020, pp. 57-62).

⁴⁴ MITERD (2020, pp. 65 y ss.).

Tabla 17. Objetivos para los ámbitos de trabajo contemplados en el PNACC-2.

ÁMBITO	OBJETIVOS
CLIMA Y ESCENARIOS CLIMÁTICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Mantener y mejorar la observación sistemática de atmósfera, tierra y océano, así como el seguimiento del estado del clima y de las variables clave del sistema climático. - Mantener y mejorar la observación meteorológica para la alerta temprana frente a los fenómenos meteorológicos y climáticos adversos. - Poner a disposición de todas las personas interesadas el mejor conocimiento posible sobre los escenarios y proyecciones de cambio climático. - Avanzar en el desarrollo de servicios climáticos para que los datos e información climática básica se transformen en productos y aplicaciones climáticas de utilidad para los diversos ámbitos de actuación. - Capacitar a las personas interesadas para que éstas puedan hacer el mejor uso de las herramientas y los datos disponibles.
SALUD HUMANA	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar los riesgos del cambio climático sobre la salud humana y desarrollar las medidas más efectivas de adaptación. - Fomentar las actuaciones preventivas ante los riesgos derivados del exceso de temperaturas sobre la salud. - Prevenir los riesgos para la salud derivados de las enfermedades infecciosas y parasitarias, vectoriales y no vectoriales, favorecidas por el cambio del clima. - Identificar la incidencia del cambio climático en la calidad del aire y las sinergias entre medidas de adaptación y mitigación en este campo. - Prevenir los riesgos del cambio climático para la salud en el ámbito laboral.
AGUA Y RECURSOS HÍDRICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar los impactos y riesgos ecológicos, sociales y económicos derivados de los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos y los ecosistemas acuáticos asociados. - Profundizar en la integración del cambio climático en la planificación hidrológica y la gestión del ciclo integral del agua, dando especial prioridad a la gestión de eventos extremos (sequías e inundaciones). - Reducir el riesgo, promoviendo prácticas de adaptación sostenibles, que persigan objetivos múltiples. - Reforzar la recogida de parámetros clave para el seguimiento de los impactos del cambio climático.
PATRIMONIO NATURAL, BIODIVERSIDAD Y ÁREAS PROTEGIDAS	<ul style="list-style-type: none"> - Actualizar los estudios sobre los efectos esperados del cambio climático sobre la flora, la fauna y el patrimonio geológico, y sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas terrestres y marinos. - Apoyar las políticas y medidas orientadas a disminuir los niveles de estrés sobre las especies y ecosistemas, para facilitar que puedan adaptarse, manteniendo su biodiversidad y resiliencia ante el cambio climático. - Impulsar la introducción de criterios de adaptación al cambio climático en la planificación y gestión de las áreas protegidas. - Reforzar la capacidad adaptativa de la infraestructura verde y la conectividad ecológica para favorecer las respuestas adaptativas de las especies. - Promover medidas de adaptación al cambio climático que aprovechen el potencial de las soluciones basadas en la naturaleza. - Prevenir y hacer frente a los riesgos asociados a la proliferación de especies invasoras.
FORESTAL, DESERTIFICACIÓN, CAZA Y PESCA CONTINENTAL	<ul style="list-style-type: none"> - Profundizar en el conocimiento sobre el impacto del cambio climático sobre los recursos forestales (maderables y otros), teniendo en cuenta las afecciones sobre los bienes y servicios ecosistémicos. - Integrar la adaptación en la planificación y gestión forestal. - Integrar la adaptación en la planificación y gestión de la actividad cinegética y la pesca continental. - Prevenir la desertificación y la degradación de tierras y fomentar la restauración de tierras degradadas con criterios adaptativos. - Promover la acción frente a los incendios forestales, aprovechando el potencial de las soluciones basadas en la naturaleza.

ÁMBITO	OBJETIVOS
<p>AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y ACUICULTURA Y ALIMENTACIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir los riesgos derivados del cambio climático para la seguridad alimentaria. - Actualizar o ampliar el conocimiento relativo a la evaluación de los riesgos e impactos del cambio climático sobre los principales tipos de cultivos, especies ganaderas y pesquerías, así como en el sector de la alimentación. - Promover el desarrollo de intervenciones de adaptación a través del Plan Estratégico de España para la PAC post 2020 y otros instrumentos. - Promover la adaptación de la agricultura y la ganadería a los cambios del clima verificados o previstos, con especial énfasis en su ajuste a los recursos hídricos disponibles. - Reforzar la adaptación en la Política Pesquera Común (PPC), en los planes nacionales de gestión y recuperación y en el sector de la acuicultura. - Promover una alimentación saludable compatible con una producción de alimentos sostenible e integrada en el territorio y con la reducción del desperdicio alimentario. - Promover la sostenibilidad del sistema alimentario y la adaptación del medio rural, fomentando los canales cortos de comercialización, la bioeconomía, la economía circular y la agricultura de proximidad, entre otras estrategias.
<p>COSTAS Y MEDIO MARINO</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar herramientas para el análisis de riesgos y la definición de iniciativas de adaptación en la costa y el mar. - Desarrollar iniciativas de adaptación y promover las soluciones basadas en la naturaleza para la estabilización y la protección de la línea de costa frente a los riesgos climáticos. - Fomentar la toma en consideración de los riesgos costeros asociados al clima en la planificación territorial, de infraestructuras y urbanística en zonas de costa. - Incorporar criterios de adaptación al cambio climático a la planificación y la gestión de las áreas marinas protegidas.
<p>CIUDAD, URBANISMO Y EDIFICACIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reforzar la vinculación entre la Agenda Urbana Española y el nuevo PNACC, como marcos de gobernanza. - Integrar la adaptación en la planificación territorial y urbana, desarrollando una gobernanza para la gestión del riesgo democrática, con implicación de todas las partes interesadas. - Integrar la adaptación en el sector de la edificación, avanzando en la reglamentación para mejorar el comportamiento energético y el comportamiento hídrico de los edificios, en línea con los escenarios climáticos proyectados para el futuro. - Considerar escenarios y proyecciones de cambio climático futuro en las siguientes revisiones de la Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España.
<p>PATRIMONIO CULTURAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar los elementos del patrimonio cultural español más vulnerables al cambio climático y definir posibles estrategias de adaptación. - Incorporar las observaciones y proyecciones de cambio climático a los planes de conservación del patrimonio cultural. - Recoger y transferir el conocimiento vernáculo útil para la adaptación al cambio del clima. - Fomentar un turismo cultural adaptado al cambio climático y bajo en carbono. - Fomentar la cooperación internacional en la transferencia de conocimiento para proteger el patrimonio cultural y arquitectónico frente al cambio climático.
<p>ENERGÍA</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mejorar el conocimiento sobre los impactos del cambio climático en los potenciales de producción de las energías renovables y trasladar los resultados a la planificación energética. - Mejorar el conocimiento sobre los impactos potenciales del cambio climático en la funcionalidad y resiliencia de los sistemas de generación, transporte, almacenamiento y distribución de la energía y concretar medidas de adaptación. - Mejorar el conocimiento sobre los impactos del cambio climático en la demanda de energía e identificar medidas para evitar o limitar los picos de demanda, especialmente los asociados al calor. - Identificar riesgos derivados de eventos extremos en las infraestructuras energéticas críticas y aplicar medidas para evitar su pérdida de funcionalidad.

ÁMBITO	OBJETIVOS
MOVILIDAD Y TRANSPORTE	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar los sistemas de observación, transmisión, almacenamiento, análisis, modelización y predicción de la operatividad de las infraestructuras, considerando el cambio climático. - Incorporar criterios de adaptación al cambio climático a la planificación estratégica del sector transporte, incluyendo el apoyo y refuerzo de las capacidades de adaptación al cambio climático en las Administraciones Públicas y otros sectores y agentes clave. - Incorporar criterios de adaptación en la construcción de nuevas infraestructuras de transporte y ampliación de las existentes, así como en las fases de explotación y conservación. - Revisar los protocolos de prevención, mantenimiento y vigilancia de las infraestructuras de transporte considerando los riesgos derivados del cambio climático. - Completar el desarrollo y la integración de los sistemas de alerta por riesgos meteorológicos en los medios de transporte.
INDUSTRIA Y SERVICIOS	<ul style="list-style-type: none"> - Integrar la adaptación en la legislación sectorial y los planes de industrialización y del sector servicios. - Identificar los riesgos derivados del cambio climático que afectan a la industria española y al sector servicios, tanto respecto a sus instalaciones como a los bienes producidos y a los posibles cambios en las demandas. - Fomentar adopción de medidas de adaptación para la gestión de los riesgos derivados del cambio climático. - Estimular la generación de nuevos productos y servicios orientados a la adaptación.
TURISMO	<ul style="list-style-type: none"> - Integrar la adaptación en los planes, programas y estrategias del ámbito del turismo, incluyendo la Estrategia de Turismo sostenible de España 2030. - Proteger los destinos y recursos turísticos y fomentar la resiliencia de las infraestructuras y los equipamientos de uso turístico. - Definir modelos de turismo que sean sostenibles y que tengan en cuenta las capacidades de carga ambiental y los condicionantes climáticos de los destinos. - Estimular la oferta y la demanda para la creación de una oferta turística que aúne un buen ajuste a las nuevas condiciones climáticas y una baja huella de carbono.
SISTEMA FINANCIERO Y ACTIVIDAD ASEGURADORA	<ul style="list-style-type: none"> - Fomentar el papel del sistema financiero como catalizador de la adaptación al cambio climático y continuar explorando y favoreciendo las contribuciones específicas de la actividad aseguradora a la adaptación, con especial atención al seguro agrario, y creando incentivos para la prevención de riesgos. - Fomentar la generación de conocimiento y capacidades sobre los impactos del cambio climático en el sistema financiero y la actividad aseguradora, así como en la identificación de oportunidades de inversión. - Promover medidas que favorezcan la adaptación frente a los riesgos financieros asociados al cambio climático a través de su análisis, comunicación y prevención. - Favorecer marcos de colaboración y cooperación en materia de adaptación entre los diferentes agentes involucrados en el sistema financiero, con especial atención a la actividad aseguradora, y fortalecer las capacidades sobre adaptación en el sector.
REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES	<ul style="list-style-type: none"> - Impulsar la evaluación prospectiva de riesgos de desastres considerando las proyecciones y escenarios de cambio climático. - Promover la integración de criterios y medidas adaptativas en el Sistema Nacional de Protección Civil. - Apoyar y reforzar las medidas preventivas, especialmente soluciones basadas en la naturaleza, así como los sistemas de observación, alerta temprana, comunicación y educación ante el riesgo de desastres. - Fomentar la toma en consideración de los análisis de riesgos asociados al cambio climático en el estudio, el análisis y la definición de medidas de autoprotección y la autoprotección para los diferentes riesgos de desastres relacionados con el cambio del clima.
INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Integrar la adaptación en las futuras estrategias y planes de ciencia, tecnología e innovación. - Impulsar la creación de espacios de intercambio, colaboración y coordinación entre el personal investigador y los diferentes actores de la adaptación. - Impulsar el desarrollo de metodologías y herramientas para la estimación de los riesgos del cambio climático y la toma de decisiones informada para la adaptación. - Apoyar la participación española en el IPCC y a la difusión y transferencia de los contenidos de sus informes en materia de adaptación.

ÁMBITO	OBJETIVOS
EDUCACIÓN Y SOCIEDAD	<ul style="list-style-type: none"> – Impulsar el acceso a la información, la sensibilización y la comunicación efectiva sobre los impactos y riesgos derivados del cambio climático y las formas de evitarlos o limitarlos. – Impulsar la capacitación para hacer frente a los riesgos del cambio climático en el sistema educativo formal y, muy especialmente, en la formación técnica y profesional. – Identificar grupos y comunidades especialmente vulnerables ante los riesgos del cambio climático y fomentar su resiliencia mediante procesos de capacitación social y comunitaria. – Fomentar los estilos de vida resilientes y adaptados al clima. – Prevenir la destrucción de empleo asociada a los impactos derivados del cambio climático y mejorar la empleabilidad y las nuevas oportunidades de empleo asociadas a la adaptación. – Fomentar la formación y capacitación para los nuevos empleos y satisfacer nuevas demandas asociadas con la adaptación al cambio climático. – Facilitar la participación del público en el estudio del cambio climático y sus efectos y en la elaboración de las respuestas adecuadas.
PAZ, SEGURIDAD Y COHESIÓN SOCIAL	<ul style="list-style-type: none"> – Promover la paz y la seguridad frente a los impactos del cambio climático a nivel nacional a través de la detección temprana de posibles conflictos para su prevención, el refuerzo de mecanismos de promoción de la paz, la seguridad y la cohesión social frente al cambio climático, y la integración del conocimiento sobre los riesgos del cambio climático en lo relativo a la seguridad nacional. – Integrar la adaptación en la prevención, gestión y resolución de conflictos y crisis internacionales y la construcción de una sociedad global pacífica, justa e inclusiva.

Fuente: MITECO (2020, pp. 57-62).

En cuanto a las **propuestas**, en su anexo I el Plan define una línea de acción para cada uno de los objetivos establecidos en los 18 ámbitos de trabajo en la que se incluye: la descripción, los responsables de la línea de acción y colaboradores, los indicadores de cumplimiento, la necesidad de crear o modificar instrumentos normativos, las vías de financiación. Asimismo, en el anexo II se incluye una línea de acción para cada uno de los temas transversales.

Para la **información y seguimiento** del PNACC-2 se contemplan diversos instrumentos que aportarán información sobre los impactos y los riesgos derivados del cambio climático, las iniciativas de adaptación desarrolladas y sus logros: Estos instrumentos son⁴⁵:

- **Informes sobre riesgos climáticos y adaptación:** elaborados y publicados por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, en colaboración con otros departamentos ministeriales y con las comunidades autónomas, con una periodicidad al menos quinquenal, que incluirán una síntesis sobre la evolución de los principales riesgos e impactos derivados del cambio climático y sobre las políticas y medidas destinadas a aumentar la resiliencia y disminuir la vulnerabilidad frente al cambio climático en España.
- **Informes sectoriales de situación:** análisis del estado de la cuestión en relación con alguno de los ámbitos o subámbitos de trabajo propios del Plan. Estos informes se podrán elaborar a solicitud del Gobierno o del Congreso de los Diputados.
- **Informes de seguimiento del PNACC:** que reunirán información sobre las acciones desarrolladas en un periodo de tiempo definido, así como las conclusiones, retos y perspectivas de futuro. Se propone que se elaboren dos informes de seguimiento, tomando como fechas indicativas para su publicación los años 2024 y 2029.
- **Indicadores de cambio climático y adaptación:** el Plan incluye una colección provisional de indicadores (anexo 3) con los que se pretende aportar una visión dinámica de los efectos derivados del cambio climático y los progresos obtenidos, facilitando la mejora continua de

⁴⁵ https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/pnacc_ga.aspx. Fecha de consulta: 5 de junio de 2021.

las políticas y medidas a partir del análisis de los avances logrados y la identificación de los retos pendientes. En 2021, se realizará una revisión en profundidad de esta relación inicial para completar y, en su caso, ajustar la lista inicial. A partir de 2021, y con una periodicidad bienal, se actualizarán y harán públicos las series de datos relativas a la batería de indicadores definida.

- **Plataforma sobre Adaptación al Cambio Climático en España, AdapteCCa:** creada en 2013, el Plan prevé reforzar su papel como vía de acceso al conocimiento y asegurar su funcionalidad plena.

Otros **instrumentos informativos derivados de compromisos internacionales**, son las Comunicaciones Nacionales a la CMNUCC, las Comunicaciones de Adaptación contempladas en el Acuerdo de París y la información sobre acciones nacionales de adaptación, contemplada en el esquema europeo de gobernanza sobre energía y clima.

La **coordinación y gestión** del Plan es responsabilidad de la Oficina Española de Cambio Climático, perteneciente al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, pero, dado que el desarrollo de sus previsiones afecta multitud de organismos y sectores y requiere de una participación amplia de la sociedad, el PNACC contempla varios foros específicos de carácter estable:

- **Grupo de Trabajo de Impactos y Adaptación (GTIA):** foro de intercambio de carácter técnico que reúne a departamentos de la Administración General del Estado y a las comunidades autónomas con el objetivo general de coordinar e integrar las diferentes estrategias y planes de adaptación al cambio climático que se desarrollen a nivel nacional y autonómico.
- **Comité de Impactos, Riesgos y Adaptación (CIRA):** de nueva creación, reunirá a personas procedentes del sector académico, las organizaciones no gubernamentales, la gestión pública y las empresas, en especial las PYMES, con el objeto de proporcionar ideas y recomendaciones para el avance del PNACC y aportar juicio experto en materia de adaptación.
- **Seminarios del PNACC:** espacios de encuentro para facilitar el tratamiento, de forma monográfica, de aquellas temáticas que en cada momento sean consideradas relevantes para el desarrollo del PNACC y sus correspondientes programas de trabajo.
- **Grupos de coordinación de carácter temático:** foros de coordinación ya creados, como la Comisión Permanente de Adversidades Climáticas y Medioambientales, el Grupo Español de Inundaciones o el Comité de Lucha contra Incendios Forestales en los que el MITECO contribuirá a la incorporación de la perspectiva de la adaptación al cambio climático.

Para el **desarrollo** del Plan se han establecido varios instrumentos de programación⁴⁶:

- **Programas de trabajo:** se prevé la formulación de dos Programas de Trabajo para los periodos 2021-2025 y 2026-2030. En dichos programas se abordarán las siguientes materias:
 - Detalle de las medidas previstas, dentro de su marco temporal, para desarrollar las líneas de acción definidas en el PNACC.
 - Identificación, en su caso, de las medidas prioritarias, teniendo en cuenta, a partir de la mejor ciencia disponible, el nivel de riesgo asociado a los diferentes impactos del cambio climático, así como los potenciales beneficios de las medidas de adaptación propuestas.

⁴⁶ MITERD (2020, pp. 79 y ss.).

- Identificación de las organizaciones responsables y colaboradoras del desarrollo de las medidas.
 - Indicadores de cumplimiento de las medidas definidas para facilitar el seguimiento y la evaluación.
- **Planes sectoriales y territoriales de adaptación:** constituyen instrumentos para la planificación detallada de la adaptación en ámbitos de trabajo o territorios específicos. Su elaboración será promovida por el departamento ministerial competente en cada materia. En estos planes se abordarán los siguientes aspectos:
- Un diagnóstico de los principales riesgos planteados en el ámbito sectorial o territorial tratado.
 - Los objetivos a cumplir para dar respuesta a los riesgos descritos.
 - Las medidas para cumplir los objetivos definidos.
 - La identificación de las organizaciones responsables del desarrollo de las medidas y a las colaboradoras.

Cabe destacar, que los **Planes de Impulso al Medio Ambiente (PIMA)** son una herramienta para la puesta en marcha de medidas de lucha contra el cambio climático y, dentro de ellos, los PIMA Adapta fueron establecidos por el PNACC-1 para el periodo 2006-2020, con el objeto de poner en marcha proyectos que reduzcan la vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático, anticipándose a los impactos previstos. La iniciativa PIMA Adapta contempla actuaciones en distintos ámbitos, con diferencias en cuanto a tramitación, ejecución o dotación presupuestaria. Uno de estos ámbitos de actuación es el **PIMA Adapta Costas** bajo el que se abordó la evaluación de alta resolución de la vulnerabilidad al cambio climático de la costa del Principado de Asturias está sirviendo como estudio piloto para el desarrollo de la metodología en este tipo de proyectos en el resto de España⁴⁷.

Por lo que se refiere a las **vías de financiación** previstas por el Plan para el desarrollo de las líneas de acción son diversas. En el capítulo 9 del Plan se reseñan los principales instrumentos de financiación, que incluyen:

- Las medidas específicas de recuperación en el **marco de Next Generation EU** y el **Marco Financiero Plurianual 2021-27** de la Unión Europea (con los fondos europeos FSE+ 2021-2027, FEDER, FEAGA, FEADER y FEMP, y los programas europeos LIFE y Horizonte Europa) estableciendo que el 30% del total de los gastos de estos dos marcos europeos se destine a proyectos relacionados con el clima y, dentro de este 30%, al menos el 10 % de los recursos del FEDER a nivel nacional se tendrán que dedicar a desarrollo urbano sostenible. En cuanto al FEAGA y FEADER, instrumentos de financiación de la Política Agrícola Común 2021-2027, se tiene en cuenta que los Estados miembros deberán destinar al menos el 40 % de total de estas dotaciones financieras a los objetivos medioambientales y de lucha contra el cambio climático.
- Los **fondos nacionales** a través del programa PIMA ADAPTA, dedicado a la generación de conocimiento y a respaldar proyectos sobre el terreno que conllevan transformaciones de carácter físico, muy en particular las soluciones basadas en la naturaleza, y presupuestos sectoriales, para ajustar o replantear líneas de acción ya existentes, de forma que incorporen el factor cambio del clima.

⁴⁷ Oficina Española de Cambio Climático (2020).

- La **financiación privada**, promoviendo una mayor movilización de flujos de financiación privados, mediante instrumentos que la incentiven dicha participación, para la ejecución de actuaciones de muy diversa naturaleza como, por ejemplo: elaboración de guías y metodologías para orientar en el diseño de actuaciones en cada ámbito de trabajo o ámbito sectorial; integración de la adaptación al cambio climático en líneas de financiación pública que impliquen el apalancamiento de financiación privada; o creación de incentivos a la adaptación en las empresas.

2.4.3. Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC).

La versión final del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) fue aprobada por el Consejo de Ministros, en marzo de 2021⁴⁸. El PNIEC tiene como objetivo avanzar en la descarbonización, sentando las bases para consolidar una trayectoria de neutralidad climática de la economía y la sociedad en el horizonte 2050.

La ejecución de este Plan transformará el sistema energético hacia una mayor autosuficiencia energética mediante el aprovechamiento eficiente, el potencial renovable existente, particularmente el solar y el eólico. Según el Plan, esta transformación incidirá de manera positiva en la seguridad energética nacional, al disminuir de manera significativa la dependencia de unas importaciones de combustibles fósiles.

El PNIEC identifica los retos y oportunidades y define las medidas para las **cinco dimensiones** establecidas por la Estrategia Marco para una Unión de la Energía: la descarbonización, incluidas las energías renovables; la eficiencia energética; la seguridad energética; el mercado interior de la energía; y la investigación, innovación y competitividad.

Los objetivos recogidos en el PNIEC están alineados con los fijados el Consejo Europeo de diciembre de 2020, en el que se acordó un objetivo a 2030 de reducción de emisiones de la Unión Europea de, al menos, un 55% respecto a los niveles de 1990, con la finalidad de alcanzar la neutralidad climática en la Unión en 2050, en línea con los objetivos de París. En este contexto el PNIEC se propone **alcanzar en 2030 los siguientes resultados**:

- 23% de reducción de emisiones de GEI respecto a 1990 mediante:
 - Una disminución de un 39% con respecto a 2005 de las procedentes de sectores difusos.
 - Una disminución del 61% con respecto a 2005 de las generadas por los sectores sujetos al comercio de derechos de emisión.
- 42% de renovables sobre el uso final de la energía, mediante:
 - El incremento de la capacidad de producción en todos los sectores económicos (generación eléctrica, bombas de calor, residencial, industria, biocarburantes en el transporte, servicios y agricultura).
 - El autoconsumo y la generación distribuida, la gestión de la demanda, el fomento de las comunidades energéticas locales.
- 39,5% de mejora de la eficiencia energética, a través de la renovación del 3% anual del parque edificatorio público de la Administración General del Estado.
- 74% de energía renovable en la generación eléctrica, coherente con una trayectoria hacia un sector eléctrico 100% renovable en 2050.

⁴⁸ España (2021b).

El Plan prevé para el año 2030 una potencia total instalada en el sector eléctrico de 161 GW de los que: 50 GW procederán de la energía eólica; 39 GW de la solar fotovoltaica; 27 GW de los ciclos combinados de gas ya existentes; 16 GW de la hidráulica; 9.5 GW del bombeo; 7 GW de la solar termoeléctrica; y 3 GW de la nuclear, así como capacidades menores de otras tecnologías.

Tabla 18. Objetivos del PNIEC y prioridades en materia de investigación, innovación y competitividad.

OBJETIVO PNIEC	ÁMBITO	PRIORIDADES Y OBJETIVOS EN I+i+c
23% de reducción de emisiones de GEI respecto a1990	Residencial, comercial y servicios	<ul style="list-style-type: none"> - Soluciones inteligentes para el consumidor de energía. - Ciudades y comunidades inteligentes. - Sistemas de generación de calor y de frío. - Participación de energía renovable en redes urbanas de calefacción y refrigeración. - Uso de energía renovable en edificios. - Energía renovable producida por ciudades, comunidades energéticas y auto-consumidores. - Soluciones activas y pasivas en la rehabilitación energética de edificios.
	Transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Transporte sostenible: promover un cambio de modelo en el sistema de transporte. - Desarrollo de biocarburantes avanzados obtenidos de manera sostenible a partir de materias primas renovables. - Producción de hidrógeno verde. - Baterías para movilidad y estacionarias.
	GeneraciónEléctrica	<ul style="list-style-type: none"> - Baterías para movilidad y estacionarias. - Energías limpias/renovables prioritarias. - Generación nuclear segura.
	Industrial	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnologías bajas en carbono, con carácter prioritario. - Innovación y competitividad energética.
42% de renovables sobre el uso final de la energía	Innovación en tecnologías de EERR en las que ya se tiene una posición competitiva	<ul style="list-style-type: none"> - Energía Solar de Concentración (CSP). - Energía Eólica terrestre y marina. - Geotermia profunda y somera. - Energía Oceánica.
	Tecnologías que contribuyen a la gestionabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> - Energía Solar de Concentración (CSP). - Digitalización del sistema eléctrico. - Biomasa.
39,5% de mejora de la eficiencia energética	Residencial, urbano y ciudadano	<ul style="list-style-type: none"> - Digitalización del sistema eléctrico. - Soluciones inteligentes para el consumidor de energía. - Ciudades y comunidades inteligentes. - Sistemas de generación de calor y de frío. - Participación de energía renovable en redes urbanas de calefacción y refrigeración.
	Industrial	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de energía renovable en edificios. - Energía renovable producida por ciudades, comunidades energéticas y auto-consumidores. - Soluciones activas y pasivas en la rehabilitación energética de edificios. - Aprovechamiento del calor residual, eficiencia energética en procesosindustriales.
74% de energía renovable en la generación eléctrica	Generación distribuida	<ul style="list-style-type: none"> - Digitalización del sistema eléctrico para la consecución de un sistema seguro y resiliente. - Sistemas de almacenamiento.

Fuente: España (2021b, p. 36873).

Tabla 19. Medidas del PNIEC según dimensiones.

DESCARBONIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> 1.1. Desarrollo de nuevas instalaciones de generación eléctrica con renovables 1.2. Gestión de la demanda, almacenamiento y flexibilidad 1.3. Adaptación de redes eléctricas para la integración de renovables 1.4. Desarrollo del autoconsumo con renovables y la generación distribuida 1.5. Incorporación de renovables en el sector industrial 1.6. Marco para el desarrollo de las energías renovables térmicas 1.7. Biocombustibles avanzados en el transporte 1.8. Promoción de gases renovables 1.9. Plan de renovación tecnológica en proyectos existentes de generación eléctrica con energías renovables 1.10. Promoción de la contratación bilateral de energía eléctrica renovable 1.11. Programas específicos para el aprovechamiento de la biomasa 1.12. Proyectos singulares y estrategia para la energía sostenible en las islas 1.13. Comunidades energéticas locales 1.14. Promoción del papel proactivo de la ciudadanía en la descarbonización 1.15. Estrategia de Transición Justa 1.16. Contratación pública de energía renovable 1.17. Formación de profesionales en el sector de las energías renovables 1.18. Revisión y simplificación de procedimientos administrativos 1.19. Generación de conocimiento, divulgación y sensibilización 1.20. Régimen europeo de comercio de derechos de emisión 1.21. Reducción de emisiones de GEI en los sectores agrícola y ganadero 1.22. Reducción de emisiones de GEI en la gestión de residuos 1.23. Reducción de emisiones de GEI relacionadas con gases fluorados 1.24. Sumideros forestales 1.25. Sumideros agrícolas 1.26. Fiscalidad
EFICIENCIA ENERGÉTICA	<ul style="list-style-type: none"> 2.1. Zonas de bajas emisiones y medidas de cambio modal 2.2. Uso más eficiente de los medios de transporte 2.3. Renovación del parque automovilístico 2.4. Impulso del vehículo eléctrico 2.5. Mejoras en la tecnología y sistemas de gestión de procesos industriales 2.6. Eficiencia energética en edificios existentes del sector residencial 2.7. Renovación del equipamiento residencial 2.8. Eficiencia energética en la edificación del sector terciario 2.9. Eficiencia energética en equipos generadores de frío y grandes instalaciones de climatización del sector terciario e infraestructuras públicas 2.10. Eficiencia energética en explotaciones agrarias, comunidades de regantes y maquinaria agrícola 2.11. Promoción de los servicios energéticos 2.12. Sector público: responsabilidad proactiva y contratación pública eficiente energéticamente 2.13. Auditorías energéticas y sistemas de gestión 2.14. Formación de profesionales en el sector de la eficiencia energética 2.15. Comunicación e información en materia de eficiencia energética 2.16. Otras medidas para promover la eficiencia energética: la transición en la cogeneración de alta eficiencia 2.17. Medidas financieras: Fondo Nacional de Eficiencia Energética
SEGURIDAD ENERGÉTICA	<ul style="list-style-type: none"> 3.1. Mantenimiento de existencias mínimas de seguridad de productos petrolíferos y gas 3.2. Reducción de la dependencia del petróleo y el carbón en las islas 3.3. Puntos de recarga de combustibles alternativos 3.4. Impulso a la cooperación regional 3.5. Profundización en los planes de contingencia 3.6. Planificación para la operación en condiciones de seguridad de un sistema energético descarbonizado
MERCADO INTERIOR DE LA ENERGÍA	<ul style="list-style-type: none"> 4.1. Aumento de la interconexión eléctrica con Francia 4.2. Aumento de la interconexión eléctrica con Portugal 4.3. Infraestructuras de transporte de electricidad distintas de los "Projects of Common Interest" (PCIs) 4.4. Integración del mercado eléctrico 4.5. Protección de los consumidores de electricidad e incremento de la competencia 4.6. Acceso a datos 4.7. Integración del mercado gasista 4.8. Protección de los consumidores de gas 4.9. Mejora de la competitividad del sector gasista minorista 4.10. Plan de desarrollo de gestión de la demanda de gas 4.11. Lucha contra la pobreza energética

Tabla 19. Medidas del PNIEC según dimensiones. (continuación)

INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y COMPETITIVIDAD	5.1.	Acción Estratégica en Energía y Clima
	5.2.	Implementación del SET-Plan
	5.3.	Red de Excelencia en Energía y Clima
	5.4.	Incremento, coordinación, mejora y uso eficiente de infraestructuras y equipamientos científicos y tecnológicos en energía y clima
	5.5.	Compra pública de innovación verde
	5.6.	Fortalecimiento del capital riesgo público para la transferencia de tecnología en energía y clima
	5.7.	Nuevos instrumentos de apoyo a la investigación y la innovación en energía y clima
	5.8.	Innovación social por el clima
	5.9.	Reducción de trámites burocráticos y cargas administrativas
	5.10.	Relanzar la Fundación Ciudad de la Energía, CIUDEN
	5.11.	Sistema de Información sobre Ciencia, Tecnología e Innovación para el seguimiento de la financiación
	5.12.	I+i+c para la adaptación del sistema energético español al cambio climático
	5.13.	Programas singulares a largo plazo en temas científicos y tecnológicos estratégicos del área de energía y clima
	5.14.	Aumentar la participación española en los programas de financiación de la investigación y la innovación europeos
	5.15.	Apoyar la participación de grupos de investigación españoles en foros internacionales de energía y clima
	5.16.	Promocionar la iniciativa Misión Innovación
	5.17.	Mecanismos de financiación de innovación europeos
	5.18.	Cooperación internacional

Fuente: España (2021b, pp. 36877-78).

El Plan destaca que el incremento de la capacidad de **generación renovable** prevista necesita de la **implicación de las comunidades autónomas**, competentes en **ordenación del territorio**, así como la elaboración de normas adicionales de gestión en materia de **protección del medioambiente**, para que el desarrollo de las instalaciones de generación sea efectivo y compatible con el entorno y la protección de la biodiversidad y de los servicios de los ecosistemas. Además, el apoyo a las fuentes de energías renovables para calefacción, refrigeración y producción eléctrica aislada de red, se materializará principalmente a través de subvenciones de las comunidades autónomas a la potencia instalada.

En materia de **movilidad y transporte** se prevé que, a partir de 2023, se generalice a todas las ciudades de más de 50 000 habitantes la delimitación de **zonas de bajas emisiones** con acceso limitado a los vehículos más emisores y contaminantes, medidas en las que serán claves las administraciones autonómicas y locales. Además, se establece un objetivo de descarbonización del sector que deberá alcanzar en 2030 una presencia de renovables del 28% por medio de la electrificación, con unos cinco millones de vehículos eléctricos en ese año, y el uso de biocarburantes avanzados.

En materia de **eficiencia energética** el Plan hace un llamamiento a las comunidades autónomas y las entidades locales para que asuman, al menos, el objetivo obligatorio para la Administración General del Estado de renovación del 3% anual de su parque edificatorio.

Las actuaciones en materia de renovables y eficiencia disminuirán el **grado de dependencia energética** del exterior del 73% en 2017 al 61% en 2030, lo que además de mejorar la seguridad energética nacional tendrá un impacto muy favorable sobre la balanza comercial.

Entre otros contenidos, también se establecen unas prioridades de materia de **investigación, innovación y competitividad** relacionadas con los objetivos del Plan (Tabla 18).

Atendiendo al origen de las **inversiones**, una parte sustancial de la inversión total la realizará el sector privado (80% del total), asociada principalmente al despliegue de las renovables, redes de distribución y transporte, y gran parte de las medidas de ahorro y eficiencia. El resto la llevará a cabo el sector público (20% del total), en actuaciones asociadas al fomento del ahorro y eficiencia energética, la movilidad sostenible y el cambio modal.

Para alcanzar los objetivos el Plan recoge un total de **78 medidas** para las cinco dimensiones contempladas (Tabla 19): la descarbonización (26 medidas); la eficiencia energética (17); la seguridad energética (6); el mercado interior de la energía (11); y la investigación, innovación y competitividad (18 medidas).

Así, por ejemplo, en materia de descarbonización de la economía el Plan propone 26 medidas de las que: 15 persiguen la promoción de manera específica de alguna tecnología renovable o en alguno de los tres usos de la energía; cuatro tienen un enfoque transversal para todas las fuentes, tecnologías y usos renovables; una se refiere a la aplicación del comercio de derechos de emisión; tres están dirigidas a los sectores difusos no energéticos; dos se refieren al sector de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura; y una sobre fiscalidad.

2.4.4. Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo.

Mediante la Estrategia a Largo Plazo para una Economía Española Moderna, Competitiva y Climáticamente Neutra en 2050 o Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (ELP), aprobada por el Consejo de Ministros en noviembre de 2020, se da cumplimiento a lo señalado en el Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo del 11 de diciembre de 2018 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima, en el que se establece la necesidad de elaboración de estrategias a largo plazo por parte de los Estados Miembros, con una perspectiva de, al menos, 30 años.

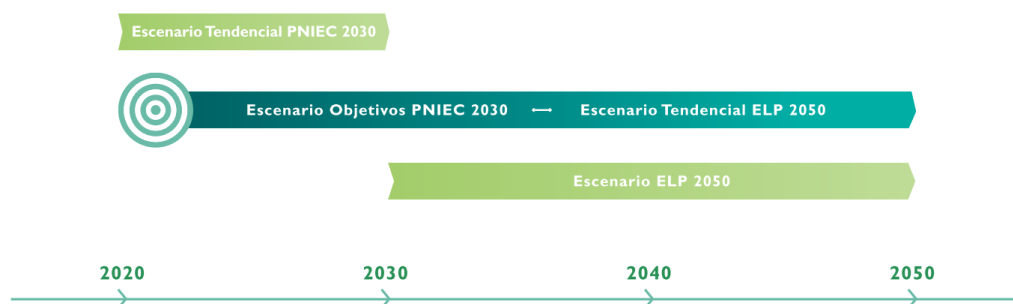


Figura 10. Escenarios analizados en el PNIEC y en la ELP.

Fuente: MITECO (2020a, p. 20).

Tal y como se indica en el citado Reglamento europeo, la Estrategia a Largo Plazo es un **instrumento flexible** para orientar la transformación económica y energética hacia la neutralidad climática a mediados de siglo, de forma que, “mediante la ELP y el PNIEC, el medio (2030) y el largo plazo (2050) quedan integrados, aportando credibilidad, compromiso climático y oportunidades industriales, como parte de una única visión estratégica para España”⁴⁹ (Figura 10).

La ELP plantea una senda de **mitigación** en la que todos los sectores de la economía deben transformarse en profundidad para conseguir una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en 2050 de un 90% respecto a 1990. Esto supone pasar de los 334 MtCO₂ equivalentes en 2018 a un máximo de 29 MtCO₂ eq. en 2050 (Figura 11).

⁴⁹ (MITECO 2020a).

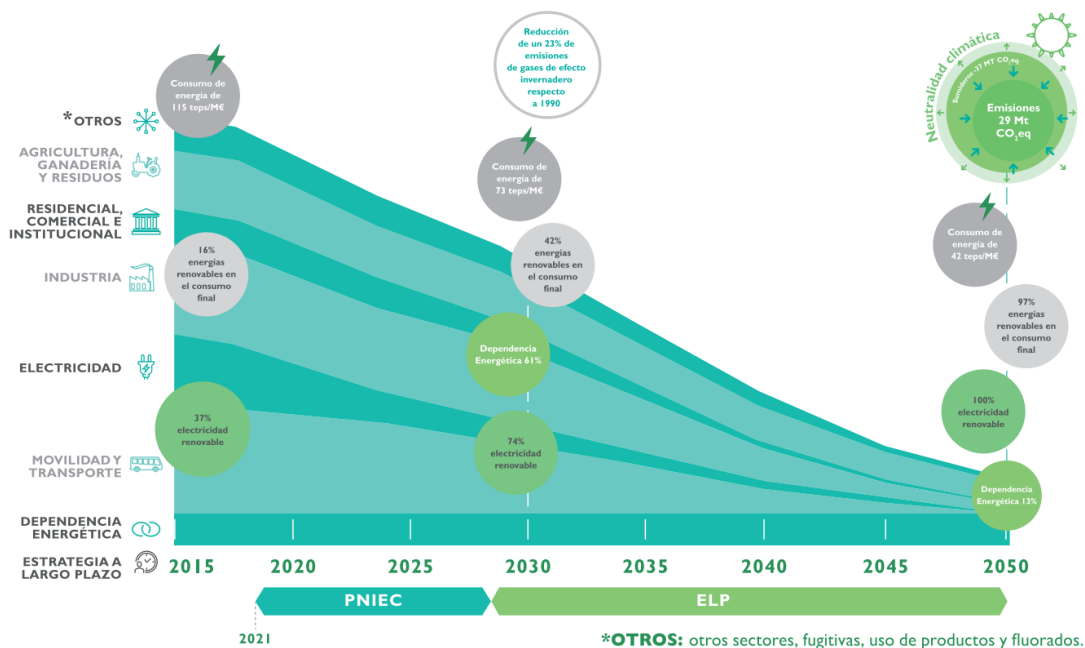


Figura 11. Evolución prevista de las emisiones GEI por sector hasta 2050 en el Escenario de Neutralidad Climática.

Fuente: MITECO (2020a, p. 21).

La **neutralidad climática** se alcanzará gracias a la capacidad de absorción de los sumideros naturales que, para esa fecha se estima en 37 MtCO₂ eq. Para ello se desarrollarán líneas de trabajo para el desarrollo y fortalecimiento de los sumideros como: la creación de superficies forestadas arboladas; el fomento de la gestión forestal; la restauración de humedales; fomento de sistemas agroforestales y regeneración de dehesas; o la mejora de la capacidad de captura de carbono orgánico de los suelos agrícolas y forestales⁵⁰. Algunas de las previsiones de la ELP para el Escenario de Neutralidad son:

- El **consumo de energía primaria** se reduce de manera significativa debido al despliegue de energías renovables, las políticas de eficiencia energética, el impulso de la economía circular y el cambio de hábitos.
- En el **consumo de energía final**, además del efecto de las políticas de eficiencia energética, el impulso de la economía circular y los cambios de comportamiento, se observa una disminución importante del de combustibles no renovables sustituidos por energía eléctrica y renovables.
- La **dependencia energética** del exterior pase del 74% en el año 2018 a un 13% aproximadamente en el año 2050.
- La participación de las **tecnologías renovables** en el consumo final de la energía se incrementa hasta casi el 100% hacia la mitad del siglo.
- En el **sector del transporte y la movilidad** la fracción de renovable alcanzará un 79% en el uso final de la energía en el año 2050.
- En los **sectores de frío y calor** la fracción de renovable alcanzará un 97% en 2050.

⁵⁰ MITECO (2020a, p. 27).

Patrimonio natural y biodiversidad	<ul style="list-style-type: none"> • Refuerzo de la conservación. Los ecosistemas bien conservados y biodiversos tienen mayor resiliencia ante el cambio del clima. • Promoción de la conectividad ecológica. Incluye la identificación y conservación de los corredores ecológicos. • Integración de la adaptación en la planificación y gestión de áreas protegidas.
Agua y recursos hídricos	<ul style="list-style-type: none"> • La Gestión de las sequías. Mecanismos que favorezcan la flexibilidad de la oferta y la demanda. • La Gestión de las inundaciones considerando los nuevos patrones climáticos. • La Protección de la calidad de las aguas ante las nuevas presiones derivadas de la tendencia a menores caudales y mayores temperaturas. • La Promoción del uso eficiente del agua orientado al ahorro neto de recursos. • La Aportación de nuevos recursos procedentes de la desalación con fuentes renovables y la reutilización para reducir la brecha entre demandas consolidadas y recursos disponibles. • La Revisión de las concesiones para adecuarlas a los recursos disponibles.
Suelos y desertificación	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo del Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (PAND). • Creación de superficies forestales arboladas, fomento de la gestión forestal y de los sistemas agroforestales.
Agricultura, ganadería, pesca y alimentación	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de áreas y sectores vulnerables y evaluación de las necesidades y oportunidades en respuesta a las tendencias climáticas. • Apoyo a la investigación agrícola y a la producción experimental para la selección de cultivos, desarrollo de variedades y modelos de gestión de mejor adaptación. • Fomento de la capacidad de adaptación mediante el asesoramiento sobre la gestión de las explotaciones agrícolas. • Fomento de la dieta mediterránea y del consumo de productos locales. • Implantación de cadenas alimentarias adaptadas a los cambios proyectados, que utilizan de forma sostenible los recursos naturales y aportan calidad de vida a quienes se encuentran en sus eslabones.
Planificación y gestión forestal	<ul style="list-style-type: none"> • Incorporación de criterios adaptativos particularizados para cada localización. • Inclusión de una perspectiva hidrológico-forestal en el desarrollo de una planificación del territorio. • Promoción de los bosques como herramienta de regulación climática local. • Consideración de los escenarios de cambio climático para la planificación de reforestación.
Ciudad, urbanismo y edificación	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de políticas en materia de adaptación a incorporar en la gestión local. • Consideración del cambio climático en la planificación urbanística. • Construcción de un sistema local de gobernanza (planes de cambio climático y adaptación).
Áreas costeras.	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de nuevas herramientas para el análisis de riesgos en la costa. • Refuerzo de los sistemas de alerta temprana y creación de protocolos de evacuación. • Integración de los riesgos costeros en planes de ordenación territorial y urbanismo. • Conservación de playas, sistemas dunares, humedales y marismas.
Medio marino	<ul style="list-style-type: none"> • El seguimiento de los impactos del cambio climático en el medio marino. • La incorporación de la adaptación a la gestión de las Áreas Marinas Protegidas. • La gestión sostenible de la actividad pesquera. • La prevención de la contaminación. • La protección de la biodiversidad marina.
Movilidad y transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de las nuevas infraestructuras considerando las condiciones climáticas existentes a lo largo de su vida útil. • Integración de los riesgos derivados del cambio climático en la gestión y mantenimiento de las infraestructuras.
Sistema energético	<ul style="list-style-type: none"> • Proyección del impacto del cambio climático en los potenciales de producción de energías renovables e integración de los resultados en la planificación energética. • Identificación de infraestructuras vulnerables e impulso a programas específicos de adaptación. • Desarrollo de herramientas de evaluación del riesgo específicas. • Desarrollo de normas de adaptación para nuevas infraestructuras • Análisis de los cambios en la demanda eléctrica asociados al cambio climático e integración de los resultados en la planificación energética y de lucha contra la pobreza energética..

Figura 12. Detalle de las medidas incluidas en algunos ámbitos de trabajo sectoriales para la adaptación al cambio climático.

Fuente: MITECO (2020a, p. 31).

Por lo que se refiere a la **adaptación** la ELP considera que debe fijarse también como objetivo la prevención de un incremento de las desigualdades y avanzar en la senda de la sostenibilidad, en línea con el compromiso de llevar a cabo una Transición Justa.

En este sentido la ELP hace suyas las medidas y ámbitos de trabajo establecidos en el PNACC 2021-2030, señalando que es necesario “asumir la adaptación al cambio climático como política de Estado, por sus profundas implicaciones en la economía y en el capital natural del país y con él, las condiciones básicas para asegurar la salud y el bienestar de las personas de esta y sucesivas generaciones”⁵¹.

Además, la ELP incluye actuaciones coordinadas enfocadas a alcanzar la neutralidad climática de los diferentes **sectores económicos** en 2050, analizando en profundidad los de generación eléctrica, transporte, industria, edificación, agropecuario, residuos y gases fluorados, de los que a continuación se destacan los aspectos más relevantes.

Sector eléctrico: La rápida reducción de emisiones y penetración de renovables en el sector eléctrico hace de la electrificación uno de los vectores principales para la descarbonización del sistema. Para avanzar hacia la neutralidad climática en este sector a partir del año 2030, y llegar a un nivel de energías renovables del 100% en el año 2050 las líneas de trabajo que tendrán un papel más relevante son:

- **El diseño y explotación de las redes de transporte y distribución:** que deberá hacer frente a retos como una mayor generación distribuida con niveles más altos de intermitencia y un modelo de flujos multidireccionales.
- **El autoconsumo y las comunidades locales de energía:** que permitirán fomentar la participación social de la ciudadanía en proyectos e iniciativas de gestión conjunta de energías renovables, a través de las figuras de agregadores energéticos.
- **La incorporación de tecnologías para una operación flexible y segura del sistema:** entre las que destacan el almacenamiento tanto diario como semanal y estacional, la gestión de la demanda, o las redes inteligentes que mediante la digitalización permitan mejorar los sistemas de monitorización, control y automatización.

Movilidad y transporte: que representa un reto, ya que sus implicaciones afectan a gran parte de la población y empresas y, por otro lado, porque la responsabilidad y participación de las entidades locales será decisiva. Este sector presenta, asimismo, retos tecnológicos que varían según los subsectores o modalidades de transporte. Para avanzar hacia la neutralidad climática en este sector a partir del año 2030, y llegar a un nivel de emisiones GEI de tan sólo 2 MtCO₂ en el año 2050, las líneas de trabajo que tendrán un papel más relevante son:

- **Las medidas de eficiencia energética y cambios en los modelos y necesidades de movilidad:** se continuará fomentando el cambio modal de los medios de transporte individuales hacia los colectivos, otros individuales más respetuosos, como la bicicleta o los vehículos eléctricos, y la movilidad a pie.
- **La electrificación:** tecnología que será clave en el sector del transporte por carretera para los vehículos ligeros.
- **Los combustibles renovables:** de especial importancia para el transporte pesado de mercancías por carretera, la aviación y la navegación.
- **Los gases renovables y el acoplamiento de sectores:** como el hidrógeno renovable, que pueden proporcionar importantes ventajas.

⁵¹ MITECO (2020a, p. 32).

- **La digitalización e innovación:** que permitirá un mejor aprovechamiento de todos los recursos energéticos.
- **La planificación urbanística:** que deberá integrarse con el sector del transporte.

Edificación: en el horizonte 2050 se estima que el 80% del parque edificado estará compuesto por edificios ya construidos, por lo que es necesario priorizar las actuaciones sobre la edificación existente. Las actuaciones de mejora energética de los edificios ya construidos requieren de los incentivos adecuados, el acompañamiento a los agentes y la movilización de inversiones. La ELP prevé que en el año 2050 el 81% de las demandas del sector residencial y el 91% en el sector servicios estarán electrificadas.

Industria: para cuya transformación será necesaria la combinación de las tecnologías más avanzadas, de nuevos vectores energéticos y de la eficiencia energética. Se prevé que las emisiones de este sector se reduzcan en torno a un 14% en la década de aplicación del PNIEC 2021-2030, debido a las actuaciones de eficiencia energética y al uso de energías renovables. En las siguientes décadas, las emisiones continúan disminuyendo hasta llegar a los 7 MtCO₂ en el año 2050, que representan en torno al 25% del total en esa fecha. En este sentido, las principales líneas de actuación que se emprenderán en el sector industrial son:

- El uso de materias primas alternativas y el fomento de la economía circular.
- Un abastecimiento de materias primas críticas que mejore la independencia de Europa y evite fuentes de suministro no sostenibles por razones medioambientales o sociales.
- El cambio de los procesos actuales a otros que empleen tecnologías descarbonizadas.
- Los sistemas eléctricos de generación de calor que permitirán incrementar la presencia de la electricidad en equipos para procesos que requieran bajas temperaturas.
- La contribución otras fuentes de energías renovables, como el hidrógeno, a los procesos de media y alta temperatura.
- La captura, el almacenamiento y el uso del carbono que también podrían jugar un papel en este sector.
- La cogeneración renovable y de muy alta eficiencia.
- Las medidas de eficiencia energética.

Agropecuaria: más de la mitad de las emisiones que permanecen en 2050 procederán del sector primario debido a las especiales características que hacen difícil su mitigación. Las principales líneas de trabajo que se consideran en el horizonte a 2050 son:

- Producción de biogás.
- Gestión de los cultivos y la conservación de los suelos.
- Digitalización y las tecnologías inteligentes para el riego y fertilización.
- Mejora en la alimentación del ganado.
- Uso de fertilizantes nitrogenados recubiertos y con inhibidores de la nitrificación.
- Aumento de la superficie para el fomento de las rotaciones en cultivos.
- Técnicas de laboreo avanzadas.
- Optimización del aporte de nitrógeno a las necesidades de cultivo.
- Gestión y aplicación de tratamientos de estiércoles y purines.
- Reducción del desperdicio en la cadena alimentaria de consumo nacional.
- Fomento de la dieta mediterránea y del consumo de productos locales.
- Prácticas agrarias que promuevan una mayor resiliencia a los impactos del cambio climático y un aumento de la fijación de CO₂.

Residuos y aguas residuales: en 2050 se prevé la reducción las emisiones de este sector en un 81% en relación al año 2015. Para ello se potenciará la implementación de tecnologías ya maduras o que ya están en fase avanzada en la actualidad (compostaje, digestión anaerobia y captación de biogás) y se promoverán cambios de comportamiento de la población para promover la mayor y mejor separación de residuos para incrementar su reciclado. Adicionalmente se impulsarán las siguientes medidas:

- La economía circular gracias a un aumento del reciclado y de la disponibilidad de materias primas secundarias y a cambios en el diseño de los productos y en su capacidad de reparación, en sus modos de uso, etc.
- Reducción del depósito en vertedero de la fracción orgánica y gestión de los vertederos existentes con técnicas avanzadas.
- Reducción de la carga de nitrógeno vertida a los cauces procedentes de las Estaciones de Depuración de Aguas Residuales (EDAR).
- Desvío de residuos desde instalaciones de incineración a tratamientos más eficientes.

Gases fluorados: mediante la aplicación de las medidas identificadas en la Estrategia, se estima que el sector de gases fluorados habrá reducido sus emisiones GEI un 94% en el año 2050 respecto a los niveles actuales.

Finalmente, a lo largo del proceso de descarbonización, la **transición justa** ocupa un espacio central, entendiendo que la neutralidad climática solo será viable si se hace con equidad y justicia social, en igualdad entre mujeres y hombres, con especial atención a quienes sean más vulnerables y a la erradicación de la pobreza energética.

2.4.5. Ley 7/2021 de cambio climático y transición energética.

Publicada en el BOE en mayo de 2021⁵², uno de los objetivos de la Ley 7/2021, según se indica en su preámbulo, es responder al compromiso asumido por España en el ámbito internacional y europeo. Los redactores de la ley consideran que la regulación ofrece una oportunidad económica y social, facilitando la distribución equitativa de la riqueza en el proceso de descarbonización, situando la lucha contra el cambio climático y la transición energética en el centro de las políticas, considerándolas vectores económicos y sociales clave para “construir el futuro y generar nuevas oportunidades socioeconómicas”.

La norma establece (artículo 3) los siguientes **objetivos mínimos nacionales** de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, energías renovables y eficiencia energética de la economía española para los años 2030 y 2050:

- En 2030 las emisiones deberán haberse reducido en, al menos, un 23% respecto al año 1990 y se deberá alcanzar la neutralidad climática a más tardar en el año 2050.
- En 2030 deberá alcanzarse una penetración de energías de origen renovable en el consumo de energía final de, al menos, un 42%, y un sistema eléctrico con, al menos, un 74% de generación a partir de energías de origen renovable.
- En 2050 el sistema eléctrico deberá estar basado, exclusivamente, en fuentes de generación de origen renovable.
- Mejorar la eficiencia energética disminuyendo el consumo de energía primaria en, al menos, un 39.5% con respecto a la línea de base.

Cabe señalar que está previsto iniciar una primera revisión de estos objetivos en 2023.

⁵² España (2021a).

En consonancia con lo establecido en el Reglamento 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo, y para determinar el marco de actuación en materia de acción contra el cambio climático la ley regula (artículos 4 y 5) **dos figuras**, los **Planes Nacionales Integrados de Energía y Clima** (PNIEC) y la **Estrategia de Descarbonización a 2050**, ya analizados en los apartados anteriores.

La ley hace una referencia particular al impulso a la **digitalización de la economía** para lograr los objetivos de descarbonización, en el marco de la Agenda España Digital 2025, presentada a mediados de 2020, y sus planes desarrollo: Plan Nacional de Competencias Digitales; Plan Digitalización Administraciones Públicas; Plan Digitalización de Pymes; Estrategia de impulso de la tecnología; Plan para la Conectividad. La Agenda España Digital 2025 considera que “la digitalización es un pilar esencial que nos ayudará a construir una economía más resiliente y limpia, basada en la eficiencia energética, la movilidad sostenible o la economía circular, entre otros”.

En materia de **generación de electricidad** con energías procedentes de fuentes renovables y a la eficiencia energética (artículo 7) se establece:

- El aprovechamiento del dominio público hidráulico no fluyente para la generación de energía eléctrica en las nuevas concesiones que se otorguen tendrá como prioridad el apoyo a la integración de las tecnologías renovables no gestionables en el sistema eléctrico, promoviendo, en particular, las centrales hidroeléctricas reversibles.
- El aprovechamiento para la generación eléctrica de los fluyentes de los sistemas de abastecimiento y saneamiento urbanos para usos propios del ciclo urbano del agua.

En materia de **eficiencia energética de los edificios** (artículo 8) se dispone el fomento de:

- Medidas para mejorar la eficiencia energética en los edificios como: la utilización de materiales con la menor huella de carbono posible, mejoras en la accesibilidad de los edificios, incentivos para la introducción de energías renovables en la rehabilitación de viviendas, facilitando instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo en las comunidades de propiedad horizontal y sistemas de calefacción y refrigeración de cero emisiones.
- La renovación y rehabilitación de los edificios existentes, públicos o privados, para alcanzar la alta eficiencia energética y descarbonización a 2050. A tal efecto se elaborará un Plan de Rehabilitación de Viviendas y Renovación urbana que deberá seguir los criterios y objetivos recogidos en la estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España (ERESEE).

Por lo que se refiere al aprovechamiento de **recursos de hidrocarburos y minerales radiactivos** la norma se señala que:

- No se otorgarán nuevas autorizaciones de exploración, permisos de investigación ni concesiones de explotación de hidrocarburos en todo el territorio nacional, incluyendo el mar territorial, la zona económica exclusiva y la plataforma continental (artículo 9). Esta restricción también afecta a las que utilizan el método de fracturación hidráulica de alto volumen.
- No se otorgarán nuevos permisos de exploración, investigación o concesiones de explotación de minerales radiactivos, ni se admitirán nuevas solicitudes de autorización de instalaciones radiactivas (artículo 10).
- La aplicación de nuevos beneficios fiscales a productos energéticos de origen fósil deberá estar debidamente justificada por motivos de interés social, económico o atendiendo a la inexistencia de alternativas tecnológicas (artículo 11).

También se determina que se fomentarán los **gases renovables**, incluyendo el biogás, el biometano, el hidrógeno y otros combustibles fabricados con materias primas y energía de origen renovable o a partir de residuos orgánicos o subproductos de origen animal o vegetal (artículo 12). Para ello se aprobarán planes específicos que promuevan la penetración de estos combustibles en los que se establecerán, entre otras los siguientes contenidos:

- Objetivos anuales de penetración de los gases renovables en la venta o consumo.
- Sistema de certificación que permita la supervisión y control.
- Regulaciones que favorezcan el uso industrial directo de los gases, su empleo para soluciones de movilidad o su inyección en la red de gas natural.

Por lo que se refiere utilización de **energías renovables y combustibles sostenibles por el transporte** se establece que reglamentariamente se adoptarán las medidas necesarias para su integración, dando preferencia a los biocarburantes avanzados y otros combustibles renovables de origen no biológico (artículo 13), y haciendo especial referencia al transporte aéreo.

En materia de **movilidad y transporte** sostenibles (título IV) se establece que:

- Las Administraciones Públicas (estatal, autonómica y local) adoptarán medidas para alcanzar en el año 2050 un parque de turismos y vehículos comerciales ligeros sin emisiones directas de CO₂. A tal efecto el PNIEC fijará para el año 2030 los objetivos de penetración de los vehículos bajas o nulas emisiones según sus diferentes categorías (artículo 14).
- Se adoptarán las medidas necesarias para que los turismos y vehículos comerciales ligeros nuevos reduzcan paulatinamente sus emisiones para alcanzar el objetivo de 0gCO₂/km no más tarde del año 2040 (artículo 14).
- Se establece la **definición de zona de baja emisión** entendida como un ámbito de carácter continuo delimitado por una Administración Pública, en el ejercicio de sus competencias, en el que se aplican restricciones de acceso, circulación y estacionamiento de vehículos para mejorar la calidad del aire y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, conforme a la clasificación de los vehículos por su nivel de emisiones (artículo 14). La desafección o reducción de estas zonas deberá contar con el informe previo del órgano autonómico competente en materia de protección del medio ambiente.
- Los municipios de más de 50 000 habitantes, los territorios insulares y municipios de más de 20 000 habitantes que superen los valores límite de los contaminantes regulados en Real Decreto 102/2011, relativo a la mejora de la calidad del aire, adoptarán **planes de movilidad urbana sostenible**, coherentes con los planes de calidad del aire, en los que se regularán al menos las siguientes materias (artículo 14):
 - El establecimiento de zonas de bajas emisiones antes de 2023.
 - La elaboración de planes específicos de electrificación de última milla y su integración con las zonas de bajas emisiones.
 - El establecimiento de criterios específicos para mejorar la calidad del aire alrededor de centros escolares, sanitarios u otros de especial sensibilidad.
 - Medidas destinadas a:
 - facilitar los desplazamientos a pie, en bicicleta u otros medios de transporte activo, asociándolos con hábitos de vida saludables;
 - la creación de corredores verdes intraurbanos que conecten con las grandes áreas verdes periurbanas;

- la mejora y uso de la red de transporte público, incluyendo la integración multimodal;
 - la electrificación de la red de transporte público y otros combustibles sin emisiones de gases de efecto invernadero, como el biometano;
 - El fomento del uso de medios de transporte eléctricos privados, incluyendo puntos de recarga;
 - el impulso de la movilidad eléctrica compartida;
 - el fomento el reparto de mercancías y la movilidad al trabajo sostenibles.
- La obligación de dotar de instalaciones de **infraestructuras de recarga eléctrica** (artículo 15) en las estaciones de servicio conforme a los siguientes parámetros:
- Al menos una infraestructura de recarga eléctrica de potencia igual o superior a 150 kW en corriente continua, en un plazo de veintiún meses a partir de la entrada en vigor de la ley, en las instalaciones cuyo volumen anual agregado de ventas de gasolina y gasóleo A en 2019 sea superior o igual a diez millones de litros.
 - Al menos una infraestructura de recarga eléctrica de potencia igual o superior a 50 kW en corriente continua, en un plazo de veintisiete meses a partir de la entrada en vigor de la ley, en las instalaciones cuyo volumen anual agregado de ventas de gasolina y gasóleo A en 2019 sea superior o igual a diez millones de litros e inferior a cinco.
 - En el caso de que en una provincia o comunidad autónoma no haya instalaciones con los volúmenes de ventas antes señalados, la medida anterior se aplicará a las instalaciones con mayor volumen de ventas hasta alcanzar al menos un 10% del total registrado en dicho territorio, pero lo que dispondrán de un plazo de veintisiete meses a partir de la entrada en vigor de la ley.
 - Con independencia del volumen de ventas, a partir de 2021 las nuevas instalaciones de suministro de combustible y carburantes a vehículos o las que acometan una reforma en su instalación que requiera una revisión del título administrativo, instalarán al menos una infraestructura de recarga eléctrica de potencia igual o superior a 50 kW en corriente continua.
- Para a regulación de los **puntos de recarga** de vehículo eléctrico **en edificios** (artículo 15) la norma determina que:
- Se establecerán en el Código Técnico de la Edificación:
 - Las obligaciones en edificios de nueva construcción y en intervenciones en edificios existentes.
 - Las dotaciones mínimas exigibles para todos los edificios de uso distinto al residencial privado que cuenten con una zona de uso aparcamiento, interior o exterior, con más de veinte plazas
 - Se regularán reglamentariamente las obligaciones relativas en aparcamientos no integrados en edificaciones.
- Por lo que se refiere al **transporte marítimo** y las **infraestructuras portuarias** (artículo 16) se establece que el Gobierno adoptará medidas para la reducción de las emisiones generadas por el consumo de combustibles fósiles en el transporte marítimo y en los puertos, con el objetivo de que los puertos de competencia del Estado alcancen cero emisiones directas en 2050. Asimismo, se determina que, el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, a través de Puertos del Estado y de las Autoridades Portuarias, previo acuerdo con las comunidades autónomas, promoverá medidas de impulso de las cadenas logísticas

sostenibles con origen o destino en puertos y de mejora de la eficiencia energética y de la calidad del aire en las infraestructuras portuarias, entre las que se encuentran:

- La generación o contratación de energía de origen renovable en puertos y la mejora de las redes eléctricas de los puertos.
- La mejora de accesos viarios y ferroviarios a las infraestructuras portuarias.
- La mejora de la red ferroviaria, que incrementen la competitividad del transporte ferroviario e impulsen esta modalidad en el transporte con origen y destino en puertos y la creación y consolidación de plataformas logísticas, fomentando, en la medida de lo posible, su ubicación en las provincias de interior.
- El estímulo del uso de energías alternativas en el transporte marítimo, con especial atención a los barcos atracados, el transporte ferroviario con origen o destino en puertos y medidas de eficiencia energética en las concesiones.
- El impulso al desarrollo de Autopistas del Mar y líneas regulares de transporte Roll On-Roll Off.
- El establecimiento de objetivos de reducción de consumo energético en los puertos relativos al nivel de actividad de los mismos.

En el título V de la ley se abordan los aspectos relacionados con la **adaptación frente a los impactos del cambio climático**, señalando que el **Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)** constituye el instrumento de planificación básico para promover la acción coordinada frente a los efectos del cambio climático (artículo 17). Los objetivos que establece la ley para el PNACC son:

- La elaboración de escenarios climáticos regionalizados para la geografía española.
- La recopilación, análisis y difusión de información acerca de la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en diferentes sectores socioeconómicos, sistemas ecológicos y territorios.
- La promoción y coordinación de la participación de todos los agentes implicados en las políticas de adaptación.
- La definición de un sistema de indicadores de impactos y adaptación al cambio climático.
- La elaboración de informes periódicos de seguimiento y evaluación del propio plan y de sus programas de trabajo.

El PNACC será aprobado por Acuerdo del Consejo de Ministros, a propuesta del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y previa puesta en común con las comunidades autónomas a través de la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático. Su desarrollo se realizará mediante **Programas de Trabajo**, a aplicar en periodos de cinco años, en los que se definirán los ejes y líneas prioritarias para el desarrollo de los objetivos establecidos en el Plan, y mediante **planes sectoriales de adaptación**, impulsados y elaborados por los departamentos ministeriales competentes.

Conforme a lo establecido en la ley, el **contenido básico del PNACC** abordará las siguientes materias:

- Identificación y evaluación de impactos previsibles y riesgos derivados del cambio climático para varios escenarios posibles.
- Evaluación de la vulnerabilidad de los sistemas naturales, de los territorios, de las poblaciones y de los sectores socioeconómicos.
- Objetivos estratégicos concretos y los indicadores asociados a los mismos.

— Medidas de adaptación orientadas a reducir las vulnerabilidades detectadas.

Además, (artículo 18) la norma prevé la elaboración quincenal de **informes sobre riesgos climáticos y adaptación** en los que se analizará la **evolución de los impactos y los riesgos y de las políticas y medidas** destinadas a aumentar la resiliencia y disminuir la vulnerabilidad frente al cambio climático. El responsable de la elaboración y publicación de estos informes será el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, en colaboración con otros departamentos ministeriales y con las comunidades autónomas.

Asimismo, la ley establece determinaciones para la consideración del cambio climático en la **planificación y gestión de políticas sectoriales** en ámbitos como: el agua; la costa y el dominio público marítimo-terrestre; el desarrollo urbano la edificación y las infraestructuras del transporte; la seguridad y dieta alimentarias; la salud pública; la biodiversidad; el desarrollo rural; o los sumideros de carbono.

Para orientar la **planificación y gestión del agua** (artículo 19) se prevé la aprobación por el Consejo de Ministros, en el plazo de un año, de la **Estrategia del Agua para la Transición Ecológica**, instrumento programático de planificación de las Administraciones Públicas, en el que se establecerán las directrices y medidas de la planificación y la gestión hidrológica. En cualquier caso, en la planificación y gestión del agua **se deberán considerar los riesgos derivados del cambio climático**, incluyendo los derivados o asociados a:

- Los impactos previsibles sobre los regímenes de caudales hidrológicos, los recursos disponibles de los acuíferos o riesgos derivados de los previsibles cambios de vegetación de la cuenca.
- Los cambios en la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos, como sequías o inundaciones, asociados al cambio climático.
- El incremento de la temperatura del agua y a sus impactos sobre el régimen hidrológico y los requerimientos de agua por parte de las actividades económicas.
- Los impactos posibles del ascenso del nivel del mar sobre las masas de agua subterránea, las zonas húmedas y los sistemas costeros.

Para ello **los instrumentos de planificación y gestión hidrológica**, considerando los principios establecidos en la Estrategia del Agua para la Transición Ecológica, **deberán incluir**:

- El análisis del nivel de exposición y la vulnerabilidad de las actividades socio-económicas y los ecosistemas ante los impactos previsibles del cambio climático, definiendo y desarrollando medidas para su disminución. En este sentido se indica que:
 - Estas medidas y actuaciones deberán estar recogidas en los planes de financiación de los instrumentos de planificación hidrológica de forma que se asegure su desarrollo y ejecución.
 - Tendrán especial consideración los fenómenos climáticos extremos, considerando y su probabilidad de ocurrencia, intensidad e impacto.
 - Los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación deberán considerar la adopción de medidas de control de avenidas mediante actuaciones de corrección hidrológico forestal y prevención de la erosión.
- El impacto sobre los cultivos, las necesidades agronómicas de agua del regadío, las necesidades de agua para refrigeración de centrales térmicas y nucleares y demás usos del agua.

- Los impactos sobre las tipologías de las masas de agua superficial y subterránea y sus condiciones de referencia.
- La adaptación de los usos del agua compatibles con los recursos disponibles, conforme a los impactos del cambio climático y al mantenimiento del buen estado de las masas de agua.
- La determinación de medidas expresamente destinadas a la reducción de la exposición y la vulnerabilidad de las masas de agua, así como la mejora de su resiliencia, considerando entre ellas las basadas en la naturaleza.
- Los impactos derivados de la retención de sedimentos en los embalses y las soluciones para su movilización.
- El seguimiento de los impactos asociados al cambio del clima para, en función de su avance y de las mejoras en el conocimiento, ajustar las actuaciones previstas.

Para el ámbito de la **planificación y gestión del dominio público marítimo-terrestre** (artículo 20) se determina que:

- La planificación y gestión del medio marino se orientarán al incremento de su resiliencia a los efectos del cambio climático.
- La planificación y gestión de la costa deberán adecuarse a las directrices y medidas contempladas en la Estrategia de Adaptación de la Costa a los Efectos del Cambio Climático de 2016.
- La gestión de los títulos de ocupación del dominio público marítimo-terrestre y sus prórrogas se realizará conforme al artículo 13ter de la Ley 22/1988, de Costas, en el que se contempla la declaración de tramos en situación de regresión grave, así como otros factores contemplados en otra normativa aplicable o en convenios internacionales, como el estado y evolución de los ecosistemas, las condiciones hidromorfológicas, climáticas y de dinámica costera o la presión acumulada por los usos que soporta cada tramo de costa.

En materia de **planificación y gestión territorial y urbanística** (artículo 21), así como en las intervenciones en el medio urbano, en la edificación y en las infraestructuras del transporte se establecen las siguientes obligaciones:

- La consideración en la elaboración de los instrumentos de planificación y de gestión de los riesgos derivados del cambio climático.
- La integración de las medidas necesarias para la adaptación progresiva y resiliencia frente al cambio climático.
- La adecuación a los efectos derivados del cambio climático de las nuevas instrucciones de cálculo y diseño de la edificación y las infraestructuras de transporte, y la adaptación progresiva de las ya aprobadas, con el objetivo de disminuir las emisiones.
- La mitigación del efecto isla de calor en el diseño, remodelación y gestión urbana, contemplando el aprovechamiento de las energías residuales generadas en las infraestructuras urbanas como fuentes de energía renovable.

Los objetivos estratégicos, indicadores asociados y medidas de adaptación en materia de **seguridad alimentaria** (artículo 22) y de **salud pública** (artículo 23) serán establecidos en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. En este sentido, la ley pone de manifiesto la necesidad de mejorar el conocimiento, fomentado por las Administraciones Públicas, sobre los impactos y las medidas de mitigación y adaptación en estas materias.

En materia de **biodiversidad** (artículo 24) la norma también pone de manifiesto la necesidad de mejorar el conocimiento sobre la vulnerabilidad y resiliencia frente al cambio climático de las especies silvestres y los hábitats y la capacidad de los ecosistemas para absorber emisiones, avances que se deben aplicar a la gestión mediante su integración en instrumentos como el Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, el Plan Estratégico del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad o la Estrategia Estatal de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración ecológicas. Otras medidas contempladas en la ley dirigidas a la protección de la biodiversidad frente al cambio climático son:

- La elaboración, con la participación de las comunidades autónomas y en el plazo de tres años, de una estrategia específica para la protección frente al cambio climático de la biodiversidad y los hábitats que incluirá las directrices básicas para la adaptación de los ecosistemas naturales y de las especies silvestres españolas y las líneas básicas para la restauración y conservación de los mismos, con especial referencia a los ecosistemas acuáticos o dependientes del agua y de alta montaña.
- La obligación de realizar, en el plazo de tres años, una evaluación de la representatividad a medio y largo plazo en los diferentes escenarios climáticos de las redes de espacios naturales protegidos y espacios de la Red Natura 2000.
- La actualización, en el plazo de cinco años, de los atlas nacionales a los que hace referencia el Real Decreto 556/2011, para el desarrollo del Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad, en los que se incluirá un análisis específico sobre el impacto que tendrá el cambio climático.
- El establecimiento de una zonificación que identifique las áreas sensibles y de exclusión por su importancia para la biodiversidad, conectividad, provisión de servicios ecosistémicos u otros valores ambientales, que garantice la compatibilidad entre la conservación del patrimonio natural con el despliegue de las energías renovables (artículo 21).

Por lo que se refiere al **desarrollo rural** (artículo 25) el Gobierno deberá incorporar en la aplicación de la **Política Agraria Común**, en otras estrategias, planes y programas en materia de política agraria y de desarrollo rural, y en el **Plan Forestal Español** medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad al cambio climático de los suelos agrícolas, montes y suelos forestales para facilitar su preservación. Entre estas medidas se incluyen expresamente la elaboración de un mapa de vulnerabilidad y la evaluación y promoción de sistemas agrícolas y prácticas de gestión forestal sostenibles.

Para finalizar este contenido sectorial o temático, la norma determina que las Administraciones Públicas deberán fomentar la capacidad de absorción de los **sumideros de carbono** (artículo 26) para lo que establece medidas como:

- La identificación, clasificación, cartografía, aumento y mejora de los sumideros de carbono, incluidos los sumideros de carbono azul, y su evaluación y contabilización a partir de las fuentes de información existentes.
- La adopción de acciones oportunas para incentivar la participación de personas y entidades propietarias y gestoras públicas y privadas, especialmente los del sector agrario y forestal, en el aumento de la capacidad de captación de los sumideros de carbono.
- El fomento del uso de la biomasa de origen primario como fuente de materiales y de los productos forestales de los montes como materias primas con ciclo de vida óptimo, y de la bioeconomía como motor de desarrollo de las zonas rurales

La ley también aborda (título VI) las medidas que deben impulsar una **transición justa** a una economía descarbonizada para los grupos sociales y áreas geográficas más vulnerables, que debe general oportunidades y nuevos empleos de calidad. Para ello se aprobará, cada cinco años y mediante acuerdo del Consejo de Ministros, una **Estrategia de Transición Justa** de ámbito estatal (artículo 27), cuya elaboración corresponderá a diversos departamentos ministeriales, con la participación de las comunidades autónomas y los agentes sociales.

La norma también regula la figura de los **Convenios de Transición Justa** (artículo 27), instrumentos de desarrollo de la Estrategia, cuya elaboración contará con participación de las comunidades autónomas. Los convenios tendrán como objeto fomentar la actividad económica y su modernización, así como la empleabilidad de trabajadores vulnerables y colectivos en riesgo de exclusión en la transición hacia una economía baja en emisiones de carbono, en particular, en casos de cierre o reconversión de instalaciones. La vigencia de los convenios vendrá determinada en las cláusulas del propio convenio, aunque inicialmente tendrán una duración siete años de duración, pudiéndose acordar su prórroga por un período de hasta siete años adicionales.

En el título VII se aborda la **movilización de recursos para la lucha contra el cambio climático y la transición energética**, disponiendo que:

- Un porcentaje de los Presupuestos Generales del Estado, equivalente al acordado en el marco Financiero Plurianual de la Unión Europea y que será fijado anualmente, deberá contribuir a la lucha contra el cambio climático y a la transición energética. El Gobierno, a la luz de los resultados de la planificación, revisará al alza dicho porcentaje antes del año 2025.
- Los ingresos procedentes de las subastas de derechos de emisión de gases de efecto invernadero serán empleados para el cumplimiento de los objetivos en materia de cambio climático y transición energética.
- Se establecerán medidas relacionadas con la **contratación pública** (artículo 31) por parte de Administración General del Estado y el conjunto de organismos y entidades del sector público estatal, como la incorporación en los criterios de adjudicación de los pliegos los vinculados con la lucha contra el cambio climático y de prescripciones técnicas particulares que establezcan la necesaria reducción de emisiones y de la huella de carbono.

La ley establece medidas para la **integración del riesgo del cambio climático por entidades** con valores admitidos en mercados regulados, de crédito, aseguradoras y reaseguradoras y otras sociedades (artículos 32 y 33), estableciendo, entre otras, las siguientes obligaciones:

- Presentar anualmente un informe de evaluación del impacto financiero de los riesgos asociados al cambio climático generados por la exposición de su actividad, incluyendo los riesgos de la transición hacia una economía sostenible y las medidas que se adopten para hacer frente a dichos riesgos financieros.
- Publicar los objetivos específicos de descarbonización de la cartera de préstamo e inversión de las entidades de crédito.
- Elaborar un informe sobre la evaluación del riesgo para el sistema financiero español derivado del cambio climático, responsabilidad que recaerá sobre el Banco de España, la Comisión Nacional del Mercado de Valores y la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones.
- Evaluar los riesgos y oportunidades asociados a un sistema energético descarbonizado y la estrategia y planificación financiera para las actividades del Gestor Técnico del sistema gasista y la Compañía Logística de Hidrocarburos.

Por su parte, el título VIII (artículos 35 y 36) aborda las cuestiones relativas, por una parte, **la educación y la capacitación** para el desarrollo sostenible y el cuidado del clima, y, de otra, **la investigación, desarrollo e innovación**.

El título IX, y último de la ley, aborda los aspectos relacionados con la **gobernanza y participación pública** estableciendo:

- La creación del **Comité de Personas Expertas de Cambio Climático y Transición Energética**, órgano responsable de evaluar y hacer recomendaciones sobre las políticas y medidas de energía y cambio climático, incluidas las normativas, que elaborará un informe anual que será remitido y sometido a debate en el Congreso de los Diputados.
- La obligación de las comunidades autónomas de informar en la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático de los planes de energía y clima en vigor.
- La aplicación de fórmulas abiertas que garanticen la participación de los agentes sociales y económicos interesados y del público para la elaboración de planes, programas, estrategias, instrumentos y disposiciones que se adopten en la lucha contra al cambio climático y la transición energética.
- La aprobación de un reglamento que garanticen la coordinación, seguimiento, evaluación, publicidad, informe y notificación de los datos de emisiones del inventario nacional de gases de efecto invernadero, las proyecciones de emisiones y las políticas y medidas implementadas.

Finalmente, la ley contempla en sus disposiciones adicionales otras medidas entre las que podemos destacar:

- La remisión a las Cortes, en un plazo de seis meses desde la entrada en vigor de la ley, de un **Proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados**, que incluirá como uno de sus principales ejes el impulso a la economía circular, en la línea de lo establecido en la Estrategia Española de Economía Circular, España Circular 2030 (DA quinta).
- La elaboración de una **Estrategia de impulso del transporte de mercancías por ferrocarril** (DA sexta).
- La constitución en el plazo de seis meses de un **grupo de personas expertas** para evaluar una **reforma fiscal** que valorará la **fiscalidad verde** (DA séptima).
- La elaboración por el IDAE en el plazo de un año de un **Plan de reducción de consumo energético en la Administración General del Estado**.
- La reforma, en el plazo de doce meses, del **marco normativo en materia de energía** para incluir aspectos como la participación de las personas consumidoras en los mercados energéticos, el acceso de las personas consumidoras de energía a sus datos, las inversiones en generación distribuida, el almacenamiento o los mercados locales de energía (DA undécima).

2.5. Contexto regional.

2.5.1. Panel Climas.

En 2009 el Gobierno del Principado de Asturias, a través de Oficina para la Sostenibilidad, el Cambio Climático y la Participación, puso en marcha una iniciativa para analizar las repercusiones en los distintos sistemas naturales y sectores socioeconómicos que el cambio climático pudiera producir a escala regional. Para ello se constituyó el denominado **Panel CLIMAS** formado por 45 científicos, técnicos y especialistas de distintas instituciones del país. Los resultados de los trabajos se publicaron en el informe “Evidencias y efectos potenciales del cambio climático en Asturias”⁵³.

En 2019, a iniciativa de la Viceconsejería de Medio Ambiente y Cambio Climático, se realizó una actualización de estudio, aunque de una forma mucha más modesta, que se recogió en el documento “**Evolución del conocimiento sobre el Cambio Climático en Asturias: Diez años después de CLIMAS**”⁵⁴ en cuya elaboración participaron casi 40 científicos, técnicos y especialistas. Asimismo, los trabajos dieron lugar a la declaración que el panel CLIMAS10 suscribió con ocasión de la reunión que celebró el 11 de diciembre de 2019.

Por otra parte, en 2011 la Oficina para la Sostenibilidad, el Cambio Climático y la Participación del Principado de Asturias y el Departamento de Biología de Organismos y Sistemas de la Universidad de Oviedo elaboraron el informe “**Análisis de Escenarios de Cambio Climático en Asturias**”⁵⁵ con el fin de analizar y divulgar los distintos escenarios de cambio climático, a escala regional y local.

2.5.2. Estudio sobre la adaptación al cambio climático de la costa del Principado de Asturias.

El Principado de Asturias, a través de la por entonces Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, y la Secretaría de Estado de Medio Ambiente suscribieron en diciembre de 2013 un convenio de colaboración entre sobre **adaptación al cambio climático en la costa del Principado de Asturias**.

Fue una de las actividades desarrolladas en el marco del Segundo Programa de Trabajo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2006-2020, dentro de su primer eje Evaluación sectorial de impactos, vulnerabilidad y adaptación, y una **iniciativa pionera en España** con la que se desarrollaba un proyecto piloto de adaptación al cambio climático en la costa del Principado de Asturias, conforme a los resultados obtenidos en la generación de diferentes escenarios de riesgo.

La finalidad de este proyecto piloto era **servir de modelo** para el estableciendo medidas de adaptación, coherentes con la futura estrategia de adaptación al cambio climático de la costa española, que serían integradas en los instrumentos de planificación y ordenación del medio litoral, y con el potencial de poder ser de aplicación a otros ámbitos de la costa española.

Para su realización la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar suscribió un contrato con la Fundación Instituto de Hidráulica Ambiental que implicaba la realización de cuatro actividades con varias tareas cada una: Actividad 1: Generación e integración de bases de datos climáticas y de vulnerabilidad; Actividad 2: Evaluación de impactos y riesgos; Actividad 3: Estrategia de adaptación; y Actividad 4: Redacción de una guía para la evaluación de riesgos y adaptación al

⁵³ Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (2009).

⁵⁴ Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (2019).

⁵⁵ González Taboada y Anadón Álvarez (2011).

cambio climático en el litoral español y del documento de iniciación del procedimiento de evaluación ambiental estratégica.

En el marco de la **actividad 2** se desarrollaron las siguientes tareas⁵⁶: estudio sobre la variabilidad climática y tendencias históricas de las dinámicas marinas e hidro-meteorológicas; análisis histórico de la vulnerabilidad; informe de proyecciones de cambio climático de dinámicas marinas e hidro-meteorológicas y generación de una base de datos de alta resolución obtenida mediante técnicas avanzadas de *downscaling* estadístico; caracterización de impactos del cambio climático en distintas unidades del litoral; realización de un estudio sobre vulnerabilidad y riesgos del cambio climático en distintas unidades del litoral; y elaboración de un atlas y visor de riesgos en la costa del Principado de Asturias.

Para el desarrollo de la **actividad 3** se abordaron las siguientes tareas⁵⁷: diagnóstico de las necesidades actuales de adaptación; análisis de opciones de adaptación considerando estrategias diferentes; descripción detallada del proceso de desarrollo, implementación y seguimiento de medidas de adaptación en zonas costeras; y estudio ambiental estratégico para la evaluación ambiental de la estrategia de adaptación al cambio climático de la costa española.

Los **impactos considerados** en el estudio son la inundación costera, la erosión en playas y los cambios en las características morfológicas de los estuarios, incluyendo una descripción de cada uno de ellos, las dinámicas que los generan, la metodología empleada, los escenarios de cambio climático considerados y los resultados obtenidos.

Por lo que se refiere a la **adaptación** el proyecto concluye que la estrategia de acción debe basarse en una combinación de diferentes opciones de adaptación implementados a través de planes específicos.

Asimismo, en línea con el V informe del IPCC, se señala que, dada la complejidad que supone la elección de las medidas más adecuadas, debido a la incertidumbre en la evolución y acumulación de impactos asociados al cambio climático, la **integración o combinación de opciones y medidas deberá hacerse primando la robustez y flexibilidad**, para hacer frente a un amplio rango de escenarios futuros, y considerando los beneficios adicionales que pudieran conllevar, más allá de meramente la adaptación al cambio climático.

En la Estrategia se seleccionaron **26 opciones de adaptación**, clasificadas conforme a la propuesta del IPCC incluida en el AR5 y, adicionalmente, por su finalidad (Tabla 20). Según este último criterio se diferencian tres grupos de medidas: de protección, de acomodación y de retroceso.

Las **opciones de protección** tienen como fin último proteger las zonas en riesgo del sistema socioeconómico o natural, tratando de evitar que se produzcan los impactos derivados de la inundación, erosión, intrusión salina, etc., mediante la reducción de la peligrosidad y, especialmente, de la exposición.

Las **opciones de acomodación** son aquellas que, manteniendo los elementos potencialmente en riesgo en las zonas afectadas, priorizan la reducción de la vulnerabilidad mediante la modificación de usos del suelo, la introducción de normativa específica para las infraestructuras y viviendas o la adopción de medidas de preparación de los elementos afectados ante los posibles impactos.

Las **opciones de retroceso** contemplan el abandono planificado de las zonas susceptibles de verse afectadas por los impactos del cambio climático o de los riesgos extremos.

⁵⁶ Losada Rodríguez, Toimil Silva, y Díaz-Simal (2016a).

⁵⁷ Losada Rodríguez, Toimil Silva, y Díaz-Simal (2016b).

Tabla 20. Opciones de Adaptación seleccionadas por la Estrategia de adaptación de la costa.

OPCIONES DE ADAPTACIÓN	CLATEGORÍAS	
1 Diagnóstico y análisis de riesgos	Tecnología/Información	P/A/R
2. Monitorización sistemática de la costa	Tecnología/Información	P/A/R
3. Introducción de sistemas de alerta temprana y protocolos de evacuación	Tecnología/Información/Comportamiento	A
4. Regeneración de playas y sistemas dunares	Ingeniería/Ecosistemas	P
5. Creación de playas y dunas artificiales	Ingeniería	P
6. Conservación y restauración de humedales y marismas	Ecosistemas	P
7 Gestión de sedimentos	Ingeniería/Ecosistemas	P
8. Construcción de nuevas estructuras de protección (muros, paseos)	Ingeniería	P
9. Construcción de nuevas estructuras o elementos artificiales para mantener la línea de costa (diques exentos, espigones, geotextiles, etc.)	Ingeniería	P
10. Adecuación funcional y estructural de las infraestructuras y edificaciones existentes	Ingeniería	A
11. Normativa y códigos de adecuación	Ingeniería/Leyes y regulación	A
12. Introducción de seguros y primas específicas	Economía	A
13. Realineación de estructuras existentes en la línea de costa	Ingeniería/Comportamiento	R
14. Realineación de estructuras existentes en estuarios y desembocaduras	Ingeniería/Comportamiento	R
15. Adquisición de terrenos	Comportamiento	R
16. Cambios en el uso del suelo	Comportamiento/Leyes y regulación	A
17. Favorecer la migración hacia el interior de humedales y marismas y creación de nuevas áreas intermareales	Ecosistemas/Leyes y regulación/Comportamiento	R
18. Capacitación y concienciación	Educación/Información	O
19. Reducción de barreras y limitaciones	Información/Educación/Leyes y regulaciones/Políticas y programas gubernamentales	O
20. Integración en la toma de decisiones	Información/Educación/Leyes y regulaciones/Políticas y programas gubernamentales/Información/Economía	O
21. Investigación	Información	O
22. Evaluación de servicios prestados por ecosistemas costeros	Economía/Información	O
23. Relocalización	Comportamiento	R
24. Gestión de concesiones	Políticas y programas de la administración	A/R
25. Áreas protegidas	Políticas y programas de la administración	O
26. Gestión integrada de zonas costeras	Políticas y programas de la administración	T

P: protección; A:acomodación; R: retroceso; O: otras; T: todas.

Fuente: elaborado a partir de Losada Rodríguez, Toimil Silva, y Díaz-Simal (2016b).

2.5.3. Planificación del litoral frente al cambio climático.

En materia de puertos cabe destacar la elaboración del **Plan Territorial Especial para la Estrategia Integrada de Gestión Portuaria Litoral del Principado de Asturias** (EIGPLA)⁵⁸, cuya aprobación inicial por el Pleno de la CUOTA se produjo en octubre de 2016.

El ámbito del EGIPLA es la franja litoral asturiana incluyendo las aguas interiores del Principado de Asturias y las parroquias incluidas total o parcialmente en el litoral, lo que supone un total de 1 651,52 km², distribuido entre 25 municipios. Asimismo, la Estrategia establece una normativa de aplicación a los 24 puertos autonómicos y una ordenación para cada uno de ellos

La Estrategia se **estructura** en los siguientes apartados: marco legal y de planificación, análisis y diagnóstico, estrategia y anexos. En el **apartado III.1.4** del documento se abordan los **condicionantes del cambio climático** y, entre los anexos, cabe destacar el **anexo VII** en el que se incluye el **estudio inicial sobre el impacto del cambio climático en los puertos del Principado de Asturias** realizado por IHCantabria.

Entre los **objetivos generales de la Estrategia** los relacionados más directamente con el cambio climático son:

- Transcender la ambición de un enfoque exclusivamente territorial, planteando una estrategia integrada para la gestión portuario-litoral, para un espacio donde confluyen asentamientos humanos, playas e instalaciones vulnerables por los impactos del cambio climático y que necesita una apuesta por formas diversificadas de actividad económica.
- Incorporar la variable climática en los procesos de decisión sobre el litoral y los puertos, definiendo estrategias de prevención ante los riesgos a que este espacio se ve sometido.

También en los objetivos específicos y en los operativos se considera el cambio climático. Así en los primeros se establece como meta **“Adaptar las infraestructuras a los impactos y vulnerabilidad y efectos del cambio climático”**, y de los cuatro objetivos operativos el primero es la **“Adaptación al cambio climático y protección ambiental de la costa”**⁵⁹.

En total la EIGPLA contempla **cuatro programas** que se articulan en **17 líneas de actuación**. Considerando los condicionantes de cambio climático que afectan a la costa del Principado de Asturias, la EIGPLA define medidas con el objetivo de mantener el nivel de protección actual de la costa asturiana en el 2050, incluidos los riesgos de inundación o erosión⁶⁰.

Así el **Programa 1**, denominado **“Protección de los ecosistemas marinos y litorales”**, incluye dos líneas de actuación relacionadas con el cambio climático, la L1D, **“Mejora del conocimiento de los efectos del cambio climático en la costa asturiana”**, y la L1E, **“Adaptación de la costa asturiana al cambio climático”**, con nueve y 25 medidas, respectivamente (Tabla 21).

En el estudio sobre el impacto sobre los puertos recogido en el anexo VII de la EIGPLA⁶¹, se analiza la inoperatividad de diez de los puertos, considerando la variable de rebase del oleaje sobre los diques que protegen el área de agua abrigada en la que se desarrollan las actividades portuarias.

⁵⁸ Gobierno del Principado de Asturias (2016).

⁵⁹ Gobierno del Principado de Asturias (2016, p. 113).

⁶⁰ Gobierno del Principado de Asturias (2016, p. 49).

⁶¹ Losada Rodríguez y Toimil Silva (2016).

Tabla 21. Medidas de las líneas L.1.D y L.1.E de la EGIPLA.

L.1.D Mejora del conocimiento de los efectos del cambio climático en la costa asturiana.	
M.1.D.1	Establecer una metodología común de análisis y evaluación de los impactos y la vulnerabilidad frente al cambio climático y los eventos extremos en la costa asturiana para identificar los riesgos asociados.
M.1.D.2	Elaborar diagnósticos periódicos para analizar la evolución del riesgo con base en la metodología anterior.
M.1.D.3	Elaborar y mantener actualizadas las bases de datos con indicadores de peligrosidad, vulnerabilidad y exposición.
M.1.D.4	Promover el desarrollo de proyecciones climáticas y socioeconómicas.
M.1.D.5	Definir zonas de actuación prioritarias de la costa asturiana para la adopción de medidas de adaptación al cambio climático.
M.1.D.6	Definir agentes del sector público y privado involucrados en la costa, procurarles educación sobre adaptación al cambio climático, y hacerlos participativos del proceso de adaptación.
M.1.D.7	Promover acciones de capacitación para técnicos, especialistas y profesionales de las administraciones y del sector privado en forma de cursos, talleres o publicaciones.
M.1.D.8	Promover campañas de concienciación ciudadana sobre el cambio climático y sus consecuencias.
M.1.D.9	Promover el conocimiento del cambio climático en los centros educativos.
L.1.E Adaptación de la costa asturiana al cambio climático.	
Mantener y restaurar los humedales	
M.1.E.1	Favorecer la migración hacia el interior de los humedales a través de la planificación litoral y la obtención de terrenos.
M.1.E.2	Prohibir la construcción de estructuras rígidas en los contornos de los humedales.
M.1.E.3	Mantener el estado de conservación de los humedales existentes.
M.1.E.4	Promover medidas y figuras de protección de ecosistemas costeros.
Mantener y restaurar las playas y dunas	
M.1.E.5	Estudio detallado de la vulnerabilidad y riesgos de las distintas playas y, en su caso, sistemas dunares asociados.
M.1.E.6	Promover medidas de adaptación de los arenales y de restauración de las dunas degradadas.
M.1.E.7	Establecer un plan regional de gestión de sedimentos para mantener la línea de costa.
Preservar el territorio costero y favorecer su desarrollo	
M.1.E.8	Promover la gestión eficiente de las zonas inundables, exigiendo a las actuaciones previstas en estas zonas un estudio que evalúe y valore el riesgo potencial y los riesgos de inundación respecto a la repercusión de la actividad propuesta.
M.1.E.9	Integrar la gestión costera en la planificación territorial.
M.1.E.10	Revisar y adaptar las estructuras que afectan a las zonas estuarias y líneas de costa.
M.1.E.11	Llevar a cabo medidas de obtención de superficies potencialmente inundables y destinarlos a conservación.
M.1.E.12	Incorporar el factor cambio climático en las políticas de planificación territorial y de diseño de nuevas infraestructuras.
M.1.E.13	Revisar y adaptar a las consecuencias del cambio climático los instrumentos de planificación territorial.
M.1.E.14	Promover la utilización de medidas de adaptación que hagan más efectivos los servicios de protección de los que nos proveen los ecosistemas clave.
Mantener la línea de costa	
M.1.E.15	Revisar las estructuras de defensa de la costa (paseos marítimos, diques, muros de protección, etc.) analizando su estado actual y su resiliencia frente a los cambios proyectados ante diferentes escenarios climáticos.
M.1.E.16	Estudio individualizado de riesgos y vulnerabilidad de los puertos ante el cambio climático y en general fenómenos meteorológicos extremos, así como selección de actuaciones de prevención y adaptación, incluyendo las que correspondan en un Plan de Adaptación al Cambio Climático de los Puertos adscritos a la Comunidad Autónoma.
M.1.E.17	Rigidizar líneas de costa de alto riesgo de inundación y erosión con soluciones ingenieriles respetuosas con el entorno.
Gestión de especies invasoras	
M.1.E.18	Reforzar el control sobre las especies invasoras que pudieran verse favorecidas por las nuevas condiciones climáticas.
M.1.E.19	Eliminar especies invasoras y restaurar las especies nativas que mejor se adapten a las nuevas condiciones climáticas.
Calidad de las aguas	
M.1.E.20	Incorporar el aumento del nivel del mar en el diseño de nuevas infraestructuras, como por ejemplo redes de alcantarillado.
M.1.E.21	Revisar y, en su caso, rediseñar y actualizar los sistemas costeros de drenaje.
Monitorización	
M.1.E.22	Generar un sistema de alerta y un protocolo de actuación frente a eventos extremos en la costa.
M.1.E.23	Establecer un programa de monitorización de la costa del Principado de Asturias, determinando parámetros, indicadores, técnicas, frecuencia y tipo de análisis de datos.
M.1.E.24	Configurar un mecanismo interdepartamental en el seno del Gobierno del Principado de Asturias que gestione de forma integrada la adaptación en la costa.
M.1.E.25	Articular mecanismos que integren la participación de las entidades locales en la implementación y seguimiento de medidas de adaptación al cambio climático.

Fuente: elaborado a partir de Gobierno del Principado de Asturias (2016, pp. 123-126).

Actualmente se han comenzado los trámites para la elaboración del **Plan de Adaptación al Cambio Climático de los Puertos Autonómicos de Asturias**⁶² cuyo ámbito territorial está constituido por las zonas de servicio de los 24 puertos e instalaciones portuarias de la red autonómica (Figura 13). La superficie total abarcada asciende a 3 038 164 m², de los cuales 1 105 228 m² corresponden a áreas de tierra.

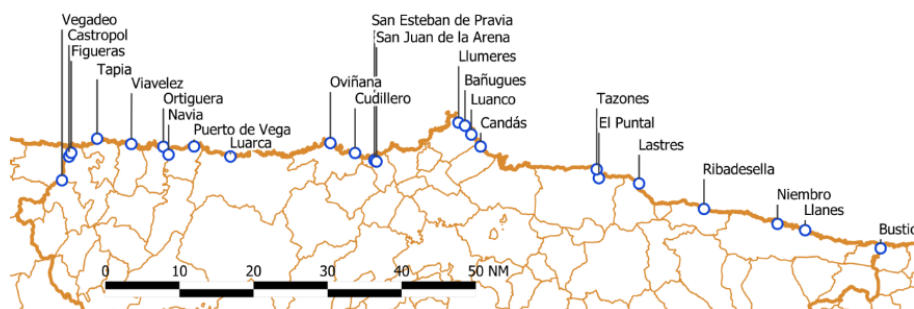


Figura 13. Sistema autonómico de puertos de Asturias.

Fuente: Gobierno del Principado de Asturias (2021, p. 15).

Los **objetivos** que persigue este Plan son:

- Reducir el riesgo actual y proyectado a niveles aceptables para la operatividad de las infraestructuras portuarias.
- Mejorar el conocimiento sobre las dinámicas litorales para la evaluación de los niveles de riesgo a los que están sometidos los puertos en distintos escenarios climáticos y con el menor grado de incertidumbre.
- Garantizar la efectividad de las medidas de adaptación propuestas, justificando la eficacia de su implantación en el plazo óptimo y analizando su coste/beneficio.
- Establecer mecanismos viables y fiables de seguimiento de la evolución de los riesgos y de monitorización de la efectividad de las medidas, de manera que los puertos interioricen ese aprendizaje para su operación futura.
- Contribuir a la participación activa en la reducción de los riesgos de todos los agentes públicos y privados involucrados en la gestión y uso de las instalaciones portuarias.

En estos momentos los trabajos se centran en el análisis y evaluación de los riesgos en cada puerto, por lo que el borrador no contiene las medidas específicas a implementar para reforzar la resiliencia de cada sistema portuario.

2.5.4. Iniciativas en materia de transición justa.

En el Principado de Asturias el **Plan de Acción Urgente para comarcas de carbón y centrales en cierre 2019-2021** identificó las siguientes instalaciones (centrales térmicas y explotaciones mineras) en proceso de cierre o de clausura reciente:

- Central térmica del Narcea, o Central térmica de Soto de la Barca, situada en el concejo de Tineo. Pertenece a la empresa Naturgy (Naturgy Energy Group, S.A.).
- Central térmica de Lada, situada en el concejo de Langreo. Pertenece a la empresa Iberdrola (Iberdrola S.A.).
- Explotación minera en Cangas del Narcea, perteneciente a Carbonar, S.A.

⁶² Gobierno del Principado de Asturias (2021).

- Explotación minera en Tineo (mina de Pilotuerto), perteneciente a Unión Minera del Norte, S.A. (UMINSA).
- Explotación minera en Degaña (pozo Cerredo), perteneciente a la Compañía Minera Astur Leonesa, S.A.
- Explotaciones mineras en Laviana (pozo Carrio) y Aller (pozo Santiago), pertenecientes a Hulleras del Norte, S.A. (HUNOSA).
- Central térmica de carbón y gas siderúrgico de Aboño - Grupo 1, de 365,5 MW, en el concejo de Carreño, perteneciente a la empresa EDP.

Asimismo, para Asturias se ha definido **tres zonas** incluidas en el ámbito territorial de los **convenios de transición** justa para el período 2021-2024:

- Suroccidente: concejos de Tineo, Cangas del Narcea, Ibias y Degaña.
- Valle del Nalón: concejos de Langreo, Laviana, San Martín del Rey Aurelio, Sobrescobio, Caso y Bimenes.
- Valle del Caudal: concejos de Aller, Lena, Mieres, Morcín, Ribera de Arriba y Riosa.

En marzo de 2020 se firmaron los Protocolos Generales de Actuación para cada uno de los tres Convenios de Asturias. Estos Protocolos son documentos suscritos entre representantes la Administración General del Estado, la Comunidad Autónoma y los entes locales, y tienen por objetivo reflejar el compromiso expreso por parte de los diferentes niveles de la administración para la elaboración de los Convenios siguiendo un procedimiento y metodología establecidos.

En el caso del Convenio de Transición Justa del Suroccidente Asturiano, el proceso de participación pública se lanzó en noviembre de 2019, terminando en febrero de 2020, mientras que para los Convenios de los valles del Nalón y el Caudal los procesos de participación se lanzaron en marzo de 2020 y terminaron en junio de 2020.

En las siguientes fases de la elaboración de los convenios, se procederá a definir las inversiones y proyectos concretos e identificar fuentes de financiación. Las inversiones y proyectos se evaluarán para determinar su viabilidad, sostenibilidad e idoneidad para el territorio, y serán seleccionados en base a unos criterios claros. Hasta marzo de 2021, durante el proceso de participación pública abierto de los tres convenios, se habían presentado 220 propuestas que aspiran a convertirse en proyectos financiados por los convenios.

Por otra parte, continúa la ejecución proyectos financiados con cargo al **Marco de Actuación para la Minería del Carbón y las Comarcas Mineras 2013-2018**. En diciembre de 2020 el Gobierno de Asturias y el Instituto para la Transición Justa firmaron los convenios correspondientes a 55 proyectos que supondrán un desembolso de 76,8 millones de euros. En marzo de 2021 el Gobierno de Asturias autorizó la firma de un convenio que permite impulsar cinco proyectos restantes que quedaron pendientes el año pasado. Estas actuaciones, dotadas en con 16.2 millones de euros, se desarrollarán en los concejos de Lena, Langreo, Mieres, Degaña e Ibias⁶³.

2.5.5. Mapa de estrategias del Principado de Asturias 2021-2027.

En diciembre de 2020 el Gobierno del principado de Asturias aprobó el **Mapa de Estrategias 2021-2027**⁶⁴, cuya versión definitiva se publicó en enero de 2021. El documento constituye una **hoja de ruta** con la que se pretende buscar sacar el **máximo aprovechamiento de los fondos europeos** para

⁶³ https://www.asturias.es/documents/217090/794036/2021_03_12+NP+Consejo+de+Gobierno.doc.pdf/9b8cad65-3a57-6a1a-a5b6-943d12de28ae?t=1615549070757. Fecha de consulta: 3 de junio de 2021.

⁶⁴ Comité Asesor de Fondos Europeos (2021).

la reconstrucción y acompañar financieramente, entre otros objetivos la **transición ecológica y digital** para transformar la economía regional y dar los pasos hacia la **neutralidad climática y la resiliencia**⁶⁵. Por las particularidades de Asturias a estos desafíos se añade el **reto demográfico**.

La Unión Europea financiará la reconstrucción socioeconómica y la preparación para avanzar hacia estructuras y economías resilientes a través del instrumento denominado **Next Generation EU** con el objetivo de “avanzar en la recuperación de las economías a través de la transformación digital y la **transición ecológica**”. A estos fondos hay que añadir los procedentes de del **Marco Financiero Plurianual 2021-2027**⁶⁶.

En el documento se señala que la región debe afrontar en un futuro inmediato “la transformación de sus industrias tradicionales (metalurgia, química, agroalimentaria, cemento etc.) en industrias más competitivas, digitales, sostenibles e innovadoras que garanticen el itinerario hacia escenarios de emisiones netas de gases de efecto invernadero cero”⁶⁷.

En el documento se identifican **veinte oportunidades clave** de la región para afrontar los retos de la transformación entre las que se encuentra la que señala que “nuestra **posición frente al cambio climático es ventajosa** dada nuestra riqueza natural y, en general, su estado de conservación”.

El Mapa identifica **dos estrategias transversales**, la Estrategia de Especialización Inteligente S3 y la Estrategia de Especialización Inteligente; organiza las estrategias en **tres ámbitos de especialización** (economía verde y sostenibilidad, salud y longevidad, y cohesión territorial/social y conectividad) con **dos procesos circulares o centrales** que interconectan los tres ámbitos anteriores (digitalización y acción por el clima); e identifica un conjunto de acciones trasversales (Tabla 22).

Por lo que se refiere a las dos **estrategias transversales** en el documento se señala que tendrán un importante papel para la acción climática regional ya que la Estrategia de Especialización Inteligente (Estrategia S3) “debe diseñarse para abordar los principales retos de la región (transición energética, reto demográfico o desempleo)” y la Estrategia de Transición Justa “se enmarca en el mecanismo de transición justa del *Green Deal*, y su objetivo es optimizar los resultados de la Transición Energética y Ecológica para el empleo”.

En cuanto a los procesos circulares destaca la **Estrategia Asturiana de Acción por el Clima** que, en cumplimiento de los objetivos del PNIEC 2021-2030, tendrá como meta alcanzar en 2030 una reducción de las emisiones totales de GEI de Asturias de, al menos, el 55% con respecto al nivel de 1990 y, para alcanzar la neutralidad climática en 2050, deberá fomentar el desarrollo de sumideros biológicos de carbono de Asturias, incrementando su capacidad de absorción en, al menos, un 10% para 2030.

Conviene destacar el hecho de que la estrategia de acción climática ocupa, junto con la de digitalización, una posición central en la estructura de los instrumentos de planificación previstos por el Mapa para los tres sectores de actuación, lo que responde a su carácter transversal y a su relevancia en las políticas del Gobierno de Asturias.

⁶⁵ https://www.asturias.es/detalle/-/categories/1031251?r_p_categoryId=1031251&com.liferay.asset.categories.navigation.web.portlet.AssetCategoriesNavigationPortlet_articleId=1031285&articleId=1031285&title=Mapa%20de%20Estrategias&redirect=https%3A%2F%2Fwww.asturias.es%2Fgenera%2F-%2Fcategories%2F572623%3Fp_r_p_categoryId%3D572623. Fecha de consulta: 28 de mayo de 2021.

⁶⁶ Comité Asesor de Fondos Europeos (2021, p. 7).

⁶⁷ Comité Asesor de Fondos Europeos (2021, p. 8).

Tabla 22. Mapa de estrategias del Principado de Asturias.

ÁMBITO	ESTRATEGIA	CONSEJERÍAS
TRANSVERSAL	Estrategia de Especialización Inteligente (Estrategia S3)	CC/CI
	Estrategia de Transición Justa	CI/CC
ECONOMÍA VERDE Y SOSTENIBILIDAD	Estrategia de Industria	CI
	Estrategia de Energía	CI
	Estrategia de Economía Circular	CA
	Estrategia para la Rehabilitación Energética de Edificios en Asturias	CI/CD
	Plan Asturiano de Vivienda 2018-2021	CD
	Plan Estratégico del ciclo del agua	CA
	Plan Coordinado de Control de la Cadena Alimentaria	CS
	Estrategia de Materias Primas	CI
	Estrategia de competitividad del sector primario y de desarrollo económico del medio rural	CM
	Estrategia de Turismo 2020-2030	CT
SALUD Y LONGEVIDAD	Estrategia de Atención Primaria	CS
	Plan de Salud 2020-2030	CS
	Plan de Asturias de Salud y Medio Ambiente y Plan socio sanitario Plan de Salud Mental	CS
	Estrategia de seguridad del paciente	CS
	Plan Estratégico de Mejora de la Calidad del Aire	CA
	Plan de Coordinación Sociosanitaria	CD
	ESTRENA Estrategia Asturiana de Envejecimiento Activo 2018-2021	CD
COHESIÓN TERRITORIAL/SOCIAL Y MOVILIDAD	Estrategia de movilidad sostenible	CM
	Plan de Movilidad Multimodal del Área Metropolitana de Asturias	CM
	Plan forestal de Asturias	CM
	Estrategia de Adaptación al Cambio Climático	CA
	Plan Horizonte Social Asturias	CD
	Plan de Normalización Lingüística	CT
	Estrategia de Comercio	CI
	Corresponsabilidad/Igualdad/Conciliación	CD
PROCESOS CIRCULARES	Estrategia Gobierno Abierto	CP
	Estrategia Digital de Asturias	CC
	Estrategia de Acción por el Clima del Principado de Asturias	CA
ACCIONES TRANSVERSALES	Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación 2018-2022	CC/CE
	Participación, Diálogo y Concertación Social	-
	Educación y emprendimiento	CE/CC/CI
	Plan Demográfico de Asturias 2017-2027	CD
	Simplificación Administrativa: la administración como Plataforma de Servicios Digitales	CP/CC/CA/CH

En negrita se resaltan los instrumentos que, a priori, estarían más relacionados con la mitigación y adaptación al cambio climático, aunque no se puede descartar la contribución del resto de las estrategias.

CA: Consejería de Administración Autonómica, Medio Ambiente y Cambio Climático;
 CC: Consejería de Ciencia, Innovación y Universidad; CD: Consejería de Derechos Sociales y Bienestar;
 CE: Consejería de Educación; CI: Consejería de Industria, Empleo y Promoción Económica;
 CM: Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial; CP: Consejería de Presidencia;
 CS: Consejería de Salud; CH: Consejería de Hacienda; CT: Consejería de Cultura, Política Lingüística y Turismo.

Fuente: Comité Asesor de Fondos Europeos (2021, p. 21).

2.5.6. Estrategia de rehabilitación energética de edificios del Principado de Asturias.

Una de las primeras estrategias en elaborarse ha sido la que aborda la **rehabilitación energética de edificios**⁶⁸. El documento de la Comisión Mixta para evaluar el Impacto de la Transición Energética en Asturias⁶⁹, aprobado en septiembre de 2019, señalaba que “la rehabilitación energética y la eficiencia en la edificación no solo suponen un ahorro energético o una disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, sino que además representan una oportunidad para el empleo, la cualificación, industrialización y desarrollo tecnológico de un sector de alta importancia en la región”.

En enero de 2021 se iniciaron los trabajos para la elaboración de la **Estrategia de Rehabilitación Energética de Edificios del Principado de Asturias** (EREPA) con la participación de distintos departamentos de la Administración regional, los agentes sociales, la Federación Asturiana de Concejos y la Fundación Asturiana de la Energía (coordinadora técnica del proyecto)⁷⁰. La Estrategia fue aprobada por Acuerdo del Consejo de Gobierno el 5 de marzo de 2021, con un presupuesto de 46.7 millones de euros.

El documento señala que el parque de edificios consume actualmente cerca del 30% de la energía final, dado que solo el 0.3% de los inmuebles existentes han realizado intervenciones en rehabilitación energética, se dispone de un importante potencial de ahorro e incorporación de energías renovables.

En términos generales, la Estrategia da prioridad a la descarbonización de los sistemas de calefacción y refrigeración, abordará la renovación en los edificios más ineficientes y promoverá la rehabilitación de los públicos, estableciendo los siguientes **ámbitos de actuación**:

- Actuaciones privadas en edificios del sector residencial.
- Actuaciones privadas en edificios del sector terciario.
- Actuaciones de la Administración regional, en edificios públicos y de viviendas de la Administración regional o central (Patrimonio, SESPA y ERA), y proyectos piloto que beneficien también a edificios privados.
- Actuaciones de administraciones locales, tanto en edificios públicos y de viviendas de ayuntamientos como en propuestas de barriadas o zonas.

Desde el punto de vista de la **tipología edificatoria** la Estrategia contempla la inversión en la rehabilitación de edificios residenciales urbanos y rurales, privados de uso terciario e institucionales de la Administración regional y de las administraciones locales.

Para el diseño de las líneas de actuación también se ha considerado la **antigüedad de los inmuebles** clasificándolos en tres grupos según la fecha de construcción: **anterior a 1980**; **entre 1980 y 2006**, en los que se aplicó la norma básica relativa al aislamiento térmico; y **posterior a 2006**, sujetos a las determinaciones del Código Técnico de la Edificación.

Asimismo, se ha tenido en cuenta la dotación centralizada o individual de las instalaciones de los inmuebles, factor que determina la facilidad para diseñar actuaciones para el conjunto del edificio o incluso de manzanas o barrios.

El desarrollo de las previsiones de la Estrategia permitirá alcanzar diversos objetivos en los ámbitos de energía y medioambiente, economía y generación de actividad y social y de confort (Tabla 23).

⁶⁸ Gobierno del Principado de Asturias (2021c).

⁶⁹ Comisión Mixta para evaluar el Impacto de la Transición Energética en Asturias (2019).

⁷⁰ <https://www.faen.es/tpj/8196/>. Fecha de consulta: 7 de junio de 2021.

Tabla 23. Objetivos de la Estrategia de rehabilitación energética de edificios del Principado de Asturias.

ÁMBITO	OBJETIVOS
ENERGÍA Y MEDIOAMBIENTE	<ul style="list-style-type: none"> i) Mejora del comportamiento energético y medioambiental del edificio. ii) Aprovechamiento de recursos energéticos regionales y contribución a la electrificación de la economía. iii) Contribución a la transición energética justa y a la descarbonización. iv) Alineamiento con las políticas europeas y nacionales de eficiencia energética, electrificación económica y aumento de energías renovables, de cumplimiento de objetivos climáticos y de descarbonización. v) Reducción de dependencia energética y regional como consecuencia de la disminución del consumo de energía en edificios rehabilitados. vi) Reducción de la producción de residuos de la construcción y demolición, mediante su adecuada gestión, valorización y reutilizado, aplicando criterios de economía circular.
ECONOMÍA Y GENERACIÓN DE ACTIVIDAD	<ul style="list-style-type: none"> i) Contribución a la reactivación de la economía en el corto plazo, principalmente de los sectores de la construcción, la ingeniería, la economía circular y la actividad energética e industrial. ii) Generación de empleo, mantenimiento del existente y capacidad de absorción de mano de obra local/territorial. iii) Potenciación de la actividad en digitalización, domótica, redes inteligentes, economía circular y transformación del mercado energético. iv) Reducción del gasto asociado al consumo energético de administraciones, empresas y particulares, permitiendo reasignaciones de gasto a otras acciones y actividades y una mejora de la competitividad.
SOCIAL Y DE CONFORT	<ul style="list-style-type: none"> i) Disminución de la factura energética en todos los sectores de la población, especialmente relevante en los más desfavorecidos y contribución a disminuir la pobreza energética. ii) Mejora de las condiciones habitacionales y de la salubridad para alcanzar las necesarias condiciones de comodidad y confort, la lucha contra enfermedades epidémicas y la eliminación de elementos cancerígenos como el amianto. iii) Mejora de la salud pública, con efectos positivos en términos de indicadores de salud autopercebida, reducción de pérdidas laborales por incapacidad temporal y disminución de gasto sanitario y en medicamentos. iv) Mejorar la calidad de la vivienda en lo que respecta a carencias existentes en conservación y accesibilidad, fundamentalmente en el parque edificatorio más antiguo. v) Revalorización de patrimonio y regeneración estética, especialmente en los de mayor consumo, más antiguos y en peores condiciones de habitabilidad.

Fuente: Gobierno del Principado de Asturias (2021c, pp. 8-9).

A partir de estos criterios, y para alcanzar los objetivos señalados, la Estrategia establece dos **líneas de acción**:

- **Mejora energética de edificios existentes privados de uso residencial y del uso terciario**, mediante: la reducción de la demanda energética del edificio; la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas e inclusión de fuentes de energías renovables; y la mejora de las instalaciones de iluminación.
- **Mejora energética de edificios existentes públicos de todo tipo de usos**, mediante las mismas intervenciones que en los edificios privados, adaptadas esta tipología de inmuebles, y, además, la posibilidad de ser *prosumidor* energético, es decir, producir parte o toda la energía que se consume en el edificio, y la digitalización. Para esta línea se propone, como tarea inicial la actualización del inventario de edificios de la administración regional y la elaboración de una planificación que permita acometer cada año la rehabilitación del porcentaje de superficie construida fijada como objetivo (un 3% anual de la superficie

edificada tomando como referencia lo dispuesto a nivel nacional).

Para las actuaciones de esta también se propone la realización de proyectos piloto bandera que permitan probar tecnologías novedosas y servirán como banco de pruebas en materia de energética edificatoria y de ensayo para empresas y profesionales.

Debe tenerse en cuenta que, en realidad, **no se trata de líneas excluyentes** ya que podrían llevarse a cabo **proyectos conjuntos** que abarquen ambas como, por ejemplo, en el caso de la implantación de sistemas de redes de calor que impliquen edificios de distintos usos, públicos y privados o en el da las actuaciones de rehabilitación de manzanas o barrios en los que, además de las acciones de eficiencia energética, se desarrollen otras de mejora de la sostenibilidad y la equidad (digitalización, accesibilidad, movilidad, etc.).

En la Estrategia también se han identificado las **barreras económicas, administrativas, formativas y de información** que pueden dificultar la ejecución de las actuaciones y, por tanto, la consecución de los objetivos perseguidos:

- Las **barreras económicas** se deben a la importante inversión necesaria para abordar las actuaciones para lo que se proponen líneas de apoyo específicas, considerando criterios sociales, económicos, técnicos o de uso del edificio, modelos de financiación público-privada, la introducción de comunidades energéticas locales y la incorporación de beneficios fiscales en los distintos niveles de la administración.
- Las **administrativas** provienen de la complejidad y el tiempo de tramitación de los procesos y de la necesidad de actualización de la normativa que interfieren en el despliegue de soluciones tecnológicas a aplicar o que obstaculizan el proceso de decisión.
- Las **formativas** se deben a los avances tecnológicos, variaciones normativas o incluso vías de financiación que hacen necesario un reciclaje continuo de los agentes intervinientes, profesionales, técnicos, operarios e incluso personal técnico de la administración.
- Las barreras de **información** se producen porque los titulares de los edificios no disponen de información suficiente para la toma de decisiones por lo que es necesario reforzar la comunicación atendiendo a una segmentación en función del público objetivo. La actuación de expertos independientes o la creación de ventanillas informativas pueden ayudar a superar este problema.

Para superar estas barreras se propone una serie de medidas transversales o comunes en las que se desarrollarán acciones formativas, tanto para agentes y profesionales del sector como para nuevos participantes, y actuaciones de difusión específicas y de carácter general.

2.5.7. Estrategia de transición energética justa de Asturias.

El pasado 28 de mayo finalizó el periodo para la presentación de aportaciones al **Borrador de la Estrategia de transición energética justa de Asturias**, documento elaborado por la Consejería de Industria, Empleo y Promoción Económica, con la colaboración de la Consejería de Administración Autonómica, Medio Ambiente y Cambio Climático; de Medio Rural y Cohesión Territorial y de Hacienda, con el apoyo y coordinación técnica de FAEN⁷¹.

Para los trabajos de elaboración se constituyó en septiembre de 2019 la **Mesa Regional para la Transición Energética Justa**, compuesta por miembros del Gobierno de Asturias, FAEN, Universidad de Oviedo, CSIC-INCAR; FADE, los sindicatos CCOO, SOMA-FITAG-UGT y UGT, representantes de

⁷¹ Gobierno del Principado de Asturias (2021b).

empresas electrointensivas y energéticas, del club de la Energía, entidades y agrupaciones representativas de los sectores implicados, miembros de ECORYS y representantes del secretariado de la plataforma de regiones de carbón en transición⁷².

El objeto de este borrador de estrategia es presentar las directrices que marquen el **proceso de transformación** en los próximos años **del sector energético regional** basado en carbón, buscando alternativas para generar un nuevo modelo energético aprovechando las potencialidades regionales y los nuevos mercados, como el hidrógeno renovable, el almacenamiento de energía o la movilidad alternativa, que están demandando nuevos productos y servicios en los que la región ya se está posicionando.

Tabla 24. Objetivos del borrador de la Estrategia de transición energética justa de Asturias.

OBJETIVOS ESTRATÉGICOS	OBJETIVOS
OE1. Descarbonizar el modelo energético regional en base a la eficiencia energética y la diversificación tecnológica y asegurando que siga facilitando la competitividad a la economía regional.	O1. Nuevo modelo de suministro energético basado en las energías renovables y la diversificación tecnológica. O2. Nuevo modelo de consumo energético basado en la eficiencia energética y la electrificación.
OE2. Potenciar la competitividad de las capacidades regionales.	O3. Una transición energética justa que fortalezca el tejido industrial regional, suponga un impulso económico de otros sectores, mejore la competitividad, promueva un ecosistema de generación del conocimiento y promueva actividad económica en todos los territorios. O4. Una transición energética justa centrada en el ciudadano, que genere empleo, reduzca desigualdades y apoye a las personas más afectadas por la transformación del sector energético.

Fuente: Gobierno del Principado de Asturias (2021b, pp. 10-21).

Tabla 25. Magnitudes analizadas por el borrador de la Estrategia de transición energética justa de Asturias para los diferentes escenarios analizados.

PARÁMETROS	ESCENARIOS 2030		
	PNIEC	Tendencial	Objetivo
Consumo energía primaria (Ktep)	4 820	4 420	4 790
% de ahorro consumo energía primaria (año base 2017)	-27.3	-31.7	-26.2
% de aportación renovables suministro energía primaria	21.0	21.1	44.1
Consumo de energía final (Ktep)	3 880	3 690	3 610
% de ahorro consumo energía final (año base 2017)	-3.3	-7.2	-9.1
% de aportación renovables suministro energía final	6.6	9.2	12.6
Generación energía eléctrica (GWh)	6 985	7 590	11 890
% generación eléctrica de origen renovable	73	63	72
% de ahorro emisiones CO ₂ (año base 2005)	-76.4	-68.7	-77.8

Fuente: Gobierno del Principado de Asturias (2021b, p. 60).

La visión del documento presenta **para 2050 un modelo energético regional diversificado, descarbonizado, descentralizado, digitalizado y sostenible**, facilitador de una **alta competitividad** y con capacidad para generar **empleos de calidad**, en el que los vectores energéticos relevantes serán **la electricidad y los gases renovables**. Para ello se establecen dos objetivos estratégicos que se concretan en cuatro objetivos que inspiran las medidas propuestas (Tabla 24) al que se suma un quinto de gobernanza.

⁷² http://www.asturiasparticipa.es/proc_particip/estrategia-de-transicion-energetica-justa-de-asturias/#. Fecha de consulta: 7 de junio de 2021.

El documento establece un **escenario objetivo a 2030**, alineado con las estrategias europeas, que se ha construido a partir de una serie de hipótesis técnicas, económicas, laborales, tecnológicas y de optimización del aprovechamiento de los recursos energéticos regionales para conseguir los mejores resultados posibles ante los retos identificados. Este escenario objetivo **difiere sustancialmente del tendencial y del que se desprende PNIEC** como se puede ver en la Tabla 25.

Para alcanzar este escenario objetivo se proponen **16 líneas de acción**:

- Objetivo 1. Nuevo modelo de suministro energético:
 - LA1. Promover el aprovechamiento de los recursos energéticos de la región.
 - LA2. Asegurar el suministro de la energía y los servicios aportados por la red eléctrica.
 - LA3. Poner en valor las infraestructuras energéticas regionales.
 - LA4. Optimizar la tramitación administrativa de proyectos de transición energética.
- Objetivo 2. Nuevo modelo de consumo energético.
 - LA5. Promover la eficiencia energética y la diversificación tecnológica en la industria.
 - LA6. Favorecer una renovación energética en el parque de edificios regional.
 - LA7. Impulsar una nueva movilidad sostenible y la diversificación tecnológica en el transporte
 - LA8. Impulsar un modelo energético más distribuido.
- Objetivo 3. Modelo energético que impulse otras actividades económicas y promueva un ecosistema de generación de conocimiento:
 - LA9. Impulsar y fortalecer cadenas industriales regionales vinculadas a la transición energética.
 - LA10. Aprovechar la transición energética para traccionar actividad en los sectores primario y servicios.
 - LA11. Impulsar I+D+i en tecnologías de transición energética.
- Objetivo 4. Modelo energético que genere empleo, reduzca desigualdades y apoye a las personas más afectadas por la transformación del sector energético:
 - LA12. Impulsar la participación ciudadana en el modelo energético.
 - LA13. Favorecer acciones en territorios en transición justa.
 - LA14. Proteger a los colectivos más vulnerables.
 - LA15. Informar, sensibilizar y formar sobre la transición energética.
- Objetivo 5. Gobernanza:
 - LA16. Implementación e integración de la Estrategia Energética.

El desarrollo de las líneas de acción planteadas supone la puesta en marcha de **63 medidas** (Tabla 26 a Tabla 30) organizadas por objetivos y líneas de acción y **clasificadas atendiendo a su influencia en los objetivos** en tres grupos:

- **Esenciales**: que se deben realizar siempre si se quieren alcanzar los objetivos planteados.
- **Importantes**: que van a tener una contribución relevante para poder alcanzar los objetivos.
- **Deseables**: aquellas cuya contribución para alcanzar los objetivos planteados es menor.

Asimismo, se asigna un **horizonte temporal** para su implementación estableciendo 2023 como el muy corto plazo, 2025 como corto plazo y 2030 como medio plazo.

Tabla 26. Líneas y medidas propuestas en el borrador de la Estrategia de transición energética justa de Asturias para el objetivo 1.

OBJETIVO 1. NUEVO MODELO DE SUMINISTRO ENERGÉTICO.		
LÍNEAS	MEDIDAS	PLAZO
LA1. Promover el aprovechamiento de los recursos energéticos de la región.	M1.1.1. Impulsar el aprovechamiento de energías renovables marinas.	2030
	M1.1.2. Promover la puesta en marcha de parques eólicos marinos experimentales	2030
	M1.1.3. Promover la puesta en marcha de proyectos de aprovechamiento de biomasa sostenible regional y de alto valor añadido.	2025
	<i>M1.1.4. Identificación del potencial regional de puntos de generación y aprovechamiento de calores industriales.</i>	2023
	M1.1.5. Promover la puesta en marcha de proyectos que aprovechen sinergias entre el sector energético y el industrial, potenciando el reaprovechamiento de los recursos, prácticas de eficiencia y/o de economía circular.	2025
	<i>M1.1.6. Identificación potencial de puntos de generación y aprovechamiento de biogás en la región.</i>	2023
	<i>M1.1.7. Promover la puesta en marcha de proyectos demostrativos de aprovechamiento de biogás y biometano.</i>	2025
	M1.1.8. Optimizar el aprovechamiento hidroeléctrico de la región	2030
LA2. Asegurar el suministro de la energía y los servicios aportados por la red eléctrica.	M1.2.1. Evaluar los efectos de la transición energética en el sistema eléctrico regional y propuesta de mejoras.	2023
	M1.2.2. Potenciar la renovación de las redes eléctricas.	2030
	M1.2.3. Promover la puesta en marcha de proyectos demostrativos para la producción y almacenamiento de hidrógeno renovable o de bajas emisiones de carbono	2030
	M1.2.4 Promover la puesta en marcha de proyectos demostrativos de almacenamiento energético.	2030
	<i>M1.2.5 Promover la puesta en marcha de redes de calor que aprovechen energías renovables o calores industriales.</i>	2030
	M1.2.6 Promover el desarrollo de una infraestructura básica de suministro de puntos de recarga de vehículo eléctrico y de combustibles alternativos en el transporte.	2025
	<i>M1.2.7. Impulsar la digitalización de las redes eléctricas y de los servicios de los usuarios del sector eléctrico.</i>	2025
LA3. Poner en valor las infraestructuras energéticas regionales.	M1.3.1 Promover alternativas para el mantenimiento de instalaciones productoras regionales que finalizan su vida regulatoria.	2030
	M1.3.2 Impulsar la puesta en servicio de la planta de El Musel con nuevos vectores energéticos y usos (H₂, etc.).	2030
	M1.3.3 Promover la puesta en valor de los nudos de transición justa.	2023
LA4. Optimizar la tramitación administrativa de proyectos de transición energética.	M1.4.1. Promover una adecuación normativa que facilite la puesta en marcha de proyectos de producción de energía y almacenamiento en la región, agilice la tramitación administrativa y elimine las barreras administrativas.	2025
	M1.4.2. Promover regulación favorable para fomentar proyectos demostrativos o piloto de tecnologías de transición energética, hibridación de tecnologías, etc.	2025

En verde más oscuro y negrita las medidas esenciales; en verde claro las medidas importantes; y en amarillo y cursiva las medidas deseables

Fuente: Gobierno del Principado de Asturias (2021b, pp. 61-69).

Tabla 27. Líneas y medidas propuestas en el borrador de la Estrategia de transición energética justa de Asturias para el objetivo 2.

OBJETIVO 2. NUEVO MODELO DE CONSUMO ENERGÉTICO.		
LÍNEAS	MEDIDAS	PLAZO
LA5. Promover la eficiencia energética y la diversificación tecnológica en la industria.	M2.5.1. Programa de mejora de la eficiencia energética y la incorporación de renovables en la Industria.	2025
	M2.5.2. Promover acciones piloto de regulación de la red a través de gestión de la demanda industrial.	2025
	<i>M2.5.3 Campañas de información y formación sectorial sobre nuevas tecnologías energéticas.</i>	2030
	M2.5.4 Promover la puesta en marcha de proyectos demostrativos de uso de hidrógeno en la Industria.	2030
LA6. Favorecer una renovación energética en el parque de edificios regional.	M2.6.1 Campaña regional de Rehabilitación Energética de Edificios.	2030
	<i>M2.6.2 Puesta en marcha de oficina de asesoramiento energético para administraciones locales.</i>	2030
	<i>M2.6.3 Favorecer la elaboración de planes de mejora energética y Planes de Acción para la Energía y el Clima (PACES) por entidades locales y su ejecución.</i>	2030
	<i>M2.6.4 Favorecer la compra de energía renovable y la compra pública eficiente energéticamente por parte de las administraciones regional y locales e inclusión de la huella de carbono en la contratación pública.</i>	2030
	<i>M2.6.5 Realizar un mapa de instalaciones públicas por sectores y determinar su capacidad de mejora energética.</i>	2023
LA7. Impulsar una nueva movilidad sostenible y la diversificación tecnológica en el transporte	M2.7.1. Potenciar la puesta en marcha de programas de renovación de vehículos.	2025
	<i>M2.7.2. Promover la puesta en marcha de planes locales de movilidad urbana sostenible.</i>	2025
	M2.7.3 Promover proyectos de renovación tecnológica de flotas.	2025
	<i>M2.7.4 Promover la renovación del parque automovilístico con energías alternativas de la Administración regional.</i>	2025
	<i>M2.7.5 Promover la puesta en marcha de proyectos demostrativos de movilidad alternativa.</i>	2025
	M2.7.6 Promover la puesta en marcha de proyectos demostrativos de hidrógeno en el transporte.	2050
LA8. Impulsar un modelo energético más distribuido.	<i>M2.8.1 Favorecer la mejora energética colectiva (eficiencia energética y uso de renovables) por subsectores, agrupaciones gremiales, localización, etc.</i>	2025
	<i>M2.8.2 Promover la puesta en marcha de proyectos demostrativos de Smart grids, agregadores de demanda y Comunidades Energéticas.</i>	2025

En verde más oscuro y negrita las medidas esenciales; en verde claro las medidas importantes; y en amarillo y cursiva las medidas deseables

Fuente: Gobierno del Principado de Asturias (2021b, pp. 69-74).

Tabla 28. Líneas y medidas propuestas en el borrador de la Estrategia de transición energética justa de Asturias para el objetivo 3.

OBJETIVO 3. MODELO ENERGÉTICO QUE IMPULSE OTRAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS Y PROMUEVA UN ECOSISTEMA DE GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO.		
LÍNEAS	MEDIDAS	
LA9. Impulsar y fortalecer cadenas industriales regionales vinculadas a la transición energética.	M3.9.1 Fortalecer y promover la industria regional de energías renovables marinas.	2025
	M3.9.2 Impulsar la industria regional del hidrógeno.	2025
	M3.9.3 Impulsar la industria regional de almacenamiento energético.	2025
	M3.9.4 Impulsar la industria regional de la edificación sostenible y sus sistemas.	2025
	M3.9.5 Impulsar la industria regional de la movilidad alternativa.	2025
	M3.9.6 Fortalecer y promover la industria regional solar.	2025
LA10. Aprovechar la transición energética para traccionar actividad en los sectores primario y servicios.	<i>M3.10.1. Promover el aprovechamiento de los recursos renovables naturales como palanca de actividad en el sector primario y como sumideros de carbono.</i>	2030
	M3.10.2 Impulsar minería sostenible asociada a la nueva necesidad de materias primas debido a la transición energética.	2030
	M3.10.3 Promover acciones para mejorar la gestión sostenible de residuos.	2025
	<i>M3.10.4 Promover la aplicación de tecnologías TIC que faciliten la digitalización y renovación de instalaciones asociadas al sector primario.</i>	2025
LA11. Impulsar I+D+i en tecnologías de transición energética.	<i>M3.11.1 Realizar un mapa de instalaciones públicas por sectores para identificar su potencial como bancos de pruebas donde desarrollar proyectos piloto, demostradores, etc.</i>	2023
	M3.11.2 Impulsar I+D+i en tecnologías vinculadas a la transición energética como las energías renovables marinas, tecnologías del hidrógeno, la movilidad sostenible, las de aprovechamiento de alto valor añadido de la biomasa, de almacenamiento energético, de captura y uso del CO₂, etc.	2030

En verde más oscuro y negrita las medidas esenciales; en verde claro las medidas importantes; y en amarillo y cursiva las medidas deseables

Fuente: Gobierno del Principado de Asturias (2021b, pp. 75-79).

Tabla 29. Líneas y medidas propuestas en el borrador de la Estrategia de transición energética justa de Asturias para el objetivo 4.

OBJETIVO 4. MODELO ENERGÉTICO QUE GENERE EMPLEO, REDUZCA DESIGUALDADES Y APOYE A LAS PERSONAS MÁS AFECTADAS POR LA TRANSFORMACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO		
LÍNEAS	MEDIDAS	PLAZO
LA12. Impulsar la participación ciudadana en el modelo energético.	M4.12.1. Promover actuaciones piloto para impulsar la generación de energía renovable local, el autoconsumo colectivo y compartir excedentes con hogares vulnerables.	2025
	<i>M4.12.2. Promover actuaciones piloto de proyectos ciudadanos participativos. Fomentar la involucración de administraciones locales.</i>	2025
LA13. Favorecer acciones en territorios en transición justa.	M4.13.1. Poner en valor las singularidades de la transición regional en Asturias (cierre minas, térmicas, descarbonización industria, logística).	2023
	M4.13.2 Promover la puesta en marcha de proyectos de transición energética en territorios de transición justa, aprovechando sus recursos naturales, capacidades industriales y la alta formación de sus trabajadores.	2023
LA14. Proteger a los colectivos + vulnerables.	<i>M4.14.1 Creación de observatorio regional contra la pobreza energética.</i>	2030
	<i>M4.14.2 Asesoramiento desde Administraciones regional y local a los colectivos vulnerables.</i>	2030
LA15. Informar, sensibilizar y formar sobre la transición energética.	<i>M4.15.1. Campañas de divulgación dirigidas a la ciudadanía para promover medidas como autoconsumos colectivos, generación de energía renovable local, gestión de la demanda o compartir excedentes con hogares vulnerables.</i>	2025
	<i>M4.15.2. Campaña de sensibilización sobre movilidad sostenible y sobre nuevas tecnologías en el sector transporte.</i>	2025
	M4.15.3 Promover el acercamiento entre la enseñanza universitaria, formación profesional y formación para el empleo y la industria para favorecer la identificación y adaptación de los perfiles profesionales existentes a los nuevos requisitos derivados de la Transición Energética (energías renovables, eficiencia energética en edificios, eficiencia energética en industria, movilidad alternativa, almacenamiento energético, hidrógeno, etc.)	2030

En verde más oscuro y negrita las medidas esenciales; en verde claro las medidas importantes; y en amarillo y cursiva las medidas deseables

Fuente: Gobierno del Principado de Asturias (2021b, pp. 79-83).

Tabla 30. Líneas y medidas propuestas en el borrador de la Estrategia de transición energética justa de Asturias para el objetivo 5.

OBJETIVO 4. GOBERNANZA	
LÍNEAS	MEDIDAS
LA16. Implementación e integración de la Estrategia Energética.	M5.16.1. Elaboración de la Planificación Energética con horizonte a 2030.
	M5.16.2 Seguimiento de la Estrategia. Observatorio Regional de Transición Justa.
	M5.16.3 Integración con otras Estrategias y políticas regionales.
	M5.16.4 Facilitar la colaboración público-privada para el impulso de la transición energética y la defensa de los intereses regionales.
	M5.16.5 Favorecer la colaboración y la realización de actuaciones conjuntas entre distintas administraciones (regional y local) para el desarrollo de proyectos.

Fuente: Gobierno del Principado de Asturias (2021b, pp. 83-85).

2.5.8. Estrategia industrial Asturias 2030.

La última de las estrategias presentadas por el Gobierno del Principado de Asturias en el momento de la elaboración del presente documento ha sido la **Estrategia industrial de Asturias 2030**⁷³, para la que permanece abierto el proceso de información pública hasta el 9 de julio de 2021⁷⁴.

La **visión** de la Estrategia señala, entre otras cosas, que el **éxito del proceso de transformación** hacia un modelo sostenible, digital, innovador y competitivo en el que se encuentra inmersa la industria “**depende de la capacidad del modelo estructural y productivo de adaptarse** de forma ágil e inclusiva a los nuevos requerimientos, **afrontando las amenazas y compensando los efectos negativos de la transición ecológica y la descarbonización** e implantando modelos de negocio competitivos”⁷⁵.

El **objetivo general** de este instrumento es atraer inversiones a la región y materializar proyectos estratégicos y tractores de la economía asturiana, garantes del crecimiento y la expansión del tejido empresarial.

Desde la perspectiva de las **políticas industriales**, la Estrategia considera imprescindible activar aquellas destinadas a facilitar la adaptación del tejido industrial; potenciar la atracción de inversiones; fomentar los mercados y el consumo internos; incrementar la presencia en los mercados internacionales; integrar sectores en cadenas de valor globales; digitalizar procesos y actividades productivas; facilitar el trasvase de la innovación a los centros productivos; y adoptar nuevas tecnologías habilitadoras⁷⁶.

Para ello se señalan, considerando las características propias del sector industrial regional, una serie de los **aspectos clave a considerar** a la hora de proponer las medidas y actuaciones:

- Asegurar un **estatuto del consumidor electrointensivo** con mecanismos de compensación equiparables a otros países industriales de la Unión Europea.
- Facilitar el tránsito hacia un modelo **industrial inteligente y con liderazgo tecnológico**.
- Dotar de un carácter diferenciador a los productos y facilitar el camino hacia una industria moderna y competitiva impulsando el **desarrollo de nuevos materiales**.
- Impulsar el **empleo en actividades relacionadas con la sostenibilidad medioambiental** contribuye a preservar y reparar el medio ambiente, tanto en los sectores tradicionales como en nuevas actividades relacionadas con la economía circular, la eficiencia energética y las energías renovables.
- Favorecer la **transformación digital** que requiere de inversiones para afrontar los cambios de los modelos de negocio, su integración de las cadenas de valor y la creación de perfiles de cualificación suplementarios a los actuales.

Para ello se definen **cuatro ejes prioritarios**: la sostenibilidad, la digitalización, la competitividad y la inclusión social y territorial. Estos cuatro ejes se articulan en torno a **32 políticas palanca** que se desarrollan en **56 componentes**. En la Tabla 31 se recogen las políticas y componentes más relevantes en relación con la acción en materia de cambio climático previstos en el eje de industria sostenible de la Estrategia.

⁷³ Gobierno del Principado de Asturias (2021c).

⁷⁴ http://www.asturiasparticipa.es/proc_particip/estrategia-industrial-asturias-2030/#. Fecha de consulta: 10 de junio de 2021.

⁷⁵ Gobierno del Principado de Asturias (2021c, p. 6).

⁷⁶ Gobierno del Principado de Asturias (2021c, p. 7).

Tabla 31. Políticas palanca y componentes previstos en el eje de Industria sostenible de la Estrategia industrial de Asturias 2030.

POLÍTICAS PALANCA	
PS1. Optimizar los parámetros ambientales y de sostenibilidad del sector industrial. PS2. Asegurar un suministro eléctrico seguro, estable, competitivo y de calidad a la industria altamente intensiva. PS3. Fomentar la cadena de valor de producción de H ₂ y su aplicación industrial. PS4. Investigar y desarrollar proyectos de sistemas de almacenamiento de energía. PS5. Desarrollar sistemas de captura de CO ₂ . PS6. Favorecer el tránsito hacia una economía circular. PS7. Fomentar políticas de reducción de emisiones de GEI industriales y reducir la huella de carbono. PS8. Estimular la cogeneración, el autoconsumo y la eficiencia energética industrial. PS9. Impulsar el aprovechamiento y la valorización de residuos.	
COMPONENTES	HORIZONTE
CS1. Estrategia de Economía Circular.	2022
CS2. Estrategia de Acción por el Clima.	2022
CS3. Plan Estratégico de Residuos.	2024
CS4. Ley de Calidad Ambiental de Asturias.	2022
CS5. Estrategia de Transición Energética Justa.	2021
CS6. Estrategia de Movilidad Sostenible.	2022
CS7. Planes directores de abastecimiento y de saneamiento y depuración de aguas.	2021
CS8. Concienciación medioambiental a nivel industrial.	Continua
CS9. Creación de un fondo de proyectos de absorción de carbono a nivel regional.	2022
CS10. Impulso de los HUB de Economía Circular y de Movilidad Sostenible.	Continua
CS11. Coordinación de iniciativas regionales para potenciar la cadena de valor industrial de la producción, distribución y almacenamiento de hidrógeno.	Continua
CS12. Autoconsumo energético, contratos PPA (<i>Power Purchase Agreement</i>) y comunidades energéticas.	Continua
CS13. Contratos de transición en sectores o territorios especialmente vulnerables a la descarbonización.	2023
CS14. Rediseño de las líneas de ayuda y financiación regionales.	Continua
CS15. Potenciación del mecanismo de compra pública innovadora y sostenible.	Continua

Fuente: Gobierno del Principado de Asturias (2021c, p. 19).

En el documento de la Estrategia se dedica un capítulo específico a la transición hacia una **industria digital y climáticamente neutra**⁷⁷ en el que abordan los siguientes temas:

- **Economía circular y descarbonización de la industria**, para lo que se proponen las líneas de acción:
 - La **valorización de residuos** para ganar competitividad, en el camino hacia un escenario con cero residuos y climáticamente neutro, donde la industria mantiene su liderazgo.
 - El impulso de **acciones que promuevan prácticas de economía circular** y la puesta en marcha de proyectos que aprovechen **sinergias entre subsectores industriales**, potenciando el uso de combustibles derivados de residuos para la descarbonización de procesos, el reaprovechamiento de los recursos y las prácticas de economía circular y eficiencia.

⁷⁷ Gobierno del Principado de Asturias (2021c, pp. 19-33).

- La promoción de actividades que contribuyan a **reducir los efectos de la industria en el entorno**, reduciendo el consumo de energía y materias primas naturales, favoreciendo la neutralidad en carbono de los procesos y el reciclaje de los residuos, minimizando los que tienen como destino final el vertedero.
- El **incremento del número de empresas** que participan en **proyectos de I+D** de valorización de todo tipo de residuos, así como el porcentaje de residuo industrial valorizado respecto al eliminado para residuos no peligrosos.
- **Energías renovables**, señalando la necesidad de:
 - **Fomentar las renovables y reforzar las cadenas industriales vinculadas**, acciones prioritarias en el desarrollo económico regional, para dar respuesta a un nuevo modelo de consumo energético basado en el ahorro de energía y el incremento de la aportación de las renovables.
 - Aprovechar las **oportunidades que ofrece en los ámbitos de la investigación de materiales el almacenamiento energético** (baterías de alta densidad, sistemas alternativos no químicos, tanques de almacenamiento de fluidos, sistemas de gestión, *big data* e inteligencia artificial, la fabricación de baterías y productos químicos relacionados).
 - Considerar las **necesidades de la industria electrointensiva regional** en el diseño del **futuro parque de generación eléctrica regional**, para las que resultaría de interés la adopción de técnicas de flexibilidad de la demanda eléctrica que optimicen el uso de la electricidad en el propio proceso industrial.
- **Cadena de valor de la producción de hidrógeno verde**, a la que se considera una alternativa de futuro capaz de reactivar y transformar la economía asturiana gracias a su capacidad de generar empleo y crear un tejido industrial especializado, y que ha de tener implantación en las zonas más desfavorecidas en el camino hacia la descarbonización de la economía.
- **Eficiencia energética**, objetivo en la que la industria, como principal consumidor energético regional, tiene un papel decisivo, y que también supone una oportunidad de mercado para la actividad industrial.
- **Movilidad sostenible** que abre **oportunidades para la industria** en diversos apartados, gracias a una amplia red empresarial integrada en la cadena de valor, como las navieras o los fabricantes y suministradores de carrocerías, chapa, materiales para la estructura, parabrisas, amortiguadores, transmisiones y elementos de seguridad, y para los agentes relacionados con la investigación de materiales.
- **Captura, almacenamiento y utilización de dióxido de carbono** y su cadena de valor industrial asociada, destacando su importancia en el proceso de descarbonización de la economía para el sector eléctrico y las industrias altamente intensivas en consumo de energía, a la vez que constituye una oportunidad de gran potencial, mediante el impulso de proyectos energéticamente eficientes y ecológicos.
- **Sector biotecnológico** por su capacidad para **impulsar el crecimiento y progreso social y genera empleo cualificado**, permitiendo, además, mejorar los procesos productivos, desarrollar nuevos productos, reducir el impacto ambiental de la actividad, aplicando tecnologías menos contaminantes, y avanzar en el uso de combustibles alternativos a aquellos de origen fósil.

Tabla 32. Palancas estratégicas transversales de la Estrategia industrial de Asturias 2030.

1. Agilización y simplificación administrativa.
2. Fortalecimiento del ecosistema regional científico, tecnológico e innovador, como vía de facilitación de transferencia de conocimiento a centros productivos e incorporación de tecnologías y capacidades a procesos y productos.
3. Potenciación de las herramientas de promoción de Asturias en el exterior.
4. Optimización en la captación y gestión de recursos económicos europeos.
5. Incremento del tamaño de las empresas.
6. Reactivación y promoción empresarial.
7. Formación y adaptación de perfiles profesionales y desarrollo de competencias profesionales.
8. Mejora de la conectividad física y digital.
9. Impulso de los mecanismos de comercialización de suelo industrial, aprovechando sinergias con la futura Área Metropolitana Central.
10. Desarrollo de alianzas y cooperación industrial con otras regiones.

Fuente: Fuente: Gobierno del Principado de Asturias (2021c, p. 34).

Asimismo, la Estrategia recoge **diez acciones o palancas estratégicas transversales** (Tabla 32) que permitirán a la industria regional avanzar hacia un nuevo modelo más resiliente y contribuirán al crecimiento económico sostenible y competitivo de Asturias, con el consiguiente incremento de actividad y generación de empleo estable y de calidad.

2.5.9. Comisión de Coordinación de Acción por el Clima del Principado de Asturias.

Mediante Decreto 75/2020⁷⁸, de 23 de octubre, la Consejería de Administración Autonómica, Medio Ambiente y Cambio Climático, previo acuerdo del Consejo de Gobierno, crea la Comisión de Coordinación de Acción por el Clima en el Principado de Asturias.

Se trata de **órgano colegiado de asesoramiento, coordinación y colaboración interdepartamental** que integra la acción por el clima en los procesos de toma de decisiones a nivel autonómico. Presidido por la persona titular de la Viceconsejería con competencias en materia de cambio climático, en la Comisión está representados la práctica totalidad de las Direcciones Generales con competencias directas o indirectas relacionadas con la acción por el clima.

Entre las **funciones de la Comisión relacionadas con la adaptación** al cambio climático cabe destacar: asesorar e informar a los órganos superiores de la Administración del Principado de Asturias; impulsar el estudio de los efectos del cambio climático en el Principado de Asturias; fomentar la investigación y la observación en materia de adaptación; coordinar las propuestas de estrategias y planes interdepartamentales de adaptación al cambio climático; impulsar la puesta en marcha de las medidas de adaptación al cambio climático en los distintos ámbitos sectoriales; e impulsar programas de educación ambiental que incrementen el conocimiento y la sensibilización de la ciudadanía en materia de cambio climático.

La Comisión fue constituida en febrero de 2021, fijado como primera tarea la elaboración de la Estrategia de Acción por el Clima del Principado, con la intención de que esté aprobada en 2022.

2.5.10. Análisis preliminar de las implicaciones de la Ley 7/2021 y del PNACC en el marco regional de acción contra el clima.

En relación con la **incidencia en el marco regional de Ley 7/2021 de cambio climático y transición energética**, en primer lugar, cabe señalar que en el artículo 1 se establece que la “Administración

⁷⁸ BOPA núm. 211 de 30 de octubre de 2020.

General del Estado, las Comunidades Autónomas y las Entidades Locales, en el ámbito de sus respectivas competencias, darán cumplimiento al objeto de esta ley, y cooperarán y colaborarán para su consecución”.

Pero, además de los aspectos relacionados con la coordinación y participación, la Ley contiene algunas referencias expresas a **obligaciones o responsabilidades de las comunidades autónomas y entidades locales**, entre las que se encuentran, a modo de ejemplo, las siguientes:

- Artículo 14.1. “La Administración General del Estado, las Comunidades Autónomas y las Entidades Locales, en el marco de sus respectivas competencias, **adoptarán medidas para alcanzar en el año 2050 un parque de turismos y vehículos comerciales ligeros** sin emisiones directas de CO₂ [...]”.
- Artículo 24.4. “La Administración General del Estado y la de las Comunidades Autónomas, en el ámbito de sus respectivas competencias, **incluirán en la actualización y revisión de los planes o instrumentos de gestión de los Espacios Naturales Protegidos y espacios de la red Natura 2000 un apartado sobre adaptación de los mismos al cambio climático** con, al menos, un diagnóstico que incluya un listado de especies y hábitats especialmente vulnerables, objetivos, acciones e indicadores de progreso y cumplimiento, así como un plan de conectividad con otros espacios protegidos”.
- Artículo 38. “A partir del 31 de diciembre de 2021 las Comunidades Autónomas deberán **informar** en la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático **de todos sus planes de energía y clima en vigor**. Dichos planes podrán consistir en un documento específico que recoja tanto las medidas adoptadas, como las medidas que prevean adoptar, en materia de cambio climático y transición energética, coherentes con los objetivos de esta ley”.

Otros ámbitos en los que la Ley 7/2021 hace referencia expresa a las competencias o participación de las comunidades autónomas son:

- **Eficiencia energética y rehabilitación de edificios** (art. 8).
- Instalación de **puntos de recarga eléctrica** (art. 15), en referencia a la elaboración del listado de instalaciones de suministro de combustibles y carburantes.
- Transporte marítimo y puertos (artículo 16).
- Adaptación al Cambio Climático (art. 17), en relación su participación previa a la aprobación del PNACC, a través de la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático.
- Informes sobre riesgos climáticos y adaptación (art. 18).
- Consideración del cambio climático en la planificación y gestión del agua (art. 19).
- Consideración del cambio climático en la **planificación y gestión territorial y urbanística**, así como en las intervenciones en el medio urbano, en la edificación y en las infraestructuras del transporte (art. 21), en relación a que el despliegue de los proyectos de energías renovables se lleve a cabo, preferentemente, en emplazamientos con menor impacto.
- Protección de la biodiversidad frente al cambio climático (art. 24.2), en relación con la presentación, en el **plazo de tres años** ante la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente, de “una **estrategia específica de conservación y restauración de ecosistemas y especies especialmente sensibles a los efectos del cambio climático**, entre los que figurarán los ecosistemas naturales y las especies de alta montaña, los humedales terrestres españoles, las

praderas de posidonia y las zonas de ribera de los ríos, así como aquellos que destaquen por su papel en la adaptación al cambio climático”.

- Estrategia de Transición Justa (art. 27).
- La participación en la coordinación de las actuaciones que se lleven a cabo en materia de Economía Circular que contribuyan a la descarbonización de la economía (Disp. adic. quinta).
- La **posibilidad** de que las comunidades autónomas puedan **establecer niveles de protección más altos** que la legislación básica estatal (Disp. final decimotercera).

No cabe duda de que la mayor parte de las disposiciones y contenidos de estos instrumentos tienen una notable incidencia en el desarrollo de sus competencias, así como en la elaboración de los instrumentos de promoción y planificación que las incentivan y ordenan.

Tabla 33. Estrategias y planes en los que el PNACC considera necesario incorporar o reforzar el enfoque adaptativo frente al cambio climático.

AGUA	<ul style="list-style-type: none"> – Planes hidrológicos de cuenca. – Planes de gestión de riesgo de inundación. – Plan Nacional de Depuración, Saneamiento, Eficiencia, Ahorro y Reutilización. – Planes especiales de sequía de los organismos de cuenca.
BIODIVERSIDAD	<ul style="list-style-type: none"> – Planes y directrices de conservación de la Red Natura 2000. – Estrategias nacionales de conservación y planes de conservación y recuperación de especies amenazadas. – Estrategias nacionales de especies exóticas invasoras. – Plan Estratégico del Patrimonio Natural y la Biodiversidad.
COSTAS Y MEDIO MARINO	<ul style="list-style-type: none"> – Estrategias marinas (nuevos ciclos). – Estrategias para la protección de la costa española/Planes para la protección del litoral.
ENERGÍA	<ul style="list-style-type: none"> – Estrategia de Almacenamiento. – Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación. – Plan Nacional Integrado de Energía y Clima.
AGRARIO, FORESTAL, DESERTIFICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> – Plan Estratégico de España para la Política Agraria Común 2021-2027. – Programa de Acción Nacional contra la Desertificación. – Estrategia Forestal Española. – Plan Forestal Español. – Plan Nacional de Regadíos.
SALUD	<ul style="list-style-type: none"> – Estatal de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas. – Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada. – Agenda Urbana Española.
SOCIEDAD	<ul style="list-style-type: none"> – Plan de Acción de Educación Ambiental para la Sostenibilidad 2021-2025. – Plan Estratégico de Educación y Estilos de Vida Saludables 2021-2025. – Plan Estratégico de Igualdad de Oportunidades 2020-2022. – Planes Especiales de Protección Civil. – Estrategia frente al Reto Demográfico.
OTROS SECTORES	<ul style="list-style-type: none"> – Marco Estratégico en Política de la PYME 2030. – Estrategia Española de Economía Circular 2030. – Plan Nacional de Acción de Finanzas Sostenibles. – Estrategia de Turismo Sostenible de España 2030. – Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027. – Plan de Acción para la Internacionalización de la Economía Española.

Fuente: elaborado a partir de MITECO (2020b, p. 52).

Por lo que se refiere a las implicaciones para las comunidades autónomas derivadas del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) cabe señalar que en el Plan se indica que, “**la incorporación de la adaptación a las políticas sectoriales se concreta y asienta a través de su**

integración en los planes y programas elaborados desde las administraciones públicas, así como en las normas que regulan la actividad en cada ámbito sectorial”⁷⁹.

Por tanto, esto **tendrá especial relevancia para la elaboración de los instrumentos estratégicos previstos para el desarrollo de las líneas clave de actuación del Principado de Asturias a 2030** recogidos en el Mapa de estrategias del Principado de Asturias⁸⁰ así como en las vías de financiación de las medidas contempladas en aquéllos.

En la Tabla 33 se recogen las estrategias y planes en los que el Plan considera necesario incorporar o reforzar el enfoque adaptativo. Aunque este inventario está elaborado desde la perspectiva de la Administración General del Estado, es fácilmente trasladable al ámbito competencial autonómico.

Como ejemplos concretos, podemos señalar la obligación de que las comunidades autónomas elaboren, en el plazo de tres años, una **estrategia propia en materia de infraestructura verde y conectividad y restauración ecológicas**, basada en la nacional⁸¹, o la de elaborar **planes de adaptación para los espacios del Dominio Público Marítimo Terrestre adscritos a las comunidades autónomas o puertos transferidos** a éstas⁸², obligación que ya estaba contemplada en la disposición adicional octava de la Ley 2/2013, de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de Costas⁸³.

Este marco también tendrá incidencia sobre la **administración local**. Así, por ejemplo, en el PNACC se establece la obligación que todos los **Planes Generales de Ordenación Urbana** tramitados a partir de 2021 **contemplan los riesgos derivados del ascenso del nivel del mar y los efectos de los temporales marítimos**⁸⁴.

Sin embargo, dada la diversidad y amplitud de materias afectadas por el extenso y reciente marco normativo y de planificación, de carácter integral y sectorial, que conforman el actual del marco europeo y nacional de actuación frente al cambio climático, en estos momentos resulta imposible detallar de forma explícita su incidencia en el desarrollo de las políticas del Principado de Asturias, tanto las relacionadas con la respuesta ante el cambio climático como en las políticas sectoriales.

Por tanto, se aconseja que en el diagnóstico que acompañe la futura estrategia o plan de adaptación al cambio climático en Asturias, se aborde un análisis más detallado en esta materia, en el que se determinen las obligaciones que este marco normativo y de planificación implica para la Administración regional y local, su incidencia en la gobernanza y las oportunidades técnicas y financieras que ofrecen para el desarrollo las políticas regionales climáticas y sectoriales.

Asimismo, sería conveniente que en dicho diagnóstico se evaluara la necesidad y oportunidad de reforzar el marco legal del Principado con una norma específica en materia de cambio climático, como a la que cuentan actualmente las comunidades autónomas de Andalucía, Catalunya y las Islas Baleares.

⁷⁹ MITECO (2020b, p. 55).

⁸⁰ Comité Asesor de Fondos Europeos (2021).

⁸¹ MITECO (2020b, p. 119).

⁸² MITECO (2020b, p. 145).

⁸³ Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas (BOPA núm. 129, de 30 de mayo de 2013).

⁸⁴ MITECO (2020b, p. 146).

3. Efectos del cambio climático en el medio, la biodiversidad y los ecosistemas.

3.1. Medio marino.

El cambio climático supone una amenaza para el funcionamiento ambiental de los océanos, la provisión de servicios y el bienestar, hecho especialmente relevante para España, donde la superficie marina total incluida dentro de las zonas económicas exclusivas supera el millón de km², aunque los cambios tendrán un claro componente regional con diferentes repercusiones sobre los servicios ecosistémicos y las comunidades marinas⁸⁵.

Entre los efectos que, con carácter general, está produciendo el cambio climático sobre las aguas marinas se pueden señalar: incremento de la temperatura y los cambios físico-químicos que afectan a la acidez, la salinidad y el oxígeno en el agua; la circulación y las corrientes marinas; los afloramientos; la capa de mezcla y la estratificación del agua; los nutrientes; el oleaje y los eventos extremos⁸⁶.

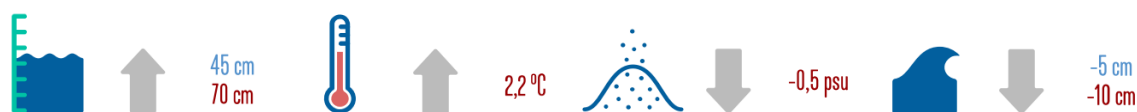


Figura 14. Síntesis de los impactos físico-químicos medios proyectados con escenarios moderados (RCP 4.5) y altos (RCP 8.5) de emisiones para 2100 en la región marítima del Atlántico peninsular.

De izquierda a derecha: cambios en el nivel del mar en centímetros; cambios en la temperatura superficial del agua en grados centígrados; cambios en la salinidad superficial del agua en psu (equivalente a gramos de sal por litro); y cambios en la altura significativa de las olas en centímetros.

Fuente: Sanz y Galán (2020, p. 96).

3.1.1. Alteraciones físico-químicas y de las dinámicas marinas.

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. En el **Atlántico norte**, desde 1960 el contenido en calor de la columna de agua en los primeros 700 m ha experimentado un incremento mayor que el de otros océanos⁸⁷.

En el **Atlántico nordeste** 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; dicha intensidad ha decrecido desde los años 90, tras una intensificación en el periodo 1960-1990⁸⁸. También para esta

⁸⁵ Sanz y Galán, (2020, p. 93).

⁸⁶ Sanz y Galán, (2020, p. 94).

⁸⁷ 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. En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020; p. 165).

⁸⁸ 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. En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020; p. 165).

zona se ha descrito cómo la temperatura de la superficie del mar y el contenido de calor del océano están aumentando, aunque a ritmos diferentes según las regiones⁸⁹.

Según Sanz y Galán (2020, p. 95) para la región marina del **Atlántico peninsular** se observan los siguientes cambios generales en los **indicadores físico-químicos**:

- Aumento de la temperatura superficial del agua: 0,20 y 0,75°C/década.
- Aumento de la salinidad: 0,03 y 0,13 psu/década.
- Disminución del pH (acidificación): 0,016 unidades de pH por década entre los 100 y 700 m de profundidad.
- Menor disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua asociada a altas temperaturas.
- Debilitamiento de la intensidad de los afloramientos en el norte.
- No hay tendencias definitivas en los patrones de corrientes.
- Aumento generalizado de la estratificación en las aguas superficiales, siendo el efecto menor en las zonas de afloramiento, lo que influye negativamente en la disponibilidad de nutrientes.
- Aumento del nivel del mar: 1-2 mm al año durante el siglo XX y de 4 a 8 mm al año a partir de los años 90.
- Aumento de la intensidad del oleaje.
- Mayor incidencia y frecuencia de eventos extremos en el mar como: temperaturas extremas del agua, inundaciones, lluvias intensas, olas de calor.

Particularmente, en la **región atlántica del norte de España** la temperatura del agua superficial se ha incrementado durante el periodo 1982-2014 a una tasa de 0,026 °C/año⁻¹. Este calentamiento también se detecta en aguas de hasta 1 000 m de profundidad, pero no hay evidencias recientes de ello a más de 5 000 m⁹⁰. En el **golfo de Vizcaya** se constatan también procesos como los descritos: calentamiento en toda la columna de agua del orden de 0,02°C/año⁻¹ en las últimas décadas, ligera salinización, disminuido del pH alrededor de 0,1 unidades durante el último siglo y acidificación (más notable en las superficiales) y un aumento de la estratificación en las aguas superficiales⁹¹.

En el caso de las **aguas del mar del Cantábrico** asturiano también se han observado los siguientes **cambios físico-químicos**⁹²:

- **Incremento de la temperatura superficial** del agua de mar del Cantábrico asturiano entre 0.25 y 0.30°C por década entre 1982 y 2010.
- **Ligera salinización para las aguas** (0.006 anuales) entre los 0 y 100 m de profundidad entre 2004 y 2010, pero no un calentamiento significativo, mientras que en las aguas entre 100 y 500 m se han incrementado la salinidad (0.004 psu/año) y la temperatura (0.012°C al año), proceso este último que se ha prolongado hasta la actualidad.

⁸⁹ EEA (2017).

⁹⁰ Costoya, X., de Castro, 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.; 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. En: Mendo et al. (2020).

⁹¹ 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.; 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* 65,73-80.; 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. En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020; p. 165).

⁹² Fernández González, C., Valdés Santurio, L., Losada Rodríguez, I., Peón Torre, P. y Anadón Álvarez, R. (2019). Costas y océano. En Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (pp. 15-16).

- **Disminución de la intensidad del afloramiento** tanto en el golfo de Vizcaya como en Galicia, y se prevé que el enfriamiento del agua durante los eventos extremos de afloramiento será menos intenso en el futuro. Esta disminución limitará la cantidad de agua profunda que alcanzará la superficie.
- **Expansión del periodo de estratificación** de entre 3 y 5 días por década, dependiendo de la zona del Cantábrico, constatada hasta 2018, debido al adelanto de los máximos térmicos estivales y el retraso de los mínimos invernales. Comparando los datos para los periodos 1982-2018 y 1982-2008, se observa que el comienzo del periodo de estratificación, que se produce cuando la temperatura superficial del mar empieza a aumentar, se adelanta entre 3 y 4 días, mientras que el comienzo de la disminución de la temperatura se retrasa entre 1 y 2 días.
- **Disminución del contenido en oxígeno disuelto** en las aguas subsuperficiales del golfo de Vizcaya (entre 300 y 600m de profundidad) a una velocidad media de unos 0,02mL/L/década, debido a los cambios en la solubilidad (aumento de temperatura y salinidad).
- **Elevación del nivel del mar** de entre 2 y 4 mm por año dependiendo del periodo de tiempo considerado.

3.1.2. Nutrientes y sus ciclos.

La **producción primaria** de los océanos es la principal fuente de alimento de toda la red trófica y, por ende, de los peces. Sin embargo, existe una gran incertidumbre respecto a cómo puede responder dicha producción ante el calentamiento del mar. Teniendo en cuenta que el aumento de la estratificación en las aguas superficiales parece ser un proceso generalizado, en zonas más tropicales dicha estratificación puede afectar negativamente a 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. Se desconoce por el momento la existencia de modelos complejos y específicos para las condiciones del norte de España (Golfo de Vizcaya y mar Cantábrico) que aporten proyecciones precisas sobre estas cuestiones⁹³.

El aumento de las temperaturas regionales del mar ha provocado una importante expansión hacia el norte del plancton de aguas más cálidas y un retroceso hacia el norte del plancton de aguas más frías en el **Atlántico nordeste**. Este movimiento hacia el norte ha ascendido a unos 10° de latitud (1 100 km) en los últimos 40 años, y parece haberse acelerado desde el año 2000⁹⁴.

En paralelo, y también **a escala global**, el oxígeno soluble en el océano ha disminuido un 1-2% desde mediados del siglo XX, debido tanto a la eutrofización como a la disminución de la solubilidad provocada por el calentamiento de las aguas oceánicas⁹⁵.

La monitorización de las **aguas de la costa asturiana** revela cambios en la estacionalidad de los niveles máximos de clorofila de primavera y otoño entre 1998 y 2012, incrementándose la importancia del máximo otoñal. Aunque no se puede hablar de causalidad, también se ha detectado entre 2002-2009 una relación positiva entre el incremento de picofitoplancton y la temperatura en las aguas de Gijón, lo que sugiere el incremento de este grupo de pequeño tamaño en aguas cada vez más cálidas. Todos estos cambios podrían asociarse al incremento del periodo de estratificación

⁹³ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020; p. 176).

⁹⁴ EEA (2017).

⁹⁵ Laffoley, D.B., J.M. (eds.). (2019). *Ocean deoxygenation: Everyone's problem - Causes, impacts, consequences and solutions. Full report*. Gland, Switzerland: IUCN. 580pp. En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020; p. 165).

estival y a la reducción de los periodos de afloramiento en el mismo, aunque se necesita un periodo de observación más largo para confirmarlo⁹⁶.

Los inviernos con mezcla más débil se han asociado con temperaturas superficiales más cálidas, que conducen a floraciones de primavera más débiles. Esta relación sugiere que las temperaturas más cálidas pueden estar promoviendo una disminución en la magnitud de la floración de primavera, lo que podría afectar en el futuro a los niveles tróficos superiores y a la exportación de carbono a las profundidades⁹⁶.

3.1.3. Biodiversidad.

Las **comunidades ecológicas** claves que configuran los ecosistemas marinos (bosques de macroalgas, arrecifes rocosos templados o praderas de fanerógamas marinas) están siendo alteradas por los efectos del cambio climático y, con ellas, los hábitats y condiciones biológicas de las especies objetivo de las actividades de recolección, pesca comercial y recreativa. De este forma, los cambios en las comunidades biológicas y los hábitats marinos tendrán un efecto directo sobre las especies aprovechadas hoy por el ser humano, que verán modificadas en mayor o menor medida las condiciones y el medio donde desarrollan sus ciclos vitales⁹⁷.

En el **Atlántico nordeste**, los cambios en la temperatura superficial del mar provocan un aumento de la duración de la estación de crecimiento marina y un desplazamiento hacia el norte del zooplancton; como consecuencia, especies marinas están desplazando su distribución hacia el norte en respuesta al aumento de las temperaturas y a los cambios en los nutrientes. De las especies de peces demersales comúnmente observadas, el 72% ha experimentado cambios en su abundancia o distribución en respuesta al calentamiento de las aguas, lo que ya repercute en las pesquerías de esta región⁹⁸.

Los cambios físico-químicos del agua están alterando la vida marina y su **biodiversidad** que, en el caso de la **región marina del Atlántico**, se traducen en cambios biogeográficos y de composición de **bosques de macroalgas**⁹⁹. Entre los procesos observados se encuentran:

- Una recesión de especies de algas de aguas templado-frías, como *Fucus spiralis*, *Fucus vesiculosus*, *Fucus serratus*, *Himanthalia elongata* y *Saccorhiza polyschides* en la costa asturiana¹⁰⁰.
- El incremento en la costa vasca de la presencia de especies calcáreas, como *Corallina elongata*, *Jania rubens*, *Lithophyllum incrustans*, y de especies filamentosas de afinidad meridional, como *Aglaothamnion tenuissimum* y *Gayliella fláccida*¹⁰¹.

⁹⁶ Fernández González, C., Valdés Santurio, L., Losada Rodríguez, I., Peón Torre, P. y Anadón Álvarez, R. (2019). Costas y océano. En Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (p. 16).

⁹⁷ Mendo et al. (2020).

⁹⁸ EEA (2017).

⁹⁹ Díez, J.M., D'Antonio, C.M., Dukes, J.S., Grosholz, E.D., Olden, J.D., Sorte, C.J.B., Blumenthal, D.M., Bradley, B.A., Early, R., Ibáñez, I., Jones, S.J., Lawler, J.J., Miller, L.P. (2012). Will extreme climatic events facilitate biological invasions? *Front. Ecol. Environ.* 10 (5), 249–257. <https://doi.org/10.1890/110137>. En: Sanz y Galán (2020), p. 94).

¹⁰⁰ Duarte, C.M., Losada, I.J., Hendriks, I.E., Mazarrasa, I., Marbà, N. (2013). The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nat. Clim. Chang.* 3, 961–968. <https://doi.org/10.1038/nclimate1970>. En: Sanz y Galán (2020), p. 94).

¹⁰¹ Gorostiaga, J., Irigoien, X., Borja, A., Fernandes, J., Chifflet, M., Gonzalez, M., Revilla, M., Bald, J., Valle, M., Garmendia, J., Valencia, V., Fontán, A., Chust, G. (2011). Biodiversidad, ecosistemas y recursos marinos. En: *Cambio Climático: Impacto y Adaptación en La Comunidad Autónoma Del País Vasco*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco (Eds.). Vitoria-Gasteiz. Eusko Jaurlaritz., pp. 53–63. En: Sanz y Galán (2020), p. 94).

En **Asturias** las proyecciones de cambios previstas para las **macroalgas marinas** en 2009¹⁰² se han cumplido, aunque con mayor rapidez de la esperada, ampliándose además el conjunto de especies vulnerables de algas pardas y rojas. Entre los procesos observados se pueden señalar:

- Un desplazamiento de especies y comunidades, al trasladarse la frontera biogeográfica que separaba las floras templado-frías de las templado-cálidas unos 200 km hacia el oeste, desde la ría de Navia a las costas de A Coruña.
- La práctica desaparición de la costa asturiana de especies como *Fucus vesiculosus*, *Fucus serratus*, *Himanthalia elongata*, *Laminaria ochroleuca* y *Laminaria hyperborea* o *Ascophyllum nodosum* y *Chondrus crispus*.
- La reducción de abundancia y una menor producción de otras especies de tendencia más meridional como *Pelvetia canaliculata*, *Fucus spiralis* y *Bifurcaria bifurcata*.
- La práctica desaparición de *Saccorhiza polyschides* al este de Cabo Peñas.
- El fuerte declive de la abundancia de la invasora *Sargassum muticum*.

Por lo que se refiere a las **comunidades intermareales** presentes en las aguas asturianas se han observado cambios en la distribución y abundancia de especies que eran dominantes:

- Las comunidades complejas de algas pardas, con varios estratos de vegetación, están siendo sustituidas por comunidades más simples dominadas por algas filamentosas, en los niveles medios del intermareal rocoso, y algas rojas calcáreas y especies filamentosas, en el intermareal inferior y el infralitoral, de carácter estacional.
- Por el contrario, pese a que las previsiones anteriores^{102/103} apuntaban a un retroceso generalizado a lo largo de toda la costa cantábrica de las poblaciones de *Gelidium* spp, algunas comunidades, dominadas por especies del género *Cystoseira* o por *Gelidium corneum* parecen verse favorecidas por las nuevas condiciones.

Otros registros evidencian también los **cambios** que se están produciendo **en la presencia de especies foráneas hasta ahora**. La llegada de más especies termófilas propias de aguas más meridionales induciría una tropicalización con provocando notables cambios que, según algunos autores¹⁰⁴, podría afectar a más del 25% de la composición de las comunidades de peces y cefalópodos del Golfo de Vizcaya a mediados y finales del siglo, en ambos escenarios de emisiones. Por ejemplo, aunque todavía no se puede asegurar que el calentamiento del agua sea la causa, se ha constatado la presencia en **aguas asturianas** del delfín de Clímene (*Stenella clymene*, Gray, 1846), lo que supondría una notable expansión de esta especie subtropical hacia el norte¹⁰⁵. Por otro lado, cada vez son más frecuentes las citas de peces subtropicales que aparecen en el Cantábrico y las costas gallegas¹⁰⁶ y la introducción de especies foráneas como la macroalga *Herposiphonia* spp en la costa del País Vasco¹⁰³. La llegada de especies meridionales también podría provocar interacciones tróficas de competencia y depredación con las especies nativas¹⁰⁴.

¹⁰² Anadón, R., Fernández, C., García Flórez, L., Losada, I., Valdés Santurio, L. (2009). Costas y Océanos, en Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (pp. 126-173).

¹⁰³ Gorostiaga, J., Irigoien, X., Borja, A., Fernandes, J., Chifflet, M., Gonzalez, M., Revilla, M., Bald, J., Valle, M., Garmendia, J., Valencia, V., Fontán, A., Chust, G. (2011). Biodiversidad, ecosistemas y recursos marinos. En: *Cambio Climático: Impacto y Adaptación en La Comunidad Autónoma Del País Vasco*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco (Eds.). Vitoria-Gasteiz. Eusko Jaurlaritza., pp. 53-63. En: Sanz y Galán (2020, p. 94).

¹⁰⁴ Le Marchand et al. (2020).

¹⁰⁵ Fernández González, C., Valdés Santurio, L., Losada Rodríguez, I., Peón Torre, P. y Anadón Álvarez, R. (2019). Costa y océano. En Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez, (pp. 15-16).

¹⁰⁶ Sanz y Galán (2020, p. 98).

3.2. Sistemas costeros.

3.2.1. Aumento del nivel del mar.

Los factores socioeconómicos, como el modelo de desarrollo urbanístico y la sobreexplotación de algunos recursos, explican la mayor parte de los impactos y la degradación que se han producido en las zonas costeras españolas a lo largo del siglo XX, así como el **aumento de la exposición y de la vulnerabilidad** en esta parte del territorio¹⁰⁷, y **es previsible que el cambio climático agrave esta situación**¹⁰⁸. Las zonas costeras sufrirán un aumento del nivel del mar y en incremento de los eventos extremos¹⁰⁸, fenómenos que constituyen una de las mayores amenazas del cambio climático¹⁰⁹, provocando inundaciones temporales o permanentes, aumento de la erosión, pérdida de humedales e intrusión de agua salobre¹¹⁰.

Hasta 2050 los diferentes escenarios globales de aumento del nivel del mar son bastante similares, pero, dado que las proyecciones a más largo plazo divergen de forma importante con un incremento de la incertidumbre y de los impactos, se podría estar infravalorando el riesgo costero cuyos efectos serán más evidentes hacia la mitad de siglo¹¹¹.

Las **proyecciones de ascenso del nivel medio del mar en Europa** varían entre 21 y 24 cm en 2050 y entre 53 y 77 cm a finales de siglo, según los escenarios de emisión RCP4.5 y RCP8.5 respectivamente, con mayores aumentos del nivel medio del mar se dan en el mar del Norte y la costa atlántica europea¹¹². Este aumento del nivel del mar dará lugar a eventos extremos costeros más frecuentes con un periodo de retorno 100 años¹¹³, tal y como se puede ver en la tabla siguiente para el **golfo de Vizcaya**.

Tabla 34. Variación absoluta y relativa de los eventos costeros extremos de periodo de retorno de 100 años, considerando dos escenarios de ascenso del nivel del mar, RCP4.5 y RCP8 en el golfo de Vizcaya.

ESCENARIO	2050		2100	
	ΔT_{100} (cm)	% ΔT_{100}	ΔT_{100} (cm)	% ΔT_{100}
RCP4.5	18	4,0%	53	11,6%
RCP8.5	22	4,9%	80	17,4%

Fuente: Vousdoukas *et al.* (2017), en Sanz y Galán (2020, p. 115).

¹⁰⁷ Losada, I.J., Toimil, A., Muñoz, A., García-Fletcher, A.P., Diaz-Simal, P. (2019). A planning strategy for the adaptation of coastal areas to climate change: The Spanish case. *Ocean Coast. Manag.* 104983. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104983>. En: Sanz y Galán (2020, p. 113).

¹⁰⁸ Wong, P.P., Losada, I.J., Gattuso, J.P., Hinkel, J., Khattabi, A., McInnes, K.L., Saito, Y., Sallenger, A. (2014). Coastal systems and low-lying areas, in: Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R., White, L.L. (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 361–409. En: Sanz y Galán (2020, p. 113).

¹⁰⁹ IPCC (2014). Summary for Policymakers, in: Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R., White, L.L. (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, pp. 1–32. En: Sanz y Galán (2020, p. 113).

¹¹⁰ Wong *et al.* (2014), en Sanz y Galán (2020, p. 116).

¹¹¹ Sánchez-Arcilla, A., García-León, M., Gracia, V., Devoy, R., Stanica, A., Gault, J. (2016). Managing coastal environments under climate change: Pathways to adaptation. *Sci. Total Environ.* 572, 1336–1352. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.124>. En: Sanz y Galán (2020, p. 115).

¹¹² Sanz y Galán (2020 p. 115).

¹¹³ Vousdoukas, M.I., Mentaschi, L., Voukouvalas, E., Verlaan, M., Feyen, L. (2017). Extreme sea levels on the rise along Europe's coasts. *Earths Future* 5(3), 304–323. <https://doi.org/10.1002/2016EF000505>. En: Sanz y Galán (2020, p. 115).

Según Losada Rodríguez, Toimil Silva y Díaz-Simal (2016a, p. 3.35), conforme a las proyecciones regionalizadas de nivel del mar global, para el período 2081-2100 en ambos escenarios de emisiones se observa **poca variabilidad espacial en el litoral asturiano**, con valores en torno a 0,47 m para el escenario RCP4.5 y a 0,62 m para el escenario RCP8.5.

Asimismo el estudio realizado por Toimil, Losada, Díaz-Simal, Izaguirre y Camus (2017) concluye que los **concejos costeros asturianos** presentan **diferentes perfiles de riesgo** ante los efectos del cambio climático, destacando que, bajo el escenario considerado y si no se adoptan medidas de mitigación o adaptación, los de **Navia, Soto del Barco, Muros de Nalón, Avilés y Ribadesella se presentan como los principales puntos calientes** del litoral regional.

Algunos valores obtenidos de **estudios evolutivos en la cola del estuario del río Nalón** muestran retrocesos en la marisma continuados desde al menos el año 2003, con valores de 10 cm/año⁻¹ para el periodo 2003-2006 a 47 cm/año⁻¹ en 2014-2017. Son valores que, si bien pueden estar influenciados por efectos inducidos desde el sistema fluvial del río Nalón, vienen a sumarse a los agravamientos esperables en el aumento en el nivel del mar¹¹⁴.

3.2.2. Inundaciones costeras.

Las principales causas de las inundaciones costeras son el aumento del nivel del mar o el oleaje durante tormentas o temporales que se pueden modificar debido al cambio climático¹¹⁵. Como ejemplo podemos señalar los **fuertes temporales marítimos** que alcanzaron la costa cantábrica durante los meses de **invierno de 2013-2014, combinados con pleamares importantes y periodos del oleaje excepcionalmente largos e intensos**, que alcanzaron en algunos puntos de la costa asturiana un periodo de retorno estimado de unos 25 años. Esta sucesión de temporales provocó numerosas inundaciones, erosión de las playas e importantes daños estructurales en puertos y en diferentes puntos del frente costero (Luanco, Tazones, Candás, Vidiago Santa Marina, etc.)¹¹⁶.

El análisis de las tendencias sobre la evolución de la **altura de ola** entre 1979-2000 con respecto los tres períodos de estudio del siglo XX (1880-1909, 1910-1939 y 1940-1969) muestra que en el periodo histórico más reciente es mayor (hasta 15 cm) que en los anteriores¹¹⁷. Estas diferencias son mayores con respecto al primer periodo (1880-1909) y a medida que avanzamos en el siglo XX se van reduciendo, lo que indica que **la altura de ola media ha ido aumentando gradualmente a lo largo del siglo**.

Según Losada Rodríguez, Toimil Silva, y Díaz-Simal (2016a, p. 1.33) en el litoral asturiano las zonas de la **costa orientadas al noroeste presentan una mayor exposición** a los oleajes más energéticos y con mayores alturas de ola que los tramos de la costa orientados al noreste y por tanto más abrigados. Asimismo, la **marea meteorológica máxima presenta poca variabilidad espacial**, con una media de 63 cm en el tramo de costa de Villaviciosa a Llanes. Según el mismo estudio el Principado de Asturias perdería casi el 1,2% del total de su superficie por inundación costera permanente.

Algunas **proyecciones para 2100**¹¹⁸ estiman que en Cantábrica los **daños a los servicios ecosistémicos** serán muy elevados tanto por la subida del nivel del mar como por los eventos extremos, pero que en **Asturias tendrán un impacto considerablemente menor**. Además, las

¹¹⁴ González Rodríguez, Fernández Iglesias, y Moro García (2021).

¹¹⁵ Sanz y Galán (2020, p. 41).

¹¹⁶ Toimil, Losada y Camus (2016).

¹¹⁷ Losada Rodríguez, Toimil Silva, y Díaz-Simal (2016a, p. 1.18).

¹¹⁸ Losada, Izaguirre y Diaz (2014, p. 105).

proyecciones para 2040 indican que los cambios en el oleaje suponen cierta **pérdida de estabilidad en la parte oriental de Asturias**¹¹⁹. Asimismo, esto podría causar la pérdida de un número importante de playas, sobre todo en el Cantábrico¹²⁰.

3.2.3. Ecosistemas costeros.

El calentamiento del océano, la acidificación, la pérdida de oxígeno y el aumento del nivel del mar constituyen las principales amenazas del cambio climático sobre los ecosistemas costeros¹²¹ y la importante pérdida de hábitats costeros durante las últimas décadas ha incrementado la vulnerabilidad de las costas ante procesos de erosión y de aumento del nivel del mar¹²².

En el Cantábrico para 2080 se prevé un incremento de la **temperatura media del agua** que varía **entre 0,029 y 0,035°C/año**, mientras que, por el contrario, se reducirá la salinidad, aunque **Galicia y la costa cantábrica occidental serían las menos vulnerables que la cantábrica oriental**¹²³. En el caso del **litoral asturiano**, en general, se observa un **gradiente de Oeste a Este** en el incremento de temperatura media superficial del mar que **crece con el tiempo**, alcanzándose los máximos en el largo plazo (2070- 2099)¹²⁴.

En cuanto a la **erosión**, la costa cantábrica, junto con Galicia y Canarias, son las zonas donde puede haber un mayor retroceso, de hasta 3 m en 2040 y un incremento del 20% en la erosión¹²⁵. Este proceso afecta de forma particularmente severa a las en zonas sedimentarias costeras.

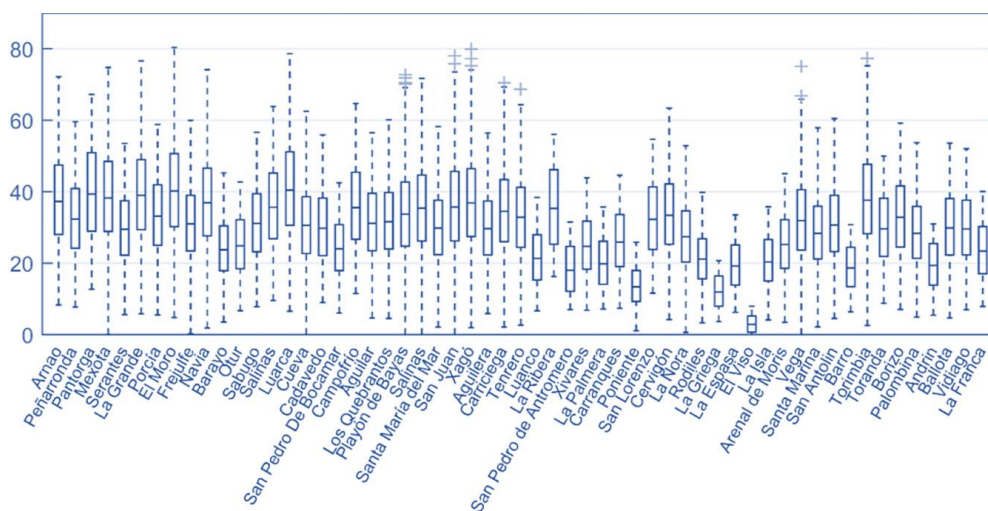


Figura 15. Retroceso de la línea de costa en metros en las playas arenosas asturianas a final de siglo bajo el escenario de emisiones RCP8.5.

Fuente: Toimil, Losada, Camus y Díaz-Simal (2017).

¹¹⁹ Losada, Izaguirre y Díaz (2014, p. 113).

¹²⁰ Pardo Buendía y Ortega (2018).

¹²¹ 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. En Sanz y Galán (2020, p. 118).

¹²² Wong *et al.* (2014), en Sanz y Galán (2020, p. 119).

¹²³ Universidad de Granada (2018). *Sensibilidad física y biótica de los estuarios peninsulares al cambio global*. Instituto Interuniversitario del Sistema Tierra en Andalucía, Universidad de Granada, Granada. En: Sanz y Galán (2020, p. 116).

¹²⁴ Losada Rodríguez *et al.* (2016a, p. 3.35).

¹²⁵ Sanz y Galán (2020, p. 117).

Las **playas y dunas** son sistemas costeros dinámicos, que experimentan cambios estacionales que modifican su morfología de manera natural. En muchos lugares estos sistemas se encuentran seriamente amenazados por los efectos del cambio climático ante la imposibilidad de migrar hacia el interior por la presencia barreras, naturales o artificiales, situaciones en las que se producirá una **reducción progresiva de la superficie de playas y dunas pudiendo llegar a desaparecer**¹²⁶. En ausencia de medidas de adaptación, en España también se esperan retrocesos de playa importantes, sobre todo en el cantábrico.

En el caso de **Asturias**, el estudio desarrollado por Toimil, Losada, Camus, *et al.* (2017) analizó, con un enfoque probabilístico, el impacto de la erosión provocada por el incremento del nivel del mar en **57 playas arenosas de la región** (Figura 15). Los resultados de este estudio concluyen que, bajo el escenario de emisiones RCP8.5, a finales de siglo este tipo playas experimentarán retrocesos comprendidos entre los $8,92 \pm 3,05$ m, de la de El Viso, y los $88,15 \pm 26,93$ m, de la de Navia, situándose la mayor parte de los arenales por encima de a los $-31,56 \pm 11,64$ m.



Figura 16. Evolución del acantilado al norte de Luanco.

A) Ortofotografía de 2006. B) Ortofotografía de 2017.

C) Posición de las línea de acantilado activo en 2006 y 2017, respectivamente, sobre la ortofoto de 2017.

Fuente: Domínguez-Cuesta *et al.* (2020).

Además de los impactos en zonas sedimentarias costeras, el **retroceso de los acantilados** por procesos gravitacionales como desprendimientos y deslizamientos es otro fenómeno que está afectando al litoral asturiano. Domínguez-Cuesta *et al.* (2020) han estimado para el periodo 2006-2017 retrocesos de $0,57 \text{ m/año}^{-1}$ en tramos de la zona de Cabo Peñas, con máximos de entre $1,22$ y $2,19 \text{ m}^{-1}$ en los sectores de Candas y Luanco (Figura 16).

Las **marismas** por su parte tienen capacidad natural para adaptarse a ciertos niveles de aumento del nivel del mar, gracias a procesos de acreción vertical, que elevan su altura topográfica relativa y al mismo tiempo incrementando la protección de la costa¹²⁷. Sin embargo, dicha capacidad podría verse superada por la velocidad del ascenso del nivel del mar, obligando a estos sistemas a migrar hacia el interior, cuando no haya barreras que lo impidan, o incluso a desaparecer cuando aquellas impidan su capacidad de adaptación¹²⁸. Por tanto, **la resiliencia de los humedales costeros está estrechamente vinculada a la disponibilidad de espacio de acomodación**, que a su vez está

¹²⁶ Wong *et al.* (2014), en Sanz y Galán (2020, p. 118).

¹²⁷ Cearreta, A., García-Artola, A., Leorri, E., Irabien, M.J., Masque, P. (2013). Recent environmental evolution of regenerated salt marshes in the southern Bay of Biscay: Anthropogenic evidences in their sedimentary record. *J. Mar. Syst.* 109–110, Supplement, S203–S212. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2011.07.013>. En Sanz y Galán (2020, p. 119).

¹²⁸ IPCC (2019), en Sanz y Galán (2020, p. 119).

relacionada fundamentalmente con factores no climáticos como la urbanización y la construcción de infraestructuras en su entorno¹²⁹.

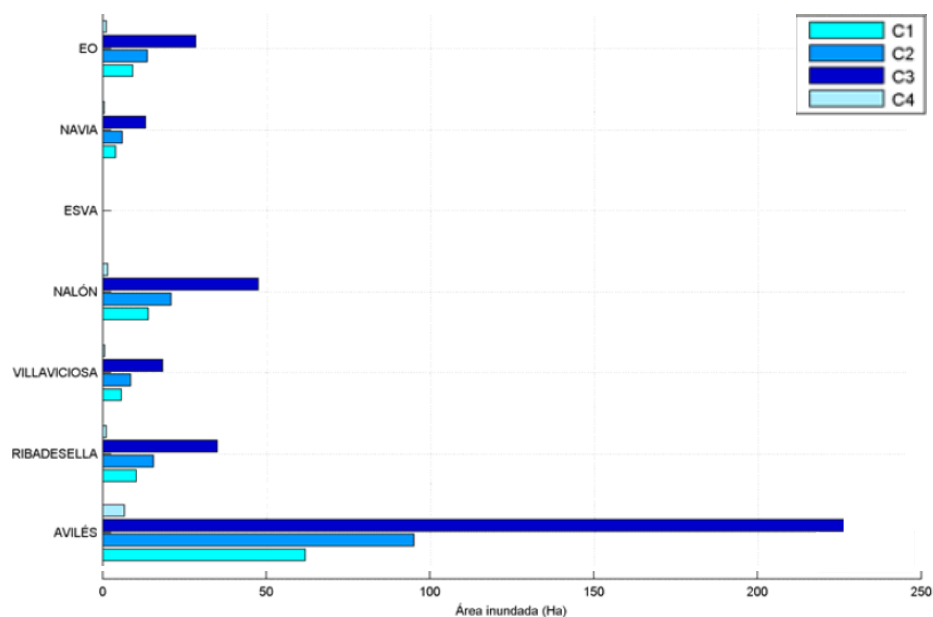


Figura 17. Pérdida potencial de humedales en Asturias debido a la subida del nivel del mar para los escenarios de cambio climático C1-C4 en el Cantábrico.

Fuente: Losada *et al.* (2014, p. 98).

En el análisis desarrollado por Losada, Izaguirre y Díaz (2014, p. 97) se señala que entre los estuarios de Asturias el del **Esva**, al ser totalmente natural, **se podría adaptar** totalmente a la subida del nivel del mar, mientras que **la ría de Avilés es la que sufriría un mayor impacto** sobre el humedal debido a la subida del nivel del mar, al no poder apenas adaptarse debido a que casi el 84% de su perímetro está urbanizado (Figura 17).

El IHCantabria (2018) también ha analizado los impactos por inundación costera permanente en cuatro estuarios de la costa cantábrica, entre los que se encuentran los del **Eo** y **Villaviciosa**, determinando los posibles cambios en la línea de pleamar, considerando los horizontes temporales de 2050 y 2100 y cinco escenarios de ascenso del nivel del mar (Tabla 35).

Tabla 35. Escenarios de cambio climático considerados en el estudio del IHCantabria para los estuarios.

Horizonte temporal	Escenario	Descripción	Δ Nivel del mar
BASE	Presente	Situación actual empleada para la calibración del modelo.	Máxima PMVE ⁽¹⁾
2050	E1	Valor medio de un ensemble de los RCP a mitad de siglo sobre la PMVE.	Ensemble RCP ⁽²⁾
2100	E2	Inundación máxima debida al AMNM del RCP8.5 sobre la PMVE.	RCP8.5 ⁽³⁾
	E3	Inundación máxima debida a un AMNM de 1 m sobre la PMVE.	+1 m
	E4	Inundación máxima debida a un AMNM de 1.5 m sobre la PMVE.	+1.5 m
	E5	Inundación máxima debida a un AMNM de 2 m sobre la PMVE.	+2 m

PMVE: pleamar viva equinoccial; AMNM: aumento del nivel medio del mar; RCP: escenarios de emisiones.

⁽¹⁾ Eo 2.51 m, Villaviciosa 2.56 m; ⁽²⁾ Eo +0.26 m, Villaviciosa +0.26 m; ⁽³⁾ Eo +0.64 m, Villaviciosa +0.63 m.

Fuente: elaborado a partir de IHCantabria (2018, p. 21).

¹²⁹ Sanz y Galán (2020, p. 119).

En el caso del estuario del Eo, el estudio concluye que¹³⁰:

Dado el confinamiento de este estuario, no se observan cambios sustanciales en el área inundada para ninguno de los escenarios. La extensión de la inundación para el escenario E1 (horizonte 2050) es muy similar a la producida por la pleamar viva equinoccial máxima histórica, y sólo se incrementa en 12.53 ha, en su mayoría localizadas en la desembocadura del río Eo en el estuario, a la altura de Porto de Abaixo. El aumento de superficie inundada a fin de siglo con respecto a la pleamar viva equinoccial máxima histórica oscila entre 3.61% para el E3 y 9.61% para el E5, lo que se traduce en 28.91 y 76.98 ha, respectivamente. En los dos escenarios más pesimistas (E4 y E5), la inundación se extiende hasta el núcleo de Vegadeo, en la zona más interior de la ría.

Las conclusiones del estudio para la ría de Villaviciosa son¹³¹:

El incremento de área inundada para el escenario de mitad de siglo (E1) con respecto a la pleamar viva equinoccial máxima histórica es del 4.72% (13.86 ha). Para los escenarios cuyo horizonte temporal es 2100, y a medida que aumenta el nivel medio del mar, la inundación va extendiéndose por la margen derecha del estuario. La diferencia de área inundada entre los escenarios E2 y E3 difiere en 35.61 ha, lo que se traduce en aumentos del 3.47% y del 42.60% con respecto a la inundación de la pleamar viva equinoccial máxima histórica, respectivamente. El escenario más pesimista arroja un incremento de 289.64 ha inundadas con respecto al escenario base, lo que supone un 98.68% más de superficie inundada, que en su mayoría corresponde a terrenos de uso agrícola.

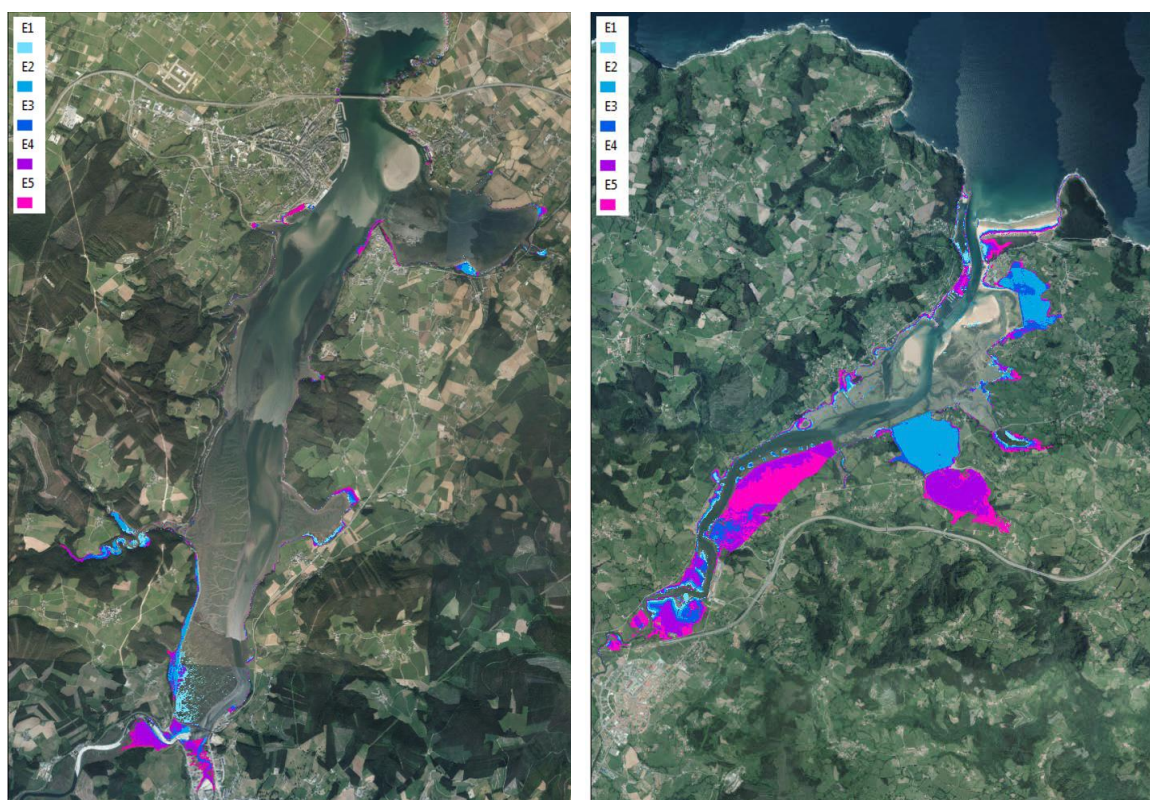


Figura 18. Comparación del área máxima inundada sobre la PMVE para los escenarios de cambio climático considerados en los estuarios del Eo (izquierda) y Villaviciosa (derecha).

Fuente: IHCantabria (2018, p. 24 y 27)

¹³⁰ IHCantabria (2018, p. 23).

¹³¹ IHCantabria (2018, p. 26).

Asimismo, dentro del marco de la Asistencia técnica a la elaboración de un estudio sobre la adaptación al cambio climático de la costa del Principado de Asturias, en 2016 el propio IHCantabria estudió los efectos del cambio climático sobre **las características morfológicas** de los principales **estuarios asturianos**¹³² —Eo, Navia, Nalón, Avilés, Villaviciosa y Ribadesella— señalando que la carencia de datos históricos de diferente naturaleza genera cierta incertidumbre en los resultados, por lo que las conclusiones aportadas por el estudio deben tomarse como una estimación de tendencias. La evolución dependerá de si las tasas de generación de sedimentos consiguen incrementarse conforme aumenta el nivel medio manteniéndose el equilibrio. Si se produce un déficit sedimentario, hasta que se alcance un nuevo nivel de equilibrio, se pueden producir los siguientes cambios morfológicos:

- Los bajos interiores de Eo, seguidos por los de Ribadesella, Villaviciosa, Avilés, Nalón y Navia, se verán afectados en un mayor porcentaje.
- Las áreas de las desembocaduras de los estuarios Villaviciosa, Navia y Ribadesella serán las que experimenten un mayor porcentaje de cambio, seguidas por Nalón, Eo y, en último lugar, Avilés.
- El mayor porcentaje de cambio se producirá en los bajos exteriores de los estuarios de Villaviciosa, Navia y Ribadesella, seguidas por los de Nalón, Eo y Avilés.
- Los canales de Villaviciosa, Navia y Ribadesella serán los que experimenten un mayor porcentaje de cambio, seguidos por los de Nalón, Eo y, en última posición, Avilés.

Tal y como se señala en el estudio, debido a que la dinámica en la zona exterior de los estuarios es mucho más activa que la zona interior, cabe esperar que el restablecimiento del equilibrio dinámico en la desembocadura y en el bajo exterior se produzca en menores periodos de tiempo (temporales/semanas/años) que en los bajos interiores y en los canales mareales (décadas).

Asimismo, cabe destacar que la pérdida de superficie de estos sistemas supondría una importante merma de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos que prestan como, por ejemplo, su importante función como **reservorios de carbono**¹³³. En este sentido, el cambio climático también podría generar un elevado estrés sobre las **praderas marinas**, con una capacidad considerable para secuestrar dióxido de carbono, entre otras funciones y valores, y la subida del nivel del mar y el aumento de la temperatura del agua representan una amenaza para las especies formadoras de hábitats, como las angiospermas marinas¹³⁴, y podría provocar mortalidad masiva en especies como la zosteria en el Atlántico¹³⁵. Sin embargo, aunque hasta ahora el conocimiento de **los efectos del cambio climático sobre las praderas marinas es muy limitado**, si las alteraciones derivadas del cambio climático se produjeran a una velocidad suficientemente lenta y el entorno de los estuarios permite la migración natural de las especies intermareales estuarinas (espacio de acomodación), éstas podrían llegar a adaptarse¹³⁶.

¹³² Losada Rodríguez et al. (2016a, p. 4.134).

¹³³ Sanz y Galán (2020, p. 119).

¹³⁴ Ruiz et al. (2015, p. 577).

¹³⁵ Wong et al. (2014), en Sanz y Galán (2020, p. 120).

¹³⁶ Ruiz et al. (2015, p. 607).

3.3. Recursos hídricos y ecosistemas acuáticos continentales.

3.3.1. Recursos hídricos.

Hay un alto consenso sobre que los **efectos del cambio climático** (aumento de la temperatura y disminución de la precipitación) se traducirán en un **incremento de la presión sobre los recursos hídricos**, con una tendencia general a una **menor disponibilidad**¹³⁷, **cambios en la distribución espacial y temporal y variaciones en el balance hídrico, la escorrentía, la recarga, la acumulación de nieve y la incidencia de los fenómenos extremos**, que a su vez pueden tener una repercusión en la **calidad de las aguas**¹³⁸.

Pero, además de los efectos del cambio climático, las afecciones sobre los recursos hídricos también están condicionadas por **factores no climáticos**¹³⁷ como los cambios en los usos del suelo y gestión de las cuencas, ríos o acuíferos llevados a cabo durante el siglo XX, que han modificado los balances hídricos global, regionales y de cuenca, de forma que las consecuencias son equiparables a las repercusiones que tienen las variaciones en la temperatura y precipitación¹³⁹. Una disminución en las precipitaciones no tiene por qué traducirse automáticamente en una menor escorrentía, ya que intervienen otros factores tales como la cobertura del suelo, los cambios en el uso y la demanda de agua¹⁴⁰.

Esto podría coincidir con un **incremento en la demanda de los usos consuntivos**, en particular de los agrícolas, dominante en España¹³⁷, aunque debe tenerse en cuenta que, en el caso de Asturias, el consumo de este sector es marginal y que el mayor consumidor de agua es el sector industrial lo que genera ciertas incertidumbres en el contexto regional.

Tabla 36. Afección del cambio climático sobre las variables hidrológicas en el ámbito de la DHC Occidental.

VARIABLE	PERIODO	MED RCP4.5	MED RCP8.5
PRECIPITACIÓN	PI1 (2010-2040)	-1%	-4%
	PI2 (2040-2070)	-6%	-7%
	PI3 (2070-2100)	-6%	-14%
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL	PI1 (2010-2040)	2%	3%
	PI2 (2040-2070)	5%	7%
	PI3 (2070-2100)	6%	11%
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL	PI1 (2010-2040)	0%	0%
	PI2 (2040-2070)	0%	1%
	PI3 (2070-2100)	1%	1%
HUMEDAD EN EL SUELO	PI1 (2010-2040)	-1%	-2%
	PI2 (2040-2070)	-4%	-5%
	PI3 (2070-2100)	-4%	-8%
RECARGA	PI1 (2010-2040)	-3%	-5%
	PI2 (2040-2070)	-8%	-10%
	PI3 (2070-2100)	-8%	-19%
ESCORRENTÍA	PI1 (2010-2040)	-2%	-6%
	PI2 (2040-2070)	-10%	-12%
	PI3 (2070-2100)	-10%	-23%

Fuente: Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021, pp. 9-10).

¹³⁷ Sanz y Galán (2020, p. 27).

¹³⁸ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021, p. 8).

¹³⁹ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 63).

¹⁴⁰ Sanz y Galán (2020, p. 28).

En relación con el **impacto del cambio climático sobre las variables hidrológicas** para el conjunto de España cabe destacar el estudio presentado en 2017 por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX titulado Evaluación del Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y Sequías en España (2015-2017), en el que se evalúa el impacto sobre los recursos hídricos considerando tres periodos futuros de 30 años, denominados periodos de impacto (PI1: 2010-2040, PI2: 2040-2070 y PI3: 2070-2100) para reflejar el efecto en el corto, medio y largo plazo con respecto a los datos del periodo de control 1961-2000, y dos escenarios de emisiones el RCP8.5, o escenario tendencial de altas emisiones, y el RCP4.5, un escenario intermedio relativamente optimista¹⁴¹.

Los resultados de este estudio se han empleado para la elaboración de los documentos del tercer ciclo de planificación hidrológica 2022-2027 de la DHC Occidental, en la que está incluida Asturias. En la Tabla 36 se muestran los resultados obtenidos de cada una de las variables hidrológicas que analiza el estudio, para los tres periodos de impacto y los dos escenarios, en el ámbito esta demarcación.

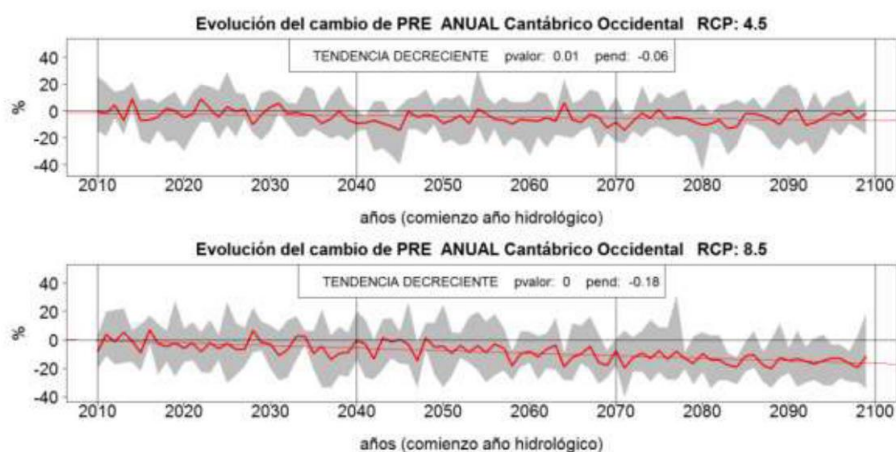


Figura 19. Tendencia de la precipitación 2010-2099 para los escenarios RCP4.5 y 8.5 en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental.

Fuente: Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 10).

En el ámbito de la Demarcación se aprecia una **reducción de la precipitación media anual** (Figura 19), bastante más moderada en el escenario RCP4.5 que en la proyección RCP8.5, en la que incluso llega a reducirse un 14% en el periodo 2070-2100, aunque debe tenerse en cuenta la **incertidumbre de los modelos**. Aunque los **datos disponibles no permiten modelizar con fiabilidad** los cambios en el **ciclo anual de las precipitaciones**, se aprecia, no obstante, una concentración de las precipitaciones en febrero en todos escenarios y una reducción al final del verano.

Los **estudios regionales** sobre escenarios de cambio climático en el **Cantábrico**, como los publicados por el Gobierno del Principado de Asturias¹⁴² y el de Cantabria¹⁴³, aprecian una **disminución de las precipitaciones diarias**. En un análisis más reciente realizado en las estaciones de Oviedo, Ranón y Cabo Peñas, no se han detectado tendencias claras en el análisis de las bases de datos completas de lluvia horaria y diaria¹⁴⁴.

¹⁴¹ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 10).

¹⁴² González Taboada y Anadón Álvarez (2011).

¹⁴³ Gutiérrez et al. (2010).

¹⁴⁴ González Rodríguez, Gil (Dir.). 2020. *Efecto del cambio climático y de la actividad antrópica en la hidrodinámica del río Nalón en el entorno de la depuradora del bajo Nalón (Soto del Barco, Asturias)*. Informe inédito elaborado por el INDURROT de la Universidad de Oviedo para el Gobierno del Principado de Asturias.

En cuanto a la **escorrentía**, una de las variables que mejor caracteriza los recursos hídricos de una zona¹⁴⁵, el análisis de las **series** indica que para DHC Occidental (Figura 20), se pone de manifiesto la **tendencia decreciente en los cambios de escorrentía**, siendo más acusada para las proyecciones del RCP8.5¹⁴⁶. Aunque se observa una gran disparidad de resultados según las proyecciones debido a la **incertidumbre de los resultados**, en su conjunto apunta a una **reducción de la escorrentía que se acentúa en el RCP8.5 y conforme avanza el siglo XXI**.

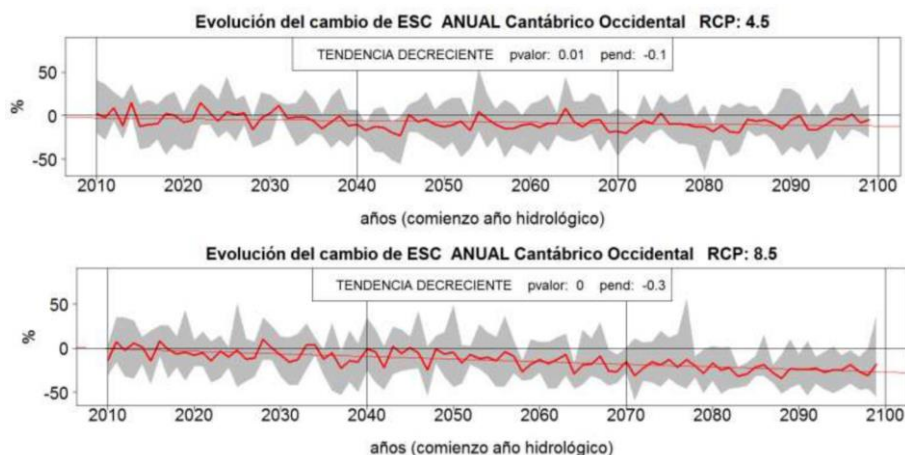


Figura 20. Tendencia de la escorrentía 2010-2099 para los escenarios RCP4.5 y 8.5 en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental.
Fuente: Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 12).

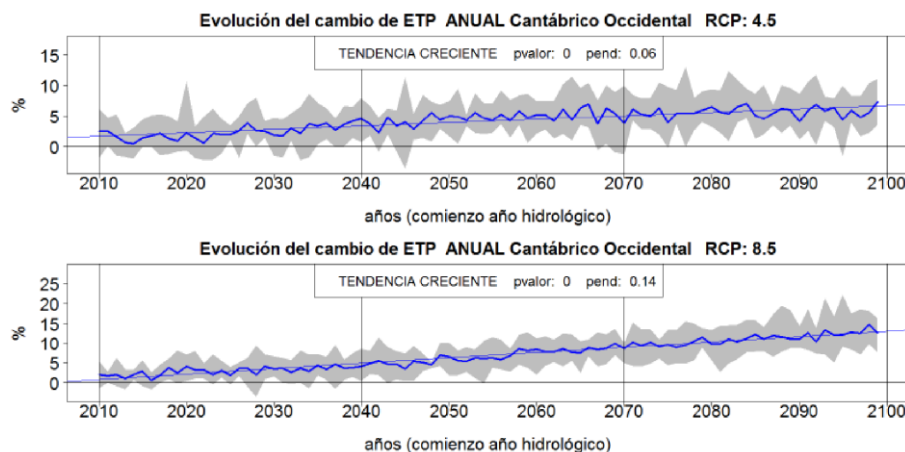


Figura 21. Tendencia de la evapotranspiración potencial 2010-2099 para los escenarios RCP4.5 y 8.5 en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental.
Fuente: Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 11).

En el caso de la **evapotranspiración potencial (ETP)** se **detecta un incremento** según todas las proyecciones del RCP4.5 (Figura 21), resultado que se corresponde con la tendencia de

¹⁴⁵ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2018, p. 70).

¹⁴⁶ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2018, pp. 71-72).

temperaturas, aunque se trata de incrementos leves ya que la cornisa cantábrica, a diferencia del interior peninsular, se ve en este aspecto afectada en menor medida por el cambio climático. Las proyecciones del RCP8.5 presentan mayores subidas de ETP que las respectivas del RCP4.5.

Como consecuencia de la evolución de las dos variables anteriores (descenso de la precipitación y al aumento de ETP) la **humedad en el suelo** también presenta una **tendencia decreciente**, más acusada en las proyecciones RCP8.5¹⁴⁷, lo que podría causar importantes impactos en los ecosistemas y las actividades agrarias.

Los cambios en la **recarga de acuíferos siguen pautas similares a las de la precipitación**, aunque **más acentuadas**, sin que se observen claros patrones de cambio en el ciclo anual salvo por la tendencia a concentrarse en los meses invernales y a reducirse a finales del verano¹⁴⁸.

Conforme a los resultados de algunos estudios **a escala de la península ibérica, entre 2016 y 2045** se podría producir una **reducción de la tasa media de recarga en torno al 12%**, con una mayor reducción en el centro y sureste del territorio, de hasta un 28% en algunas áreas para futuro cercano¹⁴⁹.

En **Asturias**¹⁵⁰, aunque se percibe una leve **tendencia descendente en los niveles piezométricos en algunos acuíferos**, **la escasez de datos no permite establecer conclusiones definitivas** sobre la afección del cambio climático a las aguas subterráneas. No obstante, para la DHC Occidental los estudios del CEDEX pronostican que la **reducción de la recarga subterránea** prevista para el año **2039** sea de, aproximadamente, **7% en el escenario RCP 4.5**, y del **9% en el escenario RCP 8.5**, aunque los resultados obtenidos presentan una **alta incertidumbre** debido a la inherente a los modelos climáticos, pero también a la dificultad de simular los procesos del ciclo subterráneo por modelos hidrológicos sencillos¹⁵¹.

Una reducción en las entradas y del almacenamiento de los acuíferos se traduce en una reducción de las salidas lo que puede tener un efecto significativo en la disponibilidad de recursos hídricos de esta naturaleza con el consiguiente **impacto sobre los humedales dependientes y el sistema fluvial**, que se puede traducir en una **reducción del caudal base**, esencial para el mantenimiento de caudales en las épocas más secas¹⁵².

Conforme al análisis de los estudios disponibles que se realiza en Sanz y Galán (2020, p.32), los efectos del cambio climático se traducirán en un cambio en el **régimen nival**, una **reducción del número anual de días de nieve** de alrededor del 50% desde los años 70 y una disminución significativa de la profundidad de la nieve. Asimismo, refiriéndose específicamente a las **cordilleras de los Pirineos y Sierra Nevada**, se indica que estos cambios pueden afectar a la recarga de acuíferos, generando una gran incertidumbre en esas áreas, ya que el deshielo actúa como un agente de recarga más eficiente que la lluvia, y el calentamiento podría reemplazar varios días por año las nevadas por lluvia, alterando potencialmente la recarga.

Pese a que **no hay datos ni estudios específicos**, parece muy probable que la parte de la **cordillera Cantábrica en Asturias se vea afectada** por estos cambios **en el régimen e intensidad nival**.

¹⁴⁷ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 11).

¹⁴⁸ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 11).

¹⁴⁹ Pulido-Velazquez, D., Collados-Lara, A. J. and Alcalá, F. J. (2018): Assessing impacts of future potential climate change scenarios on aquifer recharge in continental Spain. *Journal of Hydrology*, 567, 803–819. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.10.077>. En Sanz y Galán (2020, p. 36).

¹⁵⁰ Ordoñez Alonso, A., Meléndez Asensio, M.L. y Ornia Laruelo, D. (2019). Recursos hídricos. En: Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (2019, p. 18).

¹⁵¹ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 14).

¹⁵² Sanz y Galán (2020, p. 37).

Conforme a los **resultados de algún estudio general**¹⁵³, se pueden observar tendencias anuales similares para la **ocurrencia de nieve** si consideramos por separado las estaciones meteorológicas a gran altitud o alta ocurrencia de nieve (con un promedio de más de 20 número anual de días de nieve por año) y aquellas situadas a baja altitud y con poca ocurrencia de nieve. Las estaciones altas muestran una reducción de alrededor de 23 días anuales de nieve entre 1975 y 2002, mientras que las estaciones bajas han sufrido una reducción de alrededor de 7 días anuales para el mismo período, lo que representa, en ambos casos, una **disminución anual del 2%**.

Aunque la temperatura parece ser el principal factor impulsor de la alteración en la frecuencia anual de nieve, especialmente para las estaciones meteorológicas localizadas en cotas bajas, el papel de la precipitación se vuelve importante en las estaciones situadas en cotas altas, especialmente en invierno.

Finalmente, teniendo en cuenta los diversos estudios realizados para el **ámbito de la DHC Occidental** en la elaboración del Plan Hidrológico 2022-2027, para la **modelización de la gestión en el escenario de cambio climático** se ha considerado una **reducción de las aportaciones para el horizonte 2039**, respecto a las aportaciones del periodo 1980/81-2017/18, de entre el **4,6% y el 5,3%**¹⁵⁴ en el escenario RCP4.5, y del **11,2% en el escenario RCP8.5**¹⁵¹.

3.3.2. Calidad del agua.

La **calidad del agua está fuertemente vinculada a variables climáticas**, como la temperatura, las precipitaciones anuales o los fenómenos extremos como inundaciones y sequías, pero de igual forma **viene determinada por la actividad humana** y, en particular, a la regulación de los caudales y el uso del suelo, especialmente a la urbanización¹⁵². Además, cuanto más disminuyan los flujos de agua mayor será la concentración de los contaminantes de origen antrópico, agravando los efectos de la contaminación¹⁵⁵.

Los estudios realizados para la DHC Occidental determinan que las **concentraciones de oxígeno**, variable estrechamente relacionada con la temperatura del agua, se sitúan entre los 8,91 y los 10,11 mg O₂/l, sin apreciarse una especial distinción entre las concentraciones de los tramos altos y bajos de los ríos¹⁵⁶. Los resultados de variación de temperatura en el mes de agosto, el más crítico, arrojan una reducción de O₂ entre 0,16 y 0,23 mg/l en el escenario RCP4.5, y entre 0,18 y 0,26 mg/l en el RCP8.5, **reducciones en que en ningún caso sitúan el contenido en O₂ por debajo de 5 mg O₂/l, límite entre el estado bueno y moderado para la evaluación de las masas de agua tipo río**¹⁵⁷.

No obstante, según el estudio de del Confederación Hidrográfica del Cantábrico, **todas las masas de agua analizadas se verán impactadas en cierta medida en ambos escenarios de emisiones**, si bien **ninguna alcanza el grado de impacto muy alto**, y solamente 22 de las masas de agua de tipo río de la Demarcación presentan impacto potencial alto, aunque este impacto podría verse mitigado por la calidad del bosque de ribera y el sombreado sobre la masa de agua.

Las **masas en alto riesgo por reducción de oxígeno** se localizan en el sistema Nalón, en el tramo alto del río Narcea y en sus afluentes, los ríos Orlé y Tubia II; en el Esva, en las zonas de cabecera (Naraval y Navelgas y Bárcena); y en el Navia, arroyo del Oro y río de Aviouga.

¹⁵³ Pons et al. (2010).

¹⁵⁴ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 37).

¹⁵⁵ Sanz y Galán, (2020, p.38).

¹⁵⁶ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 30).

¹⁵⁷ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 31).

En este apartado de la calidad del agua el estudio de Sanz y Galán, (2020, p. 38) se refiere al análisis sobre los efectos del cambio climático para la **cuenca del río Corbeira**¹⁵⁸ que podría servir de **ejemplo para el territorio asturiano**. En el estudio se concluye que se producirá un incremento de la carga de nitratos en pequeñas cuencas de este tipo afectando a la calidad de los recursos hídricos, ya que se puede alterar la magnitud y el momento de la entrada de nutrientes a la red de arroyos. Así se concluye que la carga de nitratos aumentará en los horizontes futuros (6% en el periodo 2031-2060, 7% en 2069-2098) en relación con los valores actuales (1981-2010), posiblemente debido a la disminución de la biomasa de los pastizales, así como a un aumento en la tasa de mineralización vinculada al aumento de la temperatura. Además, se señala que el impacto en los sedimentos puede provocar un deterioro en la calidad del agua si la concentración media de sólidos en suspensión alcanza los 25 mg/l, umbral establecido por la legislación relativa a la calidad de las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable (Directiva 75/440/CEE) y para la vida de los peces (Directiva 2006/44/CEE).

En Asturias¹⁵⁹ **no se han verificado alteraciones de la calidad química de las aguas asociadas al cambio climático**. No obstante, un estudio realizado en lago Enol¹⁶⁰ ha detectado la presencia de una zona anóxica en el fondo durante los meses más cálidos, cuya extensión y duración está aumentando con el tiempo, llegando a afectar a un 30-35% del área del lago en el mes de septiembre (Figura 22).

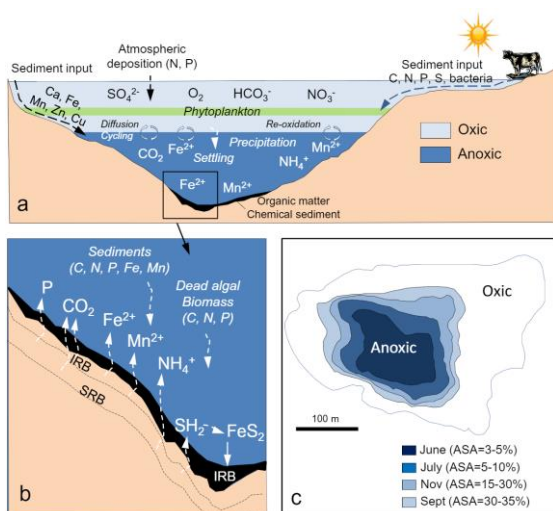


Figura 22. Dinámicas detectadas en las aguas del lago Enol.

(a) esquema de la dinámica de varias sustancias durante un período típico de estratificación; (b) Detalle del intercambio de metales y nutrientes entre los sedimentos del fondo y las aguas profundas anóxicas del hipolimnion (IRB, bacterias relacionadas con el hierro; SRB, bacterias reductoras de sulfato); (c) Evolución temporal de la anoxia hipolimnética durante un período de estratificación (junio a noviembre) y estimación de la proporción de superficie total del lago afectada (ASA).

Fuente: Sánchez-España *et al.* (2017)

Según el estudio, este fenómeno se asocia al **incremento de la estratificación estival provocada por el calentamiento superficial** como consecuencia del aumento de la temperatura atmosférica, señalando que el cambio climático puede provocar períodos de estratificación más agudos y prolongados que incrementen el nivel anóxico de muchos lagos de montaña. Sin embargo, también se pone de manifiesto que en las regiones montañosas **la calidad de las aguas está fuertemente influenciada por factores no climáticos**, entre los que destaca el uso y manejo del suelo que se realiza en la cuenca de captación y, en particular, el pastoreo intensivo que, según los autores, es una de las amenazas más graves para la salud ecológica de estos lagos.

¹⁵⁸ Rodríguez-Blanco, M. L., Arias, R., Taboada-Castro, M. M., Nunes, J. P., Keizer, J. J. and Taboada-Castro, M. T. (2016): Potential impact of climate change on suspended sediment yield in NW Spain: A case study on the Corbeira catchment. *Water* 2016, 8(10), 444; <https://doi.org/10.3390/w8100444>. En: Sanz y Galán, (2020, p. 38).

¹⁵⁹ Ordoñez Alonso, A., Meléndez Asensio, M.L. y Ornia Laruelo, D. (2019). Recursos hídricos. En: Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (2019, p. 18).

¹⁶⁰ Sánchez-España *et al.* (2017).

Por otra parte, el aumento de temperatura, la disminución de las precipitaciones, la menor recarga de agua subterránea y el aumento del nivel del mar provocados por el cambio climático también pueden producir **alteraciones en la calidad del agua**, rompiendo el **equilibrio hídrico en la dinámica agua dulce-agua de mar en las zonas costeras**¹⁶¹ lo que puede afectar particularmente a los humedales y acuíferos costeros y a los servicios ecosistémicos prestan. No obstante, **no se han constatado procesos de salinización** en los **acuíferos costeros asturianos** que, por otra parte, tienen un escaso aprovechamiento¹⁵⁹.

3.3.3. Sequías.

Tal y como se indica en Sanz y Galán (2020, p.44), el análisis de las sequías es complejo, con diferentes metodologías y tipos de sequías como las meteorológicas, hidrológicas y agrícolas. Un informe reciente, bajo el proyecto PESETA¹⁶² a nivel europeo, indica cómo con el calentamiento global, las sequías serán más frecuentes, durarán más y serán más intensas en el sur y el oeste de Europa aunque el mayor impacto se espera en las regiones mediterráneas¹⁶³. En este sentido, algunos autores¹⁶⁴ llaman a la **cautela en el caso de la afección y evolución de las sequías en Europa occidental** ya que, en este ámbito, las tendencias no son estadísticamente significativas en el largo plazo y los cambios en las sequías son espacialmente variables, por lo que debería avanzarse en el conocimiento detallado de la evaluación local y regional para disponer de datos e información que permitan la toma de decisiones y la gestión de la sequía.

En el caso de **Asturias**, aunque en algún autor indica que **no se puede concluir que el cambio climático esté afectando significativamente a la disponibilidad de recursos hídricos** en Asturias¹⁶⁵, cabe tener en cuenta que, en líneas generales, en la **DHC Occidental** la mayoría de las proyecciones pronostican un **aumento de la frecuencia de sequías cuánto más nos alejamos en el tiempo**, apreciándose escasas diferencias entre los resultados para los dos escenarios de emisiones, aunque las sequías tenderían a ser más frecuentes para el escenario RCP8.5¹⁶⁶.

No obstante, **algunas modelizaciones no arrojan como resultado un incremento en la frecuencia de sequías** en escenarios futuros, e incluso muestran una disminución en la incidencia por lo que en este aspecto hay una **gran incertidumbre**¹⁶⁷. Por tanto, **aunque no se puede afirmar de forma concluyente un aumento en la incidencia de la sequía en la demarcación, parece razonable pensar que las sequías que se den en el futuro serán más intensas.**

3.3.4. Inundaciones continentales.

La **cornisa cantábrica** presenta unas **características particulares que la diferencian** del resto del territorio nacional, como su clima atlántico o la accidentada configuración orográfica de la cordillera, responsable de una dinámica fluvial también diferenciada. Algunos autores¹⁶⁸ señalan una tendencia al **incremento de las crecidas relámpago** y una **mayor irregularidad en el régimen**

¹⁶¹ Sanz y Galán (2020, pp.38-39).

¹⁶² Cammalleri, C, Naumann, G, Mentaschi, L, Formetta, G, Forzieri, G, Gosling, S, Bisselink, B, Roo, De A, Feyen (2020).

¹⁶³ Sanz y Galán (2020, p.44).

¹⁶⁴ Vicente-Serrano, S.M., Domínguez-Castro, F., Murphy, C., Hannaford, J., Reig, F., Peña-Angulo, D., Trambly, Y., Trigo, R.M., Mac Donald, N., Luna, M.Y., Mc Carthy, M., Van der Schrier, G., Turco, M., Camuffo, D., Noguera, I., García-Herrera, R., Becherini, F., Della Valle, A., Tomas-Burguera, M. and El Kenawy, A. (2020): Long-term variability and trends in meteorological droughts in Western Europe (1851–2018). *International Journal of Climatology*. <https://doi.org/10.1002/joc.6719>. En Sanz y Galán (2020, p.45-46).

¹⁶⁵ Ordoñez Alonso, A., Meléndez Asensio, M.L. y Ornia Laruelo, D. (2019). Recursos hídricos. En: Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (2019, p. 18).

¹⁶⁶ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2018, p. 73).

¹⁶⁷ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 17).

¹⁶⁸ Santa Coloma, Feliú, y Mendizabal (2011).

de los caudales fluviales en la zona atlántica peninsular, pronosticando para el ámbito cantábrico aumentos del área inundable de 3 y 5% para el periodo de retorno de 50 y 500 años respectivamente en la cuenca del río Nervión.

Además, mientras que gran parte de la superficie peninsular está drenada por ocho grandes cuencas hidrográficas, **en el territorio asturiano se llegan a diferenciar hasta 40 cuencas** independientes con notables diferencias, desde pequeños sistemas costeros con menos de 10 km² de superficie de cuenca, hasta los 5 400 km² de la cuenca del río Nalón. Hay que añadir que son ríos con elevada pendiente, importante actividad erosiva, abundante carga de fondo (constituida por las partículas del lecho que son transportadas sobre el fondo saltando, rodando o deslizándose) y tiempos de concentración del sedimento bajos.

Además, conviene destacar que la **carga sólida transportada** por los cauces, que juega un papel muy relevante en el comportamiento de las avenidas, **puede experimentar cambios importantes** debido a la incidencia de **factores no climáticos** como cambios en los usos del suelo y las prácticas agrarias, evolución de las comunidades vegetales o el incremento en la intensidad y frecuencia de los incendios forestales¹⁶⁹.

Todas estas particularidades **complican la gestión de las avenidas fluviales** mediante las **medias de alerta temprana**, frente a otras más viables como las de gestión del espacio inundable o reducción de la vulnerabilidad.

Aunque a menudo se producen combinaciones de diferentes tipos, las inundaciones continentales pueden estar causadas por varios procesos, con diferente incidencia en el territorio asturiano. Así podemos diferenciar inundaciones provocadas por¹⁷⁰:

- **Precipitaciones copiosas y persistentes que afectan a las cuencas fluviales** y provocan desbordamientos a lo largo de las llanuras aluviales. Son las avenidas que producen un mayor impacto económico en Asturias.
- **Precipitaciones intensas en cuencas pequeñas** que genera crecidas repentinas, también conocidas como crecidas súbitas, relámpago o *flash floods*. Este tipo de avenidas son las que provocan mayores víctimas mortales en España y en Asturias.
- **Precipitaciones intensas in situ sobre zonas deprimidas** con escaso drenaje y sectores urbanos, denominadas inundaciones pluviales. Son episodios frecuentes en las grandes ciudades de la región, especialmente en Oviedo, Gijón y Avilés.
- **Deshielo rápido** debido al aumento de la temperatura diurna o por precipitación caída sobre zonas con acumulaciones importantes de nieve. Asturias cuenta con varias cuencas fluviales, como el Nalón o el Sella, cuyos caudales se encuentran afectados por la fusión de nieve acumulada durante el invierno.
- **Aumento del nivel freático** de las aguas subterráneas. Este proceso, aunque puede aparecer localmente en el territorio asturiano, es de los menos frecuentes en la región.

Cabe señalar que **son escasos los trabajos** centrados en **episodios cortos de lluvias intensas** (menos de tres horas y hasta seis horas de duración), reconocidos como **uno de los desencadenantes más importantes de los riesgos naturales en la región**. Los análisis en la **estación de Oviedo**, que cuenta con el registro horario de lluvia más largo de la región, centrados en episodios tormentosos, han podido confirmar tendencias crecientes en el número de eventos extremos por año, así como en la

¹⁶⁹ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 18).

¹⁷⁰ Basado en Sanz y Galán (2020, p. 41) incluyendo referencias a la relevancia de cada fenómeno en Asturias.

cantidad de precipitación por evento, aunque estas tendencias no se reconocen en las estaciones más próximas a la costa, como la de Ranón y Cabo Peñas¹⁷¹. Destacan aquí los episodios que tuvieron lugar en el mes de **junio de 2010**, cuando se registraron **máximos históricos de precipitaciones acumuladas** en numerosas estaciones asturianas, con valores superiores a 200 mm entre los días 8 y 16 de junio y máximos históricos absolutos en algunas estaciones del occidente de Asturias¹⁷². Las inundaciones fluviales asociadas a estos eventos alcanzaron en algunos tramos de la red fluvial asturiana periodos de retorno cercanos a los 100 años, con un coste para el Consorcio de Compensación de Seguros en la región de 47 millones de euros¹⁷³. En línea con estas tendencias, ya existen modelos climáticos, como los elaborados en el País Vasco, con aumentos de las precipitaciones extremas (precipitación diaria) del 10%¹⁷⁴ e incluso del 14% para el periodo 2001-2050¹⁷⁵.

En el caso de la lluvia, las **tormentas convectivas** son responsables de los fenómenos tormentosos que afectan a las **zonas torrenciales en zonas montañosas**, fuertemente condicionadas por la orografía local, tormentas que **rara vez son registradas por las estaciones pluviométricas convencionales**, cuyas redes de control tienen una densidad que, por lo general, es inferior al tamaño de estas tormentas¹⁷⁶.

Con respecto a las **inundaciones causadas por el deshielo**, su evolución está vinculada a los efectos derivados de los cambios en el régimen nival y su temporalidad, siendo especialmente particularmente vulnerables las cuencas poco reguladas. Para ejemplificar esta situación Sanz y Galán (2020, p. 34) hace referencia a los resultados obtenidos por un estudio realizado para la **cuenca del Arga**¹⁷⁷, uno de los principales afluentes del Ebro, en el que se ha detectado un aumento de la frecuencia e intensidad de inundaciones por el deshielo con una mayor frecuencia de caudales superiores a la media de los máximos anuales. Así entre 2002 y 2018 se superó este valor en 21 ocasiones (16 años de datos), mientras que desde 1979 hasta 2002 solo se superó en nueve ocasiones (23 años de datos). **Este fenómeno podría producirse en algunas cuencas de la cordillera asturiana, aunque se desconoce su magnitud e intensidad y la exposición en el territorial regional.**

Por lo que se refiere a las **zonas expuestas a las inundaciones pluviales y fluviales**, la **actualización y revisión de los planes de gestión del riesgo de inundación** para la DHC Occidental, finalizada en el año 2020, incluye la cartografía de peligrosidad de inundaciones fluviales, fluviomarinas y marinas a lo largo de 1 092 km de cauces dentro de las **76 Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI)**¹⁷⁸. De esas 76 áreas, **66 son zonas expuestas a desbordamientos de ríos aluviales**, siete son de tipo fluviomarino y tres de tipo marino.

Los **cambios en la dinámica y frecuencia de las inundaciones continentales** son debidos principalmente a las alteraciones de los patrones de lluvia, a cambios del uso de suelo (forestación, urbanización) o a modificaciones en la regulación de embalses¹⁷⁹. **Esto dificulta el análisis de este tipo de fenómenos en el contexto del cambio climático ya que, de este grupo de causas tan sólo**

¹⁷¹ Ramos-Guajardo, Fernández Iglesias, y Gonzalez-Rodriguez (2020).

¹⁷² AEMET (2010).

¹⁷³ CCS (2020).

¹⁷⁴ Moncho, Chust y Caselles (2010).

¹⁷⁵ Mendizábal et al. (2010).

¹⁷⁶ Santos Alonso (2011).

¹⁷⁷ Ebro Resilience (2020). Ebro Resilience: estrategia general de actuaciones Enero (no publicado)

<https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/estrategia-nacional-restauracion-rios/Plan-PIMA-ADAPTA-Proyecto-Life-Integrado-Ebro-Resilience.aspx> . En: Sanz y Galán (2020, p. 34).

¹⁷⁸ MITECO (2021, p. 16).

¹⁷⁹ Sanz y Galán (2020, p. 41).

la primera, las alteraciones de los patrones de lluvia, sería atribuible al mismo¹⁷⁹, siendo las otras dos de origen antrópico.

Por lo tanto, resulta mucho más difícil estimar cómo afectarían los **cambios previstos en la dinámica de lluvias a las dinámicas de inundaciones**, debido tanto a la **incertidumbre que introducen en los modelos hidrológicos**, como los efectos que pueden derivarse de la evolución del uso del suelo o la gestión de embalses¹⁸⁰, aunque este último elemento es de menor incidencia en la región, salvo en la cuenca del río Navia. En el caso de los **usos del suelo**, algunos trabajos realizados en la **cuenca del río Esva**¹⁸¹, con un aumento de la superficie forestada en un 30% entre los años 50 y la actualidad, han estimado una reducción en los caudales punta para avenidas de bajo periodo de retorno, pero su influencia para las avenidas extraordinarias y de mayor impacto es menos significativa.

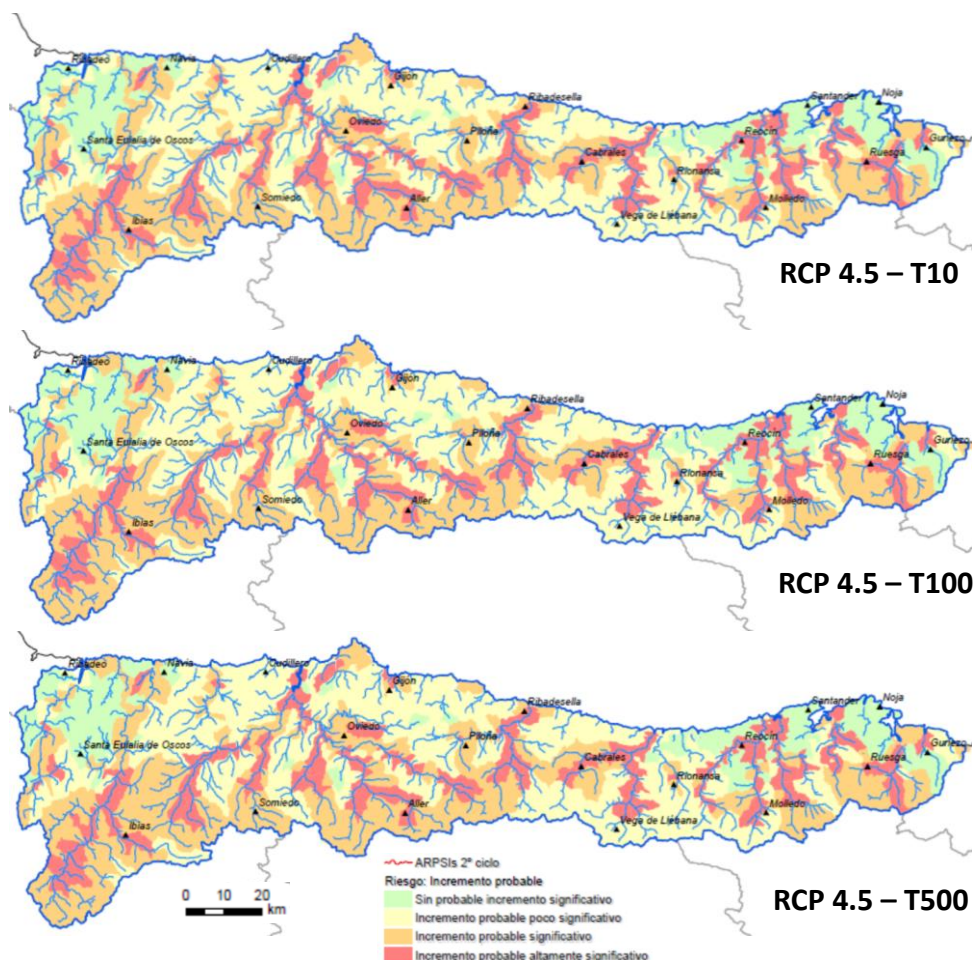


Figura 23. Valoración cualitativa total del incremento probable en el riesgo de inundación debido al cambio climático en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental para el escenario RCP4.5.

Fuente: Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021a, pp. 79-80).

En cuanto a las posibles **repercusiones del cambio climático en las inundaciones de origen pluvial y fluvial** en la **DHC Occidental**, en la revisión del Plan de gestión del riesgo de inundación se

¹⁸⁰ Sanz y Galán (2020, p. 42).

¹⁸¹ Riverchanges (2015-2019) *Cambios recientes en los sistemas fluviales cantábricos: análisis, causalidad y evaluación prospectiva*. Programa Retos MINECO, CGL2015-68824-R. INDUROT, Universidad de Oviedo.

consideraron **dos componentes** determinantes en la variación y frecuencia de las leyes de caudales, **la meteorológica y los usos del suelo**¹⁸².

Estos **resultados** se presentan a **nivel de cuenca**, para los tres periodos de retorno y los dos escenarios de emisión RCP4.5 (Figura 23) y RCP8.5, destacando en primer lugar la notable **heterogeneidad en la distribución espacial de los niveles de riesgo**¹⁸³, lo que se corresponde con las particulares características del territorio de la demarcación antes descritas.

Con carácter general, se observa que las **zonas que presentan un incremento** probable significativo o altamente significativo **en el riesgo de inundación fluvial y pluvial** se corresponden con las **subcuencas asociadas a los cursos medio y bajo**, hasta su desembocadura en el Cantábrico, **de los ríos de mayor importancia**¹⁸⁴. En cualquier caso, estos **resultados deben ser interpretados con prudencias** debido a las incertidumbres intrínsecas a los propios modelos climáticos y a la generación de datos¹⁸⁵.

Aunque en Asturias¹⁸⁶ resulta **complejo constatar** con claridad una tendencia de **cambio del patrón de inundaciones** debido al gran número de cuencas independientes y a su elevada variabilidad dinámica, recientemente se ha realizado **un análisis en el río Nalón**, la cuenca más grande del ámbito cantábrico, enfocado a las grandes inundaciones que han tenido lugar en el periodo entre 1938 y 2019, constatando un **aumento en la frecuencia de inundaciones**¹⁸⁷.

Respecto a las zonas expuestas a **peligrosidad torrencial**, aquellas afectadas por las denominadas crecidas relámpago, están **ampliamente representadas en Asturias**, pudiendo consultarse su distribución en el *Visor cartográfico de la CHC*¹⁸⁸. Los estudios de zonas torrenciales han ido actualizándose a lo largo de estudios científicos¹⁸⁹ y proyectos realizados para 112 Asturias y la CHC, identificándose más de **2 400 zonas expuestas a este fenómeno**¹⁹⁰.

Las tendencias y pronósticos de **agravamiento de eventos tormentosos**, precisamente en **zonas interiores y de montaña de Asturias**, hacen prever que, a medio plazo, **continúe aumentando la frecuencia e intensidad de las inundaciones torrenciales**.

3.3.5. Ecosistemas acuáticos continentales.

A **nivel de especie**, los efectos del cambio climático, en particular el aumento de la temperatura media del agua, la recurrencia de olas de calor y la disminución de los flujos de agua, podrían producir una **reducción de los nichos actuales de muchas especies** de agua dulce¹⁹¹, con afección potencial tanto a la **fauna piscícola** como a la de **macroinvertebrados**.

Por su parte, a **nivel de ecosistema**, el aumento de la intermitencia de los flujos de agua o los cambios estacionales **pueden llegar destruir algunos hábitats**, mientras que el incremento de la

¹⁸² Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021a, p. 76).

¹⁸³ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021a, p. 78).

¹⁸⁴ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021a, p. 81).

¹⁸⁵ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021a, p.77).

¹⁸⁶ Luis Calabuig, E., Colina Vuelta, A., Fernández Iglesias, E., Marquínez García, J. y Menéndez Duarte., R. (2019). Riesgos naturales. En: Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (p. 22).

¹⁸⁷ González Rodríguez, Fernández Iglesias, y Moro García (2021).

¹⁸⁸ <https://nodoide.chcantabrico.es/sigweb/index.html>. Fecha de consulta: 17 de junio de 2021.

¹⁸⁹ Santos Alonso (2011).

¹⁹⁰ INDUROT - Universidad de Oviedo (2003); INDUROT - Universidad de Oviedo (2010); INDUROT - Universidad de Oviedo (2011).

¹⁹¹ CEDEX (2012). *Efecto del cambio climático en el estado ecológico de las masas de agua*. Informe. Tomo único. Junio de 2012. Clave: CEDEX 44-407-1-001. En: Sanz y Galán, (2020, p. 46).

evapotranspiración potencial **puede afectar a los ecosistemas asociados a las aguas subterráneas más superficiales como humedales, manantiales y ríos**¹⁹².

Según algunos autores¹⁹³ se ha observado que el cambio climático ha traído como consecuencia cambios en la biota de los arroyos, con **desplazamientos en la distribución de organismos hacia latitudes o elevaciones mayores**, cambios en la composición de las comunidades que frecuentemente se traducen en una **homogeneización** y la consecuente **pérdida de diversidad**. En este sentido parece que las **especies capaces de sobrevivir en arroyos con flujos bajos o intermitentes**, generalmente **de pequeño tamaño y ciclos de vida cortos**, son **menos vulnerables** que aquellas que requieren flujos mayores y continuos¹⁹⁴.

En el caso de **Asturias**, según se desprende del análisis de los datos hidrológicos de la red oficial de estaciones de aforo, se observa una **ligera tendencia decreciente de las aportaciones anuales** en varios ríos asturianos estudiados, así como una **mayor variabilidad en el régimen de las mismas**¹⁹⁵. Sin embargo, también aquí **mayor peso** que el cambio climático tienen **otros impulsores como los cambios de uso del suelo o la contaminación**¹⁹⁶.

Según las estimaciones de la CHC¹⁹⁷ el **incremento medio de temperatura del agua en agosto** debido al cambio climático en la DHC Occidental, se situaría entre 0,85 y 1,01°C en el corto plazo (2010-2040); entre 1,47 y 2,03°C en el medio plazo (2040-2070); y entre 1,89 y 3,4°C en el largo plazo (2070-2100), considerando los escenarios de emisiones RCP4.5 y RCP8.5, respectivamente.

En el marco de la revisión del Plan Hidrológico de la DHC Occidental se ha analizado la potencial pérdida de hábitat para la trucha común o trucha marrón (*Salmo trutta*) como indicador de la afección de este **incremento de temperatura del agua en las especies piscícolas fluviales de aguas frías**¹⁹⁸. Los resultados de este análisis determinan que **la peligrosidad potencial ante este impacto es alta** en la Demarcación ya que **todas las masas evaluadas se ven afectadas por una pérdida de hábitat potencial de esta especie**, con un grado de afección similar en ambos escenarios de emisiones para 2040¹⁹⁹ y, en el escenario más pesimista, en el 37% de las masas de agua este impacto sería potencialmente alto.

No obstante, tal y como se señala en el estudio, el **grado de vulnerabilidad y exposición** de los cauces varía significativamente según el **estado de la vegetación de ribera**, considerando que aquellos tramos que presentan buenos índices de calidad del bosque de ribera la exposición a la radiación solar incidente sobre el agua se reduce notablemente, proporcionando además refugio para los peces y disminuyendo la vulnerabilidad de las poblaciones.

En este sentido, aunque todavía no están disponibles los resultados del nuevo indicador para evaluar la calidad de la vegetación de ribera²⁰⁰, con los datos disponibles el análisis concluye que **el riesgo de este impacto se reduce significativamente** por la atenuación causada por el buen estado

¹⁹² Sanz y Galán (2020, p. 47).

¹⁹³ MedECC (2019). *Risks associated to climate and environmental changes in the mediterranean region: a preliminary assessment* by the MedECC Network Science-policy interface – 2019. En: Sanz y Galán (2020, p. 46).

¹⁹⁴ Filipe, A.F., Lawrence, J.E. and Bonada, N. (2013). Vulnerability of stream biota to climate change in Mediterranean climate regions: a synthesis of ecological responses and conservation challenges. *Hydrobiologia*, 719(1), 331-351. En: Sanz y Galán, (2020, p. 46).

¹⁹⁵ Ordoñez Alonso, A., Meléndez Asensio, M.L. y Ornia Laruelo, D. (2019). Recursos hídricos. En: Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (2019, p. 18).

¹⁹⁶ Borja, C, Camacho, A. y Florin, F. (2012). Lagos y humedales en la evaluación de los ecosistemas del milenio en España. *Ambienta*, 98(marzo), 82–91. En: Sanz y Galán (2020, p. 47).

¹⁹⁷ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 25).

¹⁹⁸ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 23).

¹⁹⁹ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 26).

²⁰⁰ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 27).

de la vegetación de ribera. Así **la mayoría de las masas con un grado medio de impacto por el cambio de temperatura presentan riesgo bajo**, y en ocho de las 93 masas con un grado de impacto potencialmente alto el riesgo se sitúa en niveles medios²⁰¹.

Las **masas más propensas a sufrir riesgo para las especies piscícolas de aguas frías** se encuentran por toda la Demarcación pudiendo señalar en el caso de Asturias, a modo de ejemplo, algunos pertenecientes al sistema de explotación Nalón, principalmente en el Arroyo de Vioño, Río Orlé, Río Aller V, Río Cubia II, Río Gillón y Río Muniellos I, el Navia o los ríos ubicados en la parte más baja de los sistemas Llanes y Villaciviosa.

También para los **macroinvertebrados** el impacto del cambio climático se asocia al incremento previsto de la temperatura del agua. Aunque también este caso todas las masas de la Demarcación Hidrográfica podrían experimentar impactos a corto plazo en ambos escenarios de emisiones, al considerar el efecto del bosque de ribera todas las masas presentan un **riesgo bajo en el escenario de emisiones RCP4.5** y tan sólo dos, una de ellas el río Orlé, presenta un riesgo más elevado en el escenario RCP8.5²⁰².

En el caso de las **especies diádromas**, como la **anguila** o el **salmón**, la vulnerabilidad a los efectos del cambio climático es potencialmente mayor ya que pueden verse afectadas tanto por los cambios en el medio marino como en el fluvial²⁰³, aunque por esta misma razón existe un mayor grado de incertidumbre sobre la magnitud y naturaleza de los impactos sobre estas especies. Muy probablemente se producirán **desplazamientos en su distribución geográfica**²⁰⁴ y, en el caso del salmón (*Salmo salar*) algunos autores señalan que podría traducirse en una disminución del tamaño de las poblaciones y de la diversidad genética ya que el norte de España constituye el límite meridional de su actual distribución²⁰⁵.

Por otra parte, aunque no se conocen estudios específicos para el ámbito cantábrico, **los efectos del cambio climático se podrían ver agravados por estresores y presiones de tipo antrópico** entre los que podemos señalar la contaminación puntual o difusa, las alteraciones en el régimen hidrológico natural, la extracción de recursos hídricos, la pérdida de la continuidad y conectividad fluvial longitudinal y transversal, incluido el bosque de ribera como uno de los componentes clave para el funcionamiento de los ecosistemas fluviales, o la introducción y expansión de especies exóticas tanto animales como vegetales²⁰⁶.

3.4. Ecosistemas terrestres.

3.4.1. Suelo

Tal y como se señala en Sanz y Galán (2020, p. 60), **el suelo es un sistema dinámico**, resultado de las complejas interacciones entre su propia estructura y la biota que alberga. La interacción de fenómenos y procesos físicos, químicos y biológicos que se produce en los suelos les otorga un papel fundamental como hábitat, capaz de albergar una parte importante de la biodiversidad del planeta, en el ciclo hídrico y como un recurso clave para el desarrollo de las actividades humanas,

²⁰¹ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 28).

²⁰² Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 36).

²⁰³ 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. En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 175)

²⁰⁴ García Díez y Remiro Perlado (2014, p.8).

²⁰⁵ Horreo et al. (2019).

²⁰⁶ Maceda-Veiga (2013).

en la conservación del paisaje y el patrimonio y en la provisión de materias primas²⁰⁷. Además, **la fauna y microflora edáficas**, responsables de la descomposición de la materia orgánica, la transformación de nutrientes y, en gran parte, del mantenimiento de la estructura de los suelos, **juegan a su vez un papel fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas**²⁰⁷.

El efecto del cambio climático sobre los procesos edáficos puede tener un origen directo o indirecto. Los **impactos directos**, producidos por los **cambios de temperatura y precipitación**, se pueden traducir en un **incremento del riesgo de erosión**, debido a la disminución de la precipitación media, a lo que habría que añadir la **incidencia de los incendios forestales**, que además de poder generar un impacto sobre la materia orgánica del suelo, puede también intensificar la hidrofobicidad del mismo, es decir, su repelencia al agua y a su infiltración²⁰⁸. Los **impactos indirectos** se producen como consecuencia de la **alteración en los aportes de materias al suelo**, principalmente por una **menor entrada de materia orgánica**, debido a una disminución de la productividad de biomasa de los ecosistemas afectados por el cambio climático, o a un **cambio en la composición química de la materia orgánica** que entra en él, asociado con un cambio en los tipos de vegetación, lo que se traduce en una alteración de productividad y calidad de la materia orgánica del suelo provocando una disminución en la **capacidad del sistema edáfico para almacenar carbono**²⁰⁹.

Aunque estos procesos serán más intensos en los ecosistemas mediterráneos y hay **cierta incertidumbre sobre los que ocurrirá en el perfil del suelo, en particular en la España atlántica**²¹⁰, las previsiones de los escenarios del climáticos para España, con veranos más cálidos y secos e inviernos cálidos y con mayor precipitación, parece que favorecerán la **reducción del carbono disponible en la parte más superficial del suelo**, que afectará de forma negativa a sus propiedades físicas, químicas y biológicas²¹¹.

Asimismo, **la erosión del suelo y la movilización de sedimentos** tiene relevancia tanto desde el punto de vista natural como socioeconómico debido a la potencial pérdida de productividad, el incremento de los caudales sólidos en las avenidas, el incremento, en ocasiones, de la carga de contaminantes en los caudales, e incluso la posible colmatación de embalses²¹². En este sentido, cabe recordar el **territorio asturiano cuenta con importantes superficies con serios problemas de erosión, degradación y pérdida de suelo** derivados de factores no climáticos entre los que destacan la actividad minera, con una afección más localizada, y el efecto reiterado de los incendios forestales, especialmente grave en las zonas silíceas del occidente como en el oriente de la región, y que tras los incendios ven mermada su ya escasa capacidad productiva²¹³. La realidad es que **decenas de miles de hectáreas, situadas sobre todo en el occidente asturiano, sometidas a incendios recurrentes**, presentan ya una pérdida substancial del suelo y con ello de la productividad y de otros servicios ecosistémicos. En los casos más extremos la pérdida edáfica es tan alta que las superficies son incapaces de sustentar plantaciones forestales, pastizales o cualquier otro uso, imposibilitando casi cualquier actuación de restauración²¹⁴, debiendo abordarse previamente acciones de regeneración edáfica.

No se conocen estudios regionales en los que se analicen los **efectos del cambio climático sobre el suelo**. Sin embargo, algunos estudios podrían ejemplificar para algunas situaciones que pudieran

²⁰⁷ Sanz y Galán (2020, p. 60).

²⁰⁸ Sanz y Galán (2020, p. 61-62).

²⁰⁹ Sanz y Galán (2020, p. 61).

²¹⁰ Sanz y Galán (2020, p. 63).

²¹¹ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 11).

²¹² Sanz y Galán (2020, p. 39).

²¹³ Gobierno del Principado de Asturias (2020, p. 96).

²¹⁴ Gobierno del Principado de Asturias (2020, p. 105).

producirse en el territorio asturiano como el realizado para la **cuenca del río Corbeira**²¹⁵, una pequeña cuenca atlántica de 16 km² de la provincia de A Coruña caracterizada por los usos agroforestales. En este estudio los autores concluyen que se producirá un aumento en el transporte de sedimentos en invierno debido al aumento de la temperatura y, posiblemente, asociado a una mayor erosión en las áreas cultivadas (11%-17%). Esto podría tener **impacto significativo al incrementarse la diferencia entre la erosión del suelo y la tasa de formación del suelo para las condiciones imperantes en Europa** (1,4 t/ha/año⁻¹) y apunta a que, en el periodo invernal del año, el efecto de la erosión de suelo prevalecerá sobre la capacidad de transporte de sedimentos.

Por otra parte, las **precipitaciones intensas** constituyen el agente desencadenante de algunos riesgos naturales relacionados con el suelo como los **procesos de inestabilidad de laderas**, especialmente los deslizamientos y flujos superficiales. **En Asturias** los estudios han establecido una **correspondencia entre fuertes precipitaciones e inestabilidades de ladera**, por lo tanto, si se confirma el incremento de las lluvias con carácter torrencial ya mencionadas cabe esperar una mayor frecuencia de procesos de inestabilidad de laderas, incluyendo tipologías muy variadas: flujos de tierra y derrubios, deslizamientos superficiales y profundos y corrientes de *debris flow*, entre otros²¹⁶.

3.4.2. Incendios forestales.

El problema de los incendios forestales en Asturias no es nuevo, hace siglos que el territorio asturiano sufre la afección y el impacto del fuego. Sin embargo, a pesar de que en la actualidad se dispone de unos medios organizados para la extinción y la respuesta a la emergencia, el fenómeno continúa siendo **uno de los problemas ambientales y socioeconómicos más graves de Asturias** y probablemente **la causa más importante de degradación de los ecosistemas forestales**, incrementada por la reiteración y la sinergia de impactos.

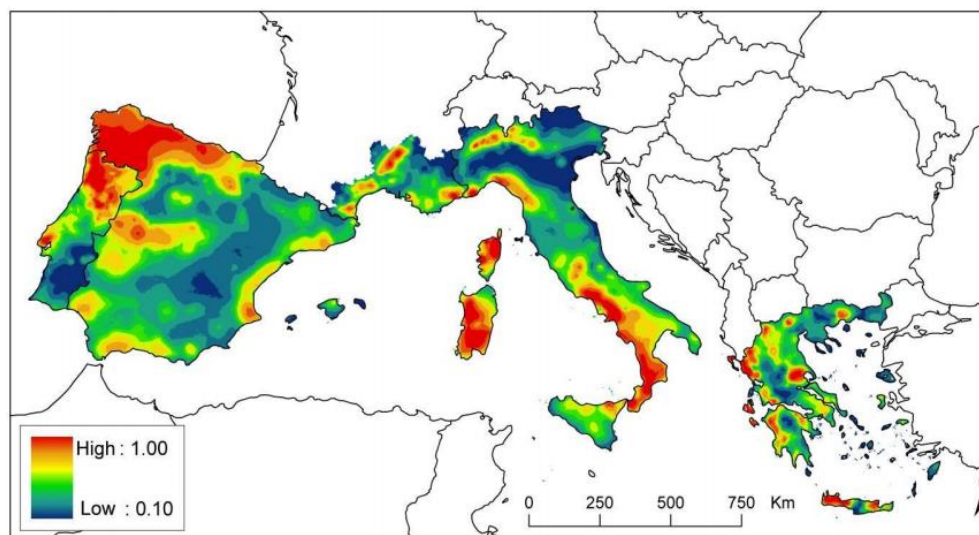


Figura 24. Índice de causalidad humana en Europa.

Fuente: Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales (EFFIS) en Moreno Rodríguez (2016, p. 94).

²¹⁵ Rodríguez-Blanco, M. L., Arias, R., Taboada-Castro, M. M., Nunes, J. P., Keizer, J. J. and Taboada-Castro, M. T. (2016): Potential impact of climate change on suspended sediment yield in NW Spain: A case study on the Corbeira catchment. *Water* 2016, 8(10), 444; <https://doi.org/10.3390/w8100444>. En: Sanz y Galán, (2020, p. 38).

²¹⁶ Luis Calabuig, E., Colina Vuelta, A., Fernández Iglesias, E., Marquínez García, J. y Menéndez Duarte, R. (2019). Riesgos naturales. En: Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez, (p. 22).

A escala nacional **la zona noroeste del país** (Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco y las provincias de León y Zamora) **presenta un elevado índice de causalidad humana** (Figura 24) en la que, según las estadísticas oficiales, el 75% de los incendios son intencionados, con la finalidad de eliminar matorral o monte bajo para obtener pastos o quemar rastrojos, situación especialmente grave si tenemos en cuenta que más del 70% de los incendios forestales que se producen en el territorio español se localizan en este área geográfica²¹⁷.

Por tanto, teniendo en cuenta el componente causal, en **Asturias no se puede establecer una relación directa entre el cambio climático y el número de incendios**²¹⁸, ya que la gran mayoría de los incendios forestales son provocados o tienen su origen en la intervención humana y **la ignición está fuertemente asociada a las dinámicas demográficas y económicas del medio rural**.

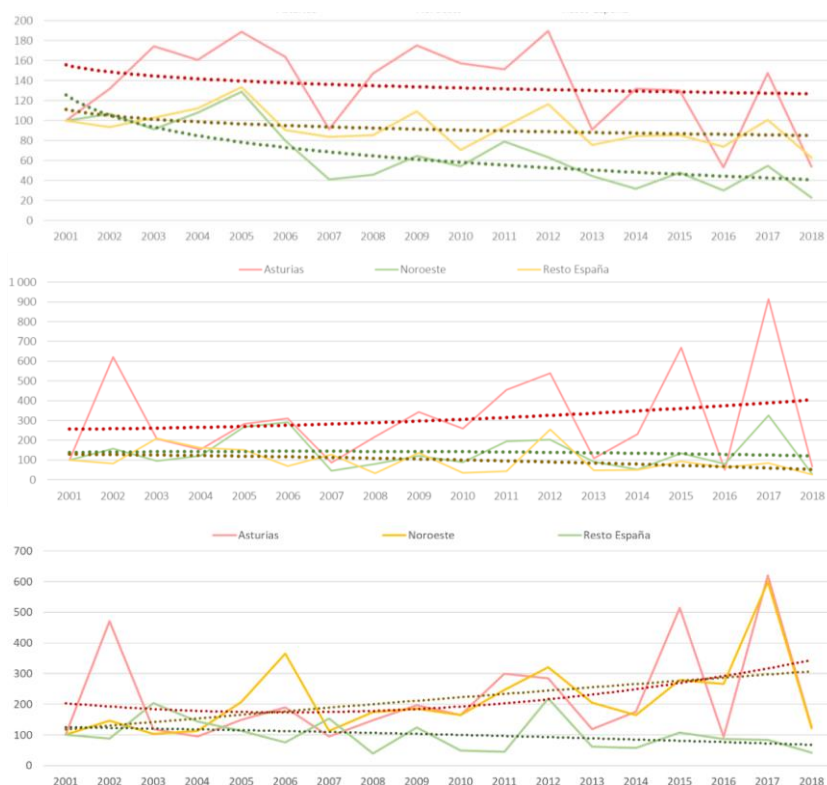


Figura 25. Evolución del número de incendios (arriba), de la superficie quemada (centro) y de la superficie media de los incendios en Asturias, zona noroeste y resto de España (2001 = 100).

Fuente: Gobierno del Principado de Asturias (2020, pp. 8 y 12).

Cabe destacar que, **aunque las tendencias generales en Asturias son similares a las del resto de España**, la comparativa de la evolución de los datos sobre número de incendios y superficie quemada desde 2001 permite afirmar que, en general, **la situación de la región en el contexto nacional es sensiblemente peor**. Así el análisis de la evolución del número de incendios muestra que en Asturias se reduce el número de eventos de forma más atenuada con respecto tanto al noroeste como al resto de España (Figura 25), mientras que la evolución de los datos de la superficie quemada muestra una tendencia creciente en Asturias, al contrario de lo que ocurre con el conjunto de la zona noroeste y del resto de España, caracterizadas estas últimas por la estabilidad y una

²¹⁷ Moreno Rodríguez, (2016, p. 93).

²¹⁸ Luis Calabuig, E., Colina Vuelta, A., Fernández Iglesias, E., Marquínez García, J. y Menéndez Duarte., R. (2019). Riesgos naturales. En: Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez, (p. 22).

ligera disminución de las superficies quemadas. Como resultado tanto la región, al igual que el conjunto de la zona noroeste, experimenta un incremento de la superficie media de los incendios al contrario de lo que ocurre con el resto de España.

En Asturias, entre 1985 y 2018, se han registrado un total de 59 GIF, en los que se ha quemado una superficie de más de 60 000 hectáreas²¹⁹. Aunque **un GIF podría producirse en cualquier parte del territorio asturiano**, son un **fenómeno claramente localizado en el occidente de la región**, como se puede observar en la Figura 26, donde la práctica totalidad de los municipios del occidente asturiano se han visto afectados por algún incendio de esta magnitud, ya sea porque haya tenido su origen en el propio término municipal o porque se haya extendido desde otro concejo²²⁰.

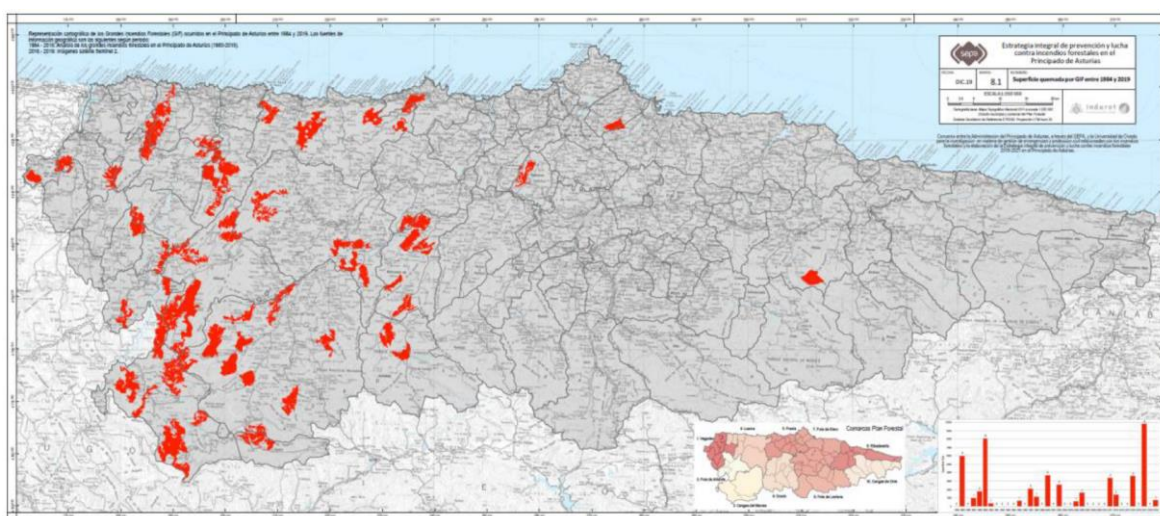


Figura 26. Localización de la superficie quemada en grandes incendios forestales entre 1984 y 2019.

Fuente: Gobierno del Principado de Asturias (2020, p. 23).

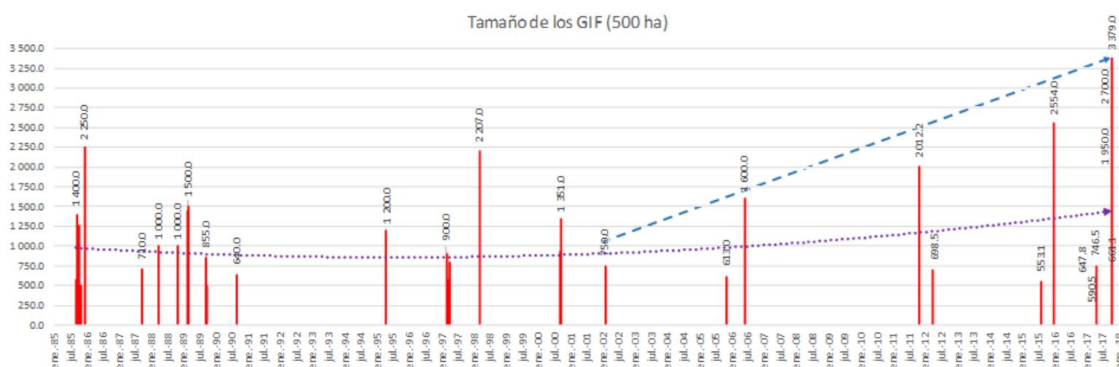


Figura 27. Evolución del tamaño de los grandes incendios forestales entre 1984 y 2018.

Fuente: Gobierno del Principado de Asturias (2020, p. 22).

²¹⁹ Gobierno del Principado de Asturias (2020, p. 22).

²²⁰ Gobierno del Principado de Asturias (2020, p. 23).

Aunque desde 1990 el fenómeno parecía estabilizado, a partir de 2006 se aprecia un cambio de tendencia, como se refleja en la Figura 27. La evolución reciente de los incendios indica un incremento continuado del tamaño de los GIF. De hecho, pese a que el número anual de GIF se mantiene relativamente bajo, la superficie quemada se incrementa significativamente, superando cada año el máximo registrado por incendio. Así, **en 2017 se produce el mayor incendio forestal registrado en Asturias hasta la fecha**, con casi 3 400 hectáreas, lo que viene a confirmar la tendencia al incremento de las superficies de los GIF.

La **alteración de las variables meteorológicas como resultado del cambio climático** son uno de los **factores de cambio de los incendios forestales** observados en todas las regiones²²¹ ya que la variabilidad en la precipitación, la temperatura, el viento y la humedad puede implicar que la humedad del combustible de las capas profundas de madera, hojas, suelo y otra materia orgánica en el suelo se vea afectada.

Por tanto, **el cambio climático facilitará la predisposición del combustible a arder** y, en consecuencia, a una mayor incidencia de la casuística de los incendios, incluso en lugares remotos donde con anterioridad los incendios no se propagaban con excesiva continuidad²²². Además, el **incremento de facilidad de ignición** condicionará un mayor riesgo a igualdad de negligencias y accidentes provocados por el hombre, principalmente en zonas de interfaz urbano-forestal y agrícola-forestal²²³.

Por otra parte cabe destacar que, a pesar de los numerosos artículos científicos publicados sobre la relación del cambio climático y los incendios forestales, **son escasos los estudios referidos a la vulnerabilidad y adaptación ante esta amenaza**²²⁴, requiriéndose todavía un importante esfuerzo de investigación para mejorar el conocimiento en materias como: las incertidumbres sobre la extensión de los impactos de cambio climático; las proyecciones de cambio climático a nivel regional; las respuestas de la vegetación; la capacidad de adaptación del sector forestal; y la idoneidad de las medidas de adaptación.

Las proyecciones del cambio climático anuncian un escenario poco favorecedor para las estrategias de lucha contra los incendios forestales con **un incremento significativo de la ocurrencia de incendios con comportamiento extremo**. Por ejemplo, los resultados obtenidos por Moreno Rodríguez (2016, p. 190) anticipan un **incremento de las condiciones de peligro de incendio forestal para todos los escenarios y periodos considerados**, lo que indica que, asumiendo que las relaciones entre clima e incendios se mantienen la incidencia de incendios puede aumentar de manera importante. Además, según estos autores, parece probable el **aumento de la severidad media y una mayor probabilidad de ocurrencia de grandes incendios**, con un potencial devastador mucho mayor que los incendios ordinarios.

La mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, en particular los episodios de sequía prolongada, de altas temperaturas y de vientos fuertes, constituyen factores determinantes para la propagación del fuego y, por tanto, para el **potencial incremento de la superficie de los incendios forestales y la ocurrencia de grandes incendios forestales (GIF)**²²⁵. Los GIF ponen de manifiesto el **límite de la capacidad de control de los sistemas de extinción**, muy efectivos para hacer frente a

²²¹ Moreno, M. V., Conedera, M., Chuvieco, E., Pezzatti, G. B. (2014). Fire regime changes and major driving forces in Spain from 1968 to 2010. *Environmental Science & Policy*, 37, 11–22. En Sanz y Galán (2020, p. 58).

²²² Moreno Rodríguez (2016).

²²³ Sanz y Galán (2020, p. 59).

²²⁴ Moreno Rodríguez (2016, p. 23-24).

²²⁵ Gobierno del Principado de Asturias (2020, p. 82).

episodios de intensidad baja y media, pero superados por los fuegos de intensidad y velocidad de propagación muy altas²²⁵.

A estos los factores principales, origen antrópico, condiciones meteorológicas y disponibilidad de combustible, se añaden otros factores que condicionan la distribución y disponibilidad de los medios y recursos e incrementan la probabilidad de que el fuego supere la capacidad de extinción y, por tanto, de ocurrencia de grandes incendios, como la **simultaneidad de eventos** y la **mayor incidencia de incendios en la interfaz urbano-agraria-forestal** y consecuente la afección a bienes y personas²²⁵.

3.4.3. Ecosistemas terrestres.

La **vulnerabilidad de los ecosistemas terrestres** a los efectos del cambio climático y, en particular, de los bosques, **no solo responden a los factores climáticos** sino también a las consecuencias de **otros motores de cambio y las interacciones bióticas**, que contribuyen a incrementar la vulnerabilidad en caso de ser relevantes²²⁶.

Sin embargo, **los impactos ya observados** en los ecosistemas terrestres españoles son suficientes para considerar que **el cambio climático les está afectando de forma negativa**²²⁷ y, con el grado de conocimiento actual, se puede afirmar que **los ecosistemas de montaña son especialmente vulnerables al cambio climático debido a sus características de “isla ecológica”**²²⁶.

Se han observado diversos impactos sobre los ecosistemas terrestres asociados al incremento de la temperatura, que se traducen en **cambios en la fenología**, como el aumento del periodo de residencia de la hoja en especies caducifolias o alteraciones en la floración y fructificación en varias especies arbóreas del norte de España, o cambios en el comportamiento de las especies animales, como el adelanto de la llegada de las aves migratorias en los años calurosos²²⁸.

La **resiliencia del bosque podría verse mermada por el aumento de la intensidad, frecuencia y duración de las sequías** debilitando progresivamente el vigor de los árboles, a lo que habría que sumar el impacto provocado por otros factores como la **incidencia de incendios forestales**²²⁹. También se considera que el cambio climático es uno de los factores principales, aunque no el único, que provocan el dominado **“decaimiento de los bosques”**, es decir, la conjunción de reducciones de crecimiento, defoliación y mortandad de individuos²²⁹. Así, asociadas al cambio climático, se han observado **disminuciones del crecimiento en especies de coníferas**, tanto en poblaciones naturales como en plantaciones, aunque, en este caso **también pueden incidir otros factores** como los cambios de la **gestión forestal** o el **abandono de prácticas tradicionales** y el **desdoblamiento rural**²²⁸.

Otro proceso observado en zonas de montaña, como el territorio asturiano, es el **cambio de distribución de algunas especies**, como la **ascensión altitudinal** del haya (*Fagus sylvatica*) en el Montseny, o el piorno serrano (*Cytisus oromediterraneus*) y el enebro común (*Juniperus communis*) en la sierra de Guadarrama, cambios **que pueden atribuirse al efecto del incremento de la temperatura unido a cambios en los usos del suelo**, como la reducción de la actividad ganadera y las quemadas controladas para generar pastos²²⁹.

²²⁶ Herrero, A., Zavala, M.A., (editores) (2015): *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid. En Sanz y Galán (2020 p. 68).

²²⁷ Sanz y Galán (2020, p. 68).

²²⁸ Sanz y Galán (2020, p. 64).

²²⁹ Sanz y Galán (2020, p. 65).

Estos **cambios de distribución** por el aumento de la temperatura **también están afectando** a la **fauna**, detectándose en sistemas de montañosos, como la sierra del Guadarrama, **una ascensión altitudinal y una reducción del área de distribución de varios lepidópteros y desplazamientos latitudinales, hacia el norte, y altitudinales de algunos reptiles**²³⁰. Algunos estudios predicen que la mayor parte de **las especies de vertebrados terrestres de la península ibérica experimentarán una contracción significativa de sus distribuciones climáticas potenciales durante este siglo**²³¹.

Los anfibios y los reptiles son especialmente vulnerables debido a la limitada capacidad de dispersión, su fragilidad a enfermedades emergentes y su gran dependencia de la temperatura, y, en general, las especies de ciclo vital largo, dependiendo de su potencial reproductivo, pueden tener menos margen para responder al cambio climático con procesos evolutivos²³². Algún estudio²³³ prevé que los corotipos atlánticos se verán más afectados por el cambio climático y los hábitats de especies atlánticas sufrirán una mayor pérdida, produciéndose una dispersión hacia zonas más altas que no puede ser indefinida.

En el caso de las **aves**, una gran proporción todavía no está amenazada, aunque no se puede descartar que lo esté en el futuro²³⁴.

En cuanto a los **insectos**, debe tenerse en cuenta que la mayoría son ectotermos, es decir, que su temperatura depende de las condiciones externas, y por tanto **su fenología, reproducción y desarrollo están ligado a la exposición de las condiciones climáticas** y, debido a que su ciclo de vida es muy corto, **las adaptaciones son muy rápidas y ya están reflejando los cambios climáticos actuales**²³⁵.

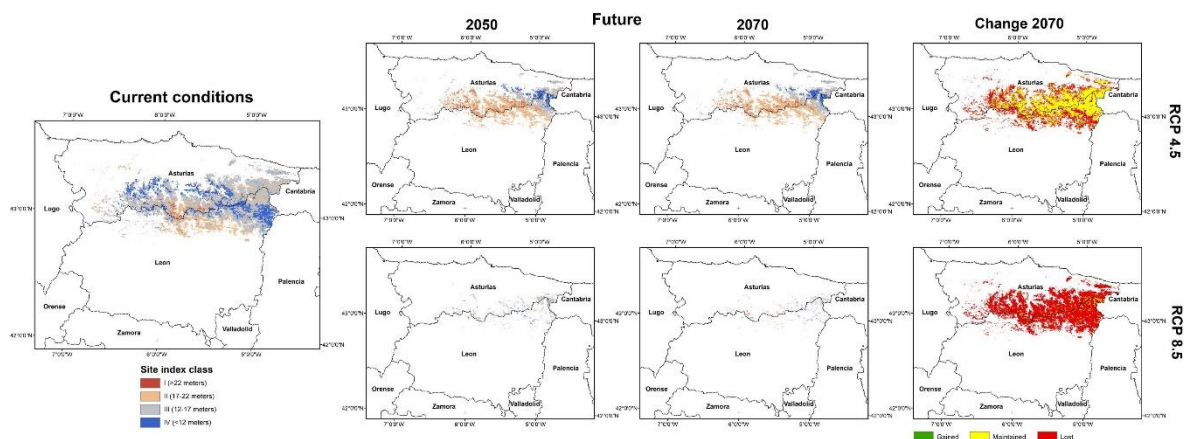


Figura 28. Cambios proyectados en la distribución futura del haya (*Fagus sylvatica*) en la cordillera Cantábrica.

En la figura se muestran: el modelo actual de distribución; los modelos de distribución para 2050 y 2070 considerando los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5; y los cambios en las superficies para 2070 también para los dos escenarios.

Fuente: Castaño-Santamaría, López-Sánchez, Obeso y Barrio-Anta (2019).

²³⁰ Sanz y Galán (2020, p. 65).

²³¹ Araújo, M.B., Guilhaumon F., Neto D. R., Pozo I. y Calmaestra R. (2011). *Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio. Climático de la Biodiversidad Española. 2 Fauna de Vertebrados*. Dirección general de medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid, 640 p. En Sanz y Galán (2020 p. 69).

²³² Sanz y Galán (2020, p. 71).

²³³ Sousa-Guedes, Arenas-Castro y Sillero (2020).

²³⁴ Triviño, M., Cabeza, M., Thuiller, W., Hickler, T. y Araújo M.B. (2015): Evaluación integral del riesgo ante el cambio climático para las aves de la península ibérica. En Herrero, A., Zavala, M.A (editores), *Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación de los bosques y la biodiversidad en España frente al cambio climático* (pp. 385-394). MAGRAMA, Madrid, España. En Sanz y Galán (2020 p. 71).

²³⁵ Sanz y Galán (2020, p. 84).

Por lo que se refiere a los cambios detectados en la **vegetación asturiana**²³⁶ se han observado **alteraciones derivadas del incremento en la deposición de nitrógeno generado por la contaminación atmosférica** lo que, unido a los cambios de usos del suelo, han provocado una afección negativa sobre los brezales de *Calluna vulgaris* (L.) Hull de la cordillera Cantábrica, aunque también se ha observado un mayor crecimiento y floración de esta especie debido la mayor disponibilidad de nitrógeno en el medio.

Para las **especies arbóreas** se ha detectado que aquellas **con requerimientos específicos**, sobre todo de humedad durante el período vegetativo, como **el haya** (*Fagus sylvatica*) **perderían territorio potencial**²³⁷. En el caso de cordillera Cantábrica²³⁸ las proyecciones basadas en los escenarios de emisión RCP4.5 y RCP8.5 (Figura 28) prevén una importante reducción importante del hábitat para esta especie, que se traducirá en condiciones menos favorables para el establecimiento de plántulas, tasas de mortalidad más altas y una reducción en la densidad local de poblaciones, aunque no es previsible la desaparición de la población actual.

En el caso del escenario de emisiones RCP4.5 se estima que las condiciones adecuadas para el haya se desplazarán 0,01352 grados al norte y en casi 100 m de altitud, lo que se traduciría, considerando la actual superficie ocupada por los hayedos y el grado de fragmentación de su hábitat, en una disminución de la superficie total para 2050 y 2070 de un 40% y un 45%, respectivamente. Para el escenario de emisiones RCP8.5 se estima un desplazamiento del hábitat de 0.02409 grados hacia el norte y de 300 m de altitud, lo que supondrá pérdida drástica del hábitat que rondará el 90 o 95% de la actual.

Tabla 37. Variación de la distribución de las siete especies que constituyen el principal recurso alimentario para la población de oso pardo en la cordillera Cantábrica según escenarios y horizontes temporales.

ESPECIE	ESCENARIO									
	ACTUAL		RCP4.5				RCP8.5			
			2050		2070		2050		2070	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Arándano	2 621	100	1 557	59	1 580	60	1 325	51	1 090	42
Haya	4 861	100	3 202	66	2 472	51	302	6	225	5
Castaño	5 676	100	6 577	116	6 855	121	5 797	102	5 812	102
Roble común	2 754	100	788	29	611	22	908	33	708	26
Roble pirenaico	9 231	100	9 338	101	8 963	97	9 385	102	8 460	92
Roble albar	2 177	100	641	29	481	22	218	10	80	4
Pino silvestre	3 662	100	3 714	101	3 391	93	4 066	111	3 013	82

Fuente: Penteriani, Zarzo-Arias, Novo-Fernández, Bombieri y López-Sánchez (2019).

En otro reciente estudio²³⁹ se ha analizado el potencial **impacto del cambio climático en siete especies, seis de ellas arbóreas, que representan el principal recurso alimentario para la población de oso pardo en la cordillera Cantábrica**. Analizando la literatura especializada, en este estudio se señala que **entre los efectos del calentamiento global hay evidencias de que:**

- La sequía reduce el crecimiento de los arándanos, su tamaño y la maduración de la fruta, efecto que se espera se agudice más en el límite sur de su rango geográfico europeo de distribución, como en el norte de España.

²³⁶ Díaz González, T.E., Calabuig, E.L. y Obeso Suárez, J.R. (2019): Biodiversidad terrestre. En Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (pp. 10-11).

²³⁷ Cámara, A., Barrio Anta, M., López Sánchez, C.A., Majada, J. y Martínez-Alonso, C. (2019). Recursos forestales. En Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (pp. 12-13).

²³⁸ Castaño-Santamaría, López-Sánchez, Obeso y Barrio-Anta (2019).

²³⁹ Penteriani, Zarzo-Arias, Novo-Fernández, Bombieri y López-Sánchez (2019).

- Los escenarios de cambio climático más severos también pueden afectar a especies arbóreas que de otra manera serían relativamente resistentes, como los robles común y albar. En el caso de este último la reducción del crecimiento está relacionada con el déficit de agua, especialmente para árboles que crecen en un clima oceánico.
- Los hayedos son más sensibles a la sequía que otras especies de árboles frondosos europeos, como los robles, y se ven particularmente afectados por el aumento de los períodos de sequía en verano y de lluvias intensas en otoño y primavera, que provocan el agotamiento del oxígeno en el suelo, así como por su limitada capacidad para aprovechar el creciente contenido de CO₂ atmosférico.

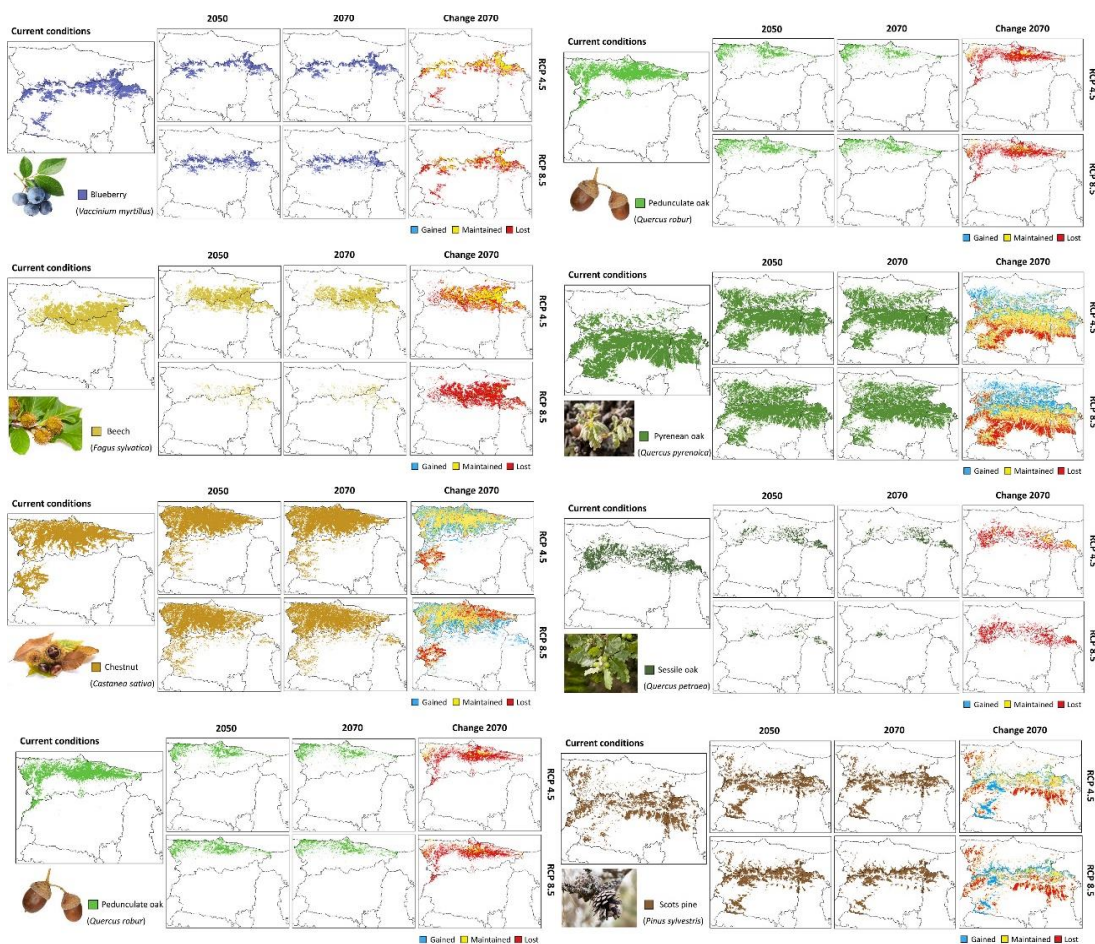


Figura 29. Cambios proyectados en la distribución futura de las especies de arándano (*Vaccinium myrtillus*), haya (*Fagus sylvatica*), castaño (*Castanea sativa*), roble común (*Quercus robur*), roble pirenaico (*Quercus pirenaica*), roble albar (*Quercus petraea*) y pino silvestre (*Pinus sylvestris*).

En la figura se muestran: los modelos actuales de distribución; los modelos de distribución para 2050 y 2070 considerando los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5; y los cambios en las superficies para 2070 también para los dos escenarios de emisiones.

Fuente: Penteriani, Zarzo-Arias, Novo-Fernández, Bombieri y López-Sánchez (2019).

Entre los **principales resultados de este estudio en relación con la vegetación** (Tabla 37y Figura 29) podemos destacar que es posible que en la cordillera Cantábrica se produzcan los siguientes procesos:

- La extensión de los arándanos se podría reducir a la mitad de la actual.
- Los hayedos se verán muy afectados en ambos escenarios y horizontes temporales, reduciendo su extensión a la mitad en el escenario moderado RCP4.5 y llegando casi a desaparecer en el más pesimista RCP8.5.
- También se prevén contracciones por encima del 50% en la distribución actual de los robles comunes y albar, llegando este último casi a desaparecer en el escenario más pesimista.
- Las extensiones de castaño, roble pirenaico y pino silvestres se mantendrán más o menos estables.
- Todas las especies analizadas experimentarán cambios altitudinales y latitudinales en su área de distribución, así como fragmentación de las poblaciones

En relación a la **fauna en Asturias**²³⁶ los modelos muestran que **los desplazamientos se asocian a un aumento de temperaturas más que a cambios en el hábitat** y que **las especies que han tenido mayor desplazamiento son aquellas que tienen nichos climáticos más amplios**, detectándose los siguientes procesos:

- Un **desplazamiento en altitud**, en los últimos 30 años, compatible con el aumento de temperaturas, de varias especies de **escarabajos coprófagos** (Scarabaeoidea: Aphodiidae) en los Picos de Europa.
- Se incrementa **amenaza para la supervivencia del escarabajo tigre del brezal** (*Cicindela sylvatica* L., 1758), especie en riesgo de extinción en Europa, debido a los usos del suelo y al aumento de las deposiciones de nitrógeno atmosférico, que están provocando una fragmentación de los brezales senescentes de *Calluna vulgaris*.
- También se observa un **desplazamiento altitudinal** de varias especies de **abejorros** en toda la cordillera Cantábrica, debido fundamentalmente a una elevación del límite inferior de distribución, pero no del superior.
- Se ha confirmado la progresiva **expansión de algunas especies de aves carácter mediterráneo**, como *Milvus migrans* (milano negro), *Lulula arborea* (totovía) y *Cecropis daurica* (golondrina daúrica), mientras que *Galerida cristata* (cogujada común) parece haber sufrido una regresión y de *Sylvia melanocephala* (curruca cabecinegra) no hay información desde 2008.

Tabla 38. Variación del hábitat del oso pardo según los escenarios y horizontes temporales considerados.

ESCENARIO	km ²	%
ACTUAL	4 476	100
2050 RCP4.5	3 105	69
2070 RCP4.5	2 729	61
2050 RCP8.5	1 079	24
2070 RCP8.5	527	12

Fuente: Penteriani, Zarzo-Arias, Novo-Fernández, Bombieri y López-Sánchez (2019).

Por otra parte, como ya se señaló anteriormente en un reciente estudio²⁴⁰ se evalúa los potenciales **efectos del cambio climático sobre la población del oso pardo (*Ursus arctos*)** y su área de distribución en la cordillera Cantábrica, analizando los cambios que experimentarían siete especies que representan el principal recurso alimentario y refugio en los hábitats boscosos considerando los escenarios de emisiones futuras RCP 4.5 y RCP 8.5.

La principal conclusión de este estudio (Tabla 38 y Figura 30) es que **se espera que la distribución disponible del oso pardo en la cordillera Cantábrica se reduzca en los próximos 50 años**, principalmente debido al efecto del cambio climático en los cambios de distribución de la vegetación, indicando además que se espera:

- Un desplazamiento de los individuos hacia zonas más humanizadas, donde podría producirse un incremento de los conflictos y las tasas de mortalidad de los osos.
- Una tendencia a una dieta más carnívora de la especie, lo que también podría generar conflictos con las actividades agrarias extensivas.
- Un almacenamiento limitado de grasa antes de la hibernación debido a la reducción de los bosques de robles.
- Mayor competencia con otros consumidores de bellotas como ungulados silvestres y ganado.
- Mayores desplazamientos entre estaciones para obtener los principales recursos tróficos.

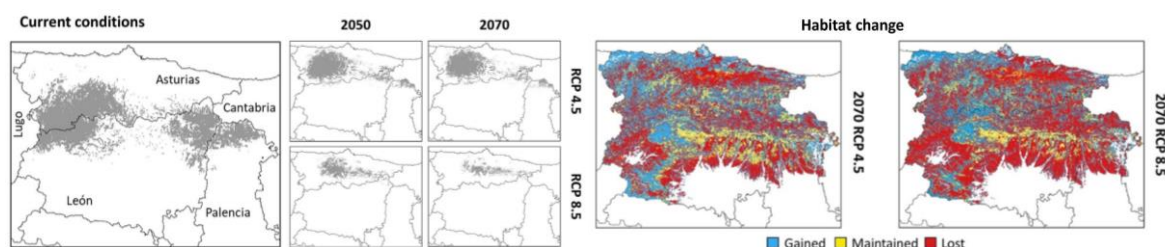


Figura 30. Cambios proyectados en la distribución futura de la población de oso pardo cantábrico.

En la figura se muestran: el modelo actual de distribución; los modelos de distribución para 2050 y 2070 considerando los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5; y los cambios en las superficies para 2070 (parte inferior) también para los dos escenarios de emisiones.

Fuente: Penteriani, Zarzo-Arias, Novo-Fernández, Bombieri y López-Sánchez (2019).

En cuanto a las **funciones y servicios ecosistémicos** de los bosques, comparando la biomasa viva y su crecimiento entre el segundo y el tercer Inventario Forestal Nacional (IFN), se observa que **la capacidad de secuestro de carbono del bosque en España también se ha visto afectada por el cambio climático** y, aunque todavía son los bosques de la vertiente norte los que mayor incrementan su biomasa, **el efecto negativo sobre este incremento se presenta de forma más acusada en las zonas más húmedas del norte y noroeste peninsular y zonas de montaña**²⁴¹.

Asimismo, los efectos del cambio climático también están actuando sobre la dinámica de perturbación las **plagas de insectos** nativos y los **patógenos** microbianos y facilitando, además, la

²⁴⁰ Penteriani, Zarzo-Arias, Novo-Fernández, Bombieri y López-Sánchez (2019).

²⁴¹ Vayreda, J., Gracia, M., Martínez-Vilalta, J., Canadell, J.G. y Retana, J. (2015). Vulnerabilidad de los bosques españoles al cambio global: efectos sobre el stock y la capacidad de sumidero de carbono. En Herrero, A., Zavala, M.A (editores), *Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación de los bosques y la biodiversidad en España frente al cambio climático* (pp. 318-327). MAGRAMA, Madrid, España. En: Sanz y Galán (2020, p. 68).

aparición y propagación de especies no autóctonas y enfermedades de los ecosistemas terrestres, afectando a la salud de los árboles y otras comunidades vegetales²⁴².

Así la expansión de la **procesionaria del pino** (*Thaumetopoea pityocampa*) se considera un indicador del cambio climático, ya que el incremento de las temperaturas invernales favorece la supervivencia de las larvas en esta estación, durante su fase de crecimiento, lo que permite su ascenso y supervivencia en cotas más altas ocupadas por el pino silvestre (*Pinus sylvestris*)^{243/244}. También a factores climáticos, como veranos más cálidos con elevada humedad ambiental, pueden favorecer el desarrollo algunas enfermedades, como es el caso de los hongos defoliadores de coníferas banda marrón y roja (*Mycosphaerella dearnessii* y *M. pini*) han proliferado causando mortandad en plantaciones de Pino de Monterey (*Pinus radiata*) en la cornisa cantábrica²⁴⁵.

Por su parte, los **bosques de ribera** se consideran uno de los medios forestales más vulnerables a los efectos del cambio climático, por su propia complejidad y la fuerte modificación a la que se han visto sometidos por la acción humana²⁴⁶. En el caso particular de los ecosistemas ribereños atlánticos de la península ibérica se ha verificado en las últimas décadas una mortandad anómala de **alisos** (*Alnus* spp.) provocada por los oomicetes del complejo de especies *Phytophthora alni* (*Phytophthora* × *alni*, *Phytophthora uniformis* y *Phytophthora* × *multiformis*). Este agente patógeno detectado por primera vez en el 1993 en el Reino Unido²⁴⁷, se ha extendido a gran parte de los territorios europeos, provocando en algunas áreas afecciones que alcanzan el 50% de los alisos²⁴⁸. En Asturias está presente en muchas cuencas fluviales, donde provoca la muerte de numerosos alisos; aunque actualmente el aprovechamiento comercial de la madera de aliso es muy marginal, su muerte contribuye al deterioro del hábitat ribereño y desequilibra servicios ecosistémicos clave de descomposición, dinámica de nutrientes o producción de materia orgánica, entre otros²⁴⁹. Hasta la fecha no se conocen métodos eficaces para frenar el avance de esta enfermedad. En el ámbito del río Eo, en San Tirso de Abres, dentro del proyecto europeo LIFE Fluvial se han retirado multitud de alisos enfermos, en un intento de disminuir la carga del agente patógeno y el riesgo que supone el arrastre por el agua del exceso de madera muerta²⁵⁰.

En **Asturias** se observa una mayor incidencia del **escarabajo defoliador del brezo** (*Lochmaea suturalis*, Thomson, 1866) favorecido por la mayor disponibilidad de brotes anuales de *Calluna vulgaris* con mayor contenido foliar en nitrógeno y se espera que estos ataques se intensifiquen debido, además, a la mejora de las condiciones climáticas en los brezales de la cordillera Cantábrica²³⁶.

Otra de las plagas recientes es la de la **avispa asiática** (*Vespa velutina* ssp. *nigrithorax*) que aparece en Asturias en 2014²⁵¹, y **cuya presencia y expansión pudo haber sido favorecida por los efectos del cambio climático**²⁵². La invasión de la avispa asiática tiene importantes consecuencias ecológicas, económicas y sobre la población humana²⁵³. En relación con los primeros, los ecológicos,

²⁴² Ortíz de Urbina *et al.* (2016).

²⁴³ Herrero y Zavala (2015, p. 26).

²⁴⁴ Sanz y Galán (2020, p. 65).

²⁴⁵ Ortíz de Urbina *et al.* (2016).

²⁴⁶ Roqueñí Gutiérrez y Orviz Ibáñez (2011, p. 133).

²⁴⁷ Brasier, Rose y Gibbs (1995).

²⁴⁸ Bjelke *et al.* (2016).

²⁴⁹ López-Rojo *et al.* (2018).

²⁵⁰ www.lifefluvial.eu. Fecha de consulta: 6 de julio de 2021.

²⁵¹ Dapena de la Fuente, E. y Miñarro Prado, M. (2019): Recursos agrícolas. En: Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (p. 14).

²⁵² Barbet-Massin *et al.* (2013).

²⁵³ MAGRAMA (2015, p. 11).

cabe señalar que, con las actuales dinámicas de los procesos de polinización, parece que la velutina puede ser un factor de estrés adicional para las abejas melíferas y otros polinizadores, aunque, la supuesta especialización de la velutina en la captura de *Apis mellifera* y en otros insectos gregarios no hace prever que pueda afectar a poblaciones de polinizadores silvestres y al conjunto del servicio ecosistémico de polinización²⁵⁴.

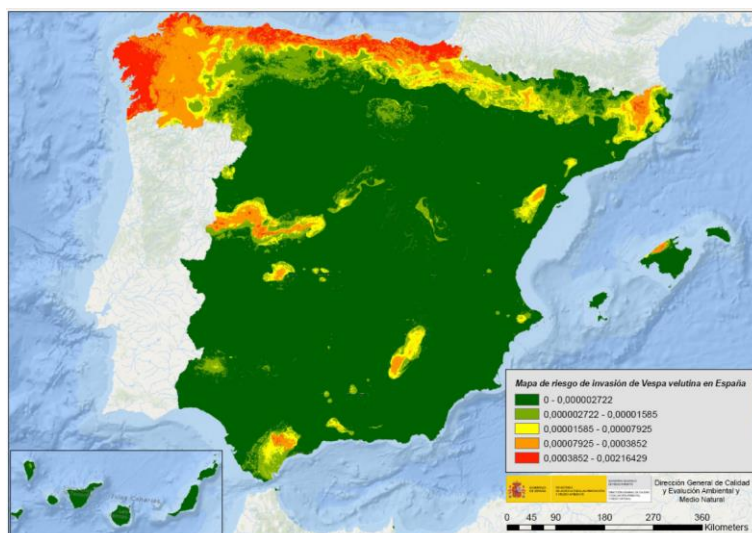


Figura 31. Mapa de probabilidad de invasión de *Vespa velutina*.

Fuente: MAGRAMA (2015, p. 53).

Otro de los potenciales efectos del cambio climático sobre los ecosistemas terrestres está relacionado con las **dinámicas de expansión de las plantas exóticas**, por un lado, por la afección de las comunidades nativas, reduciendo el ámbito de su distribución potencial, y por otro, favoreciendo los rasgos biológicos individuales de especies invasoras concretas²⁵⁵. Además, algunos estudios señalan que hay una **baja probabilidad de que muchas de las especies invasoras se vean afectadas negativamente por el cambio climático**²⁵⁶, siendo previsible que algunas plagas y enfermedades en plantas y animales se extiendan fuera de sus hábitats conocidos, con un impacto sin precedentes²⁵⁷.

En este sentido, **en Asturias se ha constatado un incremento del porcentaje de plantas exóticas alóctonas de carácter mediterráneo** en comparación con los últimos datos del 2006, hecho que, en consonancia con el aumento de la "mediterraneidad" del clima, se manifiesta en un incremento del periodo de sequía estival que tiende a superar los dos meses²³⁶. Se trata de un proceso que requeriría de un seguimiento detallado para determinar su distribución biogeográfica y bioclimática y los ecosistemas que ocupan en la región y sus efectos sobre los mismos y, entre ellos, su posible carácter invasor.

²⁵⁴ MAGRAMA (2015, p. 12).

²⁵⁵ Capdevila-argüelles, Bernardo y Víctor (2011, p. 10).

²⁵⁶ Vilà, M., González-Moreno, P. y Montero-Castaño, A. (2015): Las invasiones biológicas bajo un escenario de cambio climático En Herrero, A., Zavala, M.A (editores), *Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación de los bosques y la biodiversidad en España frente al cambio climático* (pp. 312-318). MAGRAMA, Madrid, España. En: Sanz y Galán (2020, p. 71)

²⁵⁷ Sanz y Galán (2020, p. 71).

4. Efectos sobre los sistemas socioeconómicos.

4.1. Población.

4.1.1. Vulnerabilidad y desigualdad sociedad.

La pobreza relativa está aumentando en los países desarrollados y muchos países europeos se enfrentan a un rápido aumento de la pobreza; el desempleo y el número de trabajadores pobres²⁵⁸, y el cambio climático puede afectar a la capacidad de las sociedades para dar respuesta a la adaptación a los retos que supone. Entre estos retos ha de incluirse la propia estructura social y los bienes o los medios de vida de las personas, que **pueden generar o acentuar fenómenos como el aumento de las desigualdades y la precariedad, con una potencial pérdida de cohesión social**²⁵⁹. Además, **las propias medidas de mitigación y adaptación** al cambio del clima también pueden **provocar conflictos de carácter político y social**, al afectar a intereses y expectativas de grupos humanos y personas²⁶⁰.

La capacidad de adaptación de las comunidades humanas para hacer frente a los cambios en los servicios de los ecosistemas determinará en parte la magnitud de los impactos en el bienestar²⁶¹, y el Acuerdo de París y las directrices europeas para la preparación de políticas destacan la necesidad de considerar los efectos del cambio climático y sus estrategias de mitigación en las poblaciones vulnerables²⁶².

El cambio climático puede afectar especialmente a las **personas que viven en áreas que están más expuestas a sus efectos directos** (fenómenos meteorológicos extremos, erosión, incendios forestales o aumento del nivel del mar)²⁶³. Por otra parte, las alteraciones producidas por el cambio climático, como por ejemplo los **cambios futuros en las temperaturas y su distribución anual, pueden alterar los patrones de consumos energético** con un previsible descenso de los grados-día de calefacción y un incremento de los de los grados-día de refrigeración en los hogares.

Pero, además, **los efectos directos e indirectos del cambio climático, así como los de derivados de las políticas de adaptación** y mitigación, **no afectarán de forma homogénea a la sociedad**, actuando de manera desigual sobre distintos grupos humanos debido, entre otros motivos, a su **diferente vulnerabilidad relacionada**, entre otras, **con variables sociodemográficas**, como la edad, el sexo, el nivel educativo o el nivel de ingresos, la dinámica poblacional (en crecimiento o en declive) o las condiciones laborales, que **limitan la capacidad de respuesta y adaptación ante los impactos**²⁶⁴.

Muchos de los impactos sobre la desigualdad social de las políticas de mitigación del cambio climático surgen a través de relaciones dinámicas complejas y ciclos de retroalimentación difíciles de predecir y estimar²⁶². Aunque estos impactos rara vez son evidentes o directos, se prevé que el

²⁵⁸ Olsson *et al.* (2014, p. 801).

²⁵⁹ MITECO (2020, p. 204 y 213).

²⁶⁰ MITECO (2020, p. 213).

²⁶¹ Weiskopf *et al.* (2020).

²⁶² Observatorio de Salud en Asturias (2019, p. 23).

²⁶³ Weiskopf *et al.* (2020).

²⁶⁴ MITECO (2020, p. 65).

cambio climático tendrá un impacto profundo en el empleo en todo el mundo, creándose muchos puestos de trabajo, pero también perdiéndose en determinados sectores y actividades.

Aunque es un aspecto poco analizado hasta el momento, es probable que los **grupos de población más vulnerables** tengan que soportar con **mayor intensidad los efectos del cambio climático** y que **no puedan beneficiarse**, sin el apoyo necesario, de **algunas políticas de adaptación**. Así el potencial **aumento en la demanda de algunos bienes y servicios de consumo básico** y los posibles **incrementos en el precio de los mismos** (alimentos, energía o transporte público) afectará **con mayor severidad a los miembros con menos recursos y más vulnerables de la sociedad** que gastan una gran proporción de sus ingresos en dichos bienes y carecen de opciones de sustitución²⁶⁵.

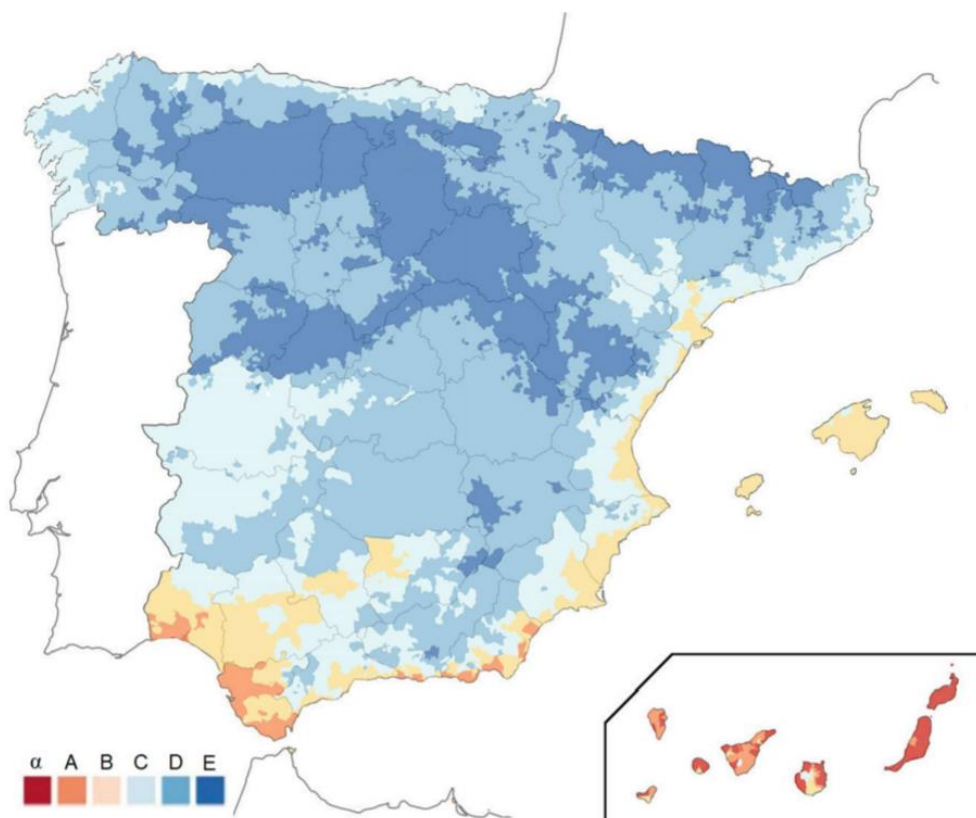


Figura 32. Distribución de las zonas climáticas de invierno conforme al Código Técnico de la Edificación.

La zonificación climática para la limitación de la demanda energética, establecidas en el Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) del Código Técnico de la Edificación, clasifica el territorio nacional con seis letras en función de la severidad climática de invierno: Alfa, A, B, C, D y E, en orden creciente de severidad.

Fuente: MITECO (2019, p. 35).

En cualquier caso, **los hogares de bajos ingresos o la población situada en el umbral de la pobreza o de exclusión social serán las más afectadas**, ya que el impacto del cambio climático **acrecentará los efectos de otros factores de estrés no climáticos** con resultados negativos para los actuales medios de vida, acentuando la desigualdad e incrementando la población en riesgo de pobreza, tanto en los países en vías de desarrollo como en los desarrollados, y poniendo en peligro el

²⁶⁵ Markkanen y Anger-Kraavi (2019).

desarrollo sostenible²⁶⁶. Se trata este de un aspecto **cada vez más preocupante en la sociedad asturiana**.

En este sentido, cabe destacar el potencial impacto que el cambio climático puede tener en la conocida como **pobreza energética de los hogares**, o incapacidad de un hogar para pagar una cantidad mínima de servicios energéticos, entre los que están mantener a 21°C la estancia principal y a 18°C las secundarias, y que viene determinada principalmente por tres factores, precios de la energía, renta familiar y eficiencia energética de la vivienda, lo que provoca que sean las familias con ingresos más bajos las más vulnerables, y en particular a la población infantil, adolescente y mayor, que viven en **edificios de peor calidad** y con **niveles de eficiencia energética mínimos**²⁶⁷.

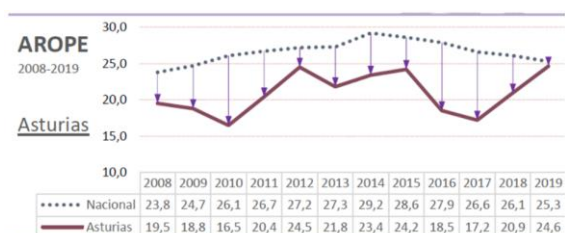


Figura 33. Evolución del índice AROPE en Asturias y en España (2008-2019).

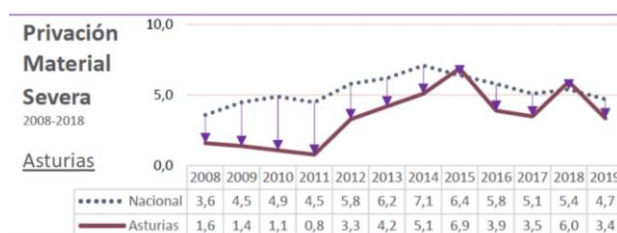


Figura 34. Evolución de la tasa de privación material severa en Asturias y en España (2008-2019).

Fuente: European Anti Poverty Network Asturias (2020, pp. 19 y 21).

En 2019 había en Asturias 251 863 personas en riesgo de pobreza o exclusión social lo que supone un 24,6% del total de la población asturiana, 36 000 más que en 2018 y 73 000 más que en 2017, siendo cuarta comunidad donde más crece el índice de pobreza AROPE (*At Risk of Poverty and/or Exclusion*) entre 2018 y 2019²⁶⁸. Por tanto, el incremento de la tasa de riesgo pobreza en Asturias iniciado en 2017 contrasta con el leve descenso en el conjunto español y tiende a igualar los valores con el conjunto nacional (Figura 33).

En cuanto a la **tasa de privación material severa** en Asturias, que indica acceso a consumo básico (alimentación, gastos corrientes, acceso a dispositivos, automóvil, etc.), se registró un descenso del 6% al 3,4% entre 2018 y 2019 (Figura 34).

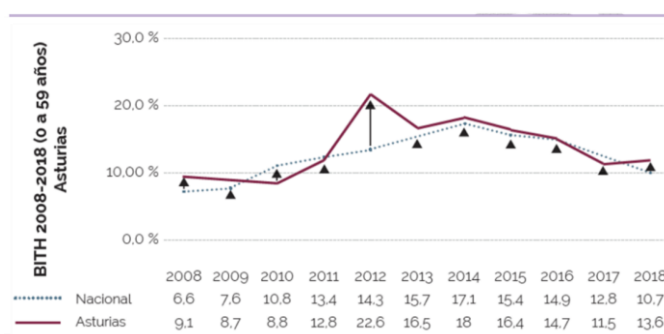


Figura 35. Evolución de la tasa BITH en Asturias y en España (2008-2019).

Fuente: European Anti Poverty Network Asturias (2020, p. 22).

²⁶⁶ Olsson *et al.* (2014, p. 796).

²⁶⁷ UNICEF Comité Español (2017, p. 55).

²⁶⁸ European Anti Poverty Network Asturias (2020 p. 18).

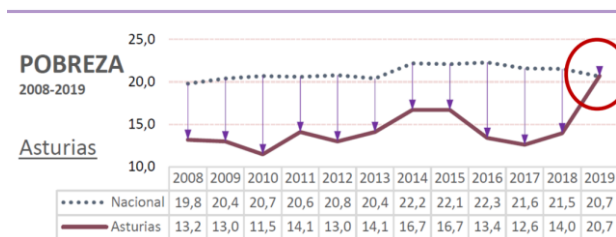


Figura 36. Pobreza económica en Asturias y en España (2008-2019).

Fuente: European Anti Poverty Network Asturias (2020, p. 26).

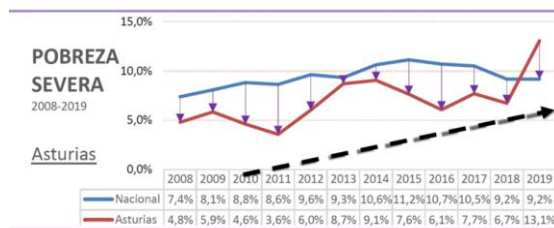


Figura 37. Pobreza severa en Asturias y en España (2008-2019).

Otro de los indicadores de vulnerabilidad social es el de **Baja intensidad de trabajo por hogar (BITH)** o relación entre el potencial de empleo de un hogar y el empleo efectivo de las personas que lo componen. En Asturias este indicador se situó en 2019 por encima de media española alcanzando un 13,6%, lo que pone de manifiesto las importantes situaciones de precariedad laboral (Figura 35).

Asimismo, **uno de cada cinco asturianos**, el 20,7%, se encuentra en **situación de pobreza económica** y la región ha experimentado un incremento del 57% en 2019 en este indicador, igualándose a la media nacional (Figura 36). El umbral pobreza en 2019 para la región se sitúa en 9 009,2 euros anuales por unidad de consumo, 750,76 euros al mes.

La **población en situación de pobreza severa en Asturias era de 133 000 personas en 2019**, registrándose un incremento de 64 000 personas con respecto a 2018, situándose la tasa en el 13,1%, por encima de la nacional (9,2%) y con una clara tendencia ascendente (Figura 37). El umbral de pobreza severa se encuentra en 6 006 euros, 500,5 euros mensuales, por unidad de consumo.

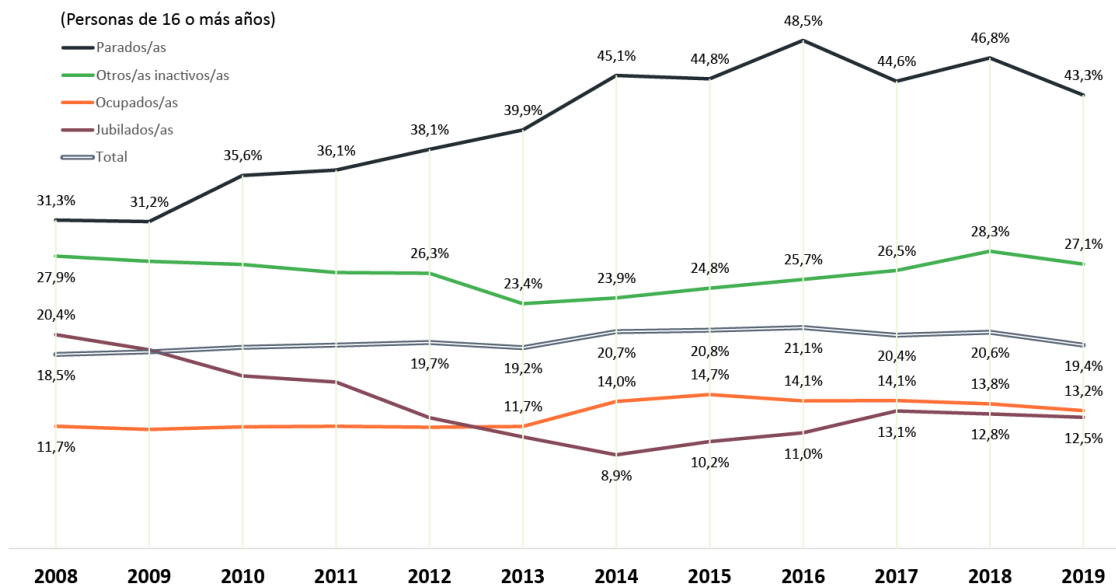


Figura 38. Tasa de pobreza en Asturias según la relación con la actividad (2008-2019).

Fuente: European Anti Poverty Network Asturias (2020, p. 41).

Aunque los datos de pobreza se encuentran estrechamente vinculados al desempleo (Figura 38), la cifra de trabajadores en situación de pobreza, junto a el mantenimiento del BITH en Asturias,

indican que **la disponibilidad el empleo no garantiza la inclusión y la reducción de las desigualdades** y pone el foco en la calidad del mismo.

Por lo que se refiere a los aspectos relacionados con la **pobreza energética en Asturias**, en 2017 se registró **casi un 16% de la población que residía en una vivienda con una temperatura inadecuada en invierno**, lo que contrasta con los datos de las comunidades vecinas de Cantabria (4%) y Galicia (6.7%) y confirma el predominio de los factores socioeconómicos y de preparación de la vivienda sobre los climáticos²⁶⁹. Sin embargo, otros **estudios afirman** que en relación con datos de pobreza energética los **indicadores de la región son ligeramente mejores** que la media estatal, **ya que algo más de un 91% de la población tienen calor suficiente en invierno**²⁷⁰.

En relación con lo anterior, **la transición a una economía baja en carbono creará nuevas oportunidades de trabajo** en la generación de energía renovable, el sector del transporte público, la rehabilitación de edificios y el desarrollo y producción de tecnologías energéticamente eficientes²⁷¹. Sin embargo, **algunos tipos de profesiones y actividades también se pueden enfrentar a desafíos considerables debido al cambio climático**, siendo probable que las que se vean especialmente afectadas sean **aquellas que están estrechamente relacionadas con el tiempo y el clima**, como el turismo al aire libre, el comercio y la agricultura²⁷², y las vinculadas a tecnologías con alta intensidad energética y en emisiones, como la industria básica y la producción de energía.

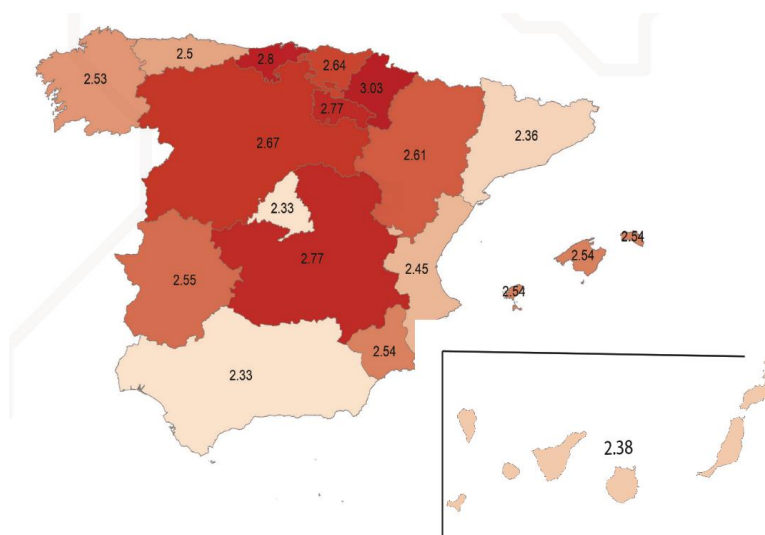


Figura 39. Índice de diversidad de las actividades ligadas a la adaptación 2020.

El valor normal del índice de Shannon se sitúa entre 2 y 3, valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad.

Fuente: de la Cruz Leiva y Riera Díaz (2020 p. 89).

En este sentido, las **sociedades con poca diversificación económica** (Figura 39) y cuyas rentas provienen principalmente de sectores sensibles al impacto o la adaptación al cambio climático son más vulnerables y presentan mayor fragilidad que aquellas con economías más diversificadas²⁷³.

²⁶⁹ Ministerio para la Transición Ecológica (2019, p. 53).

²⁷⁰ Observatorio de Salud en Asturias (2019, p. 23).

²⁷¹ Markkanen y Anger-Kraavi (2019).

²⁷² US EPA (2017).

²⁷³ Pardo Buendía (2007).

Las pérdidas de empleo relacionadas con la transición energética se concentrarán en áreas, sectores y grupos sociales específicos que pueden haber sido ya afectados negativamente por la desindustrialización, la globalización y la crisis financiera mundial, lo que puede tener graves impactos socioeconómicos directos e indirectos, incluido el desempleo masivo, la pérdida de ingresos, el declive económico y de la población y el malestar social, que podría acrecentar las disparidades de riqueza y el acceso a oportunidades económicas entre territorios²⁶². Considerando que hasta el momento una parte importante del sector energético e industrial estaba basado en la cadena del carbón, la transformación regional va a tener un impacto directo sobre la economía regional y, en particular sobre determinadas comarcas y municipios²⁷⁴.

4.1.2. Salud humana.

El cambio climático y las consecuencias asociadas al mismo van a tener una incidencia significativa sobre la **salud humana**, siendo una amenaza potencial para todas las clases de población y, en particular, para las personas mayores como particularmente susceptibles a condiciones climáticas extremas²⁷⁵. Todo apunta a que las repercusiones del cambio climático en la salud se intensificarán²⁷⁶.

Aunque es difícil identificar todos los posibles efectos²⁷⁷, el cambio climático puede tener una incidencia directa o indirecta sobre la salud de la población. Entre los **efectos directos del cambio climático sobre la salud se encuentran los cambios en la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos relacionados con la temperatura y las precipitaciones**, que afectan a cada individuo, mientras que, **de forma indirecta, también puede afectar las vías de transmisión de enfermedades, la disponibilidad de agua y alimentos y la calidad del aire que respiramos**²⁷⁸.

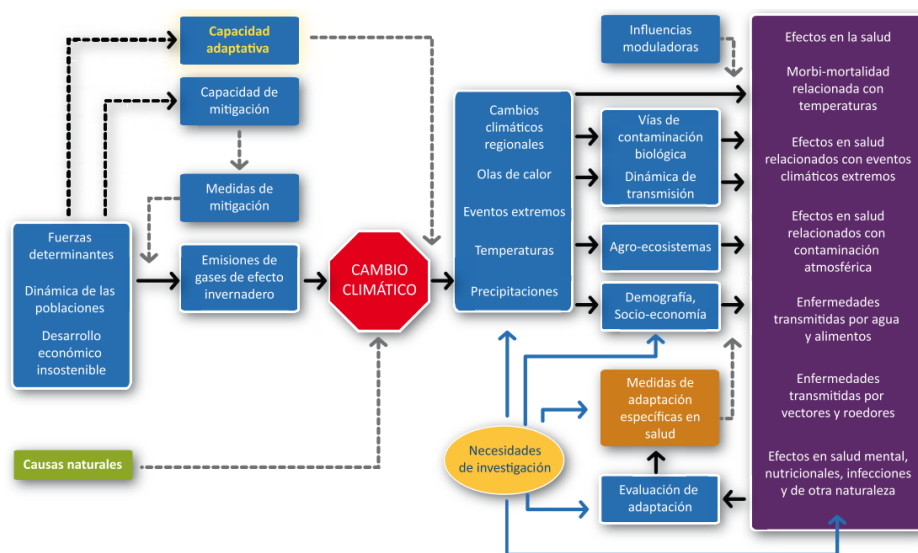


Figura 40. Impactos en Salud del Cambio Climático.

Fuente: Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 24).

²⁷⁴ FAEN (2020b).

²⁷⁵ Aubrecht, Steinnocher, Köstl, Züger y Loibl (2013).

²⁷⁶ Gobierno del Principado de Asturias, (2019, p. 4).

²⁷⁷ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 14).

²⁷⁸ Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 23).

Pero además hay otros factores que contribuyen a modificar el estado de salud individual condicionados por la sensibilidad al clima y que abarcan aspectos como:

- La **sensibilidad biológica**: inmunidad adquirida, factores genéticos, presencia de enfermedades, etc.
- Los **biofísicos**: recursos naturales, líneas basales de variables climáticas, etc.
- Los **socioeconómicos**: información, adopción de medidas de prevención y adaptación, disponibilidad de recursos, integración social, hábitos de vida, etc.

Por otra parte, el **cambio climático** actúa como **amplificador de los impactos en la salud de otros factores medioambientales de estrés** como la degradación de la tierra, nitrificación del suelo, contaminación atmosférica, disminución de los recursos hídricos, acidificación del océano y pérdida de biodiversidad²⁷⁹.

Los efectos más importantes del cambio climático en la salud humana serán las **lesiones y enfermedades** consecuencia de **eventos climáticos extremos**, como tormentas, inundaciones, incendios forestales y olas de calor o frío, la **propagación espacial y extensión de enfermedades** transmisibles en particular las **de transmisión hídrica, alimentaria y vectorial** y la frecuencia de enfermedades cardiorespiratorias²⁷⁹.

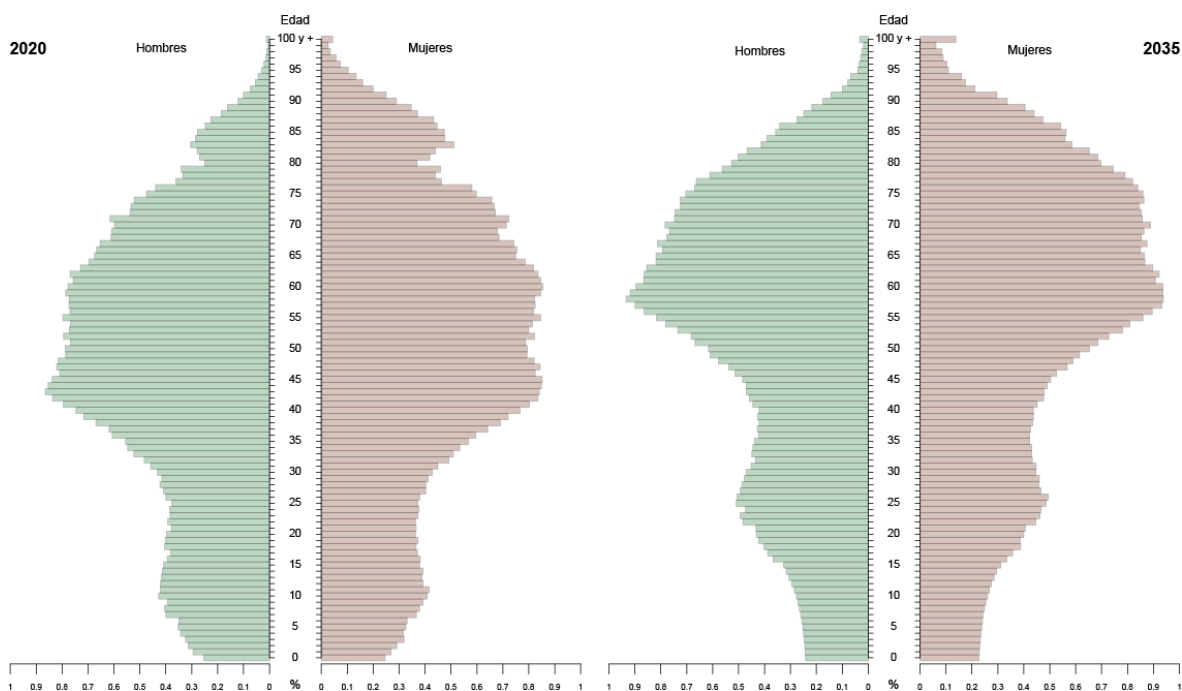


Figura 41. Pirámides de la población de Asturias en 2020 y de las proyecciones para 2035.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

También aquí ha de considerarse el **papel que juegan los factores locales**, ya que pueden determinar la magnitud del impacto. Así, por ejemplo, la población de los **núcleos urbanos** se presenta especialmente vulnerable a los **efectos sobre la salud relacionados con el calor y la contaminación**, así como aumento en la demanda de energía de refrigeración para mantener un

²⁷⁹ Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 37).

confort térmico en viviendas y edificios²⁸⁰. Pero también podrán ser importantes los efectos derivados de la **exposición al frío**, especialmente relacionados con situaciones de pobreza.²⁸¹

En cualquier caso, los impactos finales dependerán de la **capacidad adaptativa y acciones de los sistemas de salud** y del acceso de las diferentes poblaciones a los servicios²⁸². Una variable que tiene especial importancia en la evolución de la relación entre salud y temperatura es el **índice de envejecimiento**²⁸³ y, en este sentido, **Asturias resulta especialmente vulnerable** ya que, según las proyecciones del INE, de aquí a 2035 la población mayor de 64 años se incrementará en más de un 22%, alcanzando las 324 893 personas, lo que representaría en ese momento el 35.4% del total de los habitantes de la región (Figura 41).

En general, hay una dinámica estacional entre los **cambios de temperatura** y la mortalidad, que se caracteriza por un máximo invernal, vinculado principalmente a enfermedades respiratorias y circulatorias, y un pico estival de menor amplitud, aunque a veces es más intenso, relacionado con enfermedades circulatorias²⁸⁴. **La pérdida de salud**, traducida en un incremento de la mortalidad y de la morbilidad, se produce cuando se **alcanza el extremo térmico**, es decir, cuando las temperaturas anormalmente elevadas (olas de calor), que causan efectos a corto plazo (1-3 días), o bajas (olas de frío), cuyo efecto suele dilatarse en el tiempo y ocurrir entre una y dos semanas después del extremo térmico^{285/286}.

Según la AEMET una “**Ola de calor**” es un episodio de al menos tres días consecutivos, en que como mínimo el 10 % de las estaciones testigo consideradas registran máximas por encima del umbral del percentil del 95 % de su serie de temperaturas máximas diarias de los meses de julio y agosto del periodo 1971-2000²⁸⁷; mientras que una “**Ola de frío**” es un episodio de al menos tres días consecutivos, en que como mínimo el 10% de las estaciones consideradas registran mínimas por debajo del percentil del 5% de su serie de temperaturas mínimas diarias de los meses de enero y febrero del periodo 1971-2000²⁸⁸.

Aunque las temperaturas extremadamente bajas tienen un efecto indudable sobre la salud y la mortalidad, por el momento, no se contempla la implantación de planes de prevención, al contrario de lo que ocurre con las extremadamente elevadas²⁸⁹.

La exposición a **temperaturas extremadamente altas** puede provocar problemas de salud como calambres, deshidratación, insolación, golpe de calor que pueden llegar a desembocar incluso en la muerte, aunque el impacto de la exposición al calor excesivo está influido por el envejecimiento fisiológico y las enfermedades subyacentes, siendo los grupos más sensibles^{290/291}:

- Los **mayores** presentan una menor capacidad de protección ante el calor ya que tienen reducida la sensación de calor y la percepción de sed, a lo que se suma la merma en las funciones de termólisis o pérdida de calor, debido a reducción de su capacidad sudorípara y

²⁸⁰ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 119).

²⁸¹ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 128).

²⁸² Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 37).

²⁸³ Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 48).

²⁸⁴ Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 45).

²⁸⁵ Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 46).

²⁸⁶ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 124).

²⁸⁷ AEMET (2021).

²⁸⁸ AEMET (2020).

²⁸⁹ Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 46).

²⁹⁰ Ministerio de Sanidad (2020, p. 10).

²⁹¹ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 120).

de vasodilatación. Estas condiciones se acentúan cuando concurren patologías como la diabetes y las enfermedades neurodegenerativas.

- La **población infantil** tiene características fisiológicas específicas que los sitúan en desventaja termorreguladora en comparación con los adultos, sobre todo cuando hace ejercicio o está muy activas físicamente en ambientes calientes o húmedos, lo que la hace más vulnerable si no es supervisada por un adulto para tomar las medidas necesarias de prevención o reposición de líquidos. Esta vulnerabilidad se incrementa en el caso de sobrepeso, problemas crónicos de salud o la toma de determinados medicamentos.
- Los **trabajadores** expuestos a condiciones ambientales extremas que realizan su trabajo en exteriores o en interiores no climatizados.

Tabla 39. Principales factores de riesgo asociados con la exposición a olas de calor.

FACTORES INDIVIDUALES.	<ul style="list-style-type: none"> – Personas mayores de 65 años. – Lactantes y menores de 4 años. – Mujeres gestantes. – Enfermedades cardiovasculares, respiratorias y mentales. – Enfermedades crónicas. – Ciertos tratamientos médicos. – Trastornos de la memoria. – Dificultades de comprensión o de orientación o poca autonomía. – Dificultades en la adaptación al calor. – Enfermedades agudas durante los episodios de temperaturas excesivas. – Consumo de alcohol y otras drogas.
FACTORES AMBIENTALES, LABORALES O SOCIALES.	<ul style="list-style-type: none"> – Personas que viven solas. – Personas que viene en la calle. – Población en condiciones sociales y económicas desfavorables – Ausencia de climatización y viviendas difíciles de refrigerar. – Exposición excesiva al calor por razones laborales, deportivas o de ocio. – Contaminación ambiental. – Ambiente muy urbanizado. – Exposición continuada durante varios días a elevadas temperaturas que se mantienen por la noche.
FACTORES LOCALES O GEOGRÁFICOS.	<ul style="list-style-type: none"> – La demografía: composición de la pirámide de población e importancia de los grupos susceptibles. – La climatología que determina el intervalo de normalidad de las temperaturas en cada lugar y la adaptación de los individuos a esos umbrales. – Poblaciones alejadas de asistencia sanitaria – Poblaciones urbanas sometidas al efecto de isla térmica.

Fuente: Elaborado a partir de Ministerio de Sanidad (2020, pp. 11-12) y Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 119).

En este caso, los factores locales juegan un papel decisivo ya que condicionan la **temperatura de confort**, las **temperaturas umbrales** a considerar y la asociación temperatura-mortalidad²⁹², de modo que las olas de calor se producen a temperaturas más bajas en lugares más fríos²⁹³.

Los estudios desarrollados para España indican que a partir de 34°C de temperatura máxima diaria o una temperatura mínima diaria de 22°C comienza a aumentar la mortalidad por ola de calor de forma estadísticamente significativa, aunque se observa una gran variabilidad en el territorio nacional ya que, dependiendo de la habituación al calor de la población, lo que para algunas

²⁹² Ministerio de Sanidad (2020, p. 12).

²⁹³ Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 47).

provincias es una temperatura de confort o de mínima mortalidad, en otras puede considerarse como temperatura de disparo de la mortalidad por calor²⁹⁴.

Así, las **temperaturas máximas de disparo** de las capitales de provincia entre oscilan entre los 26°C de A Coruña y los 40°C de Córdoba, Sevilla o Málaga, situándose en el caso de **Oviedo** en los 30°C. Es necesario señalar que la temperatura máxima diaria es un mejor indicador que la temperatura mínima en relación a la mortalidad por calor ya que, por lo general, si esta última es elevada puede generar una merma en el confort, pero no desencadenar los mecanismos biológicos capaces de provocar la mortalidad como en el caso de las máximas.

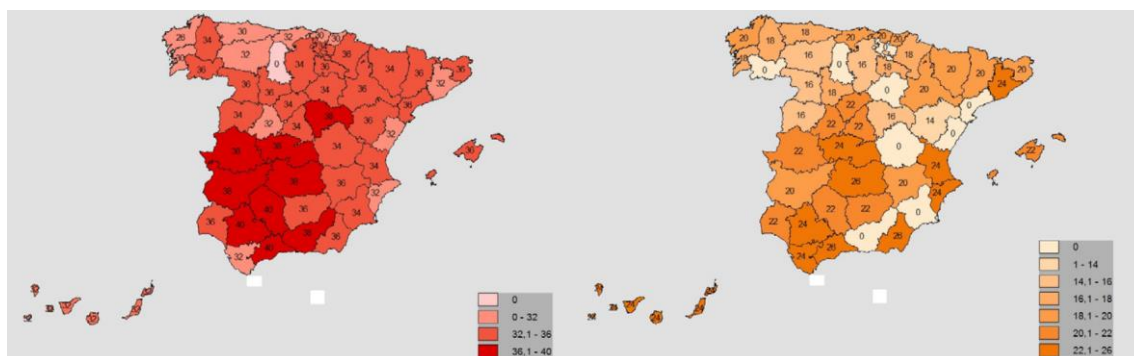


Figura 42. Temperaturas (°C) máximas (izquierda) y mínimas (derecha) de disparo en España para la mortalidad diaria por calor por causas naturales para el periodo 2000-2009.

Fuente: Díaz Jiménez, Carmona alférez y Linares Gil (2015 p. 11-13).

Por lo que se refiere al **Riesgo atribuible a la temperatura**, definido como el porcentaje de incremento de la mortalidad por cada grado Celsius en los que se supere la temperatura umbral de las máximas diarias, entre las capitales provincia españolas oscila entre la no existencia de efecto del calor sobre la mortalidad en Teruel y Soria y el 21,1% en Cáceres, situándose en el caso de **Oviedo** en el 11,5%²⁹⁵.

El efecto de la exposición a **temperaturas extremadamente bajas** sobre la salud está condicionado por diversas variables sociales, económicas, culturales y de carácter local y, por otra parte, no se puede atribuir el aumento de la mortalidad en invierno simplemente por la propia influencia del frío, ya que aquí intervienen factores como la estacionalidad de los cambios hematológicos en las enfermedades circulatorias o la estacionalidad de agentes infecciosos en las enfermedades respiratorias y circulatorias²⁹⁶.

En cualquier caso, algunos estudios consideran que **el aumento de la mortalidad por calor será muy superior a la ligera reducción que se puede esperar de las muertes invernales**²⁹⁷, aunque no por ello hay que descartar sus efectos ya que podría ser importante, especialmente en situaciones de pobreza²⁹⁸.

Por lo que se refiere a la **calidad del agua**, aunque todavía no ha sido objeto de estudio detallado, las alteraciones del ciclo hidrológico derivadas de los impactos del cambio climático pueden afectar

²⁹⁴ Díaz Jiménez, Carmona Alférez y Linares Gil (2015 pp. 9-13).

²⁹⁵ Díaz Jiménez, Carmona Alférez y Linares Gil (2015 pp. 18 y 27).

²⁹⁶ Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 54).

²⁹⁷ Kalkstein L.S. y Greene J.S. (1997). An evaluation of climate/ mortality relationship in large US cities and the possible impacts of a climate change. *Environ Health Perspect.* 105:84-93. En: Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 54).

²⁹⁸ Diputación Foral de Guipúzcoa, (2020, p. 128).

a la calidad de agua de consumo humano y de las aguas recreativas, especialmente en situaciones de sequía, de incremento de la temperatura o de inundaciones^{299/300}:

- Las **sequias** y la **disminución de los flujos** aumentarán la concentración de nutrientes y de la contaminación de origen antrópico, los procesos de eutrofización, pudiendo favorecer la expansión de ciertos vectores y la predisposición a enfermedades infecciosas y respiratorias.
- El **incremento de la temperatura** del agua puede favorecer la proliferación de cianobacterias y la formación de floraciones de algas tóxicas que pueden constituir una amenaza para la salud humana.
- Las **inundaciones**, al margen de las posibles lesiones o defunciones, pueden provocar la contaminación biológica de caudales y cursos de agua, que a medio plazo se asocian con la aparición de enfermedades infecciosas, o la contaminación química, de metales pesados y otras sustancias peligrosas, tanto de caudales como de suelos agrarios.

Sin embargo, en un país con nivel elevado de desarrollo, dotado de sistemas de control y seguimiento consolidados, estos riesgos son bajos, aunque puede generar problemas en el tratamiento del agua que podrían requerir de medidas correctoras o preventivas que impliquen modificaciones en los procesos, o la realización de controles suplementarios a los que ya se realizan de forma habitual³⁰¹.

Otro de los efectos indirectos del cambio climático sobre la salud pública en España estará asociado al impacto sobre **enfermedades transmitidas por los alimentos**, siendo las bacterias patógenas una de las principales causas de infecciones de origen alimentario, en particular los agentes infecciosos relacionados con la salmonela, que tiene un comportamiento estacional y es responsable de entre el 40% y el 60% de los brotes que se producen en el territorio nacional³⁰². El análisis de los datos en 50 provincias entre 1997 y 2013 también ha identificado relaciones entre el aumento de la temperatura asociado al cambio climático con hospitalizaciones por gastroenteritis clasificadas como transmitidas por alimentos o idiopáticas³⁰³.

Uno de los riesgos importantes para la salud humana es la **contaminación atmosférica**, fuertemente correlacionada con los ingresos hospitalarios por enfermedades cardiovasculares, y de visitas a los servicios de urgencias por causas respiratorias o cardiovasculares^{304/305}.

Es difícil predecir cómo puede afectar el cambio climático a los niveles de contaminación atmosférica, ya que **la concentración de contaminantes depende de múltiples factores** como el viento, la temperatura y los patrones climáticos locales, la topografía, las actividades humanas, así como de la efectividad de las medidas de mitigación puestas en marcha³⁰⁶.

Además, las concentraciones de los contaminantes atmosféricos dependen de los niveles de producción y emisión y, de manera determinante, de los modelos de dispersión y transporte, pudiendo afectar el cambio climático a cualquiera de los procesos³⁰⁷. Por ejemplo, un **potencial**

²⁹⁹ Sanz y Galán, (2020, pp.46 y 152).

³⁰⁰ Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 81 y 91).

³⁰¹ Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 92).

³⁰² Sanz y Galán (2020, p. 153).

³⁰³ Morral-Puigmal, C., Martínez-Solanas, È., Villanueva, C.M. y Basagaña, X. (2018). Weather and gastrointestinal disease in Spain: A retrospective time series regression study. *Environment International* 121 (1): 649-657. En: Sanz y Galán (2020, p. 153).

³⁰⁴ Pardo Buendía y Ortega, (2018).

³⁰⁵ Diputación Foral de Guipúzcoa, (2020, p. 124).

³⁰⁶ Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 148).

³⁰⁷ Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 150).

incremento de las situaciones anticiclónicas, con altas presiones y ausencia prolongada de precipitaciones, puede disminuir la dispersión y favorecer la permanencia local de los contaminantes.

En general, es **la población urbana la más expuesta a este tipo de contaminación**, aunque existen **grupos especialmente vulnerables** como personas mayores, población infantil, embarazadas o las personas que padecen bronquitis crónica, asma, enfermedades cardiovasculares o diabetes o enfermedades crónicas. La contaminación atmosférica también se asocia a una disminución de la esperanza de vida en las ciudades con altos niveles de contaminación ambiental³⁰⁸.

Por otro lado, tal y como ya se ha indicado anteriormente, **la disminución de la contaminación del aire por el transporte** puede reducir las desigualdades de salud existentes, especialmente en las grandes ciudades y los mayores beneficiarios de esta mejora podrían ser principalmente en los hogares de menores ingresos que tienen más probabilidades de vivir en lugares afectados por la mala calidad del aire³⁰⁹.

Potencialmente, el cambio climático también puede incrementar la estacionalidad y duración de los **desórdenes alérgicos** y se prevé que para 2040 se prevé que el 40% de la población europea presentará predisposición alérgica³¹⁰. Los **cambios en la fenología y distribución de las plantas y la expansión de especies exóticas e invasoras**, favorecidos por los efectos del cambio climático, pueden que aumenta el tiempo de exposición polínica y agravar los problemas de alergia como asma, rinitis alérgica, dermatitis atópica o conjuntivitis^{311/312/313}.

Sin embargo, hay otros **factores no climáticos que también inciden en la salud ambiental**, provocando problemas de alergias entre la población como los cambios en los usos del suelo, el diseño de nuevos espacios verdes urbanos y periurbanos, con escasa biodiversidad, o el paisaje forestal o agrícola a través del uso de monocultivos³¹⁴.

Asimismo, los cambios en la temperatura y las condiciones climáticas favorecen la **distribución geográfica de vectores** y su adaptación a diferentes hábitats, con riesgo de crear las condiciones necesarias para la transmisión de enfermedades de origen subtropical a regiones templadas^{315/316}. Sin embargo, aunque estos vectores se hagan presentes, transmitan las enfermedades o generen epidemias, su mayor o menor impacto no depende sólo de factores climáticos, ya que influyen aspectos como los cambios en los usos del suelo, la cultura y las características socioeconómicas de la población o la capacidad de respuesta tanto del sistema sanitario como de la propia sociedad^{308/317}.

El cambio climático, ayudado por estresores externos como los cambios en los usos del suelo, van a influir de forma decisiva en la expansión y dispersión de algunos vectores en Europa como el mosquito tigre (*Aedes albopictus*), potencial vector de varias enfermedades tropicales como dengue, chikunguña, o zika³¹⁸.

³⁰⁸ Pardo Buendía y Ortega, (2018).

³⁰⁹ Markkanen y Anger-Kraavi (2019).

³¹⁰ Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 37).

³¹¹ Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 153).

³¹² Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 13).

³¹³ Diputación Foral de Guipúzcoa, (2020, p. 126).

³¹⁴ Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 137).

³¹⁵ Sanz y Galán (2020, p. 145).

³¹⁶ Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 189).

³¹⁷ Diputación Foral de Guipúzcoa, (2020, p. 127).

³¹⁸ Ministerio de Sanidad (2016, p. 25).

En el caso de **Asturias**, comparando la descripción de impactos sobre la salud realizada por el panel CLIMAS en 2009, se han detectado las siguientes tendencias^{319/320}:

- No se han observado incrementos en la mortalidad elevada diaria ni en los ingresos, asistencia a consulta o frecuentación hospitalaria, que presentan una tendencia descendente con respecto al periodo 2007-2009.
- Tampoco se ha detectado un incremento de las incidencias de enfermedades infecciosas humanas.
- Las temperaturas templadas en invierno han generado epidemias de gripe muy mesuradas desde 2009, descendiendo en el número de fallecidos por infecciones respiratorias y gripe.
- Se aprecia un descenso en todas las enfermedades transmitidas por vectores (plasmodios, virus transmitidos por mosquitos, leishmaniosis, coxiellas, leptospirosis).
- La borreliosis, enfermedad provocada por bacterias Gram negativas del género *Borrelia* y transmitida en nuestro entorno por la garrapata común (*Ixodes ricinus*), permanece estable, aunque algunas fuentes señalan un incremento de presencia de garrapatas en Asturias y de su actividad en meses no usuales³²¹.
- Aunque no se ha detectado afectación humana, hay constancia reciente de presencia en Asturias de vectores con potencialidad transmisora de enfermedades al ser humano y animales, como: La mosca de arena (*Phlebotomus*), responsable primaria de la transmisión de la leishmaniasis; El mosquito *Aedes japonicum*, detectado por primera vez en España en una zona de Siero en julio de 2018, que tiene capacidad de transmisión del virus del Nilo Occidental y otros virus como dengue o chikungunya³²²; y algunos culicoides.

Por el contrario, no se ha detectado la presencia de mosquito tigre (*Aedes albopictus*) en Asturias, aunque su difusión y fenología hace probable su entrada en los próximos años³¹⁹.

Figura 43. Olas de calor y de frío registradas en Asturias desde 1975.

OLAS DE CALOR		OLAS DE FRÍO			
VERANO	FECHAS	INVIERNO	FECHAS	INVIERNO	FECHAS
2017	20/08/2017-22/08/2017	2018-2019	04/01/2019-08/01/2019	1990-1991	21/12/1990-23/12/1990
2017	13/06/2017-21/06/2017	2016-2017	18/01/2017-20/01/2017	1988-1989	30/12/1988- 04/01/1989
2016	07/08/2016-03/09/2016	2011-2012	08/02/2012-15/02/2012	1988-1989	22/11/1988-25/11/1988
2016	17/07/2016-19/07/2016	2009-2010	09/01/2010-11/01/2010	1986-1987	19/02/1987-22/02/1987
2012	08/08/2012-11/08/2012	2009-2010	18/12/2009-21/12/2009	1984-1985	04/01/1985-17/01/1985
2006	04/09/2006-06/09/2006	2007-2008	13/12/2007-18/12/2007	1983-1984	15/02/1984-17/02/1984
2003	30/07/2003-14/08/2003	2005-2006	20/12/2005-26/12/2005	1982-1983	08/02/1983-18/02/1983
1993	18/08/1993-20/08/1993	2002-2003	16/02/2003-18/02/2003	1982-1983	20/01/1983-23/01/1983
1992	27/07/1992-29/07/1992	2002-2003	11/01/2003-16/01/2003	1980-1981	29/12/1980-04/01/1981
1990	17/07/1990-24/07/1990	2001-2002	13/12/2001-29/12/2001	1979-1980	14/01/1980-16/01/1980
1989	16/07/1989-21/07/1989	1991-1992	19/01/1992-25/01/1992	1977-1978	12/02/1978-14/02/1978
1987	12/09/1987-17/09/1987	1990-1991	14/01/1991-16/01/1991	1975-1976	21/12/1975-25/12/1975
1981	28/07/1981-30/07/1981				

Fuente: Elaborado a partir de AEMET (2021) y AEMET (2020).

³¹⁹ Lucientes Curdi, J., Margolles Martins, M., Quiñones Estévez, D., Redondo Cornejo, M.L. y Rodríguez Suárez, V. (2019). Salud humana y vectores. En: Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez, (pp. 19-21).

³²⁰ Debe terse en cuanta que el análisis se produce con anterioridad a la pandemia provocada por el COVID-19,

³²¹ Espí Felgueroso y Del Cerro Arrieta (2016).

³²² Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias (2018).

La región tampoco ha sido ajena a los efectos de las **temperaturas extremas**. Conforme a la información de la AEMET³²³, Asturias se ha visto afectada por 13 episodios de ola de calor entre 1975 y 2020, de las que casi la mitad se han registrado entre los años 2003 y 2017, y ninguna con anterioridad a 1981. Por lo que se refiere a las olas de frío, entre 1975 y 2019 la región ha soportado 24 episodios de este tipo, de los cuales nueve se han registrado entre los años 2003 y 2019.

Por lo que se refiere a la **contaminación atmosférica**, en Asturias se registra un incremento de los ingresos hospitalarios por enfermedades cardiovasculares y respiratorias coincidente con los días de mayor contaminación, ingresos que están más relacionados con las emisiones del transporte que con las de la industria³²⁴. El efecto de los contaminantes en Asturias se manifiesta fundamentalmente sobre las enfermedades respiratorias y, en menor medida, sobre las circulatorias³²⁵.

Entre 1996-2015 se observa una tendencia decreciente de las concentraciones de SO₂, NO₂ y PM en las zonas de Avilés, Gijón y Oviedo, mientras que el O₃ presenta una evolución creciente aunque se observa un incipiente descenso de sus valores en los últimos años, y analizando los riesgos de cada contaminante se puede señalar que³²⁶:

- El NO₂ es el principal factor de riesgo a corto plazo para las enfermedades respiratorias y circulatorias, seguido de PM y SO₂.
- Actualmente el O₃ no plantea problemas de salud a la población.

La **mortalidad por asma** en Asturias presenta una evolución irregular³¹⁹: en 2008, coincidiendo con el descenso de las emisiones de partículas, se produjo una disminución, seguido de un claro repunte en 2010 y una nueva disminución en 2011, año a partir del cual se incrementa gradualmente hasta 2015, para volver a descender en los años siguientes. En el año 2012 Asturias presentó la mayor tasa de hospitalización por asma extrínseca de España.

En cuanto a las **alergias**, no se ha detectado un incremento de personas fallecidas ni de ingresos hospitalarios por la acción de insectos o alérgenos exóticos. Sin embargo, en el caso del polen alergénico se han cumplido las previsiones y, debido al incremento de la temperatura y la disponibilidad hídrica, la estación polínica se ha prolongado entre una y tres semanas, según el tipo de polen³¹⁹. En este sentido, cabe destacar que se ha detectado un incremento de la concentración de polen de plantas invasoras, entre otras del Plumero de las pampas (*Cortaderia selloana*), de la que todavía se desconoce sus posibles repercusiones sobre la salud de la población.

4.2. Pesca y acuicultura.

A nivel global, la pesca insostenible se ha considerado el impacto de origen humano más importante sobre los ecosistemas marinos junto con el cambio climático de origen antrópico³²⁷. En España existe una cultura fuertemente vinculada a los sistemas marinos y una importante dependencia social de sus recursos biológicos como fuente de proteínas³²⁸, además de una identidad, patrimonio, historia y actividad económica ampliamente vinculados a la pesca y al marisqueo desde tiempos ancestrales. Las modificaciones en los hábitats y condiciones biológicas de las especies

³²³ AEMET (2021) y AEMET (2020).

³²⁴ Observatorio de Salud en Asturias (2019, p. 23).

³²⁵ Rodríguez Suárez, Fernández Somoano, y Alonso Alonso (2017, p. 173).

³²⁶ Rodríguez Suárez, Fernández Somoano, y Alonso Alonso (2017, pp. 52 y 173).

³²⁷ Watson, R.A., Cheung, W.W.L., Anticamara, J.A., Sumaila, R.U., Zeller, D., Pauly, D. (2013). Global marine yield halved as fishing intensity redoubles. *Fish Fish*. 14, 493–503. En: Santos-Martín et al. (2015, p. 7).

³²⁸ Sanz y Galán (2020, p.101)

objetivo de las actividades de recolección, pesca comercial y recreativa, tendrán un impacto socioeconómico y cultural³²⁹ y generarán posibles conflictos en el reparto de los derechos de pesca³³⁰, especialmente en caladeros europeos e internacionales donde operan las flotas españolas de gran altura³³¹. Las costas de España y Portugal están dentro de las áreas que más potencial pesquero han perdido por efecto del cambio climático, aunque el nivel de gobernanza y desarrollo que presentan las hace comparativamente menos vulnerables que otras zonas similares de países en desarrollo³³².

En términos generales, el calentamiento del mar lleva a las especies a intentar mantener sus condiciones óptimas mediante tres tipos de respuesta: desplazamientos latitudinales (en general hacia latitudes más altas), cambios fenológicos (en general, adelantos) y desplazamientos en la columna de agua (en general, hacia una mayor profundidad)³³³:

- **Cambios en la distribución y desplazamientos en la columna de agua:** la tasa de desplazamiento de la distribución (extremo más frío) de las especies marinas ha sido estimado en 72 km por década³³⁴ y se espera que la mayoría de las especies se desplace hacia los polos (expandiéndose el área de distribución de las especies de aguas cálidas y contrayéndose para las aguas más frías). Los cambios más rápidos ocurren en las especies pelágicas, y consisten en movimientos verticales para contrarrestar el calentamiento de las aguas superficiales.
- **Cambios en la abundancia:** las poblaciones situadas en los extremos de sus áreas de distribución tienden a aumentar en abundancia con el alza de las temperaturas, mientras que las que están más cerca del ecuador de sus áreas de distribución tienden a declinar en abundancia. 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. En el Golfo de Vizcaya 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)³³⁵.

Con todo, sigue habiendo gran incertidumbre sobre los efectos de las interacciones sinérgicas entre diversos factores de estrés, la extrapolación de datos más allá de las condiciones históricas, la

³²⁹ Pita, P., Fernández-Márquez, D., Antelo, M., Macho, G., Villasante, S. (2019). Socioecological changes in data-poor S-fisheries: A hidden shellfisheries crisis in Galicia (NW Spain). *Mar. Policy* 101, 208–224. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.09.018>; Pita, P., Fernández-Márquez, D., Freire, J. (2018). Spatiotemporal variation in the structure of reef fish and macroalgal assemblages in a north-east Atlantic kelp forest ecosystem: Implications for the management of temperate rocky reefs. *Mar. Freshw. Res.* 69(4), 525–541. <https://doi.org/10.1071/MF17193>. En: Sanz y Galán (2020, p. 101).

³³⁰ 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.; 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). En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 167).

³³¹ 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. (2020). Changing fish distributions challenge the effective management of European fisheries. *Ecography (Cop.)*. 43, 494–505. <https://doi.org/10.1111/ecog.04864>; Pinsky, M.L., Reygondeau, G., Caddell, R., Palacios-Abrantes, J., Spijkers, J., Cheung, W.W.L., 2018. Preparing ocean governance for species on the move. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.aat2360>. En: Sanz y Galán (2020, p. 102).

³³² Free, C.M., J.T. Thorson, M.L. Pinsky, K.L. Oken, J. Wiedenmann y O.P. Jensen, 2019: Impacts of historical warming on marine fisheries production. *Science*, 363, 979-983. En: Mendo et al. (2020, p. 310).

³³³ 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. En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 166).

³³⁴ 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. En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 166).

³³⁵ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020; p. 167).

reducción de la capacidad de recuperación del ecosistema ante la variabilidad climática y la amplificación de los impactos anteriores 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 todo ello³³⁶.

La región atlántica del norte de España está muy expuesta al incremento de temperatura y es probable que en las próximas décadas la biomasa y composición del plancton sea diferente de la actual, con mayor número de especies típicas de aguas cálidas, de tamaño corporal menor que las actuales y con menores valores de biomasa en la zona oriental (**mar Cantábrico**)³³⁷. Los invertebrados bentónicos y las praderas de algas están expuestas a mortandades altas debido al incremento de la temperatura, y determinados recursos pesqueros están expuestos a cambios en su área de distribución o abundancia³³⁸. En esta región la mayoría de pesquerías son altamente dependientes del reclutamiento, y parte de los stocks explotados por la flota española están en situación de sobrepesca³³⁹. El riesgo de pérdida de productividad de los ecosistemas y, por lo tanto, de la pesca en el mar Cantábrico responderá a los cambios en la biomasa y composición del plancton allí donde la influencia del afloramiento sea más reducida y el calentamiento se manifieste con mayor claridad³³⁷.

Las propias comunidades costeras y el sector del marisqueo, a través de su conocimiento tradicional, aprecian y prevén para la próxima década una disminución de la abundancia o, incluso, la desaparición de especies comerciales clave³⁴⁰. Impactos observados en el **noroeste peninsular** apuntan a la afección a recursos clave como la **sardina**, el **pulpo** o el **mejillón** y las proyecciones para las próximas décadas en esta región apuntan a escenarios con un mayor impacto sobre los recursos pesqueros, marisqueros y de acuicultura³⁴¹. Sin embargo, pese a estos indicios, la mayoría de proyecciones disponibles responden a modelos globales y actualmente son escasas las estimaciones de los daños o beneficios socioeconómicos derivados de cambios de distribución o abundancia en especies comerciales en las regiones marinas de España³⁴². En la zona económica exclusiva, el potencial de capturas en España podría descender un 16%³⁴³.

A continuación, **se destacan sintéticamente algunos de los principales cambios descritos para recursos pesqueros y marisqueros de interés profesional y recreativo, particularmente para el**

³³⁶ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020; p. 168 y 176).

³³⁷ Bode, A., A. Lavín y L. Valdés (eds.), 2012: *Cambio climático y oceanográfico en el Atlántico del norte de España*. Instituto Español de Oceanografía, 280 pp. En: Mendo et al. (2020, p. 309).

³³⁸ Punzón, A., A. Serrano, F. Sánchez, F. Velasco, I. Preciado, J.M. González-Irusta y L. López-López, 2016: Response of a temperate demersal fish community to global warming. *Journal of Marine Systems*, 161: 1-10.; Sánchez, F. y J. Gil, 2000: Hydrographic mesoscale structures and Poleward Current as determinant of hake (*Merluccius merluccius*) recruitment in southern Bay of Biscay. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 152-170.; Santos, A.M.P., A. Peliz, J. Dubert, P.B. Oliveira, P.B., M.M. Angélico y P. Ré, 2004: Impact of a winter upwelling event on the distribution and transport of sardine (*Sardina pilchardus*) eggs and larvae off western Iberia: a retention mechanism. *Continental Shelf Research*, 24(2), 149-165; Villamor, B., C. Gonzalez-Pola, A. Lavín, L. Valdés, A.L. De Lanzós, C. Franco y P. Carrera, 2011: Environmental control of Northeast Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) recruitment in the southern Bay of Biscay: case study of failure in the year 2000. *Fisheries Oceanography*, 20(5), 397-414. En: Mendo et al. (2020, p. 303).

³³⁹ Mendo et al. (2020).

³⁴⁰ Villasante, S., Macho, G., Calvo, N., Wethey, D., Woodin, S., Vázquez, E. (2018). Social adaptation to climate change in Galician (NW Spain) shellfisheries. International Workshop "Interdisciplinary Approaches to the Study of Human and Mollusc Interactions: from Prehistory to Present". French Museum of Natural History. En: Sanz y Galán (2020, p. 101).

³⁴¹ Bode, A.; Álvarez-Salgado, X.A.; Ruíz-Villarreal, M.; Bañón Díaz, R; Gonzalez Castro, C; Molares Vila, J; Otero, J; Rosón, G; Varela, M., (2008). Impacto do cambio climático nas condicións oceanográficas e nos recursos mariños, in: *Evidencias Del Cambio Climático En Galicia*. pp. 619-636. En: Sanz y Galán (2020, p. 101).

³⁴² Sanz y Galán (2020, p. 102).

³⁴³ 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.; 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. En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020; p. 161).

sector pesquero asturiano, en el ámbito del mar Cantábrico y las aguas del norte de España, así como afecciones relacionadas con la acuicultura potencialmente relevantes en nuestro contexto regional.

4.2.1. Recursos pesqueros.

En el **contexto europeo** hay evidencias de que debido al cambio climático, 16 de los 21 **stocks de peces comerciales** clave están desplazándose o expandiendo su área de distribución en aguas europeas, de los cuales ocho se han desplazado fuera de sus áreas históricas de pesca³⁴⁴ en las que se encuentran: el **rape** (*Lophius*), que ha disminuido su presencia en aguas nacionales debido a los cambios de temperatura; el **eglefino** (*Melanogrammus aeglefinus*), que ha incrementado su ocurrencia en el golfo de Vizcaya; la **platija** (*Pleuronectes platessa*), que ha disminuido su abundancia en el golfo de Vizcaya debido al efecto de la temperatura en el hábitat de los juveniles; y el **lenguado** (*Solea solea*), para el que se han detectado desplazamientos.

En general, se esperan cambios en la cronología del ciclo biológico, que afectarán en especial a las especies de ciclos breves, como el **calamar o pequeños peces pelágicos**³⁴⁵, como la **sardina** y la **anchoa** (*Engraulis encrasicolus*), con una distribución típicamente más subtropical³⁴⁶. La superficie del hábitat potencial de las especies subtropicales-templadas como la **anchoa** se ha incrementado; ésta última presenta una tolerancia al calentamiento del mar mayor, al ser una especie con una gran amplitud de nicho termal; de hecho en el contexto del Golfo de Vizcaya se ha considerado a esta especie poco vulnerable al cambio climático, e incluso probablemente favorecida por él (posible incremento en la densidad de huevos y el área de puesta)³⁴⁷. Por el contrario, se espera que la **anchoa** del Cantábrico (*Engraulis encrasicolus*) aumente su abundancia de larvas en el Golfo de Vizcaya y expanda las áreas de desove³⁴⁸.

Con carácter general, también se han observado alteraciones en la zonación y sincronización de las migraciones que realizan grandes peces como los **túnididos** para reproducirse³⁴⁹, así como un adelantamiento de la llegada al noreste atlántico durante sus rutas migratorias y un desplazamiento al norte de éstas. En promedio, los límites de distribución del hábitat del **bonito del norte o atún blanco** (*Thunnus alalunga*) se han desplazado hacia los polos 6.5 km por década en el hemisferio norte y 5.5 km por década en el hemisferio sur y se esperan cambios más grandes en la distribución y abundancia de atún en el futuro, especialmente a finales de siglo³⁵⁰. Por tanto, la **pesquería tradicional del bonito del norte** también se está viendo afectada debido al desplazamiento hacia

³⁴⁴ ICES (2016). *Report of the Working Group on Fish Distribution Shifts (WKFISHDISH)*. ICES HQ, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2016/ACOM: 55. 197 pp. En: Sanz y Galán (2020, p. 102).

³⁴⁵ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 176).

³⁴⁶ 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.; 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.; 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.; Bruge et al. (2016). En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 168).

³⁴⁷ 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. En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 174)

³⁴⁸ 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. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 159, 169–182. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2018.07.007>. En: Sanz y Galán (2020, p. 102).

³⁴⁹ Dufour, F., Arrizabalaga, H., Irigoien, X., Santiago, J. (2010). Climate impacts on albacore and bluefin tunas migrations phenology and spatial distribution. *Prog. Oceanogr.* 86 (1-2), 283–290. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2010.04.007>. En: Sanz y Galán (2020, p. 94).

³⁵⁰ Erauskin- Extramiana et al. (2019). En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020; p. 174).

el norte de la especie, lo que implica mayores costes de explotación para la flota. En el Golfo de Vizcaya los análisis de las capturas durante la migración trófica en esta zona entre 1967 y 2005 indican que el bonito llega a este punto 8 días antes que hace 40 años³⁵¹. El **atún rojo** (*Thunnus thynnus*) se espera que se desplace 114 km al norte para mediados de este siglo y 708 km para finales del mismo. En el Golfo de Vizcaya los análisis de las capturas entre 1981 y 2005 indican que el **atún rojo** llega a este punto 14 días antes que hace 25 años³⁵². Para el **atún patudo** (*Thunnus obesus*), menos longevo que el rojo, el desplazamiento esperado es de 166 km hacia el norte para mediados de siglo y 198 km para finales de siglo, por lo que podría aumentar su captura accesoria en pesquerías de flotas españolas e incluso su progresiva presencia en el Cantábrico³⁵³.

En el Golfo de Vizcaya los análisis de las capturas durante la migración trófica entre 1967 y 2005 para el **bonito** y entre 1981 y 2005 para el **atún rojo** indican que el bonito llega a este punto 8 días antes que hace 40 años y el atún rojo 14 días antes que hace 25 años (tasas de cambio de 2 a 5.6 días/década, respectivamente)³⁵⁴. Más recientemente (datos 1981-2017) se está constatando un avance de la llegada de los juveniles en 2,3 días/década, asociado al calentamiento del mar, un ligero desplazamiento del hábitat del bonito hacia el norte, y un desplazamiento de la distribución de sus capturas hacia el noroeste (74 km al norte y 180 km al oeste por década)³⁵⁵.

La **caballa** (*Scomber scombrus*) es una especie pelágica también capturada en el Cantábrico cuando realiza su migración al sur para el desove, y cuya pesquería ha ido cobrando en los últimos años mayor importancia para todos los segmentos de flota, incluida la de pequeña escala. La distribución de la puesta del stock de caballa del noreste atlántico se ha desplazado hacia el norte en las últimas tres décadas, buscando mantener su nicho térmico como respuesta al calentamiento global del mar. La fenología también parece haberse adelantado 29 días entre 2000 y 2006 en el mar Cantábrico, en sintonía con su distribución latitudinal³⁵⁶. Asimismo, bajo distintos escenarios de cambio climático, la distribución futura de la puesta de huevos en la caballa se desplazaría hacia el oeste (entre 32 y 117 km) y el norte (hasta 328 km), aunque con resultados muy variables según el escenario y periodo concreto, y los picos estacionales de la puesta se adelantarán en las áreas que se calentarán y se retrasarán en las áreas que se enfríen, identificándose por ejemplo el Golfo de Vizcaya como un área vulnerable al cambio climático para esta especie³⁵⁷.

También se ha observado el desplazamiento desde las zonas de aguas más meridionales de especies como el **estornino** (*Scomber colias*), que empieza a ocupar el Golfo de Vizcaya y ser objeto de aprovechamiento comercial en estas aguas³⁵⁸. Para la **palometa** (*Brama brama*) se han observado cambios también en la migración en el Atlántico noroeste fuertemente ligados a cambios de temperatura a 200 metros de profundidad y al afloramiento de las aguas gallegas³⁵⁹.

³⁵¹ Dufour et al. (2010). En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020; p. 170).

³⁵² Dufour et al. (2010). En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020; p. 170).

³⁵³ Erauskin- Extramiana et al. (2019). En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020; p. 175)

³⁵⁴ Dufour et al. (2010). En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020; p. 170).

³⁵⁵ Chust, G., Goikoetxea, N., Ibaibarriaga, L., Sagarminaga, Y., Arregui, I., Fontán, A., Irigoien, X., & Arribabalaga, H. (2019). Earlier migration and distribution changes of albacore in the Northeast Atlantic. *Fisheries Oceanography*, 28, 505-516. En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020; p. 170).

³⁵⁶ 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. En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020; p. 167).

³⁵⁷ Bruge et al. (2016). En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 173).

³⁵⁸ Fernández González, C., Valdés Santurio, L., Losada Rodríguez, I., Peón Torre, P. y Anadón Álvarez, R. (2019). Costa y océano. En Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez, (pp. 15-16).

³⁵⁹ Quinzán, M., Castro, J., Marín, M., Costas, G., Monserrat, S., Amores, A., Massutí, E., Hidalgo, M. (2016). Unveiling the influence of the environment on the migration pattern of the Atlantic pomfret (*Brama brama*) in North-eastern Atlantic waters. *Fish. Oceanogr.* 25(6), 610–623. <https://doi.org/10.1111/fog.12176>. En: Sanz y Galán (2020, p. 101).

Las **especies diádromas**, como la **anguila**, el **salmón** y el **esturión**, son potencialmente vulnerables al cambio climático al verse afectadas por los cambios de ambos medios (mar y agua dulce)³⁶⁰ y su distribución geográfica se desplazará³⁶¹. La **anguila europea** (*Anguila anguila*), cuyos juveniles siguen siendo objeto de una pesquería comercial de alto valor estratégico en algunos estuarios cantábricos, mantiene poblaciones actualmente fuera de los límites biológicos de seguridad y una situación catalogada como crítica. La oscilación del Atlántico Norte (NAO) está negativamente correlacionada con el reclutamiento de angulas, que también está negativamente correlacionado con la temperatura de la superficie del mar de los Sargazos, cuyo aumento conlleva una reducción de la cantidad de alimento disponible para las larvas³⁶². 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, lo que podría afectar negativamente el reclutamiento de angulas en los límites de la población del sur³⁶³.

En relación a **las especies demersales** (merluza, gallo, congrio, rape, etc.) existe un menor conocimiento de los impactos derivados del cambio climático. Por un lado, los desembarcos comerciales internacionales del Atlántico nordeste de especies de peces identificadas como "adaptadas a las temperaturas cálidas" (por ejemplo, el **salmonete** y la **merluza**) han aumentado un 250% desde la década de 1980, mientras que los desembarcos de especies adaptadas al frío (por ejemplo, el **bacalao**, el **eglefino** y el **merlán**) se han reducido a la mitad³⁶⁴. Durante la última década, en la región atlántica del norte de España se está reduciendo el esfuerzo pesquero sobre stocks demersales, con los consiguientes efectos también positivos para la recuperación de estas poblaciones³⁶⁵. Pero pese a ello, pesquerías tan importantes como la de **merluza** en el norte de la península Ibérica podrán verse afectadas de forma determinante por los cambios oceanográficos, los procesos biológicos y los eventos extremos, mientras que en las costas occidentales de Galicia este riesgo será menor³⁶⁶.

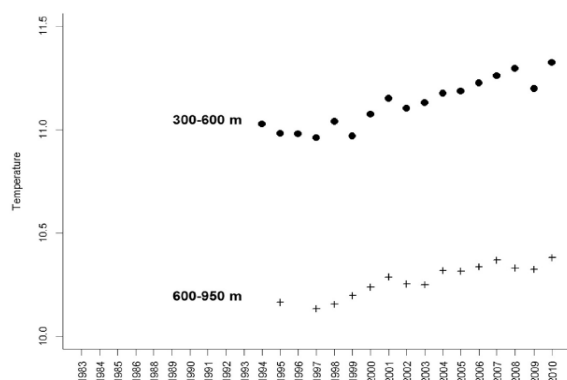


Figura 44. Evolución de la temperatura media anual de aguas intermedias (300-600 m) y profundas (600-950 m) en la Estación de Santander (sur del Golfo de Vizcaya)

Fuente: Punzón et al. (2016).

³⁶⁰ Lassalle, G., Cruzet, P., & Rochard, E. (2009). Modelling the current distribution of European diadromous fishes: an approach integrating regional anthropogenic pressures. *Freshwater Biology*, 54, 587-606. En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 175)

³⁶¹ García Díez y Remiro Perlado (2014, p.8).

³⁶² 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. En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 171).

³⁶³ Díaz, E., Korta, M., Pórtoles, 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. En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 175).

³⁶⁴ MCCIP (2013). *Marine climate change impacts report card 2013, Summary Report*, MCCIP, Lovestoft. En: EEA (2017, p. 117).

³⁶⁵ Modica, L., F. Velasco, I. Preciado, M. Soto y S.P. Greenstreet, 2014: Development of the large fish indicator and associated target for a Northeast Atlantic fish community. *ICES Journal of Marine Science*, 71, 2403-2415. En: Mendo et al. (2020, p. 310).

³⁶⁶ Chust, G., Á. Borja, A. Caballero, X. Irigoien, J. Sáenz, R. Moncho y V. Valencia. (2011). Climate change impacts on coastal and pelagic environments in the southeastern Bay of Biscay. *Climate Research*, 48(2-3), 307-332.; 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, 166 pp. En: Mendo et al. (2020, p. 310).

Recientemente se han identificado más cambios en la distribución de las **especies de peces demersales** en el sur del Golfo de Vizcaya, y que indican que este ecosistema demersal está bajo un proceso de meridionalización. Más del 50% de las especies demersales con afinidades biogeográficas templadas, y que son comunes en esta área, están aumentando su abundancia³⁶⁷ (Figura 44). Además, algunas de estas especies mostraron un notable desplazamiento hacia el oeste del centro de gravedad en el área de estudio. Entre los cambios detectados destaca la importante bajada en la frecuencia de ocurrencia de especies como el **rape negro** (*Lophius budegassa*), que además traslada su centro de gravedad a zonas menos profundas. Para el **lenguado común** (*Solea solea*) se da un aumento significativo de la frecuencia en la zona analizada, y el **salmonete** (*Mullus surmuletus*) aumento su presencia y abundancia, habiéndose descrito también para ambas especies un desplazamiento hacia el norte de su área de distribución³⁶⁸.

4.2.2. Recolección de algas y marisqueo.

Las macroalgas formadoras de dosel están experimentando grandes cambios biogeográficos debido al cambio climático³⁶⁹. Una de estas especies es ***Gelidium corneum* (=G. sesquipedale)**, un alga de gran interés para la industria productora de agar-agar para distintos usos, y que en Asturias, Cantabria y País Vasco es objeto de aprovechamiento directo mediante buques (arranque de fondo) y de recolección del arribazón en las playas cantábricas. Los factores climáticos parecen ser importantes fuerzas motrices que controlan la distribución biogeográfica de la especie; en particular, la temperatura del mar, el oleaje y la radiación solar parecen ser las variables ambientales más determinantes en su distribución.

Una modelización reciente de su distribución potencial ante distintos escenarios de cambio climático apunta a que su límite de distribución en el Cantábrico se está desplazando hacia el oeste, es decir, hacia las costas atlánticas³⁷⁰. Estas previsiones están en línea con la dinámica observada en la costa guipuzcoana, donde su declive reciente se ha asociado de forma más directa con una combinación de aumento de la energía del oleaje (causante del desprendimiento de las algas del sustrato durante la temporada de crecimiento) y disminución de la radiación en la temporada de crecimiento, así como a la acción conjunta del aumento de la luz en verano y la disminución de la concentración de nutrientes³⁷¹.

Para las costas de Cantabria y Asturias las previsiones (Figura 45) en el escenario RCP4.5 apuntan a un mantenimiento de las probabilidades de ocurrencia de ***Gelidium corneum*** relativamente altas (potencialidad del hábitat en base a aspectos físicos), a excepción de la franja más oriental de la costa de Cantabria, si bien en el escenario RCP8.5 las reducciones a medio plazo (2040-2069) serían importantes en todo el Cantábrico y, a largo plazo (2070-2100) el *G. corneum* quedaría restringido prácticamente a las costas gallegas³⁷². No obstante, los campos de ocle sujetos a monitorización y aprovechamiento frente a las costas asturianas muestran por el momento indicios de regresión o afección negativa debida al cambio climático; de hecho, comunidades como las dominadas por

³⁶⁷ Punzón, A., A. Serrano, F. Sánchez, F. Velasco, I. Preciado, J.M. González- Irusta y L. López-López. (2016). Response of a temperate demersal fish community to global warming. *Journal of Marine Systems*, 161: 1-10. En: Mendo et al. (2020, p. 310).

³⁶⁸ Punzón et al. (2016).

³⁶⁹ Díez et al., 2012; Duarte et al., 2013; Martínez et al., 2014. En: : Diputación Foral de Guipúzcoa (2020; p. 171).

³⁷⁰ IHCantabria (2020).

³⁷¹ 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. En: (Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 171).

³⁷² IHCantabria (2020, p. 12).

especies del género *Cystoseira* o por *Gelidium corneum* parecen verse favorecidas por las nuevas condiciones, con aumentos de abundancia respecto a épocas anteriores³⁷³.

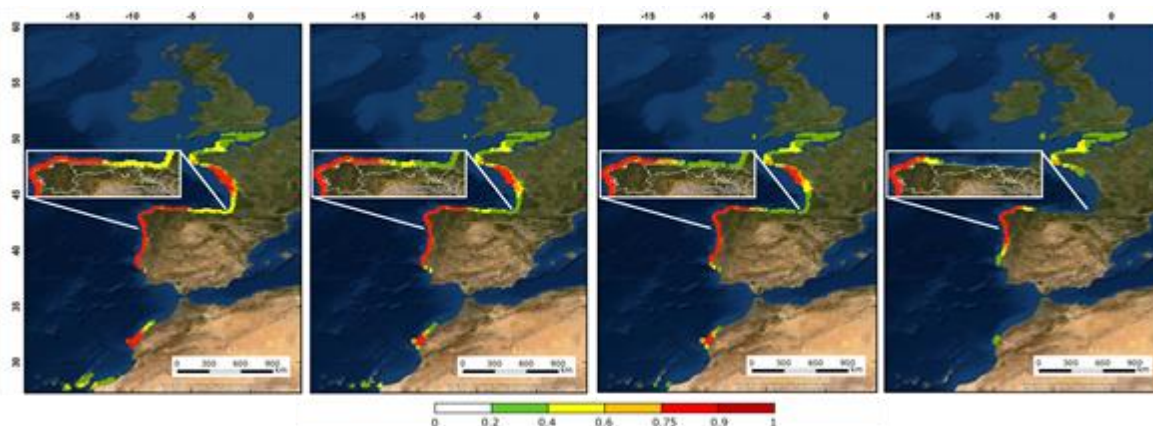


Figura 45. Distribución proyectada (probabilidad de ocurrencia de hábitat potencial) de *Gelidium corneum*.

De izquierda a derecha: RCP4.5 a 2040; RCP4.5 a 2100; RCP8.5 a 2040; RCP8.5 a 2100.

Fuente: IHCantabria (2020, p. 13).

Por su parte, las proyecciones para las próximas décadas en el **Atlántico Noroeste** apuntan a escenarios donde también los recursos marisqueros y acuícolas seguirán impactados³⁷⁴. De hecho, España es uno de los países que presenta un alto riesgo en la producción de **moluscos** debido a la acidificación³⁷⁵. Es posible que la acidificación no afecte a todos los entornos marinos de manera uniforme, pudiendo tener el mayor efecto en aguas oceánicas abiertas³⁷⁶. No se puede descartar que la acidificación incremente la mortalidad y disminuya las tasas de fecundación de especies como los **erizos de mar**, reduzca las tasas de calcificación y crecimiento en **mejillones y ostras**, y deteriore el transporte de oxígeno en los **calamares**³⁷⁷.

En Galicia se han observado ya tendencias negativas en la biomasa disponible de especies de marisco como la **almeja babosa**, **almeja fina** o **almeja japónica**, para las cuales también se espera un impacto directo del calentamiento global, agravando las consecuencias de la contaminación y de las mareas rojas³⁷⁸.

El cambio en la productividad marina afectará directamente a la disponibilidad de alimento para los organismos filtradores e, indirectamente, a toda la red trófica marina. Si también se altera la

³⁷³ Fernández González, C., Valdés Santurio, L., Losada Rodríguez, I., Peón Torre, P. y Anadón Álvarez, R. (2019). Costa y océano. En Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez, (pp. 15-16).

³⁷⁴ Bode, A.; Álvarez-Salgado, X.A.; Ruíz-Villarreal, M.; Bañón Díaz, R; Gonzalez Castro, C; Molares Vila, J; Otero, J; Rosón, G; Varela, M., (2008). Impacto do cambio climático nas condicións oceanográficas e nos recursos mariños, in: *Evidencias Del Cambio Climático En Galicia*. pp. 619–636. En: Sanz y Galán (2020, p. 101).

³⁷⁵ Narita, D., K. Rehdanz y R.S.J. Tol (2012). Economic costs of ocean acidification: a look into the impacts on global shellfish production. *Clim. Change*, 113, 1049-1063, DOI: 10.1007/s10584-011-0383-3. En: Mendo et al. (2020, p. 310).

³⁷⁶ Fabry, V. J., Seibel, B. A., Feely, R. A. and Orr, J. C. (2008). Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes, *ICES Journal of Marine Science* 65(3), 414–432. doi: 10.1093/icesjms/fsn048.; Hall-Spencer, J. M., Rodolfo-Metalpa, R., Martin, S., Ransome, E., Fine, M., Turner, S. M., Rowley, S. J., Tedesco, D. and Buia, M.-C. (2008). Volcanic carbon dioxide vents show ecosystem effects of ocean acidification, *Nature* 454(7200), 96–99. doi: 10.1038/nature07051. En: EEA (2017, p. 110).

³⁷⁷ Hendriks, I. E., Olsen, Y. S., Ramajo, L., Basso, L., Steckbauer, A., Moore, T. S., Howard, J. and Duarte, C. M. (2014). 'Photosynthetic activity buffers ocean acidification in seagrass meadows', *Biogeosciences* 11(2), 333–346 (doi: 10.5194/bg-11-333-2014). En: EEA (2017, p. 110).

³⁷⁸ Pita, P., Fernández-Márquez, D., Antelo, M., Macho, G., Villasante, S. (2019). Socioecological changes in data-poor S-fisheries: A hidden shellfisheries crisis in Galicia (NW Spain). *Mar. Policy* 101, 208–224. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.09.018>. En: Sanz y Galán (2020, p. 101)

intensidad y frecuencia del oleaje, se podrían ver afectadas las **poblaciones de la zona intermareal**, algunas de las cuales tienen interés comercial y recreativo³⁷⁹. Por ello el **marisqueo** será una actividad vulnerable al cambio climático, ya que **organismos filtradores**, como el **mejillón**, la **almeja**, o el **percebe** podrían verse afectados. En el caso del **percebe**, particularmente importante en Asturias, los diferentes modelos científicos aún no concuerdan sobre el futuro comportamiento del debilitamiento del proceso de afloramiento, cuestión que será clave, ya que la dispersión larval y productividad de percebe están estrechamente relacionados con este proceso en el Cantábrico³⁸⁰.

4.2.3. Acuicultura marina.

La **acuicultura marina** también se verá afectada por los efectos del cambio climático (Figura 46), y los mayores impactos previstos se producirán en los cultivos marinos de especies cuyos aportes alimenticios procedan del medio natural³⁸¹.



Figura 46. Esquema de los principales impactos potenciales del cambio climático sobre la acuicultura y su manifestación

Fuente: García Díez y Remiro Perlado (2014).

El aumento de la temperatura y las olas de calor puede afectar la vulnerabilidad ante enfermedades de las especies cultivadas por expansión de patógenos y parásitos³⁸², y la menor disponibilidad de oxígeno asociada a altas temperaturas puede producir variaciones en el crecimiento³⁸³ y la maduración, aumentando también la mortalidad de los peces y moluscos. Además, la previsión de una mayor frecuencia de temporales y fenómenos extremos de oleaje pueden provocar estrés en

³⁷⁹ García Díez y Remiro Perlado (2014).

³⁸⁰ Rivera, A., Weidberg, N., Pardiñas, A.F., González-Gil, R., García-Flórez, L., Acuña, J.L., 2013. Role of upwelling on larval dispersal and productivity of gooseneck barnacle populations in the Cantabrian sea: Management implications. PLoS One 8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0078482>. En: Sanz y Galán (2020, p. 101).

³⁸¹ García Díez and Remiro Perlado (2014, p.9)

³⁸² Callaway, R., Shinn, A.P., Grenfell, S.E., Bron, J.E., Burnell, G., Cook, E.J., Crumlish, M., Culloty, S., Davidson, K., Ellis, R.P., Flynn, K.J., Fox, C., Green, D.M., Hays, G.C., Hughes, A.D., Johnston, E., Lowe, C.D., Lupatsch, I., Malham, S., Mendzil, A.F., Nickell, T., Pickerell, T., Rowley, A.F., Stanley, M.S., Tocher, D.R., Turnbull, J.F., Webb, G., Wootton, E., Shields, R.J. (2012). Review of climate change impacts on marine aquaculture in the UK and Ireland. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 22(3), 389–421. <https://doi.org/10.1002/aqc.2247>. En: Sanz y Galán (2020, p. 103).

³⁸³ Peleteiro, J.B. (2010). Influencias del cambio climático en la acuicultura. IEO. En: *Foro Rec. Mar. Ac. Rías Gal.* Rey-Méndez M., Fernández Casal J., Lodeiros C., Guerra A. (eds.) 12: 709–718. 709–718. En: Sanz y Galán (2020, p. 103)

los peces cultivados en jaulas y daños en la infraestructura, y escapes de los ejemplares con importantes consecuencias socioeconómicas para el sector³⁸⁴. Asimismo, la proliferación de medusas está incrementando su frecuencia y puede incidir negativamente sobre especies cultivadas en jaulas como la dorada y la lubina³⁸⁵.

Diversos impactos derivados del cambio climático han sido ya descritos para el caso de **cultivos de moluscos bivalvos** como el **mejillón** cultivado en bateas en las rías gallegas³⁸⁶. Con carácter general, también se ha observado una atenuación de la estacionalidad del ciclo reproductor de mejillones, ostras y peces³⁸⁷.

Asimismo, el aumento de parásitos en **cultivos de almeja y ostra** puede ser otra consecuencia importante del cambio climático sobre los cultivos marinos; la reciente detección del parásito de almejas y ostras *Perkinsus spp.* en las costas gallegas, posiblemente introducido por el cultivo de almeja y ostra japonesas, se ve favorecida por temperaturas superiores a los 20°C³⁸⁸.

4.3. Agricultura.

La **agricultura sufre la mayor parte de los efectos e impactos del cambio climático**, como el aumento de la erosión de los suelos, las inundaciones y las sequías, además del incremento de plagas y enfermedades³⁸⁹, sin embargo, al igual que ocurre con otros muchos sectores, estos impactos se suman a **otros cambios ambientales y económicos de origen no climático** (como el aumento del precio de los insumos, la bajada de los precios de los productos en los mercados, la introducción de especies y patógenos exóticos, la despoblación de las zonas rurales, etc.), que aumentan la vulnerabilidad de los sectores agrícola y ganadero³⁹⁰.

En **España** se ha destacado recientemente la carencia de modelos que simulen el comportamiento de distintos agentes patógenos con respecto al clima, la capacidad de adaptación al biotopo y la dinámica estacional de los distintos procesos, una cartografía del riesgo para las diversas

³⁸⁴ AQUADAPT (2018). *Variables asociadas al cambio climático que afectan a la acuicultura de las especies objetivo. Identificación y análisis*. Proyecto AQUADAPT: Plan de Adaptación del sector de la acuicultura marina española al cambio climático; Arechavala-Lopez, P., Toledo-Guedes, K., Izquierdo-Gomez, D., Šegvić-Bubić, T., Sanchez-Jerez, P. (2018). Implications of Sea Bream and Sea Bass Escapes for Sustainable Aquaculture Management: A Review of Interactions, Risks and Consequences. *Rev. Fish. Sci. Aquac.* 26(2), 214–234. <https://doi.org/10.1080/23308249.2017.1384789>. En: Sanz y Galán (2020, p. 103-104)

³⁸⁵ Canepa, A., Fuentes, V., Sabatés, A., Piraino, S., Boero, F., Gili, J.-M., 2014. Chapter 11 Pelagia noctiluca in the Mediterranean Sea, in: Pitt, K., Lucas, C. (Eds.), In Jellyfish Blooms. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-94-007-7015-7_11; Baxter, E.J., Albinyana, G., Giron, A., Isern, M.M., García, A.B., Lopez, M., Canepa, A., Olariaga, A., Gili, J., Fuentes, V., 2011. Jellyfish-inflicted gill damage in marine-farmed fish: an emerging problem for the Mediterranean?, in: XIII Congreso Nacional de Acuicultura. Castelldefels, Barcelona. En: Sanz y Galán (2020, p. 103).

³⁸⁶ Álvarez-Salgado, X.A., Labarta, U., Fernández-Reiriz, M.J., Figueiras, F.G., Rosón, G., Piedracoba, S., Filgueira, R., Cabanas, J.M., 2008. Renewal time and the impact of harmful algal blooms on the extensive mussel raft culture of the Iberian coastal upwelling system (SW Europe). *Harmful Algae* 7, 849–855. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2008.04.007>; Álvarez-Salgado, X.A., Labarta, U., Vinseiro, V., Fernández-Reiriz, M.J., 2017. Environmental drivers of mussels flesh yield in a coastal upwelling system. *Ecol. Indic.* 79, 323–329. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.04.039>; Babarro, J.M.F., Padin, X.A., Filgueira, R., El Morabet, H., Portabales, M.A.L., 2018. The impact of the sea anemone *Actinotrocha sphyrodeta* on *Mytilus galloprovincialis* mussel cultivation (Galicia, Spain). *Biofouling* 34, 1138–1149. <https://doi.org/10.1080/08927014.2018.1547818>; Freitas, R., De Marchi, L., Bastos, M., Moreira, A., Velez, C., Chiesa, S., Wrona, F.J., Figueira, E., Soares, A.M.V.M., 2017. Effects of seawater acidification and salinity alterations on metabolic, osmoregulation and oxidative stress markers in *Mytilus galloprovincialis*. *Ecol. Indic.* 79, 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.04.003>; Pita, P., Fernández-Márquez, D., Antelo, M., Macho, G., Villasante, S., 2019. Socioecological changes in data-poor S-fisheries: A hidden shellfisheries crisis in Galicia (NW Spain). *Mar. Policy* 101, 208–224. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.09.018>. En: Sanz y Galán (2020, p. 103).

³⁸⁷ Dufour, F., Arrizabalaga, H., Irigoien, X., Santiago, J. (2010). Climate impacts on albacore and bluefin tunas migrations phenology and spatial distribution. *Prog. Oceanogr.* 86 (1-2), 283–290. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2010.04.007>. En: Sanz y Galán (2020, p. 94).

³⁸⁸ García Díez y Remiro Perlado (2014, p. 9).

³⁸⁹ Sanz y Galán (2020, p. 78).

³⁹⁰ Sanz y Galán (2020, pp. 79-80).

parasitosis, así como los cambios de distribución de patógenos debidos a la influencia del clima. A ello se une la complejidad derivada de que los impactos del cambio climático sobre la agricultura coexisten con muchas otras tendencias de cambio ambiental (aumento del precio de los insumos, bajada de los precios de los productos en los mercados, introducción de especies y patógenos exóticos, despoblación de las zonas rurales, etc.) que aumentan la vulnerabilidad del sector y subsectores agrícolas y ganaderos³⁹¹.

Los **efectos de las alteraciones producidas por el cambio climático pueden ser muy diversos según el tipo de cultivo** y de sus demandas térmicas e hídricas y de su vulnerabilidad ante los cambios. Así, por ejemplo entre los posible efectos se señalan³⁹²:

- La alteración del régimen de temperaturas provocará el avance de la floración en muchos cultivos, incrementando el riesgo de daños por heladas, con especial afección a frutales.
- El aumento de la temperatura mínima en invierno implicará un menor riesgo de helada, pero, al mismo tiempo, provocará el retraso de la floración de cultivos que necesitan un mínimo de horas de frío para florecer.
- El aumento estival de las temperaturas máximas y de la mínima nocturna producirán olas de calor que generan daños por estrés térmico en los cultivos.
- Las temperaturas excesivamente altas durante la época de floración y desarrollo del grano (aproximadamente desde mediados de abril hasta mediados de julio) pueden influir en el rendimiento de los cultivos herbáceos.
- Con carácter general, el incremento de las temperaturas y la menor disponibilidad de recursos hídricos puede provocar déficit hídrico en cultivos, mermas en la producción o pérdidas de la cosecha.

Por otra parte, la mayor concentración de CO₂ atmosférico puede producir un efecto positivo sobre todo en plantas C3 (aquellas que carecen de mecanismos especiales para combatir la fotorrespiración como el trigo, la cebada o la avena) al aumentar la tasa fotosintética, y en mucha menor medida, a las plantas C4 (las que tienen dissociado celularmente los procesos de fotorrespiración y de fijación del carbono de la fotosíntesis o ciclo Calvin, como por ejemplo el maíz)³⁹³.

Aunque la mayor parte de los estudios analizan los efectos sobre el olivar y el viñedo, en los **cultivos leñosos**, sin potencial de gestión adaptativa de avance o retraso de la siembra según las condiciones climáticas, los cambios fenológicos parece que serán muy evidentes, pudiendo retrasar la maduración, reducir la cantidad de frutos e incrementar la relación semilla-pulpa³⁹⁴.

En el **viñedo** los impactos del cambio climático varían según el periodo de crecimiento de la planta ya que, aunque el incremento de las temperaturas reducirá el riesgo de heladas invernales, afectará a la etapa estival de maduración pudiendo producirse una disminución de la calidad del fruto y un aumento del grado alcohólico. En zonas húmedas la disminución de las precipitaciones también puede disminuir la presencia de hongos³⁹⁵.

³⁹¹ Sanz y Galán (2020, p. 78).

³⁹² Sanz y Galán (2020, pp. 79-81).

³⁹³ Sanz y Galán (2020, p. 80).

³⁹⁴ Sanz y Galán (2020, pp. 81-82).

³⁹⁵ Sanz y Galán (2020, p. 82).

Por lo que se refiere a la incidencia del cambio climático sobre las **plagas y patógenos** en general, el incremento de las temperaturas³⁹⁶:

- Está asociado a mayores tasas de desarrollo, crecimiento y reproducción.
- Alargará la temporada de plagas y aumentará su supervivencia en invierno.
- Permitirá la expansión y colonización de algunos insectos en zonas en las que las condiciones actuales o anteriores impedirían su supervivencia.
- Los fenómenos extremos pueden provocar explosiones repentinas de plagas y patógenos.
- La disminución de las precipitaciones puede disminuir la presencia de hongos en zonas húmedas.

Asimismo, **el cambio en el régimen térmico** favorecerá la **naturalización de especies introducidas desde regiones más cálidas** que, hasta ahora, veían limitada su adaptación por las temperaturas invernales, lo que es especialmente relevante en el caso de los insectos en los que los cambios fenológicos se producen más rápidamente que en las plantas. Un ejemplo de ello se ha observado en el adelanto del ciclo del **escarabajo de la patata** (*Leptinotarsa decemlineata*) mientras que, al mantenerse las fechas de siembra de la patata, este coleóptero puede completar más generaciones en una misma temporada³⁹⁷.

Los efectos del cambio climático también afectaran a la interacción entre insectos, como en el caso de los **pulgones** (áfidos) y las **mariquitas** (coccinélidos). En el caso de los primeros, los inviernos más cálidos posibilitarán su permanencia en plantas cultivadas o adventicias que actuarán como hospedadores secundarios (que albergan al parásito solo en una fase inicial de su crecimiento) permitiendo una colonización más rápida a principio de la estación³⁹⁸. Por el contrario, las larvas de los coccinélidos se desarrollan peor con temperaturas superiores a los 30°C lo que puede provocar una reducción de sus poblaciones y, con ello, una merma de su capacidad de control de plagas.

En el caso de **Asturias** en los últimos diez años se ha detectado la presencia por primera vez de nuevas plagas y enfermedades que afectan a distintos cultivos³⁹⁹ como:

- Polilla del tomate (*Tuta absoluta*), en 2009.
- Drosophila de las alas manchadas (*Drosophila suzukii*), que ataca a una amplia gama de frutas silvestres y cultivadas, en 2012.
- El chancro bacteriano del kiwi (*Pseudomonas syringiae actinidia*), en 2013.
- Pulguilla de la patata (*Epitrix* spp.), en 2014.
- Polilla guatemalteca de la patata (*Tecia solanivora*), en 2016.
- Nueva enfermedad de la “Mancha angular” (*Pseudocercospora griseola*), hacia 2015.

En general, para los **cultivos de secano**, los impactos debidos a temperaturas más cálidas y precipitaciones más escasas dependen del tipo de cultivo, si bien a corto plazo (hasta 2030) **se prevé que los cultivos de secano de verano** (maíz, remolacha y girasol principalmente) **de las regiones**

³⁹⁶ Sanz y Galán (2020, p. 79-80 y 82).

³⁹⁷ Sanz y Galán (2020, p. 84).

³⁹⁸ Barzman, M., Lamichhane, J.R., Booi, K., Boonekamp, P., Desneux, N., Huber, L., Kudsk, P., Langrell, S.R.H., Ratnadass, A., Ricci, P., Sarah, J.-L. and Messean, A. (2015). Research and Development Priorities in the Face of Climate Change and Rapidly Evolving Pests, in: Lichtfouse, E. (Ed.), *Sustainable Agriculture Reviews*. Springer International Publishing, Cham, pp. 1–27. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16742-8_1. En: Sanz y Galán (2020, p. 84)

³⁹⁹ Dapena de la Fuente, E. y Miñarro Prado, M. (2019): Recursos agrícolas. En: Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (p. 14).

del sur europeo sean los que sufran más los impactos. Por ejemplo, en algunas zonas de Galicia las pérdidas de producción de maíz y remolacha azucarera podrían llegar al 50%⁴⁰⁰.

En relación a los cambios fenológicos en **frutales de hueso**, se documentan avances en la floración de frutales de climas templados, que de media en Europa se está adelantando 2.5 días por década desde los años 70. Sin embargo, en pomáceas y frutales de hueso cultivados en climas más cálidos, la falta de un número suficiente de horas-frío mientras están en estado latente puede generar la dinámica opuesta, es decir, retrasos en la floración. Además, la floración se muestra irregular y con mayor tendencia a caer⁴⁰¹. La mayor parte de impactos, no obstante, están asociados a seguimiento en el área mediterránea e interior de España, en relación a frutos como la almendra, cereza, albaricoque, olivar, e incluso cítricos.

En relación con el **cultivo del manzano**, uno de los principales cultivos agrícolas en Asturias, se constata que:

- En paralelo con los cambios registrados en el clima de la región, entre 1987 y 2006 se registró un adelanto de la fecha de floración de los manzanos en Asturias desde en torno al 8 de mayo, hasta en torno al 23 de abril⁴⁰².
- Los periodos de sequía en primavera y verano que, teniendo en cuenta las características fisiológicas del manzano, puede comprometer no sólo la producción anual de manzana, sino también el correcto desarrollo del árbol⁴⁰².
- Tanto la rata topera (*Arvicola scherman*) como el topillo lusitano (*Microtus lusitanicus*), especies consideradas plaga en Asturias, se reproducen en las plantaciones de manzano durante todo el año, no habiendo registro de otra población europea de rata topera que se reproduzca de manera continua durante todo el año³⁹⁹.
- Se ha detectado una expansión de la enfermedad del manzano (*Candidatus phytoplasma mali*) que ocasiona importantes pérdidas económicas al disminuir el tamaño y calidad del fruto y el rendimiento productivo³⁹⁹.

Aunque no se conocen estudios al respecto, el **cultivo del kiwi** en Asturias podría verse afectado por los cambios en la temperatura, viento, humedad relativa ambiental, pluviometría e insolación derivados del cambio climático. Los cambios en los patrones térmicos y de precipitación podrían alterar tanto la fenología como la productividad de las plantas. Además, la localización de los cultivos de kiwi en la región, sobre las vegas de los principales ríos asturianos, hace que este cultivo se encuentre especialmente expuestos a los fenómenos meteorológicos extremos, en particular a las inundaciones fluviales.

Otro de los cultivos que se puede ver afectado por los efectos del cambio climático es **la faba asturiana** o “faba de La Granja”, con IGP reconocida y cada vez mayor importancia económica para el campo asturiano. Este cultivo es vulnerable a condiciones adversas, como la sequía, las altas temperaturas o la elevada radiación, ya que afectan al desarrollo de la planta según la etapa en que ésta se encuentre: en la de desarrollo vegetativo las plantas reducen su crecimiento y aceleran la entrada en floración y posterior maduración, mientras que la de floración es habitual que se produzca la caída de la flor y problemas en el cuajado de las vainas⁴⁰³. Aunque recientemente se ha trabajado en el desarrollo de variedades mejoradas y más resistentes a la multitud de

⁴⁰⁰ Ferreira, Murube Torcida y Campa Negrillo (2018, p. 81).

⁴⁰¹ Ramírez and Kallarackal (2015); Menzel et al. (2006); Campoy et al. (2011). En: Sanz y Galán (2020, p. 82).

⁴⁰² Dapena de la Fuente y Fernández-Ceballos (2007).

⁴⁰³ Ferreira, Murube Torcida y Campa Negrillo (2018).

enfermedades y plagas que ya afectan a la faba⁴⁰³, en los últimos años se han detectado nuevas plagas que añaden nuevos riegos para las explotaciones comerciales⁴⁰⁴.

Por el contrario, aunque tampoco se disponen de estudios específicos al respecto, parece que los efectos del cambio climático en la región podrían llegar favorecer las producciones de algunos cultivos ya presentes, como el viñedo, o la aparición de otros de nueva implantación como, por ejemplo, el aguacate.

4.4. Ganadería.

4.4.1. Aspectos generales y relativos a la ganadería intensiva.

Si bien tradicionalmente en los sistemas extensivos montañosos el ganado ovino ha sido muy importante, a lo largo del siglo XX se ha reducido muchísimo el número de cabezas de este ganado, aumentando la de vacuno no lechero, que tiene menos costes de mantenimiento⁴⁰⁵.

Aunque **no se espera que el efecto fertilizante del CO₂ se manifieste positivamente en los sistemas de pastos en España**, debido diversos factores limitantes (disponibilidad hídrica, sobre todo), las alteraciones producidas por el cambio climático también se harán notar en estos ecosistemas⁴⁰⁶. Así, un incremento de la temperatura media, de las mínimas de invierno y el aumento de la irregularidad de las precipitaciones provocará:

- Una alteración de la fenología de las especies prateses actuales que producirá cambios en la abundancia de especies y creará hábitats favorables para especies invasoras.
- Una merma en la producción y calidad de los pastos, con la consiguiente disminución de la capacidad de carga ganadera sin sobrepasar los límites del sobrepastoreo.

También se pueden producir cambios en la **calidad nutricional del pasto** por otras causas como el incremento del riesgo de erosión y las alteraciones en la química del suelo, provocados por los cambios de manejo (infrapastoreo – sobrepastoreo) combinado con eventos meteorológicos extremos, o el aumento de la frecuencia e intensidad de los incendios forestales, que **puede favorecer la aparición de nuevas especies**⁴⁰⁷. En el ámbito del norte de España, y particularmente de Guipúzcoa, análisis recientes han considerado que el conjunto de formaciones asociadas a pastos (prados, praderas y otros pastos) presentan un riesgo bajo-medio de alteración por el cambio climático, si bien los prados y praderas son los que registrarían un riesgo ligeramente mayor⁴⁰⁸.

Los eventos térmicos extremos en forma de olas de calor y el aumento de las temperaturas mínimas en verano pueden provocar episodios de **estrés térmico en los animales** que hacen disminuir su bienestar, su ingesta y su producción, pudiendo incluso llegar a ser mortal, como las olas de calor de 2003 y 2006, que aumentaron la mortalidad del ganado bovino⁴⁰⁹. En el caso de las vacas

⁴⁰⁴ Landeras Rodríguez et al. (2017).

⁴⁰⁵ Lasanta, T., Nadal-Romero, E. y Arnáez, J. (2015). Managing abandoned farmland to control the impact of re-vegetation on the environment. The state of the art in Europe. *Environ. Sci. Policy* 52, 99–109. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.05.012>. En: Sanz y Galán (2020, p. 77).

⁴⁰⁶ Sanz y Galán (2020, p. 85).

⁴⁰⁷ Sanz y Galán (2020, p. 85).

⁴⁰⁸ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020; p. 154).

⁴⁰⁹ Morignat, E., Perrin, J.-B., Gay, E., Vinard, J.-L., Calavas, D., Hénaux, V. (2014). Assessment of the Impact of the 2003 and 2006 Heat Waves on Cattle Mortality in France. *PLoS ONE* 9(3): e93176. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093176>; Vitali, A., Felici, A., Esposito, S., Bernabucci, U., Bertocchi, L., Maresca, C., Nardone, A., Lacetera, N. (2015). Effects of heat waves on mortality of dairy cows. *Advances in Animal Biosciences* 6, 15–16. <https://doi.org/10.1017/S2040470014000429>. En: Sanz y Galán (2020, p. 80).

lecheras⁴¹⁰ los efectos en bienestar pueden notarse a umbrales muy bajos de temperatura (23°C para humedades relativas superiores a 50%). Asimismo, la exposición a altas temperaturas disminuye la fertilidad de otros animales como gallinas (con la correspondiente bajada de producción de huevos), conejos y caballos⁴¹¹.

Estos efectos generales **tendrán un mayor impacto en los sistemas de producción ganadera mixtos y extensivos**, con menor capacidad adaptativa, ya que los que los animales se verán afectados de manera directa por la **limitación del acceso al agua y la exposición al estrés por calor**, sobre todo en pastos donde no hay suficiente arbolado para producir sombra⁴¹².

En los **sistemas ganaderos intensivos se espera que los efectos directos el cambio climático sean a priori menores** que en el sector extensivo, aunque a costa de un incremento de los costes de producción (instalación de aislamiento térmico, sistemas de ventilación, duchas...etc.); alternativamente, se espera que los impactos del cambio climático más importantes en la ganadería intensiva sean los indirectos derivados del incremento de los costes de agua, alimentación, alojamiento, transporte o destrucción de infraestructuras debido a eventos extremos⁴¹³.

4.4.2. Ganadería extensiva y de montaña.

Los factores climáticos antes citados afectarán a la producción, rendimiento, reproducción y estado inmunitario de los animales, pero en la ganadería extensiva también afectarán a las **especies que componen los pastos, los rendimientos de los mismos y la calidad del forraje**, por lo que la incidencia climática se acrecienta, al producirse tanto de manera directa como indirecta. Los impactos sobre la diversidad vegetal y las disponibilidades hídricas caracteriza la denominada **“mediterraneización” de los sistemas agrosilvopastorales del norte peninsular**⁴¹⁴.

Dada la diversidad de sistemas ganaderos existentes y la variabilidad a escala local regional, resulta complejo evaluar con certeza las consecuencias climáticas; a nivel de Europa, particularmente del sur de Europa, se considera que las áreas montañosas, islas y zonas costeras serán, junto a algunas otras, las más impactadas, aunque con grandes diferencias entre las áreas mediterráneas y las atlánticas, por ejemplo. No obstante **existe un alto grado de consenso acerca de los siguientes efectos**⁴¹⁵:

- Estrés térmico y aumento de la mortalidad del ganado por el 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.

⁴¹⁰ Galán, E., Llonch, P., Villagrà, A., Levit, H., Pinto, S., del Prado, A. (2018). A systematic review of non-productivity-related animal-based indicators of heat stress resilience in dairy cattle. *PLoS ONE* 13(11): e0206520. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206520>. En: Sanz y Galán (2020, p. 85).

⁴¹¹ Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M.S., Bernabucci, U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Sci.* 130, 57–69. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.02.011>. En: Sanz y Galán (2020, p. 86).

⁴¹² Deniz, M., Schmitt Filho, A.L., Farley, J., de Quadros, S.F., Hötzel, M.J. (2019). High biodiversity silvopastoral system as an alternative to improve the thermal environment in the dairy farms. *Int. J. Biometeorol.* 63, 83–92. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1638-8>. En: Sanz y Galán (2020, p. 86).

⁴¹³ Rivera-Ferre, M., López-i-Gelats, F., Howden, S., Smith, P., Morton, J.F., Herrero, M. (2016). *Re-framing the climate change debate in the livestock sector: mitigation and adaptation options: Mitigation and adaptation options in the livestock sector.* <https://doi.org/10.1002/wcc.421>; Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M.S., Bernabucci, U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Sci.* 130, 57–69. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.02.011>. En: Sanz y Galán (2020, p. 86).

⁴¹⁴ Rubio Sánchez y Roig Gómez (2017).

⁴¹⁵ Junta de Andalucía (2012). *Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático Sector Ganadería*. En: (Herrera 2020, p. 21).

- Merma de la producción ganadera (cárnica y láctea) 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, y al aumento de la frecuencia e intensidad de las lluvias torrenciales que incrementan el poder erosivo pluvial. A su vez, una menor productividad de los pastos podría acarrear una menor capacidad de carga de los pastizales, y forzar un mayor movimiento de los animales en busca de nuevos recursos u obligar al ganadero a suplementar su alimentación actual.
- Reducción de la diversidad de especies ganaderas, debido a la dificultad (inviabilidad) de algunas para adaptarse de manera natural al cambio climático.
- Cambio en los patrones de las plagas y las enfermedades.

Entre **las formaciones más sensibles** al cambio climático se identifican⁴¹⁶:

- Los pastos de puerto o alta montaña.
- Las especies de árboles y arbustos caducifolios utilizados para ramoneo, y las comunidades esclerófilas y lauroides del sur y sudeste.
- Las comunidades seriales de pastos herbáceos singulares íntimamente ligados a perturbaciones del pastoreo o la actividad ganadera.

Los **suelos** y las condiciones edáficas de los pastos también son susceptibles de ser impactados por el cambio climático, lo que conllevará un deterioro de la calidad del pasto; en concreto por los nuevos y más frecuentes eventos meteorológicos extremos; la pérdida de carbono puede ser también muy relevante en algunos suelos de las **zonas húmedas de nuestro país**, y no tanto en el ámbito mediterráneo. Para las **zonas de alta montaña y la cornisa cantábrica** también se prevé que el cambio climático ejerza un impacto positivo en la estimulación del crecimiento vegetal, como consecuencia del aumento de CO₂ y la duración del periodo vegetativo⁴¹⁷.

En la **ganadería extensiva y mixta** la disminución de precipitaciones acarreará en general una disminución en la disponibilidad de agua, reduciendo la capacidad de los animales de mitigar el estrés por calor, sobre todo en áreas de pasto con poco arbolado y sombra⁴¹⁸.

Adicionalmente, **el cambio climático puede propiciar mayor incidencia de enfermedades ligadas a especies o vectores nuevos** (a las que el ganado no es resistente) o más virulentos (que transmiten enfermedades por medio de vectores propios o foráneos), así como acelerar la propagación de enfermedades graves y zoonosis⁴¹⁹. El aumento generalizado de las temperaturas y de las mínimas de invierno cambiará los patrones de **plagas y enfermedades** a los que está expuesto el ganado, y los sistemas extensivos y semi-extensivos se consideran también los más expuestos a plagas y patógenos (sobre todo aquéllos patógenos que usan la fauna salvaje como vector de transmisión), por lo que se necesitarán medidas de adaptación específicas (como limitar

⁴¹⁶ Rubio Sánchez and Roig Gómez (2017, pp. 64-67).

⁴¹⁷ Rubio Sánchez and Roig Gómez (2017, p. 69).

⁴¹⁸ Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M.S., Bernabucci, U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Sci.* 130, 57–69. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.02.011>. En: Sanz y Galán (2020, p. 86).

⁴¹⁹ Rubio Sánchez and Roig Gómez (2017, pp. 72-73).

el acceso de fauna salvaje a puntos de agua)⁴²⁰. Entre las principales enfermedades y zoonosis del ganado relacionadas con factores climáticos se han identificado las siguientes⁴²¹:

- Enfermedades víricas como la lengua azul, la peste equina africana y *schmallenberg*, transmitidas por mosquitos del género *Culicoides*, que expandirán su distribución en España con el aumento general de las temperaturas y de las mínimas en invierno.
- Tuberculosis bovina y caprina, cuya bacteria causante se vería favorecida por el aumento de las temperaturas mínimas en invierno.
- Fiebre Hemorrágica del Congo, cuyo vector de transmisión son las garrapatas del género *Hyaloma*. Aunque hasta ahora son poco abundantes los ejemplares positivos en el norte de España, su supervivencia está favorecida por inviernos suaves.

En el caso de la **ganadería extensiva de montaña**, en Pirineos tanto pastores como investigadores han observado cambios ambientales, como es el descenso de la cantidad de nieve acumulada (debido al aumento de temperatura) y el consecuente descenso del caudal de las fuentes de montaña imprescindibles para la permanencia estival del ganado en los puertos, y el aumento de las cubiertas vegetales arbustivas y arboladas en zonas de pasto abandonadas, que aumenta la vulnerabilidad del sistema por el incremento del riesgo de incendios⁴²². Asimismo, de una muestra de 100 ganaderos/as del sector extensivo español incluidos en un estudio reciente⁴²³, el 78% constató que ha observado un incremento de períodos de sequía (menos lluvia en verano y primavera), 73% desplazamientos de las estaciones, 70% una disminución del caudal de los cuerpos de agua y 69% incrementos en las temperaturas máximas.

Finalmente, se han descrito otros posibles impactos indirectos del cambio climático sobre la ganadería extensiva, como la mayor competencia por los mismo recursos (pasto verde, agua, etc.) entre el ganado doméstico y la fauna silvestre, facilitando a su vez el contacto y el riesgo de mayor transmisión de parásitos, virus, bacterias y enfermedades presentes en la fauna silvestre⁴²⁴.

En cualquier caso, **la magnitud del impacto del cambio climático dependerá de la tolerancia natural al calor de las diferentes razas y variedades y del manejo y conocimientos de los propios ganaderos**. Todos los efectos directos del cambio climático, pueden verse sensiblemente agravados o atenuados (aumento o reducción de la vulnerabilidad real de la ganadería extensiva) según el grado de sedentarización del ganado, la pérdida o conservación de terrenos y de prácticas comunales (conservar variedad de recursos territoriales que se aprovechan de forma no excluyente), o la pérdida o mantenimiento de los conocimientos tradicionales sobre el manejo sostenible y tradicional del ganado y las razas autóctonas. Al fin y al cabo, una de las ventajas de la ganadería extensiva y el pastoreo ante retos como el cambio climático es que han sido y son, por definición, actividades tradicionales que se han ido adaptando continuamente y de forma dinámica a las características y condicionantes de los sistemas naturales basados en prados, pastizales y mosaicos⁴²⁵.

⁴²⁰ Sanz y Galán (2020, p. 86).

⁴²¹ Sanz y Galán (2020, p. 87).

⁴²² Fernández-Giménez, M.E., Fillat, F., 2012. Pyrenean Pastoralists' Ecological Knowledge: Documentation and Application to Natural Resource Management and Adaptation. *Hum. Ecol.* 40, 287–300. <https://doi.org/10.1007/s10745-012-9463-x>. En: Sanz y Galán (2020, p. 85).

⁴²³ Muntané-Puig, J., Rivera Ferre, López i Gelats, F., Oteros-Rozas, E., Dean, G., Manuel, J., Di Masso, M., Varela, E., Brumen, M. (2019). *Estrategias de adaptación al Cambio Climático de la ganadería extensiva española: una perspectiva social*. Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid. En: Sanz y Galán (2020, p. 86).

⁴²⁴ Rubio Sánchez and Roig Gómez (2017, p. 73).

⁴²⁵ Herrera (2020, p. 22).

Algunas de las características clave del **pastoreo** de cara a su adaptación al cambio climático son intrínsecas al modelo productivo. La más evidente de todas ellas es la movilidad. El pastoreo, al ser móvil, permite alejarse de algunas catástrofes climáticas inminentes, como sequías o picos de calor, buscando refugio en terrenos con mejores condiciones. También permite gestionar la disponibilidad de alimento, trasladando a los animales en busca de condiciones óptimas del pasto y garantizando los periodos de descanso de los pastizales. Las **trashumancias**, como estrategias de movilidad tanto de corto como de largo recorrido, marcan una capacidad máxima de adaptación, ya que sus recorridos tienen en consideración la gran variedad climática de los territorios que atraviesan⁴²⁵.

4.4.3. Apicultura.

En cuanto a la **apicultura**, el aumento de temperaturas también puede provocar desajustes entre la fenología de los polinizadores y las especies que polinizan, aunque se espera que esto afecte más a especies polinizadoras especialistas y menos a las abejas melíferas (*Apis mellifera*), más generalistas y, por tanto, menos vulnerable al cambio climático que otros insectos^{426/427}.

Sin embargo, el cambio climático actuaría como agente agravante de las actuales amenazas de las abejas como son ciertos parásitos y patologías (nosemosis, sobre todo por *Nosema cerana*); la escasez de alimentos en determinadas épocas del año debidas a cambios en la floración; la fragmentación de hábitats; las intoxicaciones, provocadas por la agricultura industrial y el abuso de productos como los herbicidas; el denominado síndrome de despoblamiento de las colmenas; los ataques de especies invasoras, como la avispa asiática (*Vespa velutina*)⁴²⁸. En relación con esta última amenaza, presente en Asturias desde 2014, cabe señalar que la velutina se alimenta en zonas urbanas en un 80% de abejas melíferas, mientras que en zonas rurales las abejas melíferas suponen un 45-50% de su dieta⁴²⁹.

4.5. Silvicultura.

Los principales **cambios y procesos con los que amenaza** el cambio climático y que previsiblemente aumentarán la vulnerabilidad de los **ecosistemas terrestres de tipo forestal** ya han sido descritos en el apartado referido a los ecosistemas terrestres y **son extrapolables en gran medida a la realidad silvícola**.

El cambio del clima convertirá zonas actuales favorables a la silvicultura en desfavorables en el futuro, y viceversa. La productividad de los bosques, que también incluye a las masas objeto de manejo y de aprovechamiento silvícola, también va a verse afectada por una disminución en la fertilidad del suelo y el descenso de la pluviosidad (esperable en el caso de Asturias)⁴³⁰.

En términos generales, la **menor disponibilidad hídrica** en una masa forestal produce, a corto plazo, reducción de su crecimiento y debilitamiento frente a patógenos; si a ello se une un aumento de temperatura muy notable y la capacidad de transpiración se reduce por escasez de agua en el perfil o por escaso desarrollo de las raíces finas o del estado de micorrización, el choque térmico puede

⁴²⁶ Sanz y Galán (2020, p. 88).

⁴²⁷ MAPA (2017). *Anuario de Estadística 2017. Parte Tercera: Estadísticas agrarias y alimentación*. Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación, Madrid. En Sanz y Galán (2020, p. 78).

⁴²⁸ López i Gelats, F., Vallejo Rojas, V., Rivera Ferre, M.G. (2017). *Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la apicultura mediterránea en España*. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente., Madrid. En: Sanz y Galán (2020, p. 86).

⁴²⁹ MAGRAMA (2015, p. 11).

⁴³⁰ Roqueñí Gutiérrez y Orviz Ibáñez (2011, p. 133).

ser muy perjudicial para las hojas. A la larga, la reducción de la disponibilidad hídrica, puede hacer decaer a la especie afectada⁴³¹.

En las últimas décadas se ha detectado un **aumento de las enfermedades causadas por insectos, hongos y organismos afines invasores** procedentes de regiones más cálidas que se han visto favorecidas por el efecto del cambio climático, por lo que es previsible que las especies forestales se verán afectadas por un aumento en la incidencia de plagas, que además se cree serán más virulentas; ante ello, las especies de árboles con mayor resistencia se podrían ver favorecidas⁴³².

Por tanto, los efectos del cambio climático también están actuando sobre la dinámica de perturbación de las plagas de insectos nativos y los patógenos microbianos y facilitando, además, la aparición y propagación de especies no autóctonas y enfermedades de los ecosistemas terrestres. Todo ello afecta a la salud de los árboles y otras comunidades vegetales y pone en alto riesgo las plantaciones gestionadas⁴³³. No obstante, la altitud y la pendiente moderarán la sensibilidad y la capacidad de adaptación, de manera que por ejemplo, la incidencia de plagas y enfermedades, disminuirá en altitudes elevadas⁴³⁴.

La **modificación de la fenología y de la fisiología** de las especies arbóreas puede entrañar efectos de diferente signo sobre su productividad. En general, las zonas en las que es más probable que se manifiesten los efectos del cambio climático son las que constituyen los límites de la distribución actual del arbolado, bien por sequía (régimen hídrico xérico y térmico templado), bien por frío (zonas de alta montaña). Sin embargo, el cambio climático puede suponer en algunas regiones y a corto plazo, un aumento de la productividad en lugares sin limitaciones hídricas por aumento de la duración del período vegetativo con ventaja para la silvicultura intensiva⁴³¹, como más adelante se ilustra con el caso del eucalipto en el interior de Galicia.

Las masas forestales productoras constituyen el principal sumidero de CO₂ de Asturias desempeñando, por tanto, un importante papel en la mitigación de las emisiones, bajo los principios de la gestión forestal sostenible. Además, el sector forestal y de la madera representa un sector estratégico en la transición hacia una economía baja en carbono, ya que proporciona energía basada en recursos naturales no fósiles y bioproductos⁴³⁵.

Los **impactos directos del cambio climático** sobre los **recursos silvícolas** ponen en **riesgo diferentes servicios ecosistémicos**, con notable relevancia a nivel local-regional de determinados servicios de provisión y culturales, como la producción maderera y de biomasa forestal para fines energéticos, la fabricación de (nuevos) materiales y muebles, o la actividad cinegética y micológica, entre otras. Pero, además el propio proceso de cambio global será generador de cambios en la demanda de productos procedentes de masas gestionadas por el hombre, alterará las cadenas de valor y suministro de productos forestales e impactará sobre las infraestructuras de producción y transporte forestal; todo ello inducirá cambios en la actual gestión silvícola. Y a todo ello se superponen también las dinámicas derivadas de las políticas de mitigación o de un crecimiento de la bioeconomía, entre otros, que podrían llegar a convertirse en factores de impacto.

⁴³¹ Serrada Hierro *et al.* (2011).

⁴³² Roqueñí Gutiérrez y Orviz Ibáñez (2011, p. 134).

⁴³³ Ortíz de Urbina *et al.* (2016).

⁴³⁴ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020; p. 153).

⁴³⁵ Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (2019).

Por todo ello, aunque existen previsiones a nivel mundial sobre las grandes dinámicas y tendencias esperables⁴³⁶, **la incertidumbre se agrava** particularmente cuando se abordan los impactos **a nivel subregional y local**, que requieren estudios regionales específicos.

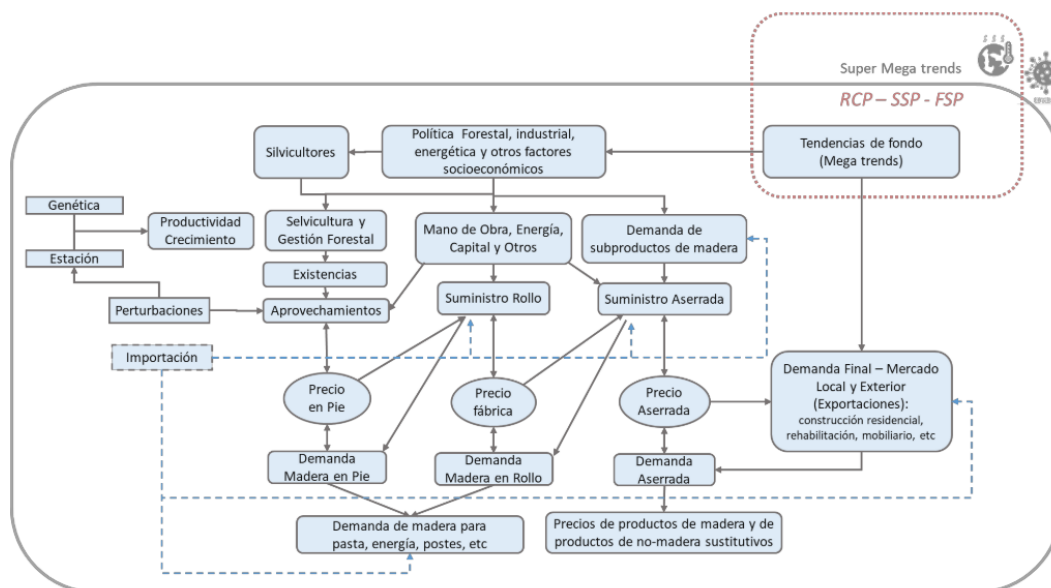


Figura 47. Elementos susceptibles de verse afectados por el cambio climático y sus interacciones en el contexto de la industria maderera

Fuente: Picos (2020).

4.5.1. Distribución de formaciones forestales, fisiología y fenología.

En el caso de ciertas masas, su tratamiento histórico les ha conferido una mayor sensibilidad ante los impactos del cambio climático, como ocurre con los pinares resinados, los montes bajos regulares de especies del género *Quercus*, las dehesas y los alcornocales. El tratamiento pasado ha condicionado de forma importante su estructura, su composición y su fisiología actual, lo que las convierte en masas especialmente sensibles frente a alteraciones del régimen hídrico y térmico, al margen de su necesaria adaptación funcional⁴³⁷.

Según datos del IV IFN, el 60% de la superficie forestal de Asturias es monte arbolado; más del 80% de la superficie ocupada por bosques de castaño, haya o roble son masas maduras, mientras que los bosques productores (eucalipto y pinar) presentan una distribución de edades más equilibrada debido a la gestión forestal. La elevada concentración de biomasa en etapas maduras en el caso de las **masas de frondosas** podría comprometer su sostenibilidad bajo un escenario de cambio climático, ya que su capacidad de adaptación al mismo será menor cuanto más envejecidos estén estos bosques, con crecimientos nulos y muy baja capacidad de regeneración tanto sexual como asexual⁴³⁸.

En Asturias se constata un incremento del territorio potencial de las especies ecológicamente más versátiles como el **pino marítimo** (*Pinus pinaster*), aunque estas masas pueden presentar problemas de adaptación debido a la escasa variabilidad genética del material vegetal empleado

⁴³⁶ Picos (2020).

⁴³⁷ Serrada Hierro *et al.* (2011).

⁴³⁸ Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez, (pp. 12).

en las repoblaciones⁴³⁹. Como ya se indicó en el apartado referido a ecosistemas terrestres, aquellas especies con requerimientos específicos (sobre todo condiciones de humedad durante el período vegetativo), como el **haya** (*Fagus sylvatica*) perderían territorio potencial. Recientemente, en zonas del norte de España como Guipúzcoa se han identificado a las extensiones de ***Pinus radiata*** y de **eucalipto** como las plantaciones forestales de mayor riesgo ante el cambio climático, debido a su carácter intensivo, elevada homogeneidad y baja diversidad (monocultivos); presentan además una alta sensibilidad a los incendios por su alta disponibilidad de biomasa vegetal combustible⁴⁴⁰.

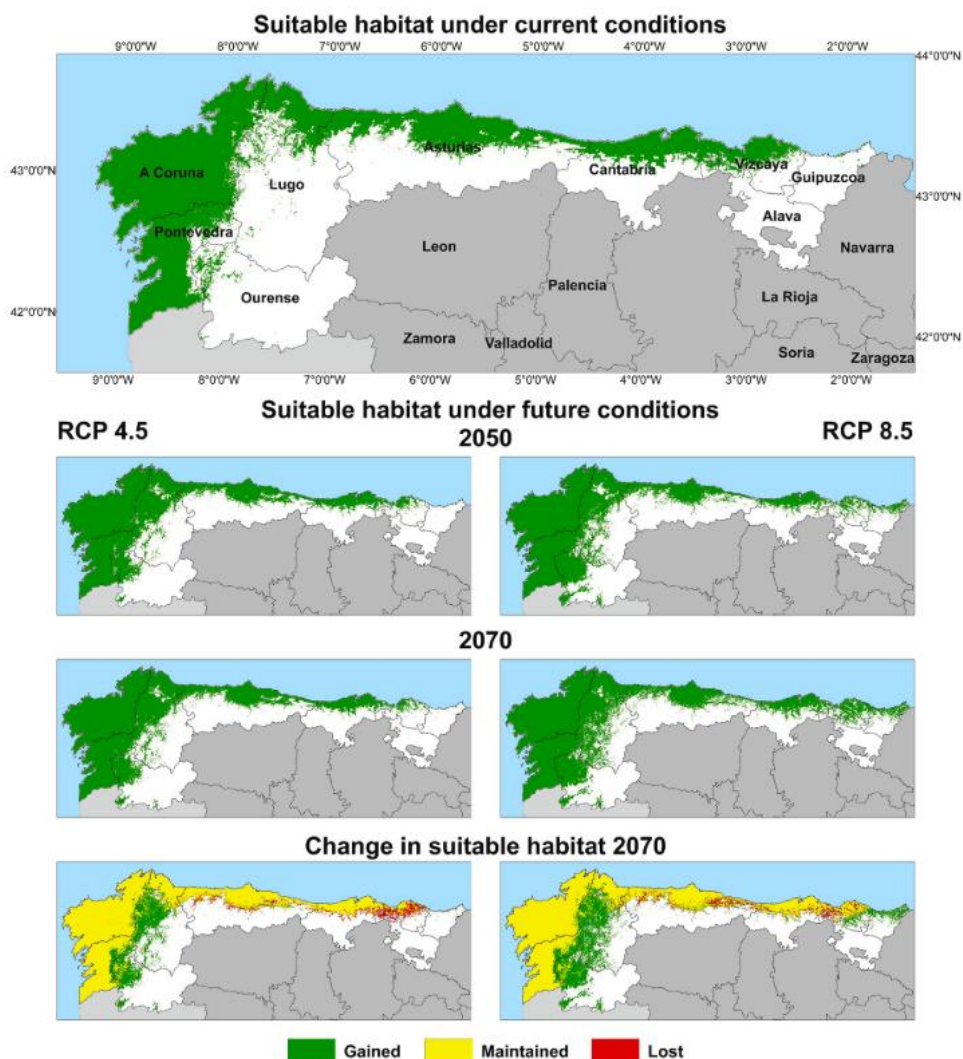


Figura 48. Predicciones para el norte de España basadas en modelos espaciales del hábitat apto actual y futuro de *E. globulus* bajo los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 y horizontes a 2050 y 2070

Fuente: López-Sánchez et al. (2021).

En Asturias los **eucaliptales** representan hoy alrededor del 15% del área forestada de la región. Bajo los escenarios de cambio climático 4.5 y 8.5 del V Informe de Evaluación del IPCC, y utilizando

⁴³⁹ IPCC (2013); Barrio-Anta et al. (2020); Novo-Fernández et al. (2019). En: Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez, (pp. 12).

⁴⁴⁰ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020; p. 153).

proyecciones futuras a 2050 y 2070, se prevé un aumento significativo del hábitat adecuado para el eucalipto en las zonas interiores de Galicia (noroeste de España) y una reducción o mantenimiento en Asturias, Cantabria y Euskadi. La retracción del hábitat apto para estas plantaciones en regiones costeras como Asturias parece deberse a variables relacionadas con la pluviometría, más concretamente, a una previsible reducción de las precipitaciones en el trimestre más húmedo⁴⁴¹.

4.5.2. Problemas fitosanitarios, plagas y especies invasoras.

También se ha detectado en Asturias un **importante aumento del nivel de daños sobre las masas forestales de la región**, tanto de coníferas como de frondosas, causados por efectos bióticos y abióticos, incrementándose los daños de defoliación⁴⁴². En el caso de hongos y organismos afines, el aumento de las temperaturas (sobre todo las mínimas) ha favorecido el avance en nuevos territorios. Estos organismos alóctonos afectan a los ecosistemas nativos, originando en ocasiones graves desequilibrios ecológicos⁴⁴³. En el caso de los insectos que provocan plagas en especies vegetales se ha demostrado que el área de distribución de algunas especies se ha modificado debido al aumento de las temperaturas⁴⁴⁴.

En los últimos años, han aparecido nuevas plagas que afectan principalmente a **especies forestales de coníferas**, siendo especialmente preocupante por su impacto medioambiental y económico, la aparición en Asturias en 2018 de *Lecanosticta acicola*, agente causal de la **banda marrón** sobre las acículas de los **pinos**, que está provocando la muerte de rodales completos de cultivos de *Pinus radiata*⁴⁴⁵. Otro ejemplo lo encontramos en la expansión del **picudo rojo de las palmeras** (*Rhynchophorus ferrugineus*), que entre 2004 y 2006 colonizó la totalidad de la región mediterránea⁴⁴⁶, alcanzando el territorio asturiano en 2017⁴⁴⁷; en Asturias, este coleóptero de origen asiático está afectando a diferentes especies de palmeras, lo que ha obligado a tomar recientemente medidas de control⁴⁴⁸.

La expansión de la procesionaria del **pino** (*Thaumetopoea pityocampa*) es otro indicador del cambio climático, ya que el incremento de las temperaturas invernales ha facilitado su extensión desde la región mediterránea y ha favorecido la supervivencia de las larvas durante su fase de crecimiento, lo que permite su ascenso y supervivencia en cotas más altas ocupadas por el pino silvestre (*Pinus sylvestris*)^{449/450}. La procesionaria hoy en día se encuentra en todo el norte de la península Ibérica⁴⁵¹, afectando a la productividad de las plantaciones de pino y a la salud humana, al ser un agente causante de reacciones alérgicas.

También factores climáticos, como veranos más cálidos con elevada humedad ambiental, pueden favorecer el desarrollo algunas enfermedades, como es el caso de los **hongos defoliadores de**

⁴⁴¹ López-Sánchez *et al.* (2021).

⁴⁴² Prendes *et al.* (2018). En: Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez, (2019, p. 12).

⁴⁴³ Fisher *et al.* (2012).

⁴⁴⁴ Jactel, Koricheva y Castagneyrol (2019).

⁴⁴⁵ Cámara, A., Barrio Anta, M., López Sánchez, C.A., Majada, J. y Martínez-Alonso, C. (2019). Recursos forestales. En Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (pp. 12-13).

⁴⁴⁶ Robinet, C., Roques, A. (2010): Direct impacts of recent climate warming on insect populations. *Integr. Zool.* 5, 132–142. <https://doi.org/10.1111/j.1749-4877.2010.00196.x>. En: Sanz y Galán (2020, p. 84).

⁴⁴⁷ Dapena de la Fuente, E. y Miñarro Prado, M. (2019): Recursos agrícolas. En: Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (p. 14).

⁴⁴⁸ BOPA núm. 44, de 22 de febrero de 2018.

⁴⁴⁹ Herrero y Zavala (2015, p. 26).

⁴⁵⁰ Sanz y Galán (2020, p. 65).

⁴⁵¹ Roques *et al.* (2015).

coníferas banda marrón y roja (*Mycosphaerella dearnessii* y *M. pini*), que han proliferado causando mortandad en plantaciones de Pino de Monterey (*Pinus radiata*) en la cornisa cantábrica⁴⁵².

En 2014 se detectó la primera infección de **avispa del castaño** (*Dryocosmus kuriphilus*)⁴⁵³, que había aparecido por primera vez en España en 2012 en Cataluña, considerada la plaga más perjudicial para esta especie, ya que la infección de las yemas y la formación de agallas impiden el normal desarrollo de los brotes, provocando una drástica disminución de hasta el 80% de la fructificación y una pérdida de la arquitectura y biomasa verde del árbol⁴⁵⁴.

En relación a varias especies de **eucalipto**, es esperable una mayor incidencia y virulencia de plagas como el **gorgojo defoliador** (*Gonipterus platensis*)⁴⁵⁵. En el noroeste de la península Ibérica, el número de insectos detectados hasta hoy que son responsables de daños en plantaciones de eucaliptos es menor que en otras zonas próximas como Portugal, probablemente debido que las especies predominantes en esta zona de la península son el *E. globulus* y el *E. nitens*. Aunque el *Gonipterus platensis* afecta a varias especies del género *Eucalyptus*, ataca muy especialmente al *E. globulus* y se detectó por primera vez en el occidente de Asturias en 1994⁴⁵⁶.

4.5.3. Afección por incendios y otros riesgos naturales.

Entre 2005 y 2018 se quemaron en Asturias 22 385 hectáreas arboladas, lo supone un promedio anual de 1 600 hectáreas y casi el 16% de la superficie total quemada. La serie presenta notables variaciones anuales siendo los años 2015 y 2017, con más de 5 967 y 4 629 hectáreas respectivamente, los años en los que se registraron las mayores superficies arboladas quemadas. Además, 2015 es el año en el que la proporción es más alta y la arbolada representó más del 27% del total anual. Por el contrario, 2018 es el año que menor superficie presenta con 196 hectáreas arboladas quemadas⁴⁵⁷.

Tabla 40. Evolución de la superficie arbolada quemada en Asturias entre 2005 y 2018.

Año	Superficie (ha)	% sobre el total quemado	Número de GIF
2005	1 397.9	16.0	1
2006	2 334.7	24.5	1
2007	359.5	13.4	-
2008	588.1	8.8	-
2009	889.6	8.4	-
2010	672.2	8.4	-
2011	1 582.2	11.3	3
2012	2 110.0	12.7	2
2013	474.4	14.2	-
2014	867.8	11.0	-
2015	5 967.2	27.3	3
2016	316.2	18.8	-
2017	4 630.2	16.4	9
2018	195.5	9.5	-
Total	22 385.4		
Promedio	1 599.0	15.8	19

Fuente: elaborado a partir de Gobierno del Principado de Asturias (2020, p. 24).

⁴⁵² Ortíz de Urbina *et al.* (2016).

⁴⁵³ Dapena de la Fuente, E. y Miñarro Prado, M. (2019): Recursos agrícolas. En: Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (p. 14).

⁴⁵⁴ Ciordia Ara, García Rubio y Loureiro Rodríguez (2020).

⁴⁵⁵ Roqueñí Gutiérrez y Orviz Ibáñez (2011, p. 134).

⁴⁵⁶ PLURIFOR (2018).

⁴⁵⁷ Gobierno del Principado de Asturias (2020, p. 24).

A pesar de las variaciones anuales, la serie presenta una tendencia bastante estable para el conjunto, aunque sí se observa un incremento de la proporción de las superficies arboladas quemadas desde 2010, especialmente acusado entre 2015 y 2017, evolución relacionada con el incremento de las superficies de los incendios forestales, y en particular con la ocurrencia de grandes incendios forestales (GIF) y de eventos que superan la capacidad de extinción, lo que provoca que, en estas circunstancias, se incremente significativamente la afección a superficies arboladas (Tabla 40).

Dado que las proyecciones del cambio climático anuncian un escenario con **un incremento significativo de la ocurrencia de incendios con comportamiento extremo**, favorecidos por la mayor frecuencia de los episodios de sequía prolongada, las altas temperaturas y de vientos fuertes, y que las tendencias regionales ya muestran un incremento de la superficie media de los incendios, **la probabilidad de incremento de la afección a masas arboladas**, incluidas las productivas, por los incendios forestales **es muy alta**.

La **mayor frecuencia de vendavales** en los que la velocidad del viento sea capaz de causar daños al arbolado es otro de los impactos favorecidos por el cambio climático. Entre las áreas peninsulares más vulnerables a este factor estarán las zonas costeras con masas regulares frecuentemente dedicadas a selvicultura intensiva mediante recepes en toda la cornisa cantábrica. Los daños sobre el arbolado están relacionados con la espesura y estructura de la masa en cuestión. Los excesos de espesura, que conducen a una esbeltez elevada de los pies, refuerzan notablemente los daños producidos por viento. La reducción excesiva de la espesura favorece el aumento de la velocidad del viento dentro de la masa y la formación de remolinos, lo cual conduce también a un aumento de daños⁴⁵⁸.

4.6. Industria y energía.

Los **sectores energético e industrial** se verán afectados 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. Además, el sector energético (generación, transporte, transformación y comercialización de la energía) resulta esencial ya que de él dependen, directa o indirectamente, todos los sectores y ámbitos de actividad económica y social⁴⁵⁹.

No obstante, tal y como señala el IPPC⁴⁶⁰, refiriéndose en general a los sectores económicos, **el impacto directo del cambio climático sobre la producción de energía y las actividades industriales será pequeño en comparación con los generados por otros factores** como los cambios en la población, la edad, los ingresos, la tecnología, los precios relativos, el estilo de vida, la regulación, la gobernanza y muchos otros aspectos del desarrollo socioeconómico que tendrán un impacto en la oferta y la demanda de bienes y servicios económicos.

En primer lugar, hay que señalar que, la mayor parte de las **afecciones descritas en el capítulo dedicado al sistema de poblamiento son de aplicación a la actividad industrial**, dependiendo de la localización de los emplazamientos, por lo que tan sólo se abordarán de forma genérica en el presente apartado (Tabla 41 y Tabla 42). Así, los cambios graduales de temperatura y precipitación, la subida del nivel del mar o el aumento en la frecuencia de **eventos extremos**, como temporales, tormentas y precipitaciones intensas, inundaciones costeras y continentales, olas de calor o

⁴⁵⁸ Serrada Hierro *et al.* (2011).

⁴⁵⁹ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 181).

⁴⁶⁰ Arent *et al.* (2014, p. 662).

incendios forestales y de otros riesgos naturales, como los movimientos de ladera, pueden provocar grandes impactos sobre las infraestructuras y equipos de generación, transporte y distribución⁴⁵⁹.

Tabla 41. Principales impactos del cambio climático y eventos climáticos extremos en las distintas fuentes de energía.

FUENTE	VARIACIONES CLIMÁTICAS	POSIBLES IMPACTOS
CENTRALES TÉRMICAS (COMB. FÓSILES)	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento de la temperatura. - Cambios de precipitación y aumento de la temperatura: reducción de la disponibilidad de agua. - Incremento de la frecuencia de ola de calor. - Sequías: reducción de la disponibilidad de agua. 	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución de la generación de electricidad. - Reducción de la eficiencia en el proceso de conversión térmica y reducción de la operatividad (cortes de suministro) - Exacerbación de los impactos del aumento de temperatura (reducción de la eficiencia de refrigeración). - Reducción de la operatividad (cortes de suministro).
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. - Pérdida de potencia por daños estructurales directos o indirectos,.
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. - Mejora del potencial de crecimiento de determinados cultivos. - Reducción de la productividad.
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. - Mayor potencial de producción debido a la reducción de la cobertura nubosa. - Daños materiales y reducción de la capacidad de generación.
EÓLICA	<ul style="list-style-type: none"> - Régimen de vientos. - Velocidad extremal del viento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambios en el potencial eólico. - Daños estructurales y reducción de la capacidad de generación.
MARINA	<ul style="list-style-type: none"> - Cambios en el régimen de vientos y por tanto del oleaje. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambios en el potencial energético. - Daños estructurales y reducción de la capacidad de generación.

Fuente: elaborado a partir de Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 186).

Tabla 42. Principales impactos del cambio climático y eventos climáticos extremos en la distribución de energía.

INFRAESTRUCTURA	VARIACIONES CLIMÁTICAS	POSIBLES IMPACTOS
TUBERÍAS / CONDUCCIONES	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento de la velocidad del viento, tormentas, inundaciones, movimientos de tierras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Daño sobre las infraestructuras, equipamientos.
RED ELÉCTRICA	<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.

Fuente: elaborado a partir de Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 189).

Por otra parte, considerando los efectos del cambio climático, se intuye que potencialmente una de las amenazas más significativa **para los sectores de la energía y de la industria** se encuentran vinculados a la **disponibilidad del agua como recurso**, especialmente por los cambios esperados en

las precipitaciones, escorrentía y las temperaturas⁴⁶¹. Así, por ejemplo, algunos de los condicionantes más relevantes que afectar las producciones energéticas en un futuro son:

- La disminución de los caudales de caudales fluviales que condicionará la capacidad de producción hidroeléctrica.
- La disminución de los caudales y el aumento de la temperatura del agua de refrigeración reducirá la eficiencia en las plantas termoeléctricas.
- El agua es necesaria en el proceso de obtención de hidrógeno.
- El rendimiento forestal se podría ver afectado por los cambios en las temperaturas y precipitaciones lo que afectaría a la principal fuente de producción de biomasa.

Por tanto, la **generación eléctrica renovable en España es muy vulnerable a los ciclos de sequía**⁴⁶², en particular la hidroeléctrica, aspecto de gran transcendencia si consideramos el cambio en el modelo energético que se va abordar desde las políticas de mitigación. Por tanto, el cambio climático también tendrá efectos en la producción de energía eólica, solar, de biomasa y térmica⁴⁶³.

Tabla 43. Locales y personal ocupado en actividades industriales en Asturias en 2019.

ACTIVIDADES SEGÚN JERARQUÍA CNAE-2009	LOCALES		PERSONAL OCUPADO	
	Núm.	% ⁽¹⁾	Núm.	% ⁽¹⁾
B INDUSTRIAS EXTRACTIVAS	62	1.6	1 317	2.6
C INDUSTRIA MANUFACTURERA	3 400	90.5	45 271	89.1
10 Industria de la alimentación	621	16.5	7 251	14.3
11 Fabricación de bebidas	94	2.5	620	1.2
13 Industria textil	75	2.0	262	0.5
14 Confección de prendas de vestir	140	3.7	409	0.8
16 Industria de la madera y del corcho, excepto muebles; cestería y espartería	231	6.1	897	1.8
17 Industria del papel	11	0.3	664	1.3
18 Artes gráficas y reproducción de soportes grabados	263	7.0	737	1.5
20 Industria química	55	1.5	1 885	3.7
22 Fabricación de productos de caucho y plásticos	44	1.2	906	1.8
23 Fabricación de otros productos minerales no metálicos	149	4.0	2 531	5.0
24 Metalurgia; Fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones	42	1.1	8 721	17.2
25 Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo	727	19.3	8 526	16.8
26 Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos	35	0.9	215	0.4
27 Fabricación de material y equipo eléctrico	36	1.0	658	1.3
28 Fabricación de maquinaria y equipo n.c.o.p.	66	1.8	3 298	6.5
29 Fabricación de vehículos de motor, remolques y semirremolques	37	1.0	866	1.7
30 Fabricación de otro material de transporte	24	0.6	832	1.6
31 Fabricación de muebles	203	5.4	523	1.0
32 Otras industrias manufactureras	271	7.2	712	1.4
33 Reparación e instalación de maquinaria y equipo	255	6.8	4 491	8.8
D SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, GAS, VAPOR Y AIRE ACONDICIONADO	176	4.7	1 541	3.0
E SUMINISTRO DE AGUA, ACTIV. DE SANEAMIENTO, GEST. DE RESIDUOS Y DESCONTAMINA.	120	3.2	2 671	5.3
36 Captación, depuración y distribución de agua	56	1.5	939	1.8
37 Recogida y tratamiento de aguas residuales	5	0.1	23	0.0
38 Recogida, tratamiento y eliminación de residuos; valorización	49	1.3	1 639	3.2
39 Actividades de descontaminación y otros servicios de gestión de residuos	10	0.3	70	0.1
TOTAL SECTOR INDUSTRIAL	3 758	100.0	50 800	100.0

(1) Porcentaje con respecto al total de la industria.

Fuente: INE.

⁴⁶¹ Sanz y Galán (2020, p. 161).

⁴⁶² Sanz y Galán (2020, p. 162).

⁴⁶³ COACCH (2019).

En el caso de Asturias el **68.4% del consumo energía final regional** en 2018 se destinó a actividades **industriales**⁴⁶⁴. Según los datos de la FAEN para ese año la demanda de energía se concentró en las industrias pertenecientes a **sectores energéticamente muy intensivos** como la siderurgia y fundición férrea, la metalurgia no férrea, la producción de papel y la industria de productos minerales no metálicos, que, en conjunto, demandaron casi 89% de las necesidades energéticas del sector industrial asturiano.

Por otra parte, **la temperatura** es uno de los **principales impulsores de la demanda de energía** en Europa y en España, que afecta la **refrigeración en verano** y la **calefacción en invierno** para los hogares y las empresas e industrias, lo que generará **cambios en la demanda energética**⁴⁶³. El aumento de la temperatura afectará a empresas que requieran energía para los **procesos de calentamiento o refrigeración**⁴⁶⁵.

Con los cambios de temperatura que prevén los modelos, la **vulnerabilidad de las actividades siderúrgicas o metalúrgicas se verá reducida** ya que, con un clima más cálido, especialmente en verano, se podrán producir ahorros en el consumo de energía y durante los inviernos más suaves también podrá reducirse la demanda de calefacción⁴⁶⁵.

Por el contrario, **otras industrias verán incrementada su vulnerabilidad** al incrementar los costes de los procesos de **enfriamiento o congelación**, como ocurre en el caso de la **industria alimentaria**⁴⁶⁵ que, según los datos del INE para 2019, en Asturias se desarrollaba 715 locales y daba ocupación a 7 871 personas (Tabla 43), lo que representa el 19% de los locales y el 15,5% de los ocupados en la industria asturiana.

El aumento de la temperatura, especialmente en verano, con olas de calor más prolongadas y frecuentes, también puede afectar a la **productividad de las actividades industriales**. Por una parte, los episodios más extremos pueden llegar a causar **problemas en la refrigeración de la maquinaria industrial**, disminuyendo su eficiencia, o **aumentar las necesidades de refrigeración**, incrementando los costes, en las distintas etapas de los procesos de las cadenas agroalimentarias (transformación, transporte y distribución)⁴⁶⁶. Asimismo, las altas temperaturas pueden influir en la **productividad, seguridad y salud de los trabajadores**, en particular, en aquellas actividades que requieran realizar esfuerzo físico en el exterior, lo que podría obligar a una reestructuración de las jornadas de trabajo que, en casos extremos, implicarían gastos laborales adicionales⁴⁶⁶.

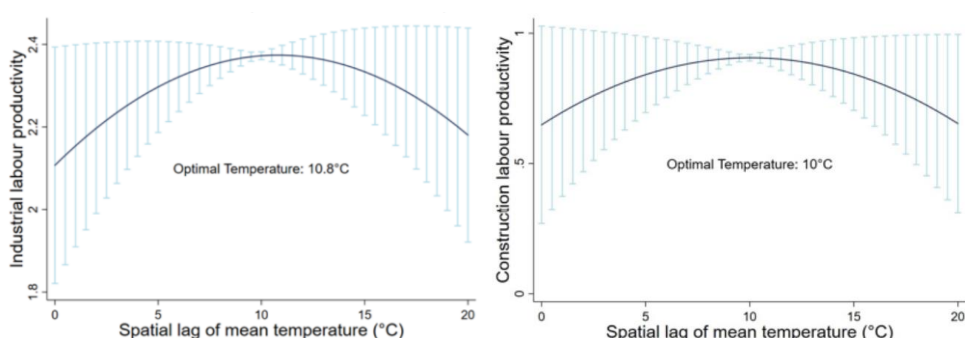


Figura 49. Cambio en la productividad laboral frente a la temperatura media.

Considerando la correlación espacial con la temperatura en las regiones vecinas a nivel, NUTS-2; Intervalo de confianza del 95% (azul claro).

Fuente: COACCH (2019)

⁴⁶⁴ FAEN (2019).

⁴⁶⁵ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 215).

⁴⁶⁶ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 216).

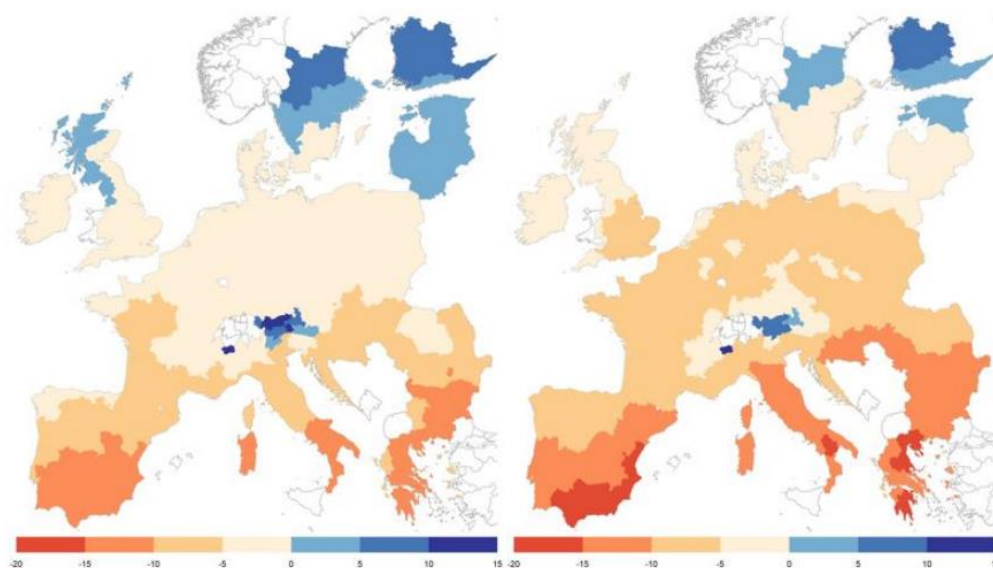


Figura 50. Impacto para 2070 en la productividad industrial (izquierda) y de la construcción (derecho) bajo el escenario RCP8.5.

Considerando la correlación espacial con la temperatura en las regiones vecinas a nivel NUTS-2; Intervalo de confianza del 95% (azul claro).

Fuente: COACCH (2019)

En este sentido, algunos estudios han determinado que se pueden producir impactos no lineales de la temperatura y la precipitación total en la productividad de los sectores de la industria, excepto para las manufacturas y los servicios, ya que las temperaturas óptimas que maximizan la producción industrial y la construcción son de 10,8°C y de 10°C, respectivamente, mientras que para el sector de los servicios la temperatura óptima se sitúa en los 16,3°C⁴⁶⁷, de forma que por debajo o por encima de esos valores de referencia la productividad laboral disminuye progresivamente (Figura 49). Los resultados de estos estudios para Europa apuntan a que el cambio climático podría reducir la productividad de la mano de obra industrial en un 4,3% y la del sector de la construcción en un 6,6% para fines de siglo en el escenario RCP8.5, mientras que en el RCP4.5 las disminuciones se situarían en un 2,7% y 3,1%, respectivamente. Además, los resultados tienen un fuerte patrón de distribución espacial en toda Europa (Figura 50), estando incluida Asturias en la zona de pérdida de productividad laboral baja para la industria y media baja para la construcción.

El **agua es otro recurso fundamental** en los procesos **productivos de muchas industrias**. En Asturias varios de los grandes centros de producción industriales se abastecen mediante conexiones directas con el sistema supramunicipal gestionado por CADASA en la zona central de Asturias, ya sea de forma exclusiva o como complemento de sus captaciones propias⁴⁶⁸.

Se estima que en 2020 la demanda de **agua en baja para uso industrial** en Asturias era de 31.64 Hm³/año, de los cuales 10.79 Hm³/año pertenecen al sector industrial urbano (áreas industriales/empresariales) y 20.85 Hm³/año a las industrias que conforman los principales puntos de producción que se abastecen directamente desde el sistema central⁴⁶⁸. La evolución del sector industrial en la próxima década podría conllevar un crecimiento de la demanda total del sector industrial hasta los 38.82 Hm³/año en el 2030⁴⁶⁸. Por otra parte, la **demanda industrial no conectada a las redes urbanas** en Asturias asciende a 90,31 Hm³/año, cantidad que se mantendrá

⁴⁶⁷ COACCH (2019).

⁴⁶⁸ Gobierno del Principado de Asturias (2021e, p. 55).

estable para los escenarios de 2033 y 2039 según las previsiones de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico⁴⁶⁹.

Considerando que se prevé una **reducción de las aportaciones para el horizonte 2039**, respecto a las aportaciones del periodo 1980/81-2017/18, de entre el 4.6% y el 5.3%⁴⁷⁰ en el escenario RCP4.5, y del 11.2% en el escenario RCP8.5⁴⁷¹, la **actividad de los grandes demandantes de agua para usos industriales**, como la siderurgia, pasta y papel, química o bebidas y alimentaria, **podría verse afectada en determinados momentos** de baja disponibilidad hídrica⁴⁷².

Pero las actividades industriales también se verán afectadas por **estresores no climáticos**, aunque en el momento de elaborar el presente estudio no se han encontrado estudios al respecto referidos a la región. Entre estos factores no climáticos se encuentran los cambios en la **normativa** o en la **demanda**. Las nuevas normativas y mecanismos de mitigación y adaptación pueden suponer, en función del carácter de la compañía, una ventaja competitiva o puede generar un gran impacto para la viabilidad de la empresa. Los cambios en la demanda de productos su podrían producir, entre otras razones, por las propias condiciones climáticas futuras, con una reducción del consumo de productos relacionados con el invierno o las bajas temperaturas, o por la mayor concienciación de los ciudadanos en relación con el cambio climático, que provocaría cambios en el comportamiento de los consumidores en favor de productos que tengan un menor impacto ambiental⁴⁷³.

4.7. Comercio y servicios.

El cambio climático afecta directa e individualmente a los elementos del medio natural y a los sistemas socioeconómicos con él conectados, pero, además, la interrelación sectorial hace que también se produzcan impactos en cadena de unos sectores sobre otros. Sin embargo, al igual que ocurre con la industria, el impacto directo del cambio climático sobre las actividades comerciales y de servicio será pequeño en comparación con los generados por otros factores no climáticos.

En el caso del sector terciario, el cambio climático tendrá un efecto directo y relevante sobre algunas de sus ramas y actividades, como por ejemplo el transporte, el turismo o los servicios públicos; sin embargo, para el resto de servicios, a excepción de los financieros, el impacto específico esperable para este tipo de actividades tiene un carácter básicamente indirecto (por traslación del impacto directo en otros sistemas o sectores) y su entidad y características se asimilan en general a las descritas en otros apartados de esta Memoria.

Para la prestación de **servicios relacionados con el ocio y esparcimiento al aire libre** es extrapolable lo descrito en el apartado de dedicado al turismo, mientras que lo recogido en el epígrafe de servicios públicos para las actividades de prestación de **servicios sanitarios, asistenciales y educativos reglados** también resulta extensible a los servicios de este tipo en régimen **privado**.

Para las **actividades comerciales, las de educación no reglada, hostelería, restauración y ocio o deporte en establecimientos cerrados** (por ejemplo: gimnasios, establecimientos de ocio nocturno, etc.) son esperables los efectos del cambio climático descritos para el poblamiento, y que básicamente se refieren a los derivados de los eventos extremos (como inundaciones, incendios, olas de calor, etc.), tanto directamente (pérdidas y daños materiales, reducción de productividad y

⁴⁶⁹ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021a, pp. 99 y ss.).

⁴⁷⁰ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 37).

⁴⁷¹ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 14).

⁴⁷² Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 215).

⁴⁷³ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 216).

beneficios, etc.) como indirectamente (por interrupción o alteración en las cadenas de suministro); compartirán también estas actividades las nuevas o mayores necesidades de adaptación al calor (aislamiento y eficiencia energética, sistemas de refrigeración y refuerzo a cadenas de frío, etc.) descritas en el capítulo de poblamiento.

Aunque la ocurrencia del cambio climático y la progresiva información y concienciación de la población respecto a él modificará una parte de las preferencias y patrones de consumo final, no es posible en estos momentos determinar cuál será su alcance en Asturias, ni a qué actividades afectará más intensamente, teniendo en cuenta además la complejidad de avanzar cuál podría ser el efecto neto sobre el comercio y los servicios (se debilitarán unos patrones de consumo y se fortalecerán otros).

Una parte del sector terciario para la que se han descrito con cierta claridad impactos climáticos relevantes es **la actividad financiera**, cuyos efectos adversos tienen además consecuencias sobre el crecimiento económico de otros sectores, industriales e inmobiliarios entre otros, al dañar sus activos y afectar al valor y cotización de las propias empresas⁴⁷⁴. No obstante, sus dinámicas tienen una escala absolutamente global y, en todo caso, mayormente afectada por la regulación y procesos a escala europea y nacional⁴⁷⁵. En efecto, 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 compañías⁴⁷⁶.

Se han descrito tres grandes tipologías de riesgo derivado del cambio climático en el **sector bancario**: riesgos físicos (directamente relacionados con fenómenos meteorológicos, incluyendo los daños a bienes y personas, e indirectamente relacionados, debido por ejemplo a la pérdida de beneficios por escasez de recursos o interrupción de la cadena de producción), 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), y riesgos de transición (fruto del cambio de modelo económico y productivo hacia economías descarbonizadas), aunque este último riesgo quedaría fuera del ámbito de la adaptación⁴⁷⁷.

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 éstos. Sin embargo, a pesar del aumento de la peligrosidad debida a la incidencia del cambio climático, gran parte de las pérdidas proyectadas a futuro se deberán en realidad a la mayor concentración de bienes asegurados en zonas de riesgo y a su mayor valor económico, que están contribuyendo a aumentar 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 los seguros ante daños (patrimoniales, industria, ingeniería e incendios), salud, vida y responsabilidad civil⁴⁷⁸.

⁴⁷⁴ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 231).

⁴⁷⁵ MITECO (2020b, p. 184 y ss.).

⁴⁷⁶ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 231).

⁴⁷⁷ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 232).

⁴⁷⁸ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 234).



Figura 51. Cobertura aseguradora de los riesgos naturales en España
Fuente: MITECO (2020b).

	Weighting scheme 1	Weighting scheme 2	Weighting scheme 3
Objective	Solidarity and coverage	Objectives balanced across stakeholder views	Risk management and adaptation incentives
Criteria			
Insurance penetration rate	0.35	0.23	0.125
Risk signalling	0	0.22	0.5
Ability to absorb large losses	0.15	0.19	0.125
Affordability and availability	0.35	0.19	0.125
Quick and certain compensation	0.15	0.18	0.125

Notes: Schemes 1 and 3 are based on expert judgement; Scheme 2 is based on aggregating views from the stakeholder consultation. Numbers may not total to one due to rounding.

	Household		Agriculture	
	First best	Second best	First best	Second best
Weighting scheme 1	France	Spain/UK	Austria	France/Sweden
Weighting scheme 2	France/UK		Austria	Spain
Weighting scheme 3	Denmark/France/UK		Spain	Austria

Notes: Shared boxes indicate either an equal score or that a country was in first or second place depending on the ranking system used.

Figura 52. Criterios utilizados para evaluar las buenas prácticas para la rentabilidad de los enfoques del mercado de los seguros en la Unión Europea (cuadro superior) y países que obtienen los "primeros" y "segundos" mejores resultados en los sectores doméstico y agrícola (cuadro inferior).

Fuente: Le Den et al. (2017)

El cambio climático supone una amenaza para todo el modelo empresarial del sector de los seguros, con implicaciones en el aumento de las primas y la reducción de las coberturas. No obstante, España dispone de instrumentos muy desarrollados y bien consolidados (el seguro de riesgos extraordinarios, que da cobertura a bienes y personas aseguradas, y el seguro agrario combinado) (Figura 51), además de entidades como el Consorcio de Compensación de Seguros (CCS), responsable entre otras de la cobertura de los riesgos extraordinarios (que incluye fenómenos climáticos como las inundaciones extraordinarias y la tempestad ciclónica atípica), y la Entidad Estatal de Seguros Agrarios (ENESA), que es el órgano de coordinación y enlace para el desarrollo de los Seguros Agrarios.

Los instrumentos señalados hacen que España esté comparativamente en una mejor posición que otros países de su entorno (Figura 52), puesto que se trata de sistemas holísticos, con una alta penetración, que involucran a todos los actores públicos y privados relevantes⁴⁷⁹. De hecho, se ha previsto que 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 climático⁴⁸⁰. No obstante, para hacer frente al aumento de la peligrosidad esperable como consecuencia del cambio climático, será necesario controlar el riesgo transferible al seguro mediante el control de la exposición y de la vulnerabilidad; para ello resultará fundamental no sólo fomentar el papel de los seguros en materia de adaptación sino también evaluar los riesgos asociados al cambio climático para el sector asegurador y adoptar las medidas necesarias para su adaptación⁴⁸¹.

Alternativamente, se han identificado también posibles efectos positivos del cambio climático en el sector financiero del seguro. Surgen nuevas oportunidades de negocio y nuevos sectores para la inversión 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 energética⁴⁸².

4.8. Servicios públicos.

En el contexto de la **lucha frente al cambio climático**, el **papel del sector público** resulta absolutamente **central en la formulación de políticas y fórmulas de gobernanza** para la mitigación y adaptación, con efectos sociales y económicos a menudo indeseados y que exigen cambios en el paradigma productivo, económico y social de nuestros territorios a largo plazo. El Estado es responsable de asegurar el cumplimiento ineludible de los compromisos adquiridos en virtud de los protocolos vigentes, para lo que se sirve de los instrumentos de planificación y gestión implementados por las comunidades autónomas y corporaciones locales⁴⁸³. Esta altísima responsabilidad a menudo deja relegada a un segundo plano la propia vulnerabilidad del sector público en términos de adaptación al cambio climático, como un agente o sector más, y las necesidades que de ello se desprenden.

La gobernabilidad medioambiental se refiere en particular a todo lo tendente a la creación de los marcos y capacidades institucionales necesarios para asegurar los bienes públicos medioambientales y la equidad en el acceso intra e intergeneracional a los mismos, así como a la

⁴⁷⁹ MITECO (2020b, p. 185 y ss.).

⁴⁸⁰ Álvarez Camiña, S., Nájera Ibáñez, A. y Espejo Gil, F. (2016). El impacto del cambio climático en el sector financiero y de seguros. *Economía y cambio climático: reto y oportunidad*. ICE (892) pp. 59-72. En: Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 235).

⁴⁸¹ MITECO (2020b, p. 185).

⁴⁸² Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 235).

⁴⁸³ CES España (2012).

prevención y manejo de las crisis y situaciones de conflicto. Existe un riesgo emergente de privatización o encarecimiento de ciertos bienes ambientales, que se volverán cada vez más valiosos frente a un escenario de cambio climático (por ejemplo., emplazamientos más seguros y saludables para asentar población y actividades productivas) y en todo caso el marco de gobernanza, socioeconómico y de (co)gestión de los recursos naturales en cada territorio particular jugará un papel definitivo a la hora de facilitar o de reconducir estos procesos. **La gobernabilidad es una de las esferas claves de prevención y adaptación de las sociedades al cambio climático**, que aún requiere un desarrollo teórico y práctico en el análisis de impacto social⁴⁸⁴.

Un efecto indirecto del cambio climático serán las nuevas necesidades de planificación, actuación y financiación en materia de gobernanza y sector público que surjan como resultado de los efectos directos de este sobre los sistemas naturales y sectores socioeconómicos. Más allá de la propia interdependencia y traslación de los impactos climáticos de unos sectores a otros, el **sector público es el nodo que los interconecta a todos y es destinatario también de ese mismo efecto en cascada**, lo que requerirá un refuerzo y atención específica a determinados ámbitos de actuación y políticas públicas. Sin embargo, para afrontar este nuevo desafío, junto al resto de políticas y acciones de gobierno, el sector público se enfrenta a otra serie de problemas estructurales que limitan su capacidad de acción, como es la creciente limitación de los recursos públicos disponibles por el aumento del endeudamiento, las tasas de envejecimiento e interinidad en ciertos ámbitos de la esfera pública, y la necesidad de modernización y digitalización de las AA.PP. y el sector público empresarial.

A nivel nacional, el Plan de Digitalización de las Administraciones Públicas⁴⁸⁵ concibe la **digitalización** como una cuestión estratégica global para avanzar en la transformación general de la Administración y que, entre otros, aumentará los medios para la consecución de objetivos como los de resiliencia, cambio climático y medio ambiente (sobre todo por su contribución a la descarbonización), perseguidos también por el Plan Nacional de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

A continuación, se hace un repaso a los **ámbitos de prestación de servicios públicos** que previsiblemente exigirán un **refuerzo para incrementar su eficiencia y suplir posibles carencias** en el ámbito de la **adaptación al cambio climático en Asturias**.

En el caso del medio natural y la calidad ambiental, y en el marco de las actuales competencias del Principado de Asturias en materia de gestión de **espacios naturales protegidos y conservación de la biodiversidad y el patrimonio natural**, es previsible un aumento de las necesidades de monitorización de fauna y flora en Espacios Naturales Protegidos (o refuerzo de los programas ya existentes), y, dada la vulnerabilidad de determinadas especies, un refuerzo de programas de conservación de la biodiversidad biológica. La Administración regional deberá también considerar la fragilidad de determinados elementos del patrimonio natural no biótico al cambio climático (por ejemplo: cuevas, patrimonio geológico, etc.). Por otro lado, todo apunta a un previsible aumento de las necesidades de vigilancia, erradicación y control de especies invasoras, con la correspondiente intensificación de medios y coordinación en la esfera público-privada.

La **Administración Pública** juega también un papel ejemplar en la **asunción de criterios ambientales en toda su actividad**, que contribuyan al cumplimiento de los compromisos establecidos en nuestro marco normativo y compromisos, en este caso los relacionados con adaptación y mitigación del cambio climático⁴⁸⁵. En el plano de la adaptación, cobra gran relevancia

⁴⁸⁴ Pardo Buendía (2007).

⁴⁸⁵ Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital (2020).

la **intensificación de la obra pública basada en ingeniería verde**, más resiliente a la subida de temperaturas y eventos extremos previsibles, y una mayor integración de criterios ambientales y de adaptación al cambio climático en la planificación urbana y la ordenación de espacios públicos. Por otro lado, el sector público es un actor con especial capacidad y responsabilidad a la hora de impulsar y coordinar **mesas de diálogo social y territorial** para:

- Garantizar la participación de la sociedad civil, las organizaciones sindicales y empresariales, y todas las Administraciones Públicas en la formulación y seguimiento de iniciativas autonómicas de adaptación.
- Coordinar e integrar las estrategias nacionales y regionales de adaptación al cambio climático y consensuar metodologías para realizar evaluaciones comparables.
- Facilitar el desarrollo y medición de indicadores de seguimiento de los impactos ambientales, económicos y sociales de la adaptación.

Por su parte, y aunque la planificación en materia de **prevención y gestión de residuos** está prácticamente orientada a reformar la mitigación del cambio climático, **existen algunos puntos a tener en cuenta en el plano de la adaptación**. En Asturias, el Plan Especial de Residuos del Principado de Asturias (PERPA) reconoce que las variaciones climáticas están conduciendo a precipitaciones que presentan cada vez un índice mayor de torrencialidad y, por tanto, una capacidad mayor de arrastre de sólidos al sistema de saneamiento. Por otra parte, los índices de pérdida de suelos también tienden a aumentar, como consecuencia de la actividad humana en el terreno. Ambos factores, de forma conjunta, previsiblemente pueden llevar a un incremento del contenido en **materia inorgánica en los lodos** en aquellos sistemas de saneamiento que no dispongan de redes separativas⁴⁸⁶.

Se deberían explorar también otros efectos derivados del aumento de la temperatura, como por ejemplo la **aceleración de los procesos de descomposición de materia orgánica en la basura**, particularmente en el contexto de los residuos sólidos urbanos e industriales, que puede aconsejar cambios futuros en los protocolos de recogida y almacenamiento o, incluso, en su tratamiento en vertedero.

Tabla 44. Principales centros y establecimientos asistenciales para mayores en Asturias (2019).

TIPO	PÚBLICOS		PRIVADOS		TOTAL	
	NÚM.	PLAZAS	NÚM.	PLAZAS	NÚM.	PLAZAS
Centros Residenciales	48	7 813	192	7 166	240	14 979
Viviendas para mayores	3	225			3	225
TOTAL RESIDENCIAL	51	8 038	192	7 166	243	15 204
Centros de día	62	1 653	36	909	98	2 562

Fuente: IMSERSO: Situación de los Servicios Sociales dirigidos a Personas Mayores.

https://www.imserso.es/imserso_01/documentacion/estadisticas/ssppmm_esp/2019/index.htm.

Fecha de consulta: 4 de julio de 2021.

Asturias es una región donde no existe **tradición de convivencia con temperaturas cálidas** ni se cuenta con una **cultura social de resiliencia al calor**. Asimismo es una región fuertemente envejecida, aunque con una amplia capacidad asistencial y sanitaria (Tabla 44 y Tabla 45). El Principado contaba en 2019 con 96 centros residenciales vinculados al Organismo Autónomo Establecimientos Residenciales para Ancianos de Asturias (39 públicos, de los que 8 se gestionan

⁴⁸⁶ Gobierno del Principado de Asturias, Consejería de Fomento (2014).

de forma indirecta, y 59 concertados) con un total de 5 766 plazas. A estos hay que añadir 22 centros de día, de los que 20 son públicos, con una capacidad de 600 plazas⁴⁸⁷.

Tabla 45. Principales centros y establecimientos sanitarios en Asturias.

CLASE DE CENTRO	NÚMERO	CAMAS
Hospitales generales	14	3 161
Hospitales especializados	2	103
Hospitales de media y larga estancia	3	364
Hospitales de salud mental y tratamiento de toxicomanías	4	139
Otros centros con internamiento	2	163
Centros de salud	69	-
Consultorios de atención primaria	144	-
TOTAL	219	3 930

Fuente: Registro General de centros, servicios y establecimientos sanitarios.

<https://www.msbs.gob.es/ciudadanos/centrosCA.do>.

Fecha de consulta: 4 de julio de 2021.

Tabla 46. Centros y servicios educativos de enseñanzas no universitarias (curso 2019-2020).

TIPO DE CENTRO	PÚBLICOS	PRIVADOS		TOTAL
		CONCERTADOS ⁽⁴⁾	NO CONCERTADOS	
E. Infantil ⁽¹⁾	80	3	5	88
E. Primaria ⁽²⁾	216	0	1	217
E. Primaria y ESO ⁽²⁾	14	31	0	45
ESO y/o Bachillerato y/o FP ⁽³⁾	79	11	15	105
E. Primaria, ESO y Bach. / FP ⁽²⁾	0	20	5	25
Específicos E. Especial	5	6	0	11
TOTAL	394	71	26	491

1) Los centros de E. Infantil imparten exclusivamente E. Infantil y solo incluyen los centros autorizados por la Administración Educativa; 2) Los centros de E. Primaria, E. Primaria y ESO y E. Primaria, ESO y Bach. /FP también pueden impartir E. Infantil; 3) Los centros de ESO y/o Bachillerato y/o FP imparten una o varias de las siguientes enseñanzas: ESO, Bachillerato y/o Ciclos Formativos de FP y/u Otros Programas Formativos. No se incluyen las actuaciones de FP Básica ni de Otros Programas Formativos; 4) Se consideran centros privados concertados los que tienen concertadas/subvencionadas todas o parte de las enseñanzas impartidas. No se incluyen los centros concertados con alumnos exclusivamente de FCT.

Fuente: Ministerio de Educación y Formación Profesional.

<https://www.educacionyfp.gob.es/servicios-al-ciudadano/estadisticas/no-universitaria/centros/centrosyunid/2019-2020-rd.html>. Fecha de consulta: 4 de julio de 2021.

En este contexto de los servicios públicos, es previsible la creciente necesidad de promover la **educación ambiental sobre el cambio climático** en su doble vertiente de adaptación y mitigación y sus efectos previsibles, particularmente dentro de los programas y recursos de educación ambiental para escolares y alumnos hasta la formación superior. Asimismo, será necesario desde las Administraciones regional y local impulsar la **información y formación ciudadana en medidas de autoprotección** en todas las clases de edad, con especial atención a la población infantil y juvenil ya las personas mayores, así como la inclusión de protocolos específicos en el ámbito de la prevención de los riesgos laborales y la salud de los trabajadores del sector público y privado.

El reto de la gestión sostenible de los recursos hídricos es otra cuestión central en países como España. Por lo que se refiere a Asturias y la **calidad del agua**, aunque todavía no ha sido objeto de estudio detallado, las alteraciones del ciclo hidrológico derivadas de los impactos del cambio

⁴⁸⁷ ERA (2020, p. 19).

climático pueden afectar a la calidad de agua de consumo humano y de las aguas recreativas, especialmente en situaciones de sequía, de incremento de la temperatura o de inundaciones^{488/489}.

Sin embargo, en un país con nivel elevado de desarrollo, dotado de sistemas de control y seguimiento consolidados, estos riesgos son bajos, aunque, como se señalaba en el apartado de salud humana, es posible que, como consecuencia de los efectos en el cambio, se puedan generar problemas en el tratamiento del agua que **podrían requerir de medidas correctoras o preventivas** que impliquen **modificaciones en los procesos**, o la realización de **controles suplementarios** a los que ya se realizan de forma habitual⁴⁹⁰.

En relación a la **cantidad de agua disponible para abastecimiento en Asturias en un escenario de cambio climático**, se ha estimado una reducción de los recursos superficiales en régimen natural medios del -6 % y un porcentaje de reducción de los recursos mínimos del -9 % respecto al período 1940-2017. Asimismo, los años de sequía extraordinaria se prevén más probables, y los efectos del cambio climático sobre el régimen natural de precipitaciones hacen previsible la repetición o amplificación de escenarios de reducción de escorrentía como los acontecidos en los años hidrológicos 1988 y 1989⁴⁹¹.

En el contexto descrito, y con unas condiciones cada vez más exigentes para el mantenimiento medioambiental de los ríos que dejan menos recurso sobrante para abastecimiento, prácticamente la totalidad de los sistemas tendría **problemas para garantizar la satisfacción de sus demandas de abastecimiento utilizando exclusivamente sus captaciones propias**, dada la inexistencia de elementos de regulación del recurso y su alta vulnerabilidad frente a episodios de sequía prolongados⁴⁹². La complementariedad de recursos y la progresiva habilitación de sistemas alternativos y subsidiarios supramunicipales en alta pasa a ser, de esta manera, una cuestión estratégica para asegurar la cobertura de las necesidades de agua a medio plazo en el Principado⁴⁹³. En este contexto, la mayor vulnerabilidad se puede dar en pequeñas localidades en el medio rural con **sistemas de abastecimiento locales dependientes de recursos propios y que carecen de fuentes alternativas y conexión a otros sistemas**; en estos casos existirán cada vez mayores riesgos de situaciones de escasez favorecidas por el aumento de población estacional (usos turísticos y de segundas residencias en verano, por ejemplo).

Así, se deberá analizar, para cada caso particular, el impacto potencial que pueda suponer sobre el caudal circulante el aprovechamiento parcial del recurso para pequeñas poblaciones, y mejorar las infraestructuras existentes para reducir al mínimo los volúmenes captados durante las temporadas en las que los caudales circulantes se acercan a los mínimos requeridos para el mantenimiento ambiental de los ríos⁴⁹⁴.

Finalmente, se reconoce⁴⁹⁵ (además la **necesidad de un mayor conocimiento del comportamiento de las aportaciones naturales de agua debido a los efectos producidos por el cambio climático**, y el diseño e instalación de redes de monitorización que permitan incrementar el conocimiento acerca de la evolución del cambio climático y su impacto sobre los recursos disponibles.

⁴⁸⁸ Sanz y Galán, (2020, pp.46 y 152).

⁴⁸⁹ Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 81 y 91).

⁴⁹⁰ Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad (2013, p. 92).

⁴⁹¹ Gobierno del Principado de Asturias (2021e p. 75).

⁴⁹² Gobierno del Principado de Asturias (2021e p. 128).

⁴⁹³ Gobierno del Principado de Asturias (2021e p. 79).

⁴⁹⁴ Gobierno del Principado de Asturias (2021e p. 154).

⁴⁹⁵ Gobierno del Principado de Asturias (2021e p. 195).

4.9. Turismo.

A nivel nacional los impactos del cambio climático en el sector turístico nacional podrían generar una pérdida de la cuota de mercado del entre el 4.8 y el 6% y, debido al aumento de las temperaturas y a la falta de confort térmico, se prevé un descenso de hasta el 20% en la llegada de turistas en las costas mediterráneas en 2080 a favor de otras zonas más al norte, como el litoral cantábrico, y la pérdida de peso relativo del turismo de sol y playa⁴⁹⁶.

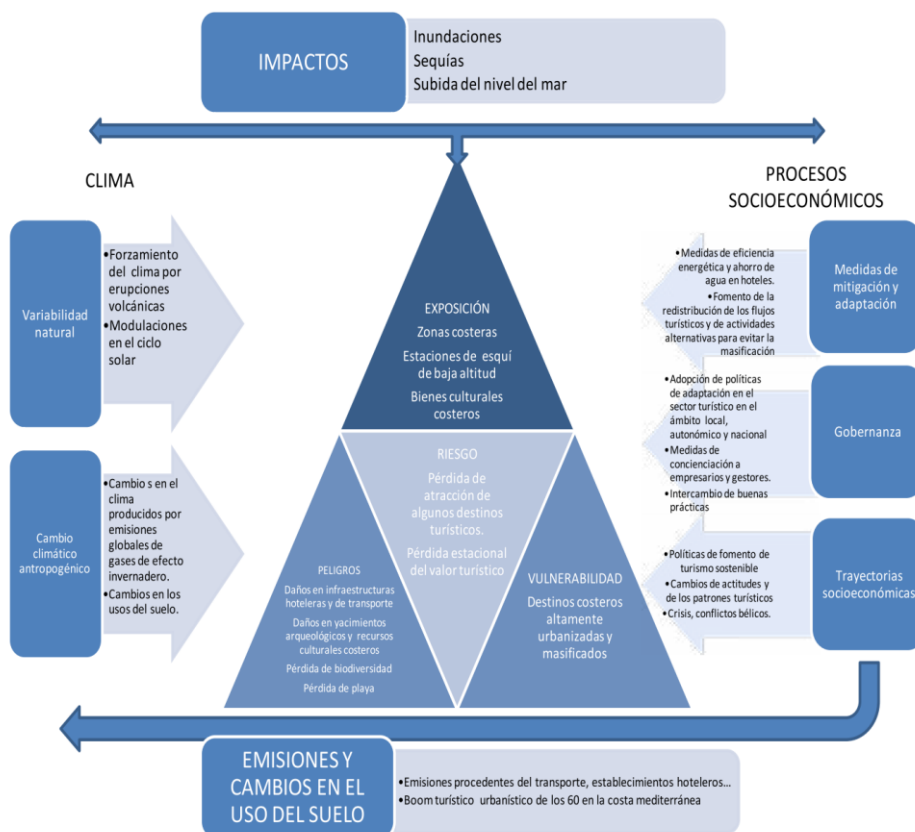


Figura 53. Esquema de los impactos, vulnerabilidad y adaptación del sector turístico. Las proyecciones se realizan considerando un incremento de 2°C para el periodo en 2036-2065. Fuente: Gómez Royuela (2016, p. 73).

Sin embargo, como en la mayoría de los sectores y actividades económicas, **la evolución de la actividad turística y las necesidades de adaptación** no sólo dependen de los efectos directos del cambio climático, sino también de **factores y procesos socioeconómicos** (Figura 53).

En la Tabla 47 se recogen los principales impactos que en el turismo mundial tendrían los efectos del cambio climático según un informe elaborado en 2008 por la Organización Mundial de Turismo, junto con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Meteorológica Mundial.

⁴⁹⁶ Olcina Cantos, J. y Vera-Rebollo, J.F. (2016). Cambio climático y política turística en España: diagnóstico del litoral mediterráneo español. Cuadernos de Turismo (38), 323–571. <https://doi.org/10.6018/turismo.38.1471>. En: Sanz y Galán (2020, p. 122)

Tabla 47. Resumen de los principales impactos asociados al cambio climático y sus consecuencias en el turismo

IMPACTOS	CONSECUENCIAS PARA EL TURISMO
Aumento de temperaturas	Cambios en la estacionalidad, stress asociado con el calor, aumento en los costes de aire acondicionado, cambios en las poblaciones y distribución de plantas-animales-insectos, cambios en la distribución de enfermedades infecciosas.
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 en la precipitación y aumento en la evapotranspiración	Escasez en recursos hídricos, conflictos sobre el uso del agua entre sectores, desertificación, aumento en incendios forestales amenazando infraestructuras, recursos y afectando a la demanda.
Disminución en la cobertura de nieve y de glaciares	Reducción en los recursos estéticos del paisaje, menor disponibilidad de agua durante la primavera y verano en ríos y lagos, falta de nieve para la práctica de deportes de invierno con mayores costes derivados de la producción de nieve artificial.
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.
Mayor frecuencia de precipitaciones torrenciales en ciertas regiones	Daños a patrimonio arquitectónico, cultural y natural, asociado a inundaciones, daños a infraestructuras turísticas, 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
Cambios en el suelo (niveles de humedad, erosión y acidez, etc.)	Daños y pérdida de recursos arqueológicos y naturales, con impactos en los atractivos de los destinos

Fuente: Moreno (2010 pp. 32-33).

En el caso de la actividad turística nacional, **conforme a los resultados de las proyecciones del cambio**, cabe destacar que **las zonas costeras del norte (Cantabria, Asturias, País Vasco, Galicia o norte de Cataluña) podrían ver aumentado su turismo de sol y playa y de naturaleza**, destacando en este último caso una mejora de la idoneidad para la práctica en primavera en Galicia y la cordillera Cantábrica, así como del turismo de ciudad y cultural en primavera y otoño en la mayor parte de la península⁴⁹⁷.

Tabla 48. Cambios en el TCI mensual en diferentes zonas de España.

ÁREAS	PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Andalucía	1960-1990	47	53	59	71	82	92	80	76	82	76	57	49
	2070-2099	59	65	76	80	80	51	11	10	62	81	71	59
Costa mediterránea	1960-1990	60	60	68	79	81	84	80	73	72	75	71	60
	2070-2099	79	79	83	84	76	47	39	37	37	60	79	73
Centro	1960-1990	49	47	53	64	81	90	74	76	82	68	48	53
	2070-2099	46	53	68	81	84	49	45	45	55	84	64	54
Norte peninsular	1960-1990	33	37	40	41	53	73	79	75	73	54	33	33
	2070-2099	30	36	47	57	74	76	62	58	68	65	37	31
Mallorca	1960-1990	50	53	59	63	83	90	78	70	76	75	64	56
	2070-2099	58	59	69	76	85	78	62	15	58	76	73	62

1960-1990 datos medios; 2070-2099 datos proyectados considerando el escenario SRES A1 (AR4, IPCC).

Fuente: Gómez Royuela (2016, pp. 56-57)⁴⁹⁸.

⁴⁹⁷ Gómez Royuela (2016, p. 75).

⁴⁹⁸ Hein, L. (2007). *The Impact of Climate Change on Tourism in Spain*. CICERO Center for International Climate and Environmental Research, Working Paper 2007:02. 10 pp. En: Gómez Royuela (2016, pp. 56-57).

Considerando como indicador el **índice de confort climático turístico** (TCI por sus siglas en inglés), en la Tabla 48 se puede observar que, para la mayoría de las regiones españolas habría una caída en los valores del índice en los meses de verano, lo que implicaría una disminución del atractivo para los visitantes en temporada alta, excepto en la zona norte, en que el TCI se mantiene en valores elevados y con valores bastante superiores a los de Andalucía, la costa mediterránea o el centro peninsular.

Pero los efectos del cambio climático no afectarán de igual forma a las distintas modalidades de turismo y cada una de ellas afrontará diferentes tipos de impactos y retos de adaptación.

En el caso del **turismo de costa** la erosión de las playas puede causar la reducción de su capacidad física de carga y la pérdida, por tanto, de servicios recreativos. Además, el aumento del nivel del mar provoca inundaciones permanentes y daños en las infraestructuras costeras, lo cual podría implicar importantes pérdidas para el sector turístico del litoral⁴⁹⁹.

Para el **turismo de naturaleza** el cambio climático podría alterar el valor natural de estos espacios por la degradación debida, por ejemplo, a incendios forestales severos o por los cambios en la distribución o incluso desaparición de especies vegetales y animales, lo que afectaría al atractivo de estos espacios para acoger actividades lúdicas y recreativas⁵⁰⁰.

Por lo que se refiere al **turismo de nieve**, y a las actividades de ocio asociadas a este recurso, el cambio climático conlleva la combinación de mayores costes de fabricación de nieve, menor duración de temporada y menores tasas de visitas, lo que aumenta los costes operacionales de energía, mano de obra y mantenimiento de maquinaria, y reduce los ingresos por visitantes y otros gastos asociados a la práctica de estas actividades como: alquiler de material deportivo, formación, alimentación y alojamiento⁵⁰¹.

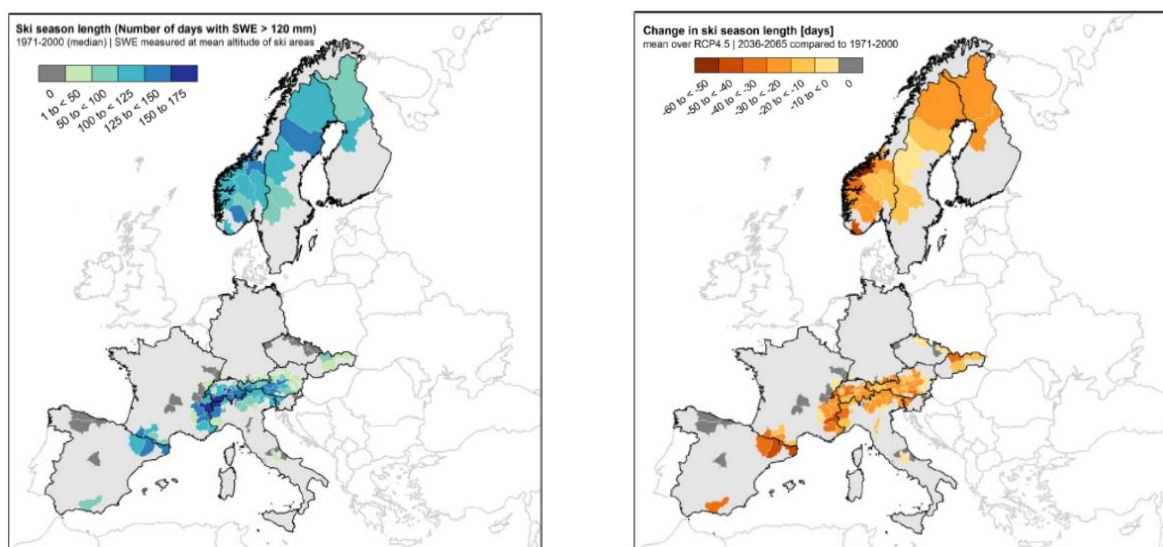


Figura 54. Cambios proyectados en la duración de la temporada de esquí en las regiones europeas NUTS3.

Las proyecciones se realizan considerando un incremento de 2°C para el periodo en 2036-2065.

Fuente: Gobierno de Aragón, (2017, p. 13).

⁴⁹⁹ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 225).

⁵⁰⁰ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 226).

⁵⁰¹ Gobierno de Aragón, (2017, p. 11).

En Europa se prevé una disminución la **duración de la temporada de esquí**, es decir, el número de días por periodo invernal (noviembre-abril) con al menos 120 mm equivalentes en agua de la capa de nieve que, a la altitud media de las áreas de esquí equivale a 30 cm de nieve, sin considerar la nieve artificial. Según algunos estudios⁵⁰² “el 44% de las regiones NUTS-3 muestran una duración media de la estación de esquí de más de 100 días. Para algunas regiones (Figura 54), entre ellas Asturias, la duración media de la temporada de esquí en las condiciones señaladas, ya es cero en el período de referencia. Además, en el caso de que se alcanzase un incremento global de las temperaturas de +2°C en 2036-2065, la temporada de esquí, considerando las condiciones de la nieve natural disminuye en 19 días de media”.

En el caso de **Asturias** la meteorología es un factor determinante para una buena parte de los productos turísticos que se ofertan en la región y, en consecuencia, los cambios en las condiciones climáticas y meteorológica podrían comportar impactos muy significativos en este ámbito⁵⁰³. Según el Sistema de Información Turística de Asturias en 2019 **el turismo representaba un 10,6% del VAB de Asturias**, considerando los efectos directos, indirectos e inducidos⁵⁰⁴. La región contaba en 2019 con una capacidad total de 93 731 plazas de alojamiento colectivo en 5 046 establecimientos repartidos de la siguiente forma: 29 147 plazas y 786 establecimientos pertenecientes al segmento formado por hoteles de diversas categorías, hostales y pensiones; 18 878 plazas y 1 871 alojamientos en las distintas modalidades de alojamiento rural; 25 926 plazas en 53 campings; y 19 780 plazas y 2 336 establecimientos pertenecientes a otras modalidades, entre las que destacan las más de 1 900 viviendas de uso turístico o vacacional.

Atendiendo los escenarios climáticos se prevé que en Asturias el aumento térmico se traduzca en un **mayor número de días cálidos, con sensación térmica favorable para el desarrollo de actividades de ocio y recreo al aire libre**, particularmente en las áreas litorales en las que se proyecta un incremento de hasta un 30% en el número de jornadas idóneas a final de siglo, con mayor incidencia durante la primera mitad del año⁵⁰⁵. Para el interior de la región, al margen de las zonas de montaña, aunque no se detectan cambios en el número de días idóneos para la práctica de actividades recreativas al aire libre, se prevé un incremento de la temporada idoneidad, adelantándose dos semanas el inicio en la primera parte del año y retrasándose algo más de diez días en la segunda parte.

Estos cambios permitirían la **prolongación de la temporada de diversas modalidades turísticas** y el desarrollo de un mayor número de modalidades, con ello, la **desestacionalización** y diversificación del sector, incrementando las opciones de viajes de corta duración tal como sucede en el levante español, aunque sin alcanzar su mismo nivel de idoneidad.

Además, la mayor recurrencia de episodios de olas de calor en la España mediterránea e interior, podría ser un factor que favorezca la presencia de turistas procedentes de regiones más cálidas atraídos por las temperaturas más suaves, tendencia que ya ha comenzado a registrarse en los últimos años con un incremento de visitantes procedentes de Andalucía y de las regiones del levante español, sobre todo en los meses de verano. En este sentido, mediante campañas de comunicación, sería posible ampliar la procedencia de los turistas y mercados.

Así, se detecta un **incremento en el número de días** aptos para la práctica del **turismo de sol y playa**⁵⁰⁵, con una progresiva **ampliación de la temporada del período estival**, en especial al final del mismo, por lo que la bonanza climática puede beneficiar al sector en la región y convertirse en

⁵⁰² Gobierno de Aragón, (2017, p. 13).

⁵⁰³ Valdés Peláez, Gómez Martín y Moreno Sánchez (2011).

⁵⁰⁴ SITA (2020, p. 30).

⁵⁰⁵ Gómez Martín, B., Valdés Peláez, L. y del Valle Tuero, E. (2019). Turismo. En: Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez, (pp. 23-24).

ventaja competitiva al incrementar el interés por el mar y las actividades acuáticas, en particular para los visitantes de corta y media distancia.

En cuanto al **turismo urbano**, se ha incrementado el turismo cultural en ciudades como Gijón y Oviedo, especialmente en temporada bajas, y crecen las actividades de visita a pueblos y lugares, todo ello favorecido por las buenas comunicaciones. Aunque no se dispone de datos que lo confirmen, la benignidad de las condiciones meteorológicas podría reforzar esta tendencia en el futuro.

Sin embargo, la **inestabilidad y variabilidad meteorológica** que caracteriza el clima de la región dificulta la realización de pronósticos y proyecciones a medio plazo. Las estancias podrían reducirse en el caso de situaciones meteorológicas caracterizadas por la presencia de borrascas continuas o precipitaciones intensas de origen tormentoso, mientras que se podrían alargar en caso de estabilidad atmosférica las estancias, lo que **eleva la incertidumbre** en la planificación de viajes y condiciona la estancia de los visitantes en la región.

Además, los efectos del cambio climático **también pueden afectar negativamente al desarrollo del sector en Asturias, especialmente en la franja costera** en la que el incremento del nivel del mar o los efectos de los temporales y otros episodios extremos pueden la pérdida de capacidad de las playas y daños en las infraestructuras y equipamientos de uso turístico y recreativo^{503/505}.

Los estudios disponibles⁵⁰⁶ prevén una **pérdida del valor recreativo de las playas** asturianas como consecuencia del retroceso inducido por el cambio climático. Los resultados muestran que en 2100 un evento de periodo de retorno de 50 años podría generar pérdidas de más de 670 millones de euros y que, en caso de no tomarse medidas, el daño acumulado podría aumentar un 220% en la segunda mitad del siglo, y las pérdidas alcanzarían el 6,5% del stock de capital regional.

Incluso, los cambios en las comunidades marinas y su afección sobre las especies de marisco y peces podrían tener incidencia en la **identidad y atractivo gastronómico** de la región⁵⁰⁵.

Asimismo, la vulnerabilidad ante el cambio climático de los ecosistemas de las **zonas de montaña**, situadas en sus límites ecológicos o geográficos, pueden afectar a medio y largo plazo al desarrollo de las actividades turísticas y recreativas que se desarrollan en estos ámbitos⁵⁰³, a lo que habría que añadir el impacto provocado sobre los valores naturales y paisajísticos por otros fenómenos como los incendios forestales.

En el caso del **turismo y las actividades de nieve**, aunque no se han analizado los efectos del cambio climático en las estaciones de esquí asturianas, su pronóstico parece que es mucho más incierto. El incremento térmico y la variabilidad de las temperaturas y precipitaciones generan procesos alternos de nevadas que alteran la duración temporada de nieve, afectando a la planificación de las estaciones y negocios privados y a las previsiones de contratación. Esto supondrán una **limitación importante para la sostenibilidad ecológica, económica y social de las estaciones de esquí**, especialmente para las de la cornisa cantábrica que se localizan a menor altitud, por lo que las actuaciones relacionadas con la diversificación y complementariedad de actividades y de la oferta deben desempeñar un papel importante en el futuro de las estaciones de esquí asturianas⁵⁰³.

En la Figura 55 se representa un análisis de viabilidad de las estaciones de esquí alpino de España según el momento actual y tres escenarios que contemplan la subida de 1, 2 y 4, respectivamente. Como se puede apreciar las estaciones de la cordillera Cantábrica presentan una mayor vulnerabilidad y, de las dos asturianas la más expuesta a las subidas de las temperaturas es la de Valgrande-Pajares.

⁵⁰⁶ Toimil, Díaz-Simal, Losada y Camus (2018).

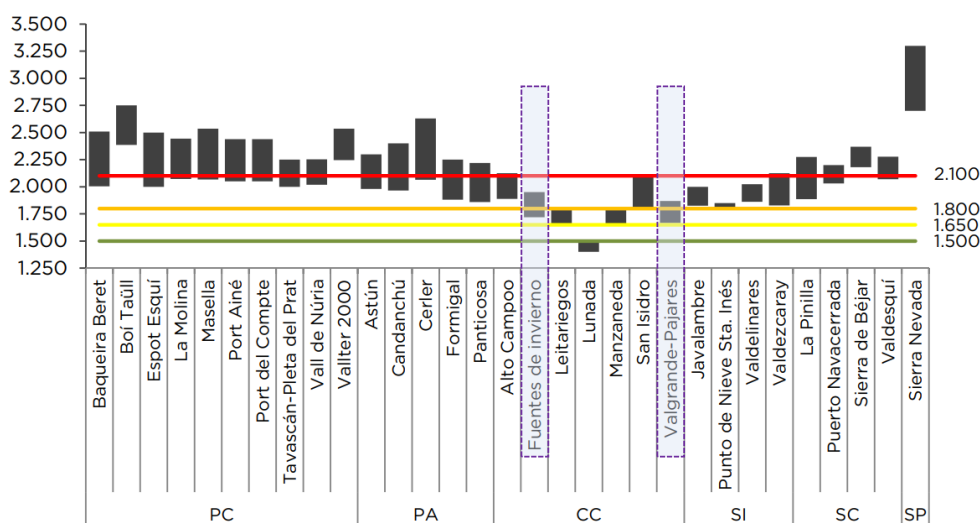


Figura 55. Viabilidad de las estaciones de esquí alpino según escenarios climáticos.

Línea verde: escenario actual; línea amarilla: incremento de 1°C;

línea naranja: incremento de 2°C; línea roja: incremento de 4°C.

Fuente: Campos et al. (2016, p. 41).

Tampoco podemos olvidar los efectos del cambio climático y de una potencial **intensificación de la actividad turística** entre los que se encuentran una **mayor demanda de recursos hídricos** tanto para consumo, como para higiene personal, riego de zonas verdes o piscinas⁵⁰⁷, así como **de otros servicios públicos** (depuración, limpieza, seguridad o sanidad) o el **incremento en la demanda y consumo energético** de los establecimientos de alojamiento debido al incremento de las temperaturas.

Asimismo, aunque la capacidad potencial de la región para acoger nuevos visitantes es alta, podrían incrementarse los **procesos de masificación** asociados a la utilización recreativa **de algunos recursos en ciertos periodos**, como ya se está detectando en algunas playas, en los accesos al Parque Nacional de Picos de Europa, en las actividades de descenso en canoa del río Sella o en el número de visitantes de algunas rutas como la del Cares, lo que obligaría reforzar las medidas de regulación y ordenación de estas actividades y adoptar otras nuevas.

En consecuencia, en ausencia de medidas de adaptación, **las ventajas potencialmente derivadas de la mejora de las condiciones climáticas se podrían ver contrarrestadas por los impactos** sobre algunos aspectos ambientales como, por ejemplo, la disminución en las reservas de agua, la modificación de la línea de costa, la pérdida de biodiversidad o el incremento en el riesgo de incendios⁵⁰³ e incluso por las externalidades negativas derivadas de la intensificación y masificación de las propias actividades de recreativas y de ocio.

4.10. Transporte y movilidad.

La sociedad y la economía siguen **dependiendo** en gran medida de la **disponibilidad de sistemas de transporte fiables y eficientes** y, aunque las infraestructuras de transporte están diseñadas para resistir **eventos climáticos extremos** de cierta magnitud, el aumento en la frecuencia y magnitud de estos eventos debido al cambio climático representará **una amenaza para el sector del**

⁵⁰⁷ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 227).

transporte, sus infraestructuras, los sistemas de explotación⁵⁰⁸ y su capacidad y condiciones de servicio. Los efectos de esos impactos van mucho más allá del sector del transporte, causando una importante interrupción de las actividades humanas y considerables daños económicos indirectos⁵⁰⁹.

El sector del **transporte es uno de los principales impulsores del cambio climático** y el **cambio de modelo de transporte y la movilidad** se enfrenta a **importantes retos tecnológicos**, pero, independientemente de la eficacia de las políticas y medidas de lucha frente al cambio climático, es previsible que los **impactos sobre las infraestructuras del transporte se incrementen** en las próximas décadas⁵¹⁰.

Tabla 49. Posibles impactos en las infraestructuras de transporte debido al cambio climático.

INFRAESTRUCTURA	IMPACTOS
CARRETERAS	<ul style="list-style-type: none"> - Daños y erosión en puentes, taludes y firmes por el aumento de la intensidad de las precipitaciones extremas de corta duración. - Erosión de taludes en terraplén por avenidas extraordinarias - Inundación de los firmes por insuficiencia de capacidad de drenaje. - Incremento de las condiciones de aridez y las temperaturas máximas pueden dañar los firmes, por ejemplo, la aparición de roderas. - Afectación de las condiciones de viabilidad por incendios al margen de la vía.
INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS	<ul style="list-style-type: none"> - Erosión de los taludes y posibles deslizamientos de laderas, y daños en los puentes que afecten su estabilidad por las precipitaciones intensas. - Daños en la estructura y sistema de drenaje producidos por las lluvias extremas. - Daños en los carriles y sujeciones de la vía por la subida de la temperatura y mayor amplitud de las oscilaciones térmicas. - La posible mayor frecuencia de incendios (provocada por olas de calor y sequías) y las lluvias torrenciales podrían afectar al tráfico ferroviario aumentando los retrasos y cancelaciones. - Daños en la catenaria por sobretensiones de tormentas eléctricas y aumento de las rachas de viento. - Caídas de objetos en las vías, impacto en las pantallas acústicas, en particular para las líneas de alta velocidad por el incremento de las rachas de viento.
PUERTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Subida del nivel freático de muelles y explanadas que podría afectar al funcionamiento de redes y servicios subterráneos, así como a la calidad de los terrenos y a las condiciones sanitarias del entorno. - Mayor riesgo de fallos y roturas de diques como consecuencia de la subida del nivel del mar que origina un mayor calado y exposición al oleaje. - Aumento de la frecuencia del rebase de diques en condiciones de oleaje debido a la subida del nivel del mar, y por tanto posible disminución de la operatividad de los puertos.
AEROPUERTOS	<ul style="list-style-type: none"> - El posible aumento de niebla y viento podría afectar a las operaciones en pista, aunque hay gran incertidumbre por las escasas proyecciones. - Aumento de la probabilidad de incendio en las operaciones de repostaje, mayor deterioro de los materiales bituminosos de las pistas, impedir despegues de aviones más pesados y menor confort del personal de pista por el aumento de las temperaturas. - Posibilidad de saturación de los sistemas de drenaje de las pistas con el incremento de la intensidad de las precipitaciones

Fuente: Sanz y Galán (2020, p. 167)

Conforme a las **evaluaciones generales** realizadas hasta el momento, el sector del transporte se podría ver afectado por los cambios en los patrones e intensidad de las precipitaciones, de las inundaciones, del régimen de los vientos, el incremento de la severidad de los incendios o por la

⁵⁰⁸ Sanz y Galán (2020, p. 165).

⁵⁰⁹ EEA (2017, p. 254).

⁵¹⁰ MITECO (2020b, p. 166).

frecuencia de fenómenos como las nieblas⁵⁰⁸. Los efectos de estos eventos podrían 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, y acentuar su envejecimiento**⁵¹¹.

La **vida útil de muchos componentes de transporte**, como las infraestructuras y algunos vehículos, superará el horizonte temporal de 2050 y, en algunos casos, incluso el de 2100⁵⁰⁹, provoca que la **adaptación resulte en ocasiones complicada**, siendo necesario que en las características de diseño de las nuevas infraestructuras o en la modificación de las ya construidas se tengan en cuenta las condiciones climáticas esperadas para esos horizontes.

En este sentido, cabe señalar que **los riesgos e impactos** de naturaleza climática sobre una infraestructura dependerán no solo de los cambios de las condiciones actuales, sino que también **estarán estrechamente relacionados con conjunto de factores que determinan las características, el estado y la capacidad resistencia de la propia infraestructura**, en particular, del tiempo transcurrido desde su construcción, de las prescripciones técnicas consideradas para su diseño, de propia ejecución de la obra y del mantenimiento y conservación a lo largo de su vida útil⁵¹².

En el caso de la **red viaria** algunos de los **impactos con mayor repercusión** se podrían producir sobre los **taludes**, que se verán afectados por el aumento de la intensidad de las precipitaciones extremas de corta duración generando erosión y posibles **deslizamientos de laderas**, así como potenciales los daños que afecten a la estabilidad de los puentes⁵¹³. En este sentido, la Agencia Europea del Medio Ambiente señala que las infraestructuras de **las regiones montañosas**, como la asturiana, **se verán más amenazadas por la inestabilidad geológica** como resultado del **aumento de las precipitaciones**⁵¹⁴.

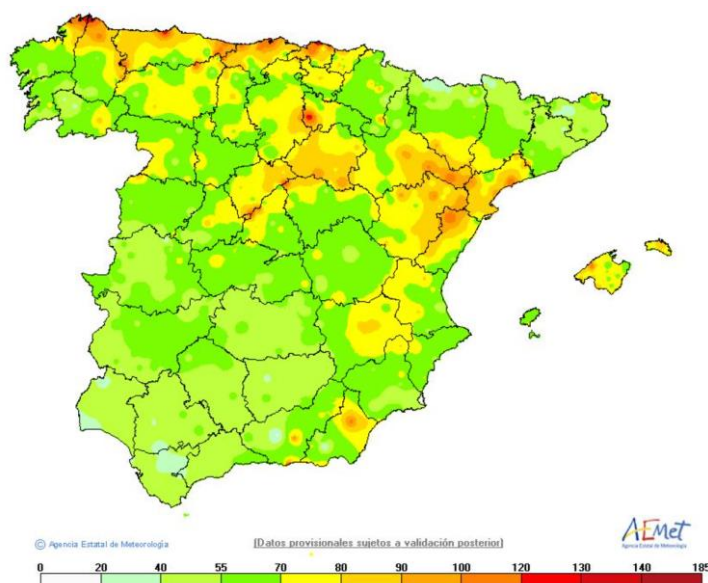


Figura 56. Rachas máximas de viento registradas durante el día 3 de noviembre de 2019.

Fuente: AEMET, http://www.aemet.es/es/conocermas/borrascas/2019-2020/estudios_e_impactos/amelie.

Fecha de consulta: 23 de mayo de 2021.

⁵¹¹ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 16).

⁵¹² ADIF (2020, p. 6).

⁵¹³ Sanz y Galán (2020, p. 166).

⁵¹⁴ EEA (2017, p. 20).

La **intensificación de los vientos**, especialmente durante las tormentas y borrascas, podría aumentar la frecuencia de interrupción del tráfico al provocar la caída de objetos sobre este tipo de **redes de transporte viaria y ferroviaria**⁵¹⁵ como los ocurridos en Asturias durante el 3 de noviembre de 2019, durante el paso de la borrasca Amelie (Figura 56), o los de enero de 2021, tras el paso de la borrasca Filomena.

Asimismo, el trazado de una importante parte de la **infraestructura viaria sobre llanuras aluviales** altera podría colapsar los sistemas de drenaje y agravando las consecuencias de las **inundaciones** por obstrucción de los puntos críticos en los lugares en los que la infraestructura vial cruza los cauces, así como en las zonas con deficiencia de drenaje durante los episodios de lluvias intensas.

En el caso del **transporte ferroviario**, las proyecciones sugieren que se podría enfrentará a **riesgos particularmente altos** en el caso de eventos climáticos extremos, principalmente como resultado del incremento de los episodios de lluvias intensas, siendo especialmente vulnerable debido a las limitadas o inexistentes rutas alternativas⁵⁰⁹. Los **principales impactos** potenciales sobre las **infraestructuras ferroviarias** que podrían estar vinculados a los efectos del cambio climático son⁵¹⁶:

- Debidos a **lluvias intensas**: deslizamiento de laderas, caída de materiales y erosión de taludes en desmonte; asentamiento de terraplenes; insuficiencia de capacidad de las obras de drenaje transversal o longitudinal; o arrastre y movimiento del balasto en vía como consecuencia de la sobreelevación de la lámina de agua.
- Derivados de las **avenidas extraordinarias**: erosión de taludes en terraplén junto a cauces; o erosión de estribos, socavación de pilas y obras de contención e impactos por arrastre de materiales en viaductos sobre cauces.
- Provocados por el **aumento de las temperaturas máximas**: insuficiencia de carrera de las juntas y de los aparatos de dilatación en tableros de viaductos de gran longitud.

Además de estos impactos las condiciones climáticas, u otros fenómenos asociados o vinculados a las mismas pueden afectar directamente a las **condiciones del servicio ferroviario**, sin ocasionar necesariamente un daño a la infraestructura, entre los que se encuentran, por ejemplo, los incendios forestales, los intensos fuertes vientos o los temporales marinos y el oleaje.

La **actividad portuaria** es otro de los sectores socioeconómicos importantes que se ubican en la costa y que, por tanto, se verán expuestos a los fenómenos de transformación de la de la franja costera derivados del cambio climático. En 2014 ya se preveía una pérdida de operatividad y fiabilidad de las infraestructuras portuarias, especialmente en el Cantábrico, Canarias y Mallorca, como consecuencia de los impactos del cambio climático tanto sobre la propia infraestructura portuaria como sobre su funcionamiento⁵¹⁷.

Así, por ejemplo, los cambios y las tendencias futuras de las principales variables climáticas que pueden condicionar la vulnerabilidad en el caso de los puertos del Estado⁵¹⁸ son la temperatura del aire y el mar, el régimen de precipitaciones, cambios en el oleaje y corrientes, la salinidad y el aumento del nivel del mar. Pero el principal riesgo identificado es el aumento de la **frecuencia de rebase de diques** y, aunque no se prevén cambios en el régimen de oleaje, su combinación con el

⁵¹⁵ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 202).

⁵¹⁶ ADIF (2020, pp. 9-10).

⁵¹⁷ Losada, I.J., Izaguirre, C., Díaz, P. 2014. *Cambio climático en la costa española*. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid. En Sanz y Galán (2020, p. 122).

⁵¹⁸ Gomis, D., Álvarez-Fanjul, E. 2016. Vulnerabilidad de los puertos españoles ante el cambio climático. En *Vol. 1: Tendencias de variables físicas oceánicas y atmosféricas durante las últimas décadas y proyecciones para el siglo XXI*. Puertos del Estado, IMEDEA, AEMET, CEDEX, pp. 281. En Sanz y Galán (2020, p. 122).

ascenso del nivel del mar generará rebases más frecuentes que disminuirán la operatividad de las infraestructuras portuarias.

Pero, al mismo tiempo, también se esperan **impactos positivos** en las operaciones de las redes de transporte terrestres y aérea, sobre todo **durante el periodo invernal**, debido a la disminución de nevadas y heladas diarias, lo que también beneficiaría al mantenimiento y mejora de las condiciones de explotación⁵¹⁹ e, incluso, la subida del nivel del mar podría mejorar las operaciones de algunos puertos con falta de calado⁵¹⁸.

Pero, además, el **cambio de modelo de movilidad** también generará cobeneficios en otros ámbitos ya que supondrá una reducción significativa de las emisiones de gases y partículas y, por tanto, de la contaminación atmosférica, lo que tendrá **efectos positivos en la salud y la calidad de vida de los ciudadanos**, en particular para los habitantes de las zonas urbanas. En este sentido, cabe destacar el papel que juegan los **planes de movilidad urbana sostenible** que, entre sus objetivos, incluyen el de contribuir al desarrollo de un sistema de transporte que mejore el atractivo del entorno urbano, la calidad de vida y la salud de los habitantes⁵²⁰.

En el caso de **Asturias** se han realizado **pocos estudios** sobre el impacto de los efectos del cambio climático en las infraestructuras y el sistema de transporte regionales, y mucho menos sobre su posible evolución en los diferentes escenarios del cambio climático, a excepción de los puertos regionales. En el **Plan Director de Infraestructuras para la Movilidad de Asturias 2015-2030 (PIMA)**, a pesar de su horizonte temporal, incluye muy pocas referencias a los efectos del cambio climático, y éstas están incluidas fundamentalmente en el Informe de Sostenibilidad Ambiental y no en los documentos de planificación.

Así entre los **objetivos ambientales del PIMA** se recoge la **adaptación de las infraestructuras de transporte al cambio climático** mediante la introducción de “medidas durante la planificación de infraestructuras como el empleo de materiales menos vulnerables a los incrementos de temperatura y sequías, medidas relacionadas con el dimensionamiento de la red de drenaje y puentes para prevenir inundaciones, o con el diseño de las obras costeras previendo el incremento del nivel del mar y alteraciones en la fuerza y orientación del oleaje”⁵²¹.

Según citado Informe de Sostenibilidad Ambiental entre los **eventos que podrían tener impacto sobre las infraestructuras de transporte regionales** se encontrarían⁵²²:

- **Incrementos de temperatura:** aumento del riesgo de aparición de roderas y fisuras no estructurales; afecciones a las especies vegetales empleadas para estabilización de taludes o en las medianas; la durabilidad de determinados elementos de señalización; envejecimiento de las marcas viales; dilatación de los carriles ferroviarios y tensiones internas, afectando a las sollicitaciones del sistema carril-travesía-sujeción.
- **Tormentas y vientos:** caída de objetos.
- **Precipitaciones intensas y de corta duración:** estabilidad de taludes por efecto del agua de escorrentía; insuficiente capacidad de desagüe de la superficie de la calzada; riesgo para la seguridad de circulación de los vehículos

⁵¹⁹ CEDEX – MAGRAMA. 2013. *Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España*. Informe Final. Septiembre 2013. 59 pp. En Sanz y Galán (2020, p. 165).

⁵²⁰ Comisión Europea (2013b).

⁵²¹ Gobierno del Principado de Asturias (2015, Informe de Sostenibilidad Ambiental, p. 50).

⁵²² Gobierno del Principado de Asturias (2015, Informe de Sostenibilidad Ambiental, p. 127).

- **Avenidas extraordinarias:** estabilidad de los taludes en terraplenes que discurren paralelos a cauces de río.

En línea con lo anteriormente señalado, uno de los fenómenos habituales en la geografía asturiana con una importante afección a las infraestructuras viarias son los argayos o **deslizamientos del terreno** que podrían verse favorecidos por los cambios en los patrones de las precipitaciones provocados por el cambio climático y el incremento en la frecuencia de fenómenos de intensas lluvias⁵²³.

La relevancia de este fenómeno ya se ponía de manifiesto en análisis DAFO del Plan Director de Infraestructuras para la Movilidad de Asturias 2015-2030, incluyendo entre las debilidades la climatología que “incide muy desfavorablemente en el estado y costes de conservación de la red, teniendo que asignar importantes recursos a problemas de desestabilización de taludes y laderas y a obras de drenaje, así como a labores de vialidad invernal”⁵²⁴.

Tabla 50. Inversión del Gobierno del Principado de Asturias en reparación de argayos y prevención de deslizamientos de laderas.

AÑO	ACTUACIONES	INVERSIÓN
2015	30	2 192 721.13
2016	64	3 588 817.37
2017	40	3 234 228.53
2018	50	4 004 903.68
2019	83	7 849 740.82
2020	14	2 176 521.17
2021*	30	3 623 691.03

Fuente: Respuesta parlamentaria del 9 de marzo de 2021 del Consejero de Medio Rural y Cohesión Territorial.

<https://www.jgpa.es/documents/11156/450825/0014619/33668e36-1d6c-4a00-b752-ea8bfde078bc>

Fecha de consulta: 12 de junio de 2021.

Además, las actuaciones de conservación y mantenimiento para la reparación de argayos y de prevención de riesgos de deslizamiento en laderas implica un **importante coste anual** para las Administración regional que desde 2015 a comienzos de marzo de 2021 había invertido más de 26.7 millones de euros en 311 actuaciones de este tipo (Tabla 50).

En cuanto a los **puertos regionales**, en 2009⁵²⁵ se indicaba que el incremento de la **frecuencia de los eventos de rebase** de infraestructuras de protección “es un índice que muestra la **pérdida de funcionalidad de las mismas** por efecto del cambio climático; advierte del incremento de peligrosidad de daños a propiedades y personas; y puede ser utilizado para evaluar la operatividad del muelle y las zonas de ataque”, observándose “que debido al aumento del nivel del mar y de la altura de ola, en términos generales, se produce un aumento del rebase a lo largo de toda la costa asturiana”.

⁵²³ Menéndez Duarte, R., de Luis Calabuig, E., Piserra de Castro, M.T. y Laín Huerta, L. (2009). Riesgos naturales. En Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (pp. 239-260).

⁵²⁴ Gobierno del Principado de Asturias (2015, Documento nº 2 Tomo I, p. 148).

⁵²⁵ Anadón Álvarez, R., Fernández, C., García Flórez, L., Losada Rodríguez, I. y Valdés Santurio, L. (2009). Costas y océanos. En: Anadón Álvarez y Roqueñí Gutiérrez (p. 158).

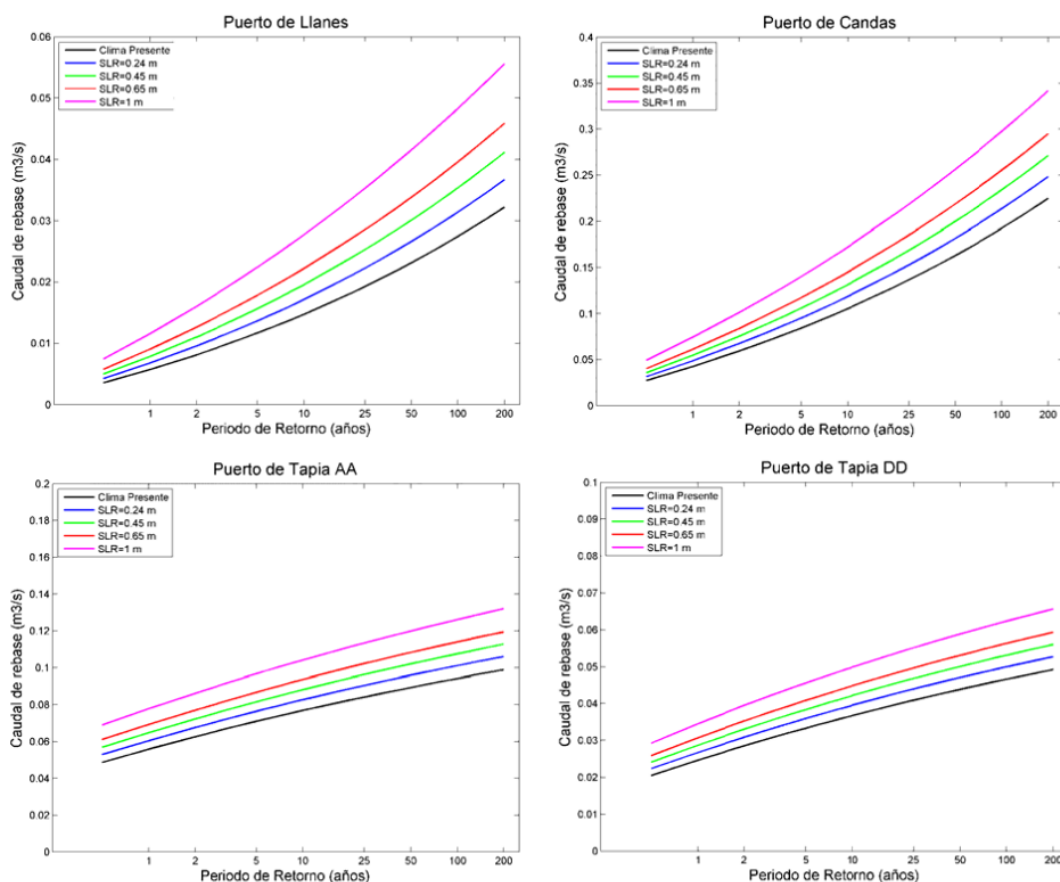


Figura 57. Régimen extremal del caudal de rebase para los escenarios de aumentos del nivel medio del mar.

Fuente: Losada Rodríguez y Toimil Silva (2016, p. 27).

La **subida del nivel del mar reducirá la excepcionalidad de los eventos extremos de caudal** haciéndolos mucho más frecuentes de lo que lo son actualmente (Figura 57). Así, observando las curvas obtenidas para el dique de abrigo del **Puerto de Candás** se puede señalar que⁵²⁶:

- Un evento de rebase de $0.23 \text{ m}^3/\text{s}$ tiene en la actualidad un retorno de alrededor de 200 años.
- Con un aumento de nivel de 0.45 m, la recurrencia de un evento similar será mayor, produciéndose al menos una vez cada 150 años.
- En el caso de que el nivel medio del mar aumente 0.665 m, el retorno habrá disminuido considerablemente, siendo inferior a los 100 años.
- Para un incremento de 1 m, el evento será mucho más habitual y se producirá, al menos, una vez cada 40 años.

Los **cambios más significativos en el caudal de rebase** por efecto del aumento del nivel medio del mar se producirán sobre los diques de abrigo de los **puertos de Llanes y Candás**, en los que, para un incremento de nivel de un metro, la tasa será un 0.82% y un 0.61% superior a la actual, respectivamente⁵²⁶.

⁵²⁶ Losada Rodríguez y Toimil Silva (2016).

En **Candás** el rebase asociado a periodos de retorno de 25, 50 y 100 años ocasionará a finales de siglo daños estructurales sobre el paseo equivalentes a los que produciría en la actualidad un evento de rebase de más de 500 años de retorno. Los resultados muestran que **el rebase asociado al temporal del año**, pese a afectar a la seguridad funcional del dique creando inseguridad y peligro para vehículos y peatones, **no afecta a la estructura** del mismo, afección que **sí se produciría con un aumento del nivel medio de nivel del mar de un metro**.

En el caso del **dique de Rocín de Tapia de Casariego** los rebases de 5, 10, 25, 50 y 100 años de periodo de retorno ponen en peligro la circulación de peatones, pero en el caso de **aumentos del nivel medio del mar**, la recurrencia de eventos extremos de rebase provocará una mayor **inseguridad funcional** y posibles **daños estructurales** para periodos de retorno elevados.

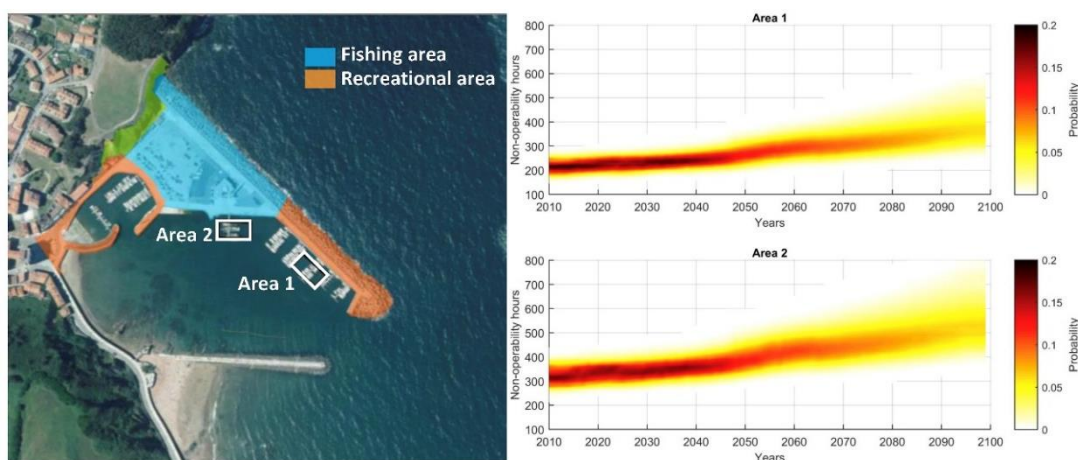


Figura 58. Zonas del puerto de Candás (izquierda) y probabilidad media interanual del conjunto de horas no operativas de 2010 a 2099 debido al cambio climático (derecha).

Fuente: elaborado a partir de Camus *et al.* (2019).

De los diez puertos analizados, los diques de los de **Tapia de Casariego, Puerto de Vega, Cudillero, Luanco y Candás** son los que sufren una **mayor variabilidad del caudal de rebase crítico** para los distintos aumentos del nivel del mar. El caudal de rebase crítico sobre el Dique de Guñin de Afuera (**Viavelez**), Dique de la Encoronada de **Luarca** y los diques de **Tazonés y Tapia de Casariego** se superará con mayor frecuencia para un aumento del nivel medio de nivel del mar de un metro.

Por lo que se refiere a la **operatividad anual**, según un estudio publicado en 2019⁵²⁷ para el **puerto de Candás**, se producirá una **reducción drástica en el tiempo de operatividad**, pasando de un promedio de 198.9 a 332.13 horas en el área 1 y de 313.62 a 475.14 en el área 2 (Figura 58). Para ello se consideró el aumento del nivel del mar según el RCP8.5 (0.26 m en 2050 y 0.63 m en 2100) y los cambios en el oleaje y en las mareas meteorológicas derivados del cambio climático.

Con respecto a las **oportunidades** que ofrece el **cambio del modelo de transporte y movilidad** para Asturias, la introducción de nuevas tecnologías de movilidad a partir de electricidad, gases renovables y biocarburantes, ofrece algunas **oportunidades**, tanto en materia de **investigación y desarrollo**, como para la **aparición de nuevas actividades económicas o la transformación de las existentes** relacionadas con los productos y servicios requeridos por la progresiva sustitución del parque de vehículos por otros que utilicen las nuevas fuentes de energía⁵²⁸. La transformación del

⁵²⁷ Camus *et al.* (2019).

⁵²⁸ Gobierno del Principado de Asturias (2021c, p. 32).

transporte abre oportunidades en el ámbito de investigación de materiales y para la propia actividad industrial, “gracias a una amplia red empresarial integrada en la cadena de valor: navieras; fabricantes/suministradores de carrocerías, chapa, materiales para la estructura, parabrisas, amortiguadores, transmisiones y elementos de seguridad”⁵²⁹.

4.11. Poblamiento.

4.11.1. Aspectos generales relativos al poblamiento y la adaptación al cambio climático.

La **concentración de población, servicios, bienes e infraestructuras esenciales hacen que los impactos del cambio climático puedan ser especialmente importantes en las ciudades**⁵³⁰, como resultado de la interacción de los eventos climáticos con la vulnerabilidad y exposición de un sistema humano o natural y de sus componentes: población, medios de vida, salud, ecosistemas, economías, sociedades, culturas, servicios e infraestructura⁵³¹.

A pesar de que la **incertidumbre** sobre los impactos climáticos es muy alta cuando nos referimos a **territorios específicos**, y especialmente cuando se habla de la **escala local**, es evidente que los **asentamientos de población, en particular los urbanos, son puntos críticos de vulnerabilidad** ante el cambio climático y, por tanto, las ciudades adquieren un papel muy relevante en la identificación y valoración de dichos impactos sobre la población, la urbanización, las infraestructuras y los servicios⁵³².

La gran **mayoría de los estudios** señalan que las alteraciones provocadas por el **cambio climático** tendrán un **efecto negativo sobre el poblamiento** debido al aumento de las temperaturas, la disminución de las precipitaciones, la elevación del nivel medio del mar y la mayor frecuencia de fenómenos climatológicos extremos (precipitaciones intensas, inundaciones, temporales, olas de calor, etc.).

Pero además de estos factores climáticos, hay que considerar **otros no climáticos** que además de actuar como **intensificadores de los impactos** sobre las áreas urbanas⁵³³, y sobre el poblamiento en general, son de gran importancia para el **diseño de medidas de adaptación** a las alteraciones y efectos derivados del cambio climático, **favoreciendo, dificultando o incluso imposibilitando el desarrollo de determinadas soluciones**.

Se trata de **factores muy diversos relacionados con el modelo territorial de cada región** y su evolución a lo largo del tiempo, incluyendo aspectos como la organización del sistema urbano, los desequilibrios provocados por la existencia de ciudades o comarcas en declive, los efectos de procesos de periurbanización o difusión del fenómeno urbano, el sistema de poblamiento rural y las dinámicas de despoblación del medio rural.

También entre este grupo de factores no climáticos se encuentran algunas **características propias de cada ciudad** como la **distribución de los usos del suelo** o el propio **diseño urbano** (densidad, morfología, orientación, pavimentación, etc.). Así, por ejemplo, los **impactos de las inundaciones** son agravados, entre otros factores, por el alto **grado de impermeabilización** de los suelos en las

⁵²⁹ Gobierno del Principado de Asturias (2021c, p. 31).

⁵³⁰ Sanz y Galán (2020, p. 127).

⁵³¹ IPCC (2014). Annex II: Glossary. En: Sanz y Galán (2020, p. 127).

⁵³² Revi, A., Satterthwaite, D.E., Aragón-Durand, F., Corfee-Morlot, J., Kiunsi, R.B.R., Pelling, M., Roberts, D.C., Solecki, W., 2014. Urban areas, in: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 535–612. En: Sanz y Galán (2020, p. 127).

⁵³³ Olazabal y Ruiz de Gopegui (2020).

ciudades; o el aumento de las temperaturas, especialmente durante los **episodios de ola de calor** caracterizados, además, por la falta de humedad superficial en las áreas urbanas y la baja velocidad del viento⁵³³ incrementarán su severidad debido al efecto de **isla de calor urbana**. La intensidad de este último fenómeno depende de varias características como la forma y morfología de la ciudad, la presencia de vegetación o el albedo de los materiales de las superficies urbanizadas⁵³⁴.

En el caso de la **edificación**, la repercusión del cambio climático conlleva **nuevas necesidades para atender los aspectos de habitabilidad de los edificios**, como instalaciones de climatización y de ventilación que, a su vez, repercuten sobre el microclima local⁵³⁵. Esto afecta todo el parque edificatorio de los núcleos de población, con independencia del uso (residencial, comercial o de servicios, equipamientos educativos, asistenciales, sanitarios, administrativos, etc.), pero la capacidad de adaptación variará notablemente dependiendo la antigüedad, tipologías y características constructivas de cada edificio. Así la población de los **núcleos urbanos** se presenta especialmente vulnerable a los **efectos sobre la 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 edificios⁵³⁵.

Por otra parte, para poder valorar adecuadamente la magnitud de los potenciales impactos también es importante tener en cuenta el **componente sociodemográfico de los asentamientos de población**, ya que ciertos grupos sociales se verán especialmente afectados por su menor capacidad de preparación, resistencia y recuperación ante los impactos, lo que, en buena medida, también **determina la capacidad de adaptación de la ciudad** a los efectos del cambio climático, e incluso, podría incrementar las actuales desigualdades que sufren algunas minorías y grupos sociales, concentrados, por lo general, en los ámbitos urbanos⁵³³.

Asimismo, desde una perspectiva más amplia, otros autores⁵³⁶ señalan que el sistema de asentamientos humanos también se puede ver afectado por el cambio climático debido a su incidencia sobre: los **cambios en la productividad o en la demanda de bienes y servicios**; las **afecciones materiales sobre las infraestructuras** o su efectividad y capacidad de servicio (sistemas de distribución y abastecimiento, edificios, equipamientos, servicios urbanos, etc.); o la **inducción de cambios sociodemográficos**.

Cabe destacar que los **estudios** de caracterización y cuantificación de los impactos del cambio climático en el poblamiento están **muy extendidos en las ciudades de medio y gran tamaño**, pero hay **pocas referencias** a las afecciones de otros elementos de sistema como las **pequeñas ciudades o los asentamientos rurales**. Por otra parte, la gran **mayoría de los estudios** se centran en la **evaluación de determinadas amenazas de forma aislada**, en particular, la subida del nivel del mar y eventos costeros extremos, inundaciones o los impactos en la salud debido a las temperaturas extremas⁵³⁷.

En general, **las ciudades españolas tienen un grado de vulnerabilidad al cambio climático alto o muy alto comparado con otras ciudades europeas**⁵³⁸, apareciendo como principales amenazas a nivel municipal las temperaturas extremas, las sequías, las inundaciones y las tormentas (Tabla 51),

⁵³⁴ Ministerio de Fomento (2018, p. 29).

⁵³⁵ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 119).

⁵³⁶ Pardo Buendía (2007).

⁵³⁷ ESPON, IRPUD, TU Dortmund University (2011). *ESPON Climate: Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies. Draft Final Report*. ESPON 2013 Programme, Luxembourg. En Sanz y Galán (2020, p. 128).

⁵³⁸ Diaz-Sarachaga, J.M., Jato-Espino, D. (2019). Analysis of vulnerability assessment frameworks and methodologies in urban areas. *Nat Hazards*. <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03805-y>; Forzieri, G., Feyen, L., Russo, S., Voudoukas, M., Alfieri, L., Outten, S., Migliavacca, M., Bianchi, A., Rojas, R., Cid, A., 2016. Multi-hazard assessment in Europe under climate change. *Climatic Change* 137, 105–119. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1661-x>. En Sanz y Galán (2020, p. 128).

y como sectores más vulnerables los de la salud, la gestión del agua, las infraestructuras, las biodiversidad y la actividad económica⁵³⁹.

Tabla 51. Efectos del cambio climático a paliar mediante medidas de adaptación.

EFECTOS		IMPACTOS	
Aumento de las temperaturas	T1	Incremento del efecto "isla de calor" en los núcleos urbanos.	
	T2	Mayores necesidades de sombra en las horas centrales del verano.	
	T3	Incremento de las necesidades de riego del verde urbano.	
	T4	Importantes afecciones sobre la salud humana.	
	T5	Mayor evaporación de aguas de estanques, piscinas y embalses.	
	T6	Mayores periodos de inversión térmica.	
	T7	Más contaminación por menor ventilación con inversión térmica.	
Elevación del nivel del mar	N1	Inundaciones en áreas urbanas costeras.	
	N2	Pérdida de playas en zonas turísticas.	
Lluvia torrencial / Sequía	LS1	Cambios en la escorrentía y en la disponibilidad de agua.	
	LS2	Desprendimientos de taludes de carreteras urbanas.	
Lluvia torrencial	L1	Inundaciones por avenida.	
	L2	Sobrecarga de las infraestructuras de alcantarillado.	
Sequía	S1	Riesgos de interrupciones en el suministro eléctrico de origen hidráulico.	
	S2	Problemas de abastecimiento alimentario.	
	S3	Riesgos de erosión.	
Alteración de especies	A1	Incremento de la presencia de determinados parásitos.	
Incendios forestales	F1	Riesgos de incendios en áreas urbanas próximas a zonas forestales.	

Fuente: elaborado a partir de FEMP (2015, p. 30).

4.11.2. Particularidades del sistema de poblamiento asturiano ante el cambio climático.

El sistema territorial y de poblamiento asturiano presenta algunas particularidades que pueden acentuar la vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático y condicionar el desarrollo de las medidas de adaptación.

En primer lugar, cabe destacar que casi el 81% de las 6 159 entidades singulares de población habitadas tiene 50 o menos habitantes, en las que residen el 7.3% de los habitantes de la región, con una población media de 15 habitantes por entidad (Tabla 52). Si consideramos las entidades singulares habitadas con 100 habitantes o menos, la proporción asciende a cerca del 91%, en las que reside el 11.5% de los habitantes regionales, con una población media de 21 habitantes por entidad.

Tabla 52. Entidades singulares y población según tamaño de la entidad en 2020.

HABITANTES	ENTIDADES			PERSONAS		POBLACIÓN MEDIA
	Núm.	% total	% habitadas	Núm.	%	
0	796	11.45	-	0	0.00	0
1-50	4 971	71.47	80.71	74 161	7.28	14.9
51-100	610	8.77	9.90	43 493	4.27	71.3
101-250	381	5.48	6.19	56 977	5.59	149.5
251-500	99	1.42	1.61	35 118	3.45	354.7
501-1000	37	0.53	0.60	23 972	2.35	647.9
1 001-10 000	53	0.76	0.86	171 286	16.81	3 231.8
10 001-50 000	5	0.07	0.08	97 560	9.58	19 512.0
> 50.000	3	0.04	0.05	516 217	50.67	172 072.3
TOTAL	6 955	100.00	100.00	1 018 784	100.00	146.5

Fuente: SADEI.

⁵³⁹ Red Española de Ciudades por el Clima (2019, p. 65).

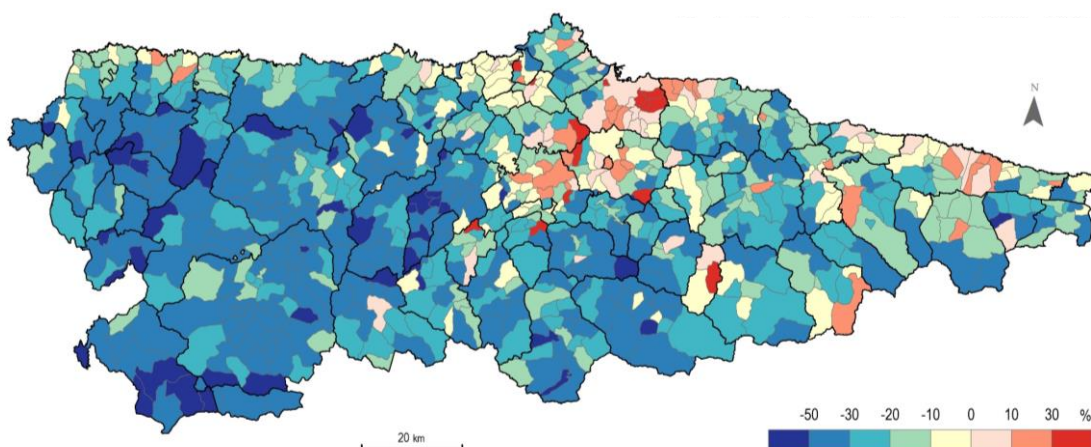


Figura 59. Evolución de la población por parroquias entre 2000 y 2018.

Datos en porcentajes de variación.
Fuente: Arturo Colina, 2019 (inédito).

La reducción del tamaño de las entidades de población es el resultado de la evolución demográfica regional, con una pérdida continuada de efectivos desde 2009 que no se reparte de forma homogénea en el territorio si no que, porcentualmente, es mucho más marcada en las zonas que ya de por sí estaban poco pobladas y con un sistema de poblamiento constituido por numerosos núcleos de pequeño tamaño repartidos por todo el territorio. Tal y como se puede observar en la Figura 59 este proceso de despoblamiento afecta en particular al occidente de la región, a excepción de algunas villas mayoritariamente situadas en la costa, la montaña central y algunas zonas del interior oriental de la región.

La intensidad del proceso de despoblamiento ha provocado que en 2020 se contabilizasen casi 800 entidades deshabitadas (Tabla 52) lo que representa aproximadamente el 11.5% del total de entidades singulares de población censadas en Asturias. Pero, además, las dinámicas demográficas de estas zonas, eminentemente rurales, han provocado el envejecimiento de la población, la bajada de natalidad, la reducción del relevo generacional y la reducción de medios de vida y de puestos y oportunidades de trabajo⁵⁴⁰, lo que las sitúa ante un círculo vicioso que, salvo en contadas excepciones, hace que este proceso de despoblamiento vaya a continuar en el futuro.

Estos desequilibrios territoriales en las dinámicas demográficas y en las características del sistema de poblamiento se traducen en una merma significativa de la capacidad de las administraciones locales para la prestación de servicios públicos y, por tanto, en la capacidad para abordar por sí solas las políticas de adaptación al cambio climático.

Otra característica definitoria del sistema de poblamiento asturiano es que casi **el 51% de la población regional** se concentra en las **tres ciudades** que superan los 50 000 habitantes (Gijón, Oviedo y Avilés) situación actual que es el resultado de la evolución y los procesos territoriales que ha experimentado el área central asturiana desde la década de los años 70 del siglo pasado.

Los primeros análisis⁵⁴¹ describen el **área central asturiana** como un espacio geográfico complejo de carácter urbano-rural, caracterizado por un marcado policentrismo, con centros urbanos

⁵⁴⁰ Ministerio de Fomento (2018, p. 22).

⁵⁴¹ Murcia, E. (1980). "Introducción al estudio del sistema urbano asturiano". *Eria* (1) pp. 89-150. En Méndez García y Ortega Montequín (2017)

especializados en diversas funciones que extienden sus áreas de influencias sobre un territorio agrario que conforma la matriz de este ámbito de límites difusos.

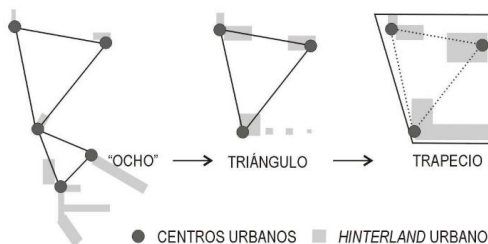


Figura 60. Evolución del sistema de ciudades y difusión de usos urbanos en el centro de Asturias.

Fuente: elaborado a partir de Méndez García y Ortega Montequín (2017).

Inicialmente el policentrismo de esta área central definía el denominado “ocho asturiano” integrado, tal y como señalan Méndez García y Ortega Montequín (2017), “por las conurbaciones técnicas de los fondos de valle de las cuencas hulleras (Mieres y Langreo) y en los grandes espacios siderúrgicos y portuarios (Gijón y Avilés), además de los polígonos y áreas industriales de la cuenca de Oviedo” y en cuyo centro se localizaba la capital regional (Figura 60). Las dinámicas económicas y demográficas han provocado el desplazamiento del centro de gravedad metropolitano hacia el norte, dejando al margen las cuencas hulleras y transformando el ocho inicial en un triángulo, cuyos vértices se sitúan en las ciudades de Oviedo, Gijón y Avilés, con tendencia a formar un trapecio irregular por la expansión espontánea y desordenada de los usos urbanos hacia Siero tomando como eje la antigua N-634⁵⁴².

Pues bien, esta evolución del sistema territorial del área central ha venido acompañada de la aparición varios fenómenos que deberán ser tenidos en cuenta a la hora de desarrollar las políticas regionales de adaptación al cambio climático.

El primero es el efecto de los **procesos de conurbación**, en particular en torno a Avilés y Oviedo, que hace que el fenómeno urbano más o menos compacto rebase los límites administrativos dificultando la adopción de medidas de adaptación eficientes si tan solo se considera el municipio como unidad de valoración de los impactos y de gestión de la adaptación.

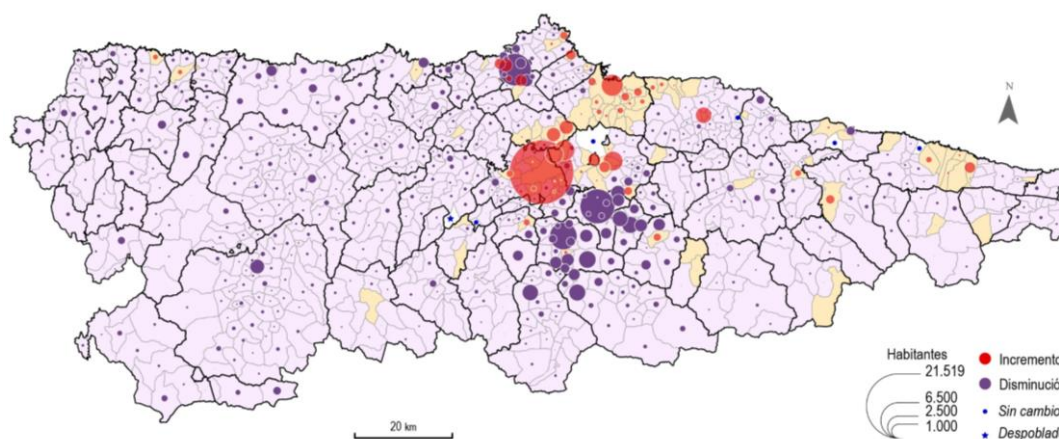


Figura 61. Evolución del número de habitantes por parroquias entre 2000 y 2018.

Fuente: Arturo Colina, 2019 (inédito).

⁵⁴² Méndez García y Ortega Montequín (2017).

En segundo lugar, debemos considerar el efecto de los **procesos de la periurbanización y difusión urbana**, con la aparición de nuevas áreas residenciales permanentes, ya sea en forma de urbanizaciones planificadas o como resultado de iniciativas individuales para la construcción de viviendas unifamiliares. Los resultados de estos procesos se pueden observar en gran parte del espacio rural del área central, pero de forma especialmente intensa en los concejos de Llanera y Siero.

Por último, cabe señalar la aparición del fenómeno de las **ciudades en declive** o “shrinking cities” en Avilés y las cuencas hulleras del Caudal y del Nalón, afectando de forma especialmente intensa a las ciudades de Langreo y Mieres (Figura 61) que actúan como cabeceras y motores comarcales. En el caso de Asturias este declive urbano es debido a los procesos de desindustrialización que conllevan la pérdida de dinamismo económico y la falta de oportunidades de trabajo; la degradación del espacio urbano, con la aparición de baldíos industriales y zonas degradadas en la propia trama urbana y sus alrededores, que las convierte en ciudades con escaso o nulo atractivo para invertir o residir; la emigración y la prolongada pérdida de población y, con ella, la merma de la capacidad de reacción de las autoridades locales para hacer frente a la recuperación.

4.11.3. Principales afecciones del cambio climático al poblamiento.

Como ya se expuso en algunos de los apartados anteriores, para Asturias se disponen de diversos estudios que analizan algunos de los **efectos e impactos directos provocados por el cambio climático** sobre el territorio y el sistema de poblamiento regional.

Se puede afirmar que todos los procesos descritos en este apartado potencialmente pueden tener un impacto importante sobre la población, considerando las características del **sistema de poblamiento** regional descritas en el apartado anterior, y teniendo en cuenta la **composición sociodemográfica** de la población asturiana caracterizada por una preocupante evolución de los indicadores de vulnerabilidad y desigualdad social y un alto grado de envejecimiento, con más del 26% de los habitantes asturianos superando los 65 años.

En relación con los recursos hídricos, teniendo en cuenta que en la **gestión de las sequías** tienen una gran importancia las **aguas subterráneas**, aunque la capacidad de almacenamiento de agua y de amortiguación frente a sequías depende en parte de la litología del acuífero, en el **noroeste peninsular** este tipo de recursos son clave para el suministro y abastecimiento de las zonas rurales. Algunos autores señalan que la recarga de acuíferos será muy importante para el futuro tanto en zonas urbanas y rurales para la adaptación a los efectos del cambio climático⁵⁴³. Otra de las consecuencias previsibles del incremento de las temperaturas y de la mayor frecuencia de las olas de calor, aunque no se hayan realizado estudios específicos al respecto, son **aumentos puntuales de las demandas hídricas para abastecimiento**, aspecto que se deben ser consideradas conjuntamente con el efecto de la reducción de recursos⁵⁴⁴.

Por lo que se refiere a las **inundaciones** y los **eventos extremos costeros**, se prevé que en **2040** aproximadamente el **0.9% de la población asturiana se vería expuesta a la inundación permanente en la costa**, porcentaje que ascendería hasta el **3.9% considerando la exposición a eventos extremos**. Para **2100** la **proporción de población expuesta** se situaría aproximadamente **entre un 2 y un 4%** del total, según los escenarios considerados, proporción que se incrementaría hasta el **5 y el 7.5%** considerando los **eventos extremos**⁵⁴⁵. Además se estima que el **impacto medio anual de**

⁵⁴³ Escalante, E. F., Sebastián Sauto, J. S. and Gil, R. C., 2019. Sites and indicators of MAR as a successful tool to mitigate climate change effects in Spain. *Water* (Switzerland), 11(9). <https://doi.org/10.3390/w11091943>. En Sanz y Galán (2020, p. 46).

⁵⁴⁴ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021b, p. 37).

⁵⁴⁵ Losada, Izaguirre y Diaz, 2014, (pp. 114-115).

la inundación esperable hasta 2040 supondrá en Asturias aproximadamente un **1.1% del PIB regional de 2008** y de un **1.6% si se consideran los eventos extremos**⁵⁴⁶.

Estas inundaciones marinas afectarán de manera especial a algunos núcleos urbanos costeros como, por ejemplo los de⁵⁴⁷: Navia debido, principalmente, al aumento del nivel medio del mar; Luarca por la posibilidad de desbordamiento del río cerca de la desembocadura; San Esteban de Previa y San Juan de la Arena, que ya sufren los efectos de las inundaciones durante los eventos extremos, y donde el incremento del nivel medio del mar provocará un aumento sustancial de la extensión de la zona inundada; Avilés, debido a la mayor frecuencia de desbordamiento de la ría, en especial por la margen izquierda; y Ribadesella, principalmente por aumento del nivel medio del mar, con desbordamientos importantes ya a mitad del presente siglo.

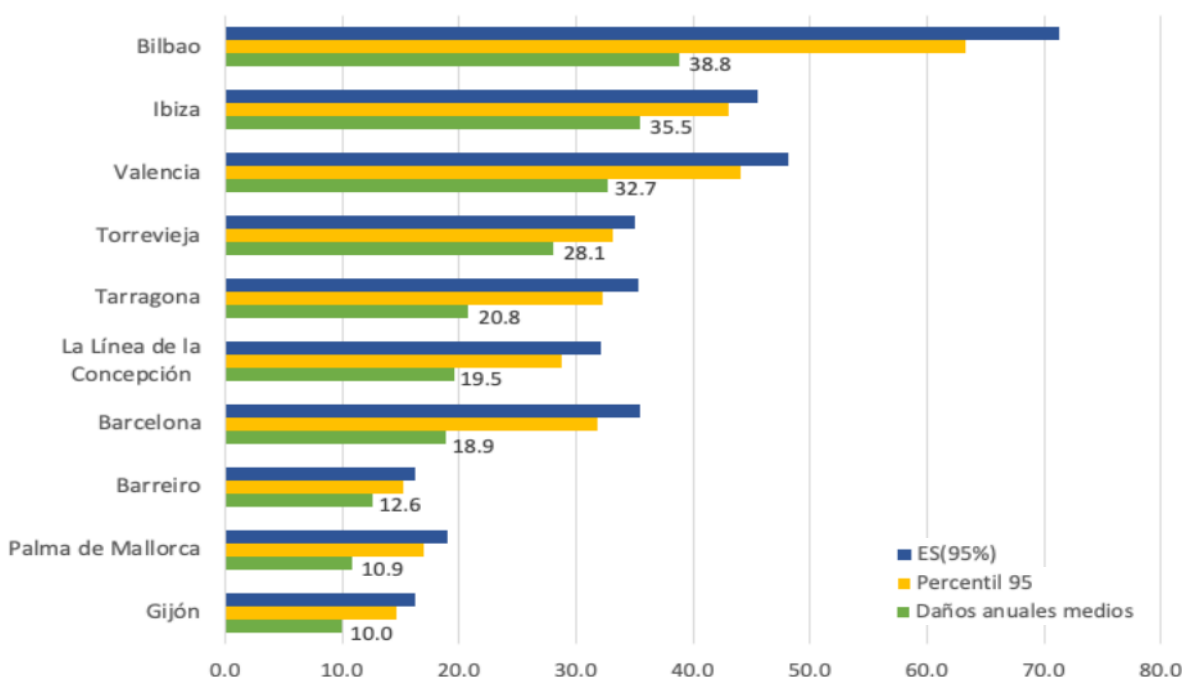


Figura 62. Daños económicos en las diez ciudades españolas con un mayor riesgo de inundación costera.

Datos se muestran en millones de euros correspondientes al escenario de ascenso del nivel del mar RCP4.5 en 2050.

En verde se muestran los daños anuales medios, en amarillo los daños en el percentil 95 de la distribución de probabilidades y en azul la media del 5% de peores casos.

Fuente: Sanz y Galán (2020, p. 121).

Además, según otros análisis, Gijón se encontraría entre las 10 ciudades españolas con un mayor riesgo de inundación costera (Figura 62), sin contemplar eventos extremos, con unos daños medios anuales de 10 millones de euros considerando el escenario de ascenso del nivel del mar RCP4.5 en 2050⁵⁴⁸.

⁵⁴⁶ Losada, Izaguirre y Diaz (2014, p. 118).

⁵⁴⁷ Losada Rodríguez et al. (2016a, p. 4.129).

⁵⁴⁸ Sanz y Galán (2020, p. 121).

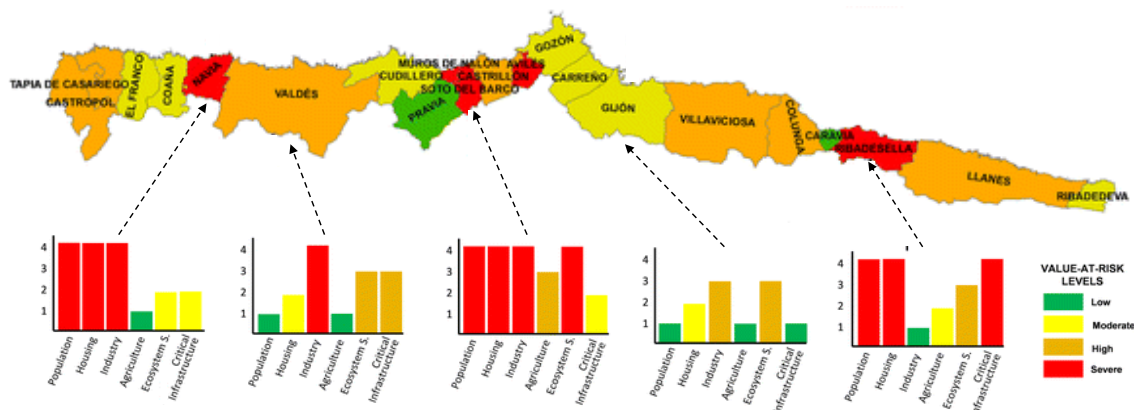


Figura 63. Índice de valor de riesgo integrado por sector para el período de retorno de 100 años según el RCP8.5 en los municipios de la costa asturiana.

Fuente: elaborado a partir de Toimil *et al.* (2017).

Por otra parte, los concejos costeros asturianos presentan diferentes perfiles de riesgo ante los efectos costeros del cambio climático (Figura 63), destacando que, bajo el escenario considerado y si no se adoptan medidas de adaptación, los de **Navia, Soto del Barco, Muros de Nalón, Avilés y Ribadesella** se presentan como los principales puntos calientes del litoral regional⁵⁴⁹.

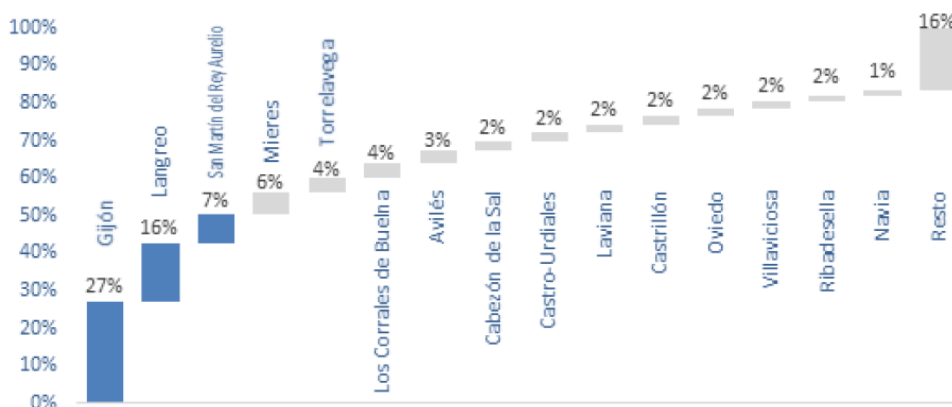


Figura 64. Porcentaje de la población total de la Demarcación expuesta a las inundaciones por municipios.

Fuente: Elaborado a partir de Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021a, p. 44).

Por lo que se refiere al **riesgo de inundación fluvial**, **19 de las 76 ARPSI** delimitadas en Asturias **presentan una peligrosidad y un riesgo extremos** y otras tres una peligrosidad significativa o muy grave y un riesgo extremo. Aunque la superficie inundable se encuentra en la región por debajo del 3%, en ella se concentra una parte importante de la población. Según las diferentes categorías de peligrosidad, **39 111 habitantes** se encuentran en zonas con **alta probabilidad** de inundación, **66 690** en la zona de **probabilidad media** y **120 545** en la de **probabilidad baja**⁵⁵⁰. Cabe destacar

⁵⁴⁹ Toimil, Losada, Díaz-Simal, Izaguirre y Camus (2017).

⁵⁵⁰ MITECO (2021, p. 16).

que en el municipio de Gijón se localiza el 27% de la población total de la Demarcación expuesta a las inundaciones (Figura 64), proporción que asciende hasta 56% si añadimos la población de los tres siguientes municipios más afectados (Langreo, 16%; San Martín del Rey Aurelio, 7%; y Mieres, 6%)⁵⁵¹.

La Confederación Hidrográfica del Cantábrico señala que los **daños económicos totales** en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental **son importantes** al estar presentes en la mayor parte de los tramos inundables núcleos urbanos relativamente importantes de la demarcación⁵⁵². Del total de la superficie inundable de la Demarcación con probabilidad alta (T10), media (T100) y baja (T500), el 18, 23 y 27%, respectivamente, está ocupada por usos urbanos.

Cabe destacar que **las dos ARPSI con valor económico en riesgo** de la cuenca del Cantábrico Occidental **se encuentran en territorio asturiano**. Se trata de la **ES018-AST-30-1**, la de mayor longitud de la cuenca, que afecta a los municipios de **Langreo, San Martín del Rey Aurelio y Laviana** y acumula el 11% del valor económico en riesgo en la cuenca, y de la **ES018-AST-40-1** que afecta al municipio de **Gijón**, que acumula otro 10%, siendo el área con mayor valor en riesgo por unidad de superficie inundada.

Respecto a las zonas expuestas a **peligrosidad torrencial**, como ya se señaló en apartados anteriores, en Asturias se han identificado más de **2 400 zonas expuestas a este fenómeno**, de las cuales en **250 torrentes se concentra la mayor exposición**, con una **afección estimada en al menos 5 280 edificaciones**⁵⁵³. A ello habría que añadir el riesgo derivado de los potenciales **deslizamientos asociados a lluvias torrenciales** que suponen un importante riesgo para la población en el caso de afectar a edificios o asentamientos y que todavía está sin cuantificar.

Por lo que se refiere a **los incendios forestales**, la **mayor amenaza y riesgo para el sistema de poblamiento asturiano** se produce en los **asentamientos rurales** en los que los procesos de abandono y envejecimiento de la población han provocado cambios en los aprovechamientos y manejo de los terrenos que conforman el interfaz urbano-agrario-forestal con un **progresivo incremento del combustible en las proximidades e interior de los asentamientos**.

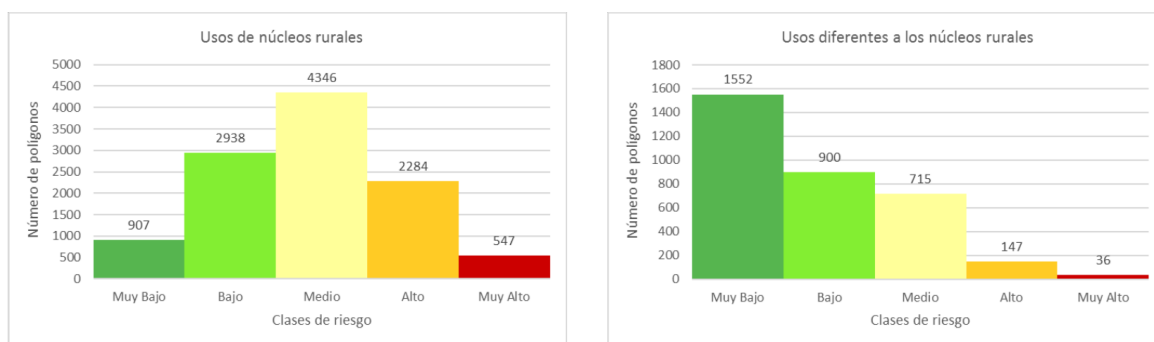


Figura 65. Número de unidades de análisis del interfaz urbano-agrario-forestal según usos y valoración del riesgo.

Fuente: Gobierno del Principado de Asturias (2020, p. 66).

⁵⁵¹ Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021a, p. 44).

⁵⁵² Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2021a, p. 45).

⁵⁵³ INDUROT - Universidad de Oviedo (2003); INDUROT - Universidad de Oviedo (2010); INDUROT - Universidad de Oviedo (2011).

Este proceso, unido a la mayor la probabilidad de ocurrencia de grandes eventos de alta intensidad en la región, amplificará los impactos sobre el medio y la población, aspecto este último **especialmente preocupante en una región con más de 6 000 entidades de población**. El análisis realizado por el INDUROT⁵⁵⁴ ha servido para hacer una evaluación preliminar del riesgo por incendio del interfaz urbano-agrario-forestal en Asturias. Los resultados (Figura 65 y Figura 66) indican que **el 21% de las unidades de análisis**, lo que supone más de 3 000 polígonos, **presentan un riesgo alto y muy alto**, y que **la amenaza afecta sobre todo al poblamiento rural**, ya que cerca del 94% de los citados recintos (2 831) se corresponden con núcleos rurales, lo que podría llegar a afectar a unos 33 000 habitantes (datos del censo de 2011)⁵⁵⁵.

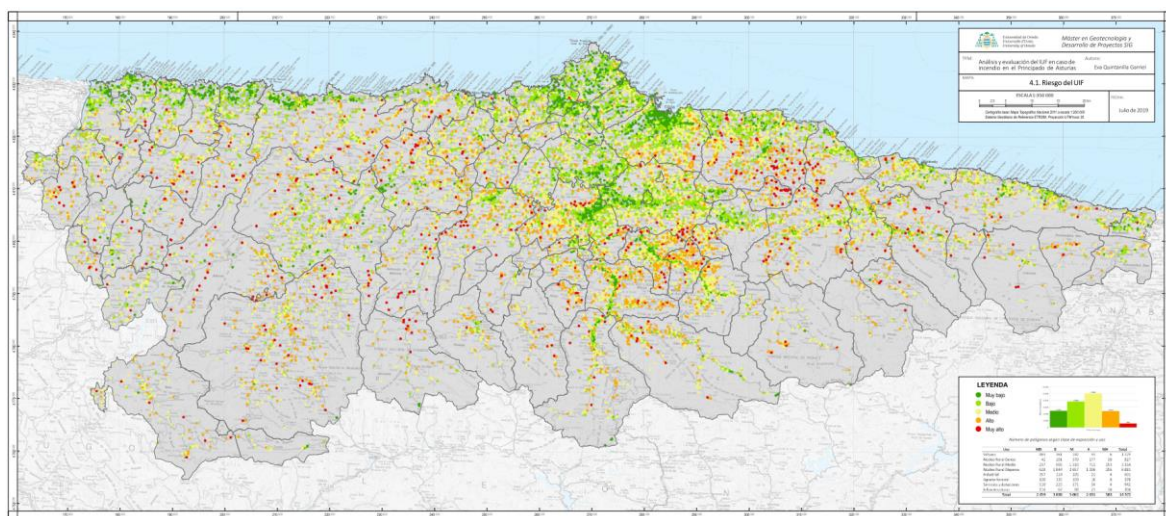


Figura 66. Riesgo del Interfaz Urbano-Agrario-Forestal ante los incendios forestales.

Fuente: Quintanilla Garriel (2019).

Cabe señalar que Asturias dispone de un servicio de emergencias regional bien organizado y de planes de protección civil⁵⁵⁶ elaborados para los principales riesgos naturales que previsiblemente se verán afectados por los efectos del cambio climático lo que se traduce en una reducción de la vulnerabilidad de las entidades de población, sus habitantes y bienes y de los centros de actividad. No obstante, la adaptación integral de una sociedad ante el cambio climático requiere de una gestión de los riesgos mediante la aplicación de diferentes medidas de forma coordinada, entre las que resultan fundamentales las que tienen por objetivo la **preparación, capacitación y organización social** que facilitan la implicación de las personas y las comunidades en la construcción de respuestas colectivas frente al cambio climático⁵⁵⁷.

⁵⁵⁴ E. Quintanilla (2019): *Análisis y evaluación de IUF en caso de incendio en el Principado de Asturias*. TFM. Universidad de Oviedo. En Gobierno del Principado de Asturias (2020, p. 64).

⁵⁵⁵ SEPA (2017, p. 143).

⁵⁵⁶ Plan Territorial de Protección Civil del Principado de Asturias (PLATERPA), fecha homologación Comisión Nacional de Protección Civil: 29/11/2013; Plan de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales del Principado de Asturias (INFOPA), Fecha homologación Consejo Nacional de Protección Civil: 11/05/2017; Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones del Principado de Asturias (PLANINPA), fecha homologación Comisión Nacional de Protección Civil: 24/03/2010; Plan de Protección Civil ante el Riesgo de Nevadas en el Principado de Asturias (anual).

⁵⁵⁷ MITECO (2021b, p. 48).

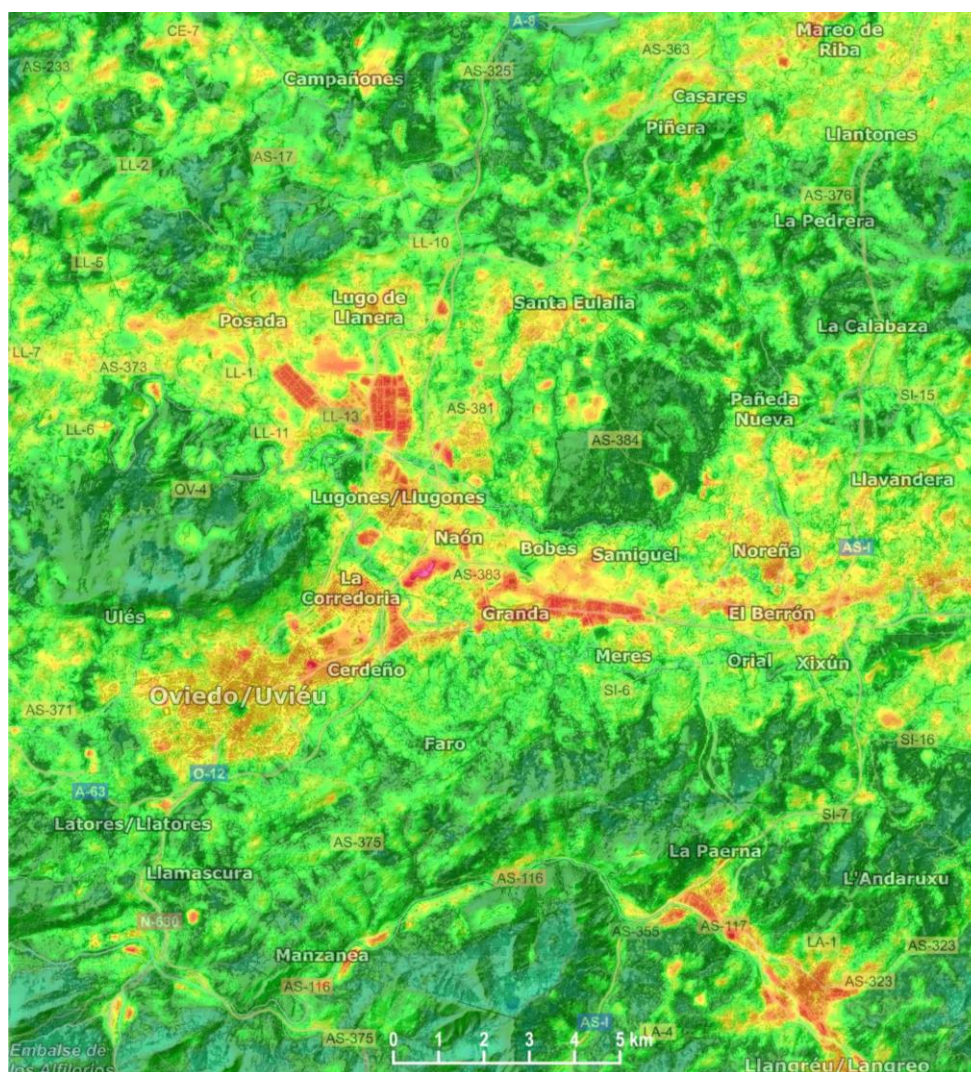


Figura 67. Efecto de isla de calor urbana en el área central asturiana.

Representación de la temperatura en superficie calculada a partir del tratamiento de la banda térmica 10 de la escena del 18 de julio de 2020 del satélite Landsat 8.

Fuente: Arturo Colina, 2021 (inédito).

Por lo que se refiere al impacto de los eventos relacionados con las **temperaturas extremas**, los efectos del cambio climático, en particular el incremento de las temperaturas y los episodios de **ola de calor** agravarán efecto de isla de calor urbana, y los efectos derivados de la **exposición al frío**, especialmente relacionados con situaciones de pobreza.⁵⁵⁸

Las particularidades del desarrollo del modelo territorial del **área metropolitana asturiana**, en particular la **ocupación del espacio periurbano**, han provocado que el **efecto isla de calor**, además de producirse en las aglomeraciones urbanas se extienda, con mayor o menor grado de intensidad, a una parte del espacio intersticial del área central, tal y como se puede observar en la Figura 67.

Los resultados de los análisis preliminares apuntan a que, en el caso del área central asturiana, los valores de temperatura más altos están relacionados con el tipo de materiales empleados en las cubiertas de algunas construcciones situadas en polígonos industriales y centros comerciales, en

⁵⁵⁸ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 128).

los que se registran las temperaturas en superficie más altas. En este sentido, para evaluar adecuadamente la vulnerabilidad y el riesgo asociado a este fenómeno y poder diseñar medidas de adaptación a sus efectos, sería conveniente disponer de mapas de clima urbano, en los que se analicen la capacidad de absorción y de cesión de calor de los materiales urbanos (sobrecalentamiento) y la capacidad de eliminación de ese calor (ventilación urbana)⁵⁵⁹.

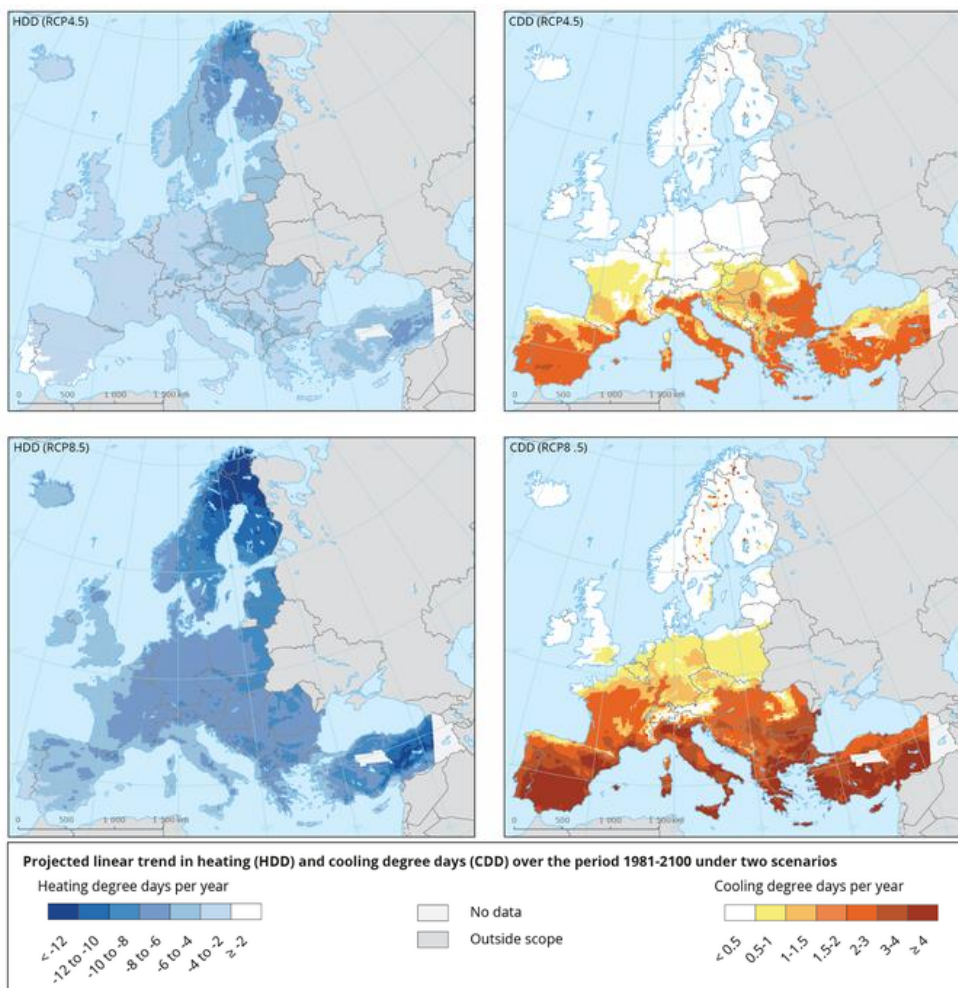


Figura 68. Grados-día de calefacción y de refrigeración en Europa.

Unidad de medida del grado de rigor climático de un lugar, en la temporada fría y cálida, que relaciona la temperatura media con una cierta temperatura de confort para refrigeración y calefacción, respectivamente.

Fuente: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/heating-degree-days-2>

Fecha de consulta: 6 de julio de 2021

Aunque a priori, conforme a los modelos europeos, se prevén cambios para la región mucho menos severos que en el resto de España (Figura 68), estos procesos afectarán a la salud de la población, provocando afecciones relacionadas con el calor y la contaminación, así como la **necesidad de adaptación de las viviendas y edificios residenciales y comerciales** mediante la instalación de **sistemas de refrigeración**, o el uso más frecuente e intenso de los mismos, para mantener un

⁵⁵⁹ Ministerio de Fomento (2018, p. 29).

confort térmico, con el consiguiente aumento en la demanda de energía⁵⁶⁰. Un edificio adaptado al clima, implicaría una menor vulnerabilidad de sus habitantes ante, por ejemplo, posibles olas de frío o calor u otros eventos extremos⁵⁶¹.

A priori, las edificaciones residenciales de la región deberían estar mucho mejor preparadas para el frío que para calor, aunque resulta muy difícil valorar las necesidades de adaptación al cambio climático por diferentes razones.

Tabla 53. Número de viviendas en edificios según tipología y periodo de construcción en Asturias por tamaños de municipios.

GRUPOS	TAMAÑO DEL MUNICIPIO				TOTAL
	<=5000	5001-20001	20000-50000	>50000	
Uu <40	16 619	23 424	5 942	9 663	55 648
Uu 41-60	5 227	10 428	3 688	5 219	24 562
Uu 61-80	5 060	11 282	1 318	5 257	22 917
Uu 81-07	6 740	17 382	1 948	8 669	34 739
Uu 08-11	2 238	4 131	425	1 929	8 723
Uu	35 884	66 647	13 321	30 737	146 589
Cc <40	1 538	4 964	2 701	2 806	12 009
Cc 41-60	1 885	5 301	5 270	7 830	20 286
Cc 61-80	1 355	4 176	772	3 369	9 672
Cc 81-07	3 175	7 263	1 484	5 501	17 423
Cc 08-11	678	1 143	237	501	2 559
Cc	8 631	22 847	10 464	20 007	61 949
Bb <40	345	1 991	913	4 718	7 967
Bb 41-60	1 036	7 302	5 467	24 657	38 462
Bb 61-80	1 941	19 821	14 211	124 849	160 822
Bb 81-07	2 851	29 247	14 206	104 134	150 438
Bb 08-11	430	5 223	1 696	17 309	24 658
Bb	6 603	63 584	36 493	275 667	382 347
<40	18 502	30 379	9 556	17 187	75 624
41-60	8 148	23 031	14 425	37 706	83 310
61-80	8 356	35 279	16 301	133 475	193 411
81-07	12 766	53 892	17 638	118 304	202 600
08-11	3 346	10 497	2 358	19 739	35 940
Total	51 118	153 078	60 278	326 411	590 885

Los grupos se construyen mediante la combinación de la tipología de viviendas (Uu, vivienda Unifamiliar; Cc, vivienda en edificios plurifamiliares con 2 o más viviendas y 3 o menos plantas; Bb, Vivienda en edificios plurifamiliares con 2 o más viviendas y más de 3 plantas) y el periodo de construcción (>40, antes de 1940; 41-60, 1941-1960; 61-80, 1961-1980; 81-07, 1981-2007; y 08-11, 2008-2011). Datos del INE. Censo 2011.

Fuente: Ministerio de Fomento (2019).

En primer lugar, porque depende de la tipología de la edificación y del período de construcción, para el que debe considerarse la normativa técnica de la edificación vigente en cada momento y los sistemas constructivos más habituales en cada periodo (Tabla 53). Así, por ejemplo, la edificación residencial construida con anterioridad a 1940, respondería, en su mayor parte, con tipologías tradicionales con cerramientos masivos portantes; entre 1980 y 2007, además de producirse cambios técnicos en la construcción, se aplicaría la NBE-CT/79, que demandaba un mínimo de aislamiento térmico en los cerramientos; a partir de 2008 sería de aplicación la regulación del Código Técnico de la Edificación CTE con condiciones de eficiencia energética del edificio mucho más exigentes⁵⁶², que serían modificadas en 2013.

⁵⁶⁰ Diputación Foral de Guipúzcoa (2020, p. 134).

⁵⁶¹ Aragón Correa *et al.* (2018, p. 16).

⁵⁶² Ministerio de Fomento (2019).

En segundo lugar, porque las actuaciones previstas por los planes de mitigación en materia de rehabilitación del parque inmobiliario, como la Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España o la Estrategia para la rehabilitación energética de edificios en Asturias, modificarán sustancialmente las condiciones de aislamiento térmico de las edificaciones para hacer frente a las condiciones meteorológicas caracterizadas tanto por temperaturas altas como bajas.

Asimismo, es previsible que se deban impulsar **medidas de adaptación a la movilidad urbana y metropolitana** que acompañen a las medidas de mitigación, de forma que se garantice la igualdad de accesibilidad y se asegure el nivel de servicio, en particular, aunque no sólo, en los municipios de Avilés, Gijón y Oviedo, al contar con más de más de 50 000 habitantes, deberán elaborar planes de movilidad urbana sostenible, definiendo, entre otras medidas, el establecimiento de zonas de bajas emisiones, en las que se aplican restricciones de acceso, circulación y estacionamiento de vehículos.

5. Evaluación inicial de los impactos y el riesgo ante los efectos del cambio climático.

En el presente apartado se sintetizan los principales impactos identificados sobre los sistemas naturales, ambientales y socioeconómicos en el contexto regional, derivados de los factores climáticos y no climáticos impulsores de los cambios, valorando, cuando la información disponible y el grado de conocimiento lo permite, la vulnerabilidad y la conveniencia de la evaluación de sus riesgos frente al calentamiento global en el marco de la futura Estrategia Asturiana de Acción por el Clima.

Es necesario señalar que, en este momento y en el contexto del presente proyecto, no ha sido posible determinar con el rigor necesario la magnitud del riesgo provocado por los impactos identificados, debido a la incertidumbre que generan los datos procedentes de los modelos y estudios de carácter general para el territorio asturiano. Tampoco ha sido posible determinar con precisión el grado de acuerdo sobre dichos impactos o efectos, debido a la escasez de estudios específicos y a que muchos de los resultados se basan en una única fuente de análisis. Para poder definir los riesgos de forma comparable e integrada, sería necesario disponer, entre otras cosas, de un análisis actualizado de las proyecciones de la evolución de las variables climáticas a escala regional y local para el Principado de Asturias y de modelos sobre los diferentes sectores a escala regional, tomando como referencia escenarios comunes de corto, medio y largo plazo.

Aun así, cuando es posible, se realiza una valoración inicial a modo de síntesis cualitativa, realizada a juicio de experto por el equipo de redacción, expresando la validez o confianza de los resultados obtenidos para la definición de medidas de adaptación. En esta valoración se emplean tres niveles de confianza, alto, medio y bajo, considerando el tipo, la cantidad, la calidad y la coherencia de la información disponible para las potenciales evidencias de los efectos del cambio climático en el ámbito regional. Los niveles de confianza medio y bajo se refieren al grado de conocimiento sobre las consecuencias de los efectos del cambio climático en el ámbito regional.

Por el contrario, en esta evaluación sí se ha considerado la disponibilidad de instrumentos, como planes o estrategias, en los que se contemplen, de forma directa o indirecta, medidas que permitan avanzar en la adaptación de los sistemas a los efectos del cambio climático o la reducción del impacto de los estresores no climáticos, contribuyendo así a reducir la vulnerabilidad, la exposición o la probabilidad de riesgo de los sistemas, o que incrementen las posibilidades de responder a dichas consecuencias.

Además, cuando se considera necesario mejorar el nivel de conocimiento sobre los efectos y los impactos locales que los procesos identificados, o una parte de los mismos, podrían tener sobre la región, se señala la presencia de incertidumbre asociada. Esto no significa que en el resto de las materias no se considere importante avanzar en el nivel de conocimiento sobre el impacto y el riesgo que el cambio climático podría tener a medio y largo plazo sobre los sistemas presentes en el territorio asturiano, tan sólo que las conclusiones obtenidas a partir de los estudios e informes analizados no permiten establecer una valoración previa en el marco del presente estudio.

Aunque, como ya se indicó anteriormente, no ha sido posible determinar con el rigor necesario la probabilidad de riesgo de los impactos, se incluye una matriz con una valoración preliminar sobre

el grado de certeza de que los impulsores climáticos y no climáticos supongan un riesgo de impacto negativo sobre los sistemas analizados, estableciendo tres categorías: riesgo seguro, riesgo probable y riesgo desconocido o incierto.

Se debe tener en cuenta, por tanto, que lo que aquí se presenta es una evaluación preliminar, realizada a juicio de experto, que deberá actualizarse en el momento en el que se aborden los trabajos de elaboración de la estrategia de adaptación y se disponga de información que haga posible concretar la magnitud del cambio esperado conforme a los escenarios considerados y del efecto sobre los distintos sistemas.

5.1. Evaluación de los efectos del cambio climático sobre el medio, la biodiversidad y los ecosistemas.

Los efectos del cambio climático provocarán impactos de diversa magnitud sobre los ecosistemas, las poblaciones y los individuos que se traducirá en alteraciones de tipo fisiológico, fenológico, demográfico y de composición y funcionamiento de las comunidades, afectando asimismo a los servicios ecosistémicos (*nivel de confianza alto*)⁵⁶³.

Sin embargo, aunque hay consenso en que el cambio climático ya está afectando a la biodiversidad y que esta afección será más importante en el futuro, resulta difícil cuantificar la contribución del cambio climático de forma específica a estos procesos, debido a la compleja interacción con otros motores de cambio, como el cambio en el uso del suelo, la pérdida y fragmentación de los ecosistemas, las perturbaciones en el ciclo del nitrógeno, la expansión de especies invasoras, etc., que constituyen importantes amenazas a la biodiversidad y la estabilidad de los ecosistemas (*nivel de confianza alto*)⁵⁶³.

Medio marino.

Entre los efectos que, con carácter general, está produciendo el cambio climático sobre el medio marino se pueden señalar: incremento de la temperatura y los cambios físico-químicos que afectan a la acidez, la salinidad y el oxígeno en el agua; la circulación y las corrientes marinas; los afloramientos; la capa de mezcla y la estratificación del agua; los nutrientes; el oleaje y los eventos extremos; y cambios en la biodiversidad (*nivel de confianza alto*).

En el caso del golfo de Vizcaya y las aguas del Cantábrico se observan alteraciones físico químicas como: un calentamiento en toda la columna de agua; una ligera salinización; una disminución del pH y una acidificación, más notable en las superficiales; una tendencia de la intensidad del afloramiento que repercutirá en el enfriamiento del agua; una expansión de la estratificación en las aguas superficiales, debido al adelanto de los máximos térmicos estivales y el retraso de los mínimos invernales; y una disminución del contenido en oxígeno disuelto en las aguas subsuperficiales derivado de los cambios en la solubilidad (*nivel de confianza alto*).

Hay una gran incertidumbre respecto a los nutrientes y sus ciclos y a cómo puede responder dicha producción ante el calentamiento del mar y, por el momento, no se conocen modelos específicos para las condiciones del golfo de Vizcaya y mar Cantábrico que aporten proyecciones precisas sobre estas cuestiones (*nivel de confianza bajo, incertidumbre asociada*). Las tendencias generales analizadas para el Atlántico nordeste han identificado una importante expansión hacia el norte del plancton de aguas más cálidas y un retroceso hacia el norte del plancton de aguas más frías lo que tendrá efectos sobre la cadena trófica y la distribución de las especies. En el caso de las aguas de la costa asturiana se han observado cambios en la estacionalidad de los niveles de clorofila

⁵⁶³ Sanz y Galán (2020, p. 64).

incrementándose la importancia del máximo otoñal (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

Por lo que se refiere a los impactos sobre la biodiversidad marina cabe destacar que las proyecciones de cambios previstas para las macroalgas marinas en 2009 se han cumplido, aunque con mayor rapidez de la esperada, ampliándose además el conjunto de especies vulnerables de algas pardas y rojas (*nivel de confianza alto*).

También se han observado cambios en la distribución y abundancia de las especies dominantes en las comunidades intermareales. Por el contrario, en el caso de las aguas asturianas, pese a que las previsiones que apuntaban a un retroceso generalizado a lo largo de toda la costa cantábrica de las poblaciones de *Gelidium* spp., algunas comunidades, dominadas por especies del género *Cystoseira* o por *Gelidium corneum* parecen verse favorecidas por las nuevas condiciones (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

También se están detectando cambios en muchas otras especies, siendo cada vez más frecuentes las citas sobre la presencia de peces subtropicales en el Cantábrico y las costas gallegas, aunque todavía no se puede asegurar que el calentamiento del agua sea la causa (*nivel de confianza bajo*).

Asimismo, se han observado alteraciones en la abundancia, distribución, desplazamiento y capacidad de recuperación de distintas especies marinas de interés comercial para las actividades pesqueras y de marisqueo que se desarrollan en la región (*nivel de confianza medio*).

A pesar del alto nivel de gobernanza que se ha alcanzado en el ámbito regional en materia de protección y explotación de los recursos marinos y costeros, se considera que la vulnerabilidad es alta, siendo necesario profundizar en el conocimiento de estas dinámicas y sus efectos a nivel regional dada su relevancia tanto para la biodiversidad como para la actividad pesquera de las aguas asturianas (*nivel de confianza alto, incertidumbre asociada*).

Aunque se prevén nuevos cambios en la distribución de las especies marinas, incluidas las poblaciones de peces, sigue habiendo gran incertidumbre a la hora de determinar el riesgo debido a los efectos de las interacciones entre diversos factores de estrés climáticos y no climáticos y a que no se dispone de proyecciones cuantitativas de estos cambios de composición y distribución (*nivel de confianza bajo, incertidumbre asociada*).

Sistemas costeros.

A pesar del relativamente buen estado de la costa asturiana, los factores socioeconómicos, como el modelo de desarrollo urbanístico de algunas zonas, explican la mayor parte de los impactos y la degradación que se han producido en las zonas costeras a lo largo del siglo XX, así como el aumento de la exposición y de la vulnerabilidad en esta parte del territorio (*nivel de confianza alto*).

El cambio climático agravará esta situación como consecuencia del aumento del nivel del mar y en incremento de los eventos extremos, fenómenos que constituyen una de las mayores amenazas del cambio climático, provocando inundaciones temporales o permanentes, aumento de la erosión, pérdida de humedales e intrusión de agua salobre (*nivel de confianza alto*).

La costa cantábrica es una de las zonas de España con mayor riesgo de incremento de la erosión como consecuencia de los efectos de cambio climático, dinámica que, además de provocar retrocesos de los tramos acantilados, afectará de forma particularmente severa a las zonas sedimentarias costeras, que experimentarán una reducción progresiva de la superficie de playas y dunas pudiendo llegar a desaparecer con un importante impacto ambiental, debido a la pérdida de los hábitats (*nivel de confianza alto*).

A esto hay añadir las alteraciones provocadas sobre los cambios morfológicos que se producirían sobre los estuarios asturianos, y las especies y comunidades presentes en ellos, como consecuencia del incremento del nivel del mar y la inundación costera permanente que supondrían un impacto severo sobre la biodiversidad y una merma de los servicios ecosistémicos que prestan (*nivel de confianza alto*). Según las previsiones de los estudios realizados, la región podría llegar a perder casi el 1.2% del total de su superficie por inundación costera permanente.

El litoral asturiano presenta una importante vulnerabilidad y exposición, tanto física como socioeconómica, ante las inundaciones costeras y a los eventos extremos, fenómenos que constituyen una de las mayores amenazas del cambio climático, provocando inundaciones temporales o permanentes, aumento de la erosión, pérdida de humedales e intrusión de agua salobre (*nivel de confianza alto*).

No obstante, sería recomendable la adopción de medidas que reforzaran y mejoraran el seguimiento y monitorización de algunos de los procesos y sus efectos sobre el medio marino y litoral (*nivel de confianza alto, incertidumbre asociada*).

La vulnerabilidad y el riesgo podrían verse atenuados gracias a los análisis e instrumentos de planificación regionales y estatales disponibles, como el Plan Territorial Especial para la Estrategia Integrada de Gestión Portuaria Litoral del Principado de Asturias (EIGPLA) o el Plan hidrológico y el Plan de gestión del riesgo de inundación de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental. Asimismo, la disponibilidad de instrumentos consolidados para la de gestión y ordenación de la franja litoral, como el Plan Territorial Especial de Ordenación del Litoral de Asturias (POLA) y el Plan Territorial Especial del Suelo No Urbanizable de Costas (PESC) han permitido frenar los efectos de los factores de impacto no climáticos (*nivel de confianza alto*).

Recursos hídricos y ecosistemas acuáticos continentales.

Conforme a las estimaciones basadas en las últimas proyecciones climáticas disponibles, el cambio climático tendrá efectos sobre la temperatura, la precipitación y todas las componentes del ciclo hidrológico, y las presiones a las que están sometidos los recursos y sistemas hídricos se verán acentuadas por el efecto del cambio climático (*nivel de confianza alto*).

Para la DHC Occidental se prevén afecciones sobre las variables hidrológicas, algunas de cierta magnitud, aunque se debe tener en cuenta la incertidumbre de los modelos y las limitaciones de los datos para determinar con fiabilidad la magnitud de los procesos (*nivel de confianza medio*).

En el ámbito de la DHC Occidental se ha estimado una reducción de las aportaciones para el horizonte 2039, de entre el 4.6% y el 5.3% en el escenario RCP4.5 y del 11.2% en el escenario RCP8.5, respecto a las aportaciones del periodo 1980/81-2017/18, aunque también aquí juega un papel importante la incertidumbre que presentan los modelos (*nivel de confianza medio*).

Parece muy probable la parte de la cordillera Cantábrica en Asturias se vea afectada por los cambios generales identificados en el régimen e intensidad nival en otros sistemas montañosos, aunque la falta de datos y estudios específicos provoca cierta incertidumbre sobre su magnitud y alcance (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

La calidad del agua está fuertemente vinculada a variables climáticas, como la temperatura, las precipitaciones anuales, los fenómenos extremos como inundaciones y sequías, pero de forma especial viene determinada por la influencia de la actividad humana (*nivel de confianza alto*).

Con toda la incertidumbre que presentan los modelos, las concentraciones de oxígeno en las masas de agua de la DHC Occidental se verían afectadas de forma moderada por el incremento de la temperatura del agua provocada por el cambio climático, sin embargo el impacto sería bajo ya que

estaría atenuado por la calidad del bosque de ribera y el sombreado sobre la masa de agua, aspecto este que deberá ser verificado por los resultados del nuevo indicador para evaluar la calidad de la vegetación de ribera (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

Se podría producir un incremento de la carga de nitratos en pequeñas cuencas afectando a la calidad de los recursos hídricos, posiblemente vinculada al aumento de las temperaturas, que podría provocar una disminución de la biomasa de los pastizales y un aumento en la tasa de mineralización, aunque no se conocen estudios regionales al respecto ni el papel que desempeñaría otros estresores no climáticos (*nivel de confianza bajo, incertidumbre asociada*).

En Asturias no se han verificado alteraciones de la calidad química de las aguas asociadas al cambio climático, aunque algún estudio puntual ha identificado algunas afecciones en este sentido por lo que sería necesario profundizar en el conocimiento de estas afecciones (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

No se han constatado procesos de salinización en los acuíferos costeros asturianos que, por otra parte, tienen un escaso aprovechamiento, a pesar de lo cual sería conveniente continuar e incrementar la monitorización de este proceso (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

Parece razonable pensar que las sequías que se den en el futuro en la DHC Occidental serán más intensas, aunque, debido a la diversidad de resultados que arrojan los modelos, no se puede afirmar de forma concluyente un aumento en la incidencia de la sequía (*nivel de confianza bajo, incertidumbre asociada*).

Resulta difícil valorar los cambios en la dinámica y frecuencia de las inundaciones continentales en el contexto del cambio climático debido al papel que juegan los estresores y factores no climáticos, en particular los cambios y distribución de los usos del suelo (*nivel de confianza alto, incertidumbre asociada*).

Para la DHC Occidental se observa que las zonas que podrían presentar un incremento probable significativo o altamente significativo en el riesgo de inundación fluvial y pluvial se corresponden con las subcuencas asociadas a los cursos medio y bajo, hasta su desembocadura en el Cantábrico, de los ríos de mayor importancia (*nivel de confianza medio*).

Las particularidades del territorio dificultan la gestión de las avenidas fluviales mediante las medias de alerta temprana, debiendo impulsarse otras estrategias de adaptación más viables, como las de gestión del espacio inundable o reducción de la vulnerabilidad (*nivel de confianza alto*).

Algunos modelos climáticos regionales, como los elaborados en el País Vasco, prevén aumentos de las precipitaciones extremas (precipitación diaria) del 10% e incluso del 14% para el periodo 2001-2050; sin embargo, la falta de análisis específicos para el territorio asturiano hace difícil predecir la evolución y magnitud de este fenómeno (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

En algunas cuencas de los Pirineos se ha detectado un aumento de la frecuencia e intensidad de inundaciones por el deshielo, fenómeno que podría producirse en algunas cuencas de la cordillera asturiana, aunque se desconoce su magnitud e intensidad y la exposición en el territorial regional (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

Las tendencias y pronósticos de agravamiento de eventos tormentosos hacen prever que, a medio plazo, continúe aumentando la frecuencia e intensidad de las inundaciones torrenciales (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*), eventos en los que la gestión del territorio y la preparación de la población resulta crucial para impedir el agravamiento del riesgo de inundación (*nivel de confianza alto*).

La vulnerabilidad y el riesgo ambiental derivados de la alteración de los recursos hídricos y de los riesgos de las inundaciones podrían verse atenuados gracias a los análisis e instrumentos de planificación estatales disponibles, como el Plan hidrológico y el Plan de gestión del riesgo de inundación de la DHC Occidental (*nivel de confianza alto*).

Los efectos del cambio climático, en particular el aumento de la temperatura media del agua, la recurrencia de olas de calor y la disminución de los flujos de agua, podría producir una reducción de los nichos actuales de muchas especies de agua dulce, con desplazamientos en la distribución de organismos hacia elevaciones mayores, pudiendo afectar tanto a la fauna piscícola como a la de macroinvertebrados (*nivel de confianza alto*).

El aumento de la intermitencia de los flujos de agua o los cambios estacionales pueden llegar a destruir algunos hábitats, mientras que el incremento de la evapotranspiración potencial puede afectar a los ecosistemas asociados a las aguas subterráneas más superficiales como humedales, manantiales y ríos (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

Aunque no se conocen estudios específicos para el ámbito cantábrico, los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas acuáticos continentales se podrían ver agravados por estresores y presiones de tipo antrópico (*nivel de confianza alto, incertidumbre asociada*).

Aunque se prevé un incremento de la temperatura del agua para todas masas de agua de la DHC, que podría implicar una pérdida de hábitat potencial de las especies piscícolas fluviales de aguas frías y macroinvertebrados, el riesgo de este impacto se vería atenuado por la calidad del bosque de ribera y el sombreado sobre la masa de agua, aspecto este que deberá ser verificado por los resultados del nuevo indicador para evaluar la calidad de la vegetación de ribera (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

Las especies diádromas, como la anguila o el salmón, presentan una vulnerabilidad a los efectos del cambio climático potencialmente mayor ya que pueden verse afectadas tanto por los cambios en el medio marino como en el fluvial (*nivel de confianza alto*) aunque, por esa misma razón, existe un mayor grado de incertidumbre sobre la magnitud y naturaleza de los impactos, pudiendo producirse desplazamientos importantes en su distribución geográfica (*nivel de confianza medio*). Esto hace necesario avanzar en el conocimiento de las futuras dinámicas de este tipo de especies (*incertidumbre asociada*).

Ecosistemas terrestres.

El efecto del cambio climático sobre los procesos edáficos puede tener un origen directo debido a que los cambios de temperatura y precipitación se puede traducir en un incremento del riesgo de erosión que, además, se puede ver agravado por la potencial incidencia de los incendios forestales (*nivel de confianza alto*).

La alteración de los patrones térmicos y pluviométricos según los modelos nacionales, con veranos más cálidos y secos e inviernos cálidos y con mayor precipitación, favorecerán la reducción del carbono disponible en la parte más superficial del suelo, aunque hay cierta incertidumbre sobre lo que ocurrirá en el perfil del suelo, en particular en la España atlántica (*nivel de confianza bajo, incertidumbre asociada*).

De forma indirecta el sistema edáfico se puede ver afectado por el cambio climático debido a una menor entrada de materia orgánica procedente de los ecosistemas que soporta (*nivel de confianza medio*).

En el caso de Asturias las principales causas de impacto sobre los sistemas edáficos se deben a factores no climáticos, entre los que destacan la actividad minera y el efecto reiterado de los

incendios forestales que, desde el punto de vista edáfico, han generado importantes superficies altamente frágiles y vulnerables a cualquier impacto generado por el cambio climático (*nivel de confianza alto*).

El incremento de las lluvias de carácter torrencial que pronostican los modelos climáticos podrían conllevar una mayor frecuencia de algunos riesgos naturales relacionados con el suelo, como los procesos de inestabilidad de laderas, especialmente los deslizamientos y flujos superficiales, que son habituales en Asturias asociados a precipitaciones intensas (*nivel de confianza alto*).

Teniendo en cuenta el componente causal, en Asturias no se puede establecer una relación directa entre el cambio climático y el número de incendios, ya que la gran mayoría de los incendios forestales son provocados o tienen su origen en la intervención humana y la ignición está fuertemente asociada a las dinámicas demográficas y económicas del medio rural (*nivel de confianza alto*).

La alteración de las variables meteorológicas como resultado del cambio climático son uno de los factores de cambio de los incendios forestales, ya que la variabilidad en la precipitación, la temperatura, el viento y la humedad puede implicar una reducción de la humedad del combustible facilitando la ignición y propagación del fuego (*nivel de confianza alto*).

Las proyecciones del cambio climático anuncian un escenario poco favorecedor para las estrategias de lucha contra los incendios forestales con un incremento significativo de la ocurrencia de incendios con comportamiento extremo, de intensidad y velocidad de propagación muy altas (*nivel de confianza alto*).

En el caso de los ecosistemas terrestres se prevén cambios fenológicos y desplazamientos altitudinales de algunas comunidades vegetales y de la fauna debido a las alteraciones climáticas previstas por los modelos (*nivel de confianza alto*).

En cuanto a las funciones y servicios ecosistémicos de los bosques se observa que la capacidad de secuestro de carbono del bosque en España también se ha visto afectada por el cambio climático y que el efecto negativo se presenta más de forma acusada en las zonas más húmedas del norte y noroeste peninsular y zonas de montaña (*nivel de confianza alto*).

Con el grado de conocimiento actual, se puede afirmar que los ecosistemas de montaña son especialmente vulnerables al cambio climático debido a sus características de “isla ecológica” (*nivel de confianza alto*).

En el caso de cordillera Cantábrica las proyecciones basadas en los escenarios de emisiones apuntan a una reducción importante del hábitat para diferentes especies arbóreas, como el haya o los robles común y albar, que se puede traducir en condiciones menos favorables para el establecimiento de plántulas, tasas de mortalidad más altas, reducción en la densidad local y fragmentación de poblaciones, aunque no es previsible la desaparición de las especies (*nivel de confianza medio*).

Los cambios en la distribución y la reducción de la densidad local y la fragmentación de la vegetación que constituyen el principal recurso alimentario y de refugio para las poblaciones de oso pardo podría provocar una reducción del hábitat potencial para esta especie, aunque la incertidumbre que acompaña a los modelos climáticos aconseja profundizar en el conocimiento sobre los efectos del cambio climático sobre esta especie, así como sobre otros mamíferos (*nivel de confianza bajo, incertidumbre asociada*).

Por lo que se refiere a los anfibios y reptiles, algunos estudios prevén que los corotipos atlánticos se verán más afectados por el cambio climático y los hábitats de especies atlánticas sufrirán una mayor pérdida, produciéndose una dispersión hacia zonas más altas que no puede ser indefinida

(*nivel de confianza medio*). En este sentido se recomienda una revisión más profunda de la literatura científica para mejorar el conocimiento (*incertidumbre asociada*).

Los efectos del cambio climático están actuando sobre la dinámica de perturbación de las plagas de insectos nativos y los patógenos microbianos y facilitando, además, la aparición y propagación de especies no autóctonas y enfermedades de los ecosistemas terrestres, que afectan a la salud de las masas arbóreas y otras comunidades vegetales (*nivel de confianza alto*).

La presencia de algunas especies invasoras y las dinámicas de expansión de las plantas exóticas pueden haber sido favorecidas por los efectos del cambio climático, aunque se desconoce el peso que en estos procesos han tenido y tendrán los factores no climáticos, siendo necesario mejorar el conocimiento regional en esta materia (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

La mayor parte de estas especies invasoras presentan una buena capacidad de adaptación a los efectos del cambio climático, siendo previsible que algunas plagas y enfermedades en plantas y animales se extiendan fuera de sus hábitats conocidos, siendo necesario incrementar los esfuerzos de seguimiento y control (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

En Asturias se ha constatado un incremento del porcentaje de plantas exóticas alóctonas de carácter mediterráneo en comparación con los últimos datos del 2006, hecho que está en consonancia con el proceso de mediterraneización del clima, proceso que requeriría de un seguimiento detallado para determinar sus efectos y su posible carácter invasor (*nivel de confianza alto, incertidumbre asociada*).

Hasta el momento, ni la legislación ni los instrumentos regionales de gestión de los espacios y especies protegidas han considerado suficientemente los impactos futuros derivados del cambio climático, ni la vulnerabilidad y el riesgo sobre los ecosistemas terrestres (*nivel de confianza alto*). En este sentido, se hace necesaria la revisión de estos instrumentos y, en su caso, la incorporación de criterios orientadores y medidas de adaptación que permitan reducir el impacto y aumenten la resiliencia de estos ecosistemas (*nivel de confianza alto*).

La vulnerabilidad y el riesgo derivado de los incendios forestales para los ecosistemas podrían verse atenuados gracias a la aplicación y el desarrollo de la Estrategia Integral de Prevención y Lucha contra los Incendios Forestales en Asturias 2020-2025, instrumento en la que la mayor parte de las medidas contempladas se podrían considerar dentro del ámbito de la adaptación a los efectos al cambio climático, en particular las de prevención y restauración (*nivel de confianza alto*).

5.2. Evaluación de los efectos del cambio climático sobre los sistemas socioeconómicos.

Las afecciones del cambio climático sobre los ecosistemas, junto con las derivadas de otras fuerzas motrices o impulsores de cambio, pueden provocar la pérdida de diversidad y resiliencia, que se traduce en una merma de las contribuciones de la naturaleza al bienestar humano a través de los denominados servicios ecosistémicos⁵⁶⁴ (*nivel de confianza alto*).

El cambio climático es un hecho social, ya que tiene sus principales causas en las actividades humanas y porque, además, son las sociedades globales y locales y van a sufrir sus consecuencias directa o indirectamente a través del cambio del medio biogeofísico⁵⁶⁵ (*nivel de confianza alto*).

⁵⁶⁴ MITECO (2020b, p. 27).

⁵⁶⁵ Pardo Buendía (2007).

Desde una perspectiva global, los efectos del cambio climático sobre los sistemas socioeconómicos incluyen los impactos potenciales sobre: la población (seguridad, salud, estructura demográfica, procesos migratorios, etc.); la base del sistema económico y territorial (sectores, empleo, rentas, usos y actividades en el territorio, sistema de poblamiento humano, etc.); y sobre la organización social y la cultura (educación, redes de apoyo social, sistemas de gobernanza, conflictividad y cohesión social, seguridad, etc.)⁵⁶⁵ (*nivel de confianza alto*).

Las propias medidas de adaptación al cambio del clima también pueden provocar conflictos de carácter político y social, al afectar a intereses y expectativas de grupos humanos y personas⁵⁶⁶ (*nivel de confianza alto*).

La mayoría de los sectores económicos están expuestos, directa o indirectamente, al cambio climático, ya sea debido a su papel como impulsores de cambio actuando de forma sinérgica junto con los efectos del cambio climático, o como resultado de la degradación del capital natural y de los servicios de los ecosistemas, que derivan, por ejemplo, en un incremento de la exposición a los riesgos naturales, lo que requiere la adopción de estrategias de adaptación (*nivel de confianza alto*).

Población

Las poblaciones más vulnerables de la sociedad (infancia, personas mayores, desfavorecidas económicamente, sin hogar o con enfermedades mentales) tienden a ser las más afectadas por los cambios climáticos y los impactos resultantes en los servicios de los ecosistemas, poniendo en peligro el desarrollo sostenible (*nivel de confianza alto*).

El cambio climático puede contribuir a acentuar la desigualdad social, ya que los impactos que conlleva afectarán en mayor medida a los sectores más vulnerables de todas las sociedades, que cuentan con menos recursos económicos, de información, de educación, etc., para prevenir y adaptarse a sus efectos (*nivel de confianza alto*).

Resulta importante identificar los grupos vulnerables y su localización para diseñar acciones específicas y desarrollar respuestas adaptativas socialmente justas, integrando la dimensión social en la definición de medidas de adaptación al cambio climático (*nivel de confianza alto*).

Según los datos disponibles, Asturias presenta una alta exposición social a los efectos del cambio climático debido a la evolución de los indicadores de pobreza en la región como las tasas de privación material severa, de pobreza económica o de pobreza severa (*nivel de confianza alto*).

Las pérdidas de empleo relacionadas con la transición energética se concentrarán en áreas, sectores y grupos sociales específicos que pueden haber sido ya afectados negativamente por la desindustrialización, la globalización y la crisis financiera mundial (*nivel de confianza alto*) y no se deberían desaprovechar las potenciales sinergias que se pueden generar entre las medidas de mitigación y actuaciones de adaptación que se pudieran desarrollar en aquellos ámbitos territoriales más afectados (*nivel de confianza alto*).

La lucha contra el cambio climático requiere de la participación del conjunto de la sociedad en la gestión medioambiental y sólo a través de esta participación será posible alcanzar la cohesión social (*nivel de confianza alto*).

Todo apunta a que las repercusiones del cambio climático en la salud se intensificarán, aunque es difícil identificar todos los posibles efectos (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

⁵⁶⁶ MITECO (2020, p. 213).

La afección sobre la salud de la población se producirá de diversas formas: olas de calor o de frío, incremento de la contaminación bajo determinadas condiciones atmosféricas, proliferación de alergias, aumento de enfermedades transmitidas por vectores infecciosos (*nivel de confianza alto*).

Una variable que tiene especial importancia en la evolución de la relación entre salud y temperatura es el índice de envejecimiento y, en este sentido, Asturias resulta especialmente vulnerable ya que, según las proyecciones del INE, en 2035 la población mayor de 64 años representaría momento el 35.4% del total de los habitantes de la región (*nivel de confianza alto*).

Los efectos más importantes del cambio climático en la salud humana serán las lesiones y enfermedades consecuencia de eventos climáticos extremos, la distribución espacial y extensión de enfermedades de transmisión hídrica, alimentaria y vectorial y la frecuencia de enfermedades cardiorrespiratorias (*nivel de confianza alto*).

El cambio climático podría actuar como amplificador de los impactos en la salud de otros factores medioambientales de estrés no climáticos (*nivel de confianza alto, incertidumbre asociada*).

La población de los núcleos urbanos se presenta especialmente vulnerable a los efectos sobre la salud relacionados con el calor y la contaminación, aunque existen grupos especialmente vulnerables como las personas mayores, la población infantil y las embarazadas o las personas que padecen enfermedades respiratorias (bronquitis crónica, asma), cardiovasculares o diabetes, o enfermedades crónicas. (*nivel de confianza alto*).

En la relación entre los efectos del cambio climático y la salud humana los factores locales juegan un papel importante, ya que pueden determinar la magnitud del impacto, en particular en lo que se refiere a la exposición a los riesgos naturales y al efecto del incremento de las temperaturas (*nivel de confianza alto*).

La exposición a temperaturas extremadamente altas (olas de calor) puede provocar problemas de salud, aunque debe tenerse en cuenta que los umbrales varían dependiendo de los factores locales, produciéndose este fenómeno a temperaturas más bajas en lugares más fríos (*nivel de confianza alto*).

El efecto de la exposición a temperaturas extremadamente bajas sobre la salud está condicionado por diversas variables sociales, económicas, culturales y de carácter local, así como de la presencia de patologías previas (*nivel de confianza alto*).

El aumento de la mortalidad por calor será muy superior a la ligera reducción que se puede esperar de las muertes invernales, aunque la incertidumbre de los modelos climáticos no permite afirmarlo con rotundidad para Asturias (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

Desde 2009 las temperaturas templadas en invierno han generado epidemias de gripe muy medidas y una reducción de la mortalidad por infecciones respiratorias y gripe. Sin embargo, actualmente no se puede asegurar que esta tendencia se vaya a prolongar en el tiempo (*nivel de confianza alto, incertidumbre asociada*).

La región no es ajena a las tendencias de los eventos relacionados con temperaturas extremas, en particular a las olas de calor (*nivel de confianza alto*). Más de la mitad de los episodios de ola de calor que han afectado a Asturias desde 1975 han registrado entre los años 2003 y 2017 y ninguno con anterioridad a 1981. Por el contrario, los episodios de ola de frío mantienen una distribución temporal más uniforme.

Las alteraciones del ciclo hidrológico derivadas de los impactos del cambio climático pueden tener efectos sobre la salud humana al afectar a la calidad de agua de consumo y de las aguas recreativas,

aunque este aspecto todavía no ha sido objeto de estudio detallado (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

El nivel de desarrollo de los sistemas de abastecimiento y saneamiento, dotados de procedimientos de control y seguimiento consolidados, hace que en nuestro contexto el riesgo para la salud humana derivado de la calidad del agua sea bajo (*nivel de confianza alto*).

Otro de los efectos indirectos del cambio climático sobre la salud pública en España estará asociado al impacto sobre enfermedades transmitidas por los alimentos, en particular por la proliferación de bacterias favorecida por aumento de la temperatura asociado al cambio climático (*nivel de confianza alto*).

En Asturias se registra un incremento de los ingresos hospitalarios por enfermedades cardiovasculares y respiratorias coincidente con los días de mayor contaminación, ingresos que están más relacionados con las emisiones del transporte que con las de la industria (*nivel de confianza alto*).

El potencial incremento de las situaciones anticiclónicas derivadas de los efectos del cambio climático puede disminuir la dispersión y favorecer la permanencia local de los contaminantes atmosféricos; sin embargo, de nuevo la incertidumbre de los modelos climáticos no permite afirmar con rotundidad que este incremento se vaya a producir en Asturias (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

Previsiblemente las medidas de mitigación de las emisiones reducirán los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud, en particular en las ciudades, por la reducción de las emisiones procedentes del transporte (*nivel de confianza alto*).

Los cambios en la fenología y distribución de las plantas y la expansión de especies exóticas e invasoras, favorecidos por factores climáticos y no climáticos, han prolongado la estación polínica entre una y tres semanas en Asturias, según el tipo de polen (*nivel de confianza alto*), aunque no se ha detectado un incremento de personas fallecidas ni de ingresos hospitalarios por la acción de insectos o alérgenos exóticos (*incertidumbre asociada*).

Los cambios en la temperatura y las condiciones climáticas favorecen la distribución geográfica y su adaptación a diferentes hábitats de vectores capaces de transmitir enfermedades o generar epidemias, pero la severidad del impacto está asociado a factores no climáticos (*nivel de confianza alto*).

En Asturias hay constancia reciente de la presencia de vectores con potencialidad transmisora de enfermedades al ser humano y animales, aunque todavía no se ha detectado afectación humana (*incertidumbre asociada*).

Pesca y acuicultura.

En general, los cambios de tipo físico y químico en el medio marino como consecuencia del calentamiento del planeta están mejor documentados que los biológicos, y podrán tener un impacto sustancial en la biodiversidad marina, alterando la productividad, el funcionamiento y el suministro de servicios ecosistémicos como la pesca, el marisqueo y la acuicultura. Los impactos dependerán en gran medida del futuro escenario de emisiones (*nivel de confianza alto*).

No obstante, hasta el momento ya se han descrito amenazas y alteraciones en el ámbito del atlántico nordeste, y en algunos casos, también en el golfo de Vizcaya y el mar Cantábrico, para muchas especies de interés comercial y recreativo en Asturias. Comparativamente respecto a otras regiones del norte de España, como Galicia o País Vasco, por su orientación productiva Asturias se

encuentra menos expuesta a los impactos derivados del cambio climático sobre la acuicultura y la pesca de gran altura, altamente vulnerable a las alteraciones en de túnidos, stocks de aguas frías en los bancos del norte, etc. (*nivel de confianza medio*).

Al carecer actualmente la región de flotas industriales de larga distancia, el sector pesquero regional será principalmente vulnerable a los cambios en los recursos costeros y marisqueros y la acuicultura de bivalvos (*nivel de confianza bajo*).

La región también es vulnerable a las alteraciones de determinados recursos migratorios, como la caballa y el bonito del norte, y diádomos, como la angula o el salmón, aunque en este momento no se puede determinar la magnitud de los impactos (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

Son necesarios estudios y monitorizaciones específicas para determinar el grado de vulnerabilidad de recursos estratégicos como la merluza, la anchoa, el percebe, el pulpo y el ocle, para los que hasta el momento no existen indicios concluyentes de regresión asociada al cambio climático, pero podrían verse a medio plazo también alterados, tal y como indican algunas prospecciones (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

En general, hay un alto grado de incertidumbre sobre los impactos del cambio climático en el sector pesquero y acuícola local, ya que la mayoría de proyecciones disponibles responden a modelos globales y actualmente son escasas las estimaciones de los daños o beneficios socioeconómicos derivados de cambios de distribución o abundancia en especies comerciales en las regiones marinas de España, para los que será necesario evaluar los riesgos del cambio climático (*incertidumbre asociada*).

Agricultura.

Hasta el momento se han descrito amenazas y alteraciones para cultivos hortícolas y frutícolas de interés comercial en Asturias, aunque a menudo las evidencias proceden de la realidad mediterránea o de otras zonas de España (*nivel de confianza bajo, incertidumbre asociada*).

Los efectos de las alteraciones producidas por el cambio climático pueden ser muy diversos según el tipo de cultivo y de sus demandas térmicas e hídricas y de su vulnerabilidad ante los cambios (*nivel de confianza alto*).

Aunque la mayor parte de los estudios analizan los efectos sobre el olivar y el viñedo, en los cultivos leñosos, sin potencial de gestión adaptativa de avance o retraso de la siembra según las condiciones climáticas, los cambios fenológicos parece que serán muy evidentes, pudiendo retrasar la maduración, reducir la cantidad de frutos e incrementar la relación semilla-pulpa (*nivel de confianza alto*).

En el caso de Asturias en los últimos diez años se ha detectado la presencia por primera vez de nuevas plagas y enfermedades que afectan a distintos cultivos (*nivel de confianza alto*) aunque no se han encontrado estudios que las vinculen directamente con el cambio climático ni que valoren el papel de los estresores no climáticos (*incertidumbre asociada*).

Dadas las especiales características de la agricultura en el norte peninsular, y particularmente en el Principado, son necesarios estudios específicos que determinen el grado de vulnerabilidad a la variabilidad térmica y del régimen de lluvias de ciertos recursos estratégicos (*incertidumbre asociada*).

En concreto, el comportamiento de distintos patógenos o parásitos (y la resistencia de las producciones regionales), la afcción por eventos extremos (heladas, olas de calor, inundaciones)

y las alteraciones fenológicas en el caso de las distintas variedades de manzanos de sidra, cultivos leñosos como el viñedo, el kiwi o el arándano, y producciones hortícolas como la patata y la faba (*nivel de confianza bajo, incertidumbre asociada*).

En relación con el cultivo del manzano los pocos estudios disponibles indican que, en Asturias, se puede producir un adelanto de la fecha de floración y que los periodos de sequía en primavera y verano puede comprometer tanto el correcto desarrollo del árbol como la producción anual de manzana (*nivel de confianza alto*).

Aunque no se conocen estudios al respecto, el cultivo del kiwi en Asturias podría verse afectado por los cambios en los patrones térmicos y de precipitación, alterando la fenología y la productividad de las plantas (*nivel de confianza bajo, incertidumbre asociada*). Además, la localización de los cultivos de kiwi en la región, sobre las vegas de los principales ríos asturianos, hace que este cultivo se encuentre especialmente expuestos a los fenómenos meteorológicos extremos, en particular a las inundaciones fluviales (*nivel de confianza alto*).

El cultivo de la faba asturiana es vulnerable a las sequías, las altas temperaturas o la elevada radiación, ya que afectan al desarrollo de la planta de forma diferente según la etapa en que ésta se encuentre (*nivel de confianza alto*).

Aunque no se dispone de estudios al respecto, es posible que los efectos del cambio climático en la región puedan favorecer las producciones de algunos cultivos ya presentes, como el viñedo, o la aparición de otros de nueva implantación como, por ejemplo, el aguacate (*incertidumbre asociada*).

Ganadería.

Por su orientación productiva, forma de manejo y especialización ganadera, Asturias se encuentra claramente expuesta a los impactos derivados del cambio climático sobre la ganadería extensiva, y muy particularmente en las zonas de montaña donde todavía existe un aprovechamiento significativo de los pastos naturales de los puertos y de sistemas forrajeros a cierta altitud, donde algunos de los efectos del cambio climático (limitación del acceso al agua y la exposición al estrés por calor) se manifestarán con más fuerza (*nivel de confianza alto*).

La ganadería intensiva, como la de ganado vacuno de leche, presenta *a priori* menor vulnerabilidad directa, si bien probablemente a costa de un incremento de los costes de las explotaciones para intentar aminorar o adaptarse a los efectos del cambio climático (*nivel de confianza alto*).

Hay un importante grado de incertidumbre sobre el impacto de los efectos del cambio climático sobre los recursos y sistemas forrajeros regionales y cómo se trasladará a las explotaciones teniendo en cuenta los diferentes modelos de manejo, razas y zonas (alta montaña, rasa costera, valles interiores y media montaña, etc.), por lo que son necesarios estudios y monitorizaciones específicas (*incertidumbre asociada*).

El potencial incremento de la intensidad y magnitud de los incendios forestales puede generar un importante impacto sobre la ganadería extensiva que vería reducida las superficies aprovechables, ya sea de forma temporal o, en el peor de los casos, definitiva si el impacto reduce significativamente la capacidad productiva de los suelos (*nivel de confianza alto*).

Algunas prácticas tradicionales de pastoreo, como la movilidad del ganado o el mantenimiento de los sistemas caracterizados por los mosaicos, podría atenuar la vulnerabilidad y exposición real de la ganadería extensiva (*nivel de confianza alto*).

El cambio climático puede propiciar mayor incidencia de enfermedades ligadas a especies nuevas o a variedades más virulentas, que transmiten enfermedades por medio de vectores propios o

foráneos, así como acelerar la propagación de enfermedades graves y zoonosis (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

Con carácter general, se han descritos otros potenciales impactos indirectos del cambio climático sobre la ganadería extensiva, como la mayor competencia por los recursos (pasto verde, agua) entre el ganado doméstico y la fauna silvestre, facilitando a su vez el contacto y el riesgo de mayor transmisión de parásitos, virus, bacterias y enfermedades presentes en la fauna silvestre, aunque se desconoce la probabilidad de que esto ocurra en la región (*nivel de confianza bajo, incertidumbre asociada*).

Aunque el aumento de temperaturas también podría provocar desajustes entre la fenología de los polinizadores y las especies que polinizan, el cambio climático actuaría sobre la apicultura como agente agravante de las actuales amenazas de las abejas, como son ciertos parásitos y patologías (nosemosis), los cambios de los usos del suelo y la fragmentación de los hábitats, el denominado síndrome de despoblamiento de las colmenas o los ataques de especies invasoras (*nivel de confianza alto*).

Silvicultura.

Los sistemas silvícolas se verán sometidos a los mismos cambios y procesos provocados por el cambio climático que amenazan los ecosistemas terrestres de tipo forestal, como descensos en la productividad debidos a una disminución en la fertilidad del suelo, al descenso de la pluviosidad y a la menor disponibilidad hídrica (*nivel de confianza alto*).

En general, en las masas forestales se ha detectado un aumento de las enfermedades causadas por insectos, hongos y organismos afines invasores procedentes de regiones más cálidas, que se han visto favorecidas por el efecto del cambio climático (*nivel de confianza alto*).

En Asturias se constata un incremento del territorio potencial de las especies ecológicamente más versátiles como el pino marítimo (*Pinus pinaster*), aunque estas masas pueden presentar problemas adaptación debido a la escasa variabilidad genética del material vegetal empleado en las repoblaciones, aunque la incertidumbre de los modelos climáticos hace que haya que tomar con prudencia estos resultados (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

Las extensiones de pino insignie (*Pinus radiata*) y de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) parecen ser las plantaciones forestales que presentan mayor riesgo ante el cambio climático, debido a su carácter intensivo, elevada homogeneidad y baja diversidad, además de una alta sensibilidad a los incendios debido a su alta disponibilidad de biomasa vegetal combustible (*nivel de confianza alto*).

En Asturias, según las proyecciones futuras a 2050 y 2070 de estudios para los escenarios de emisiones, se prevé una reducción o mantenimiento del hábitat adecuado para el eucalipto debido a la previsible reducción de las precipitaciones en el trimestre más húmedo, lo que contrasta con el aumento significativo en las zonas interiores de Galicia (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

No obstante, la incertidumbre de los modelos climáticos hace que haya que tomar con prudencia estas proyecciones sobre la potencial evolución prevista para estas especies forestales (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

En Asturias se ha detectado un importante aumento del nivel de daños sobre las masas forestales de la región, tanto de coníferas como de frondosas, causados por efectos bióticos y abióticos, incrementándose los daños de defoliación (*nivel de confianza alto*).

Considerando que las proyecciones del cambio climático anuncian un escenario con un incremento significativo de la ocurrencia de incendios con comportamiento extremo, favorecidos por la mayor frecuencia de los episodios de sequía prolongada, las altas temperaturas y de vientos fuertes, y que las tendencias regionales ya muestran un incremento de la superficie media de los incendios en la región, la probabilidad de incremento de la afección a masas arboladas, incluidas las productivas, por los incendios forestales es muy alta (*nivel de confianza alto*).

La mayor frecuencia de vendavales en los que la velocidad del viento sea capaz de causar daños al arbolado es otro de los impactos favorecidos por el cambio climático (*nivel de confianza alto*).

Industria y energía.

El impacto directo del cambio climático sobre la producción de energía y las actividades industriales será pequeño en comparación con los generados por otros factores no climáticos, como los cambios en la población, la edad, los ingresos, la tecnología, los precios relativos, el estilo de vida, la regulación, la gobernanza y muchos otros aspectos del desarrollo socioeconómico que tendrán un impacto en la oferta y la demanda de bienes y servicios económicos (*nivel de confianza alto*).

Aun así, los sectores energético e industrial se verán afectados 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 debido a la mayor frecuencia de eventos extremos, dependiendo de la localización de los emplazamientos (*nivel de confianza alto*).

Los cambios graduales de temperatura y precipitación, la subida del nivel del mar o el aumento en la frecuencia de eventos extremos, como temporales, tormentas y precipitaciones intensas, inundaciones costeras y continentales, olas de calor o incendios forestales y de otros riesgos naturales, como los movimientos de ladera, pueden provocar grandes impactos sobre las infraestructuras y equipos de generación, transporte y distribución de energía (*nivel de confianza alto*).

La disponibilidad del agua como recurso, especialmente por los cambios esperados en las precipitaciones, escorrentía y las temperaturas, constituyen potencialmente una de las amenazas más significativas para los sectores de la energía y de la industria (*nivel de confianza alto, incertidumbre asociada*).

Las alteraciones previstas en los patrones de las variables climáticas (temperatura, precipitación y viento) debido al cambio climático también tendrá efectos en la producción de energía, especialmente en la generación hidroeléctrica, muy vulnerable a los ciclos de sequía, pero también en la energía eólica, solar, de biomasa y térmica (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

Los cambios en las temperaturas alterarán los patrones de demanda energética para los procesos de calentamiento o refrigeración del sector industrial, aunque el impacto variará dependiendo de la actividad industrial. Así, mientras que la vulnerabilidad de las actividades siderúrgicas o metalúrgicas se vería reducida ya que, con un clima más cálido, se podrán producir ahorros en el consumo de energía, otras industrias, como las alimentarias, verán incrementada su vulnerabilidad al incrementar los costes de los procesos de enfriamiento o congelación (*nivel de confianza alto, incertidumbre asociada*).

El aumento de la temperatura, especialmente en verano con olas de calor más prolongadas y frecuentes, también puede afectar a la productividad de las actividades industriales debido a problemas en la refrigeración de la maquinaria, pero también por la seguridad y salud de los trabajadores, en particular, en aquellas actividades que requieran realizar esfuerzo físico en el exterior (*nivel de confianza alto*).

Considerando que se prevé una reducción de las aportaciones para el horizonte 2039 de entre el 4.6% y el 5.3% en el escenario RCP4.5, y del 11.2% en el escenario RCP8.5, la actividad de los grandes demandantes de agua para usos industriales, como la siderurgia, pasta y papel, química o bebidas y alimentaria, podría verse afectada en determinados momentos de baja disponibilidad hídrica (*nivel de confianza alto, incertidumbre asociada*).

Aunque no se han encontrado estudios específicos al respecto, las actividades industriales también se verán afectadas por estresores no climáticos, como cambios en la normativa o en la demanda (*nivel de confianza alto, incertidumbre asociada*).

El cambio de modelo productivo, caracterizado por una baja intensidad en el uso de materias primas y enfocado hacia una economía circular, las energías renovables y la eficiencia energética, abre una ventana de oportunidad para la creación de empleo en algunos sectores ya presentes en el territorio asturiano o de nuevo desarrollo e implantación (*incertidumbre asociada*).

Comercio y servicios.

Al igual que ocurre con la industria, el impacto directo del cambio climático sobre las actividades comerciales y de servicio será pequeño en comparación con los generados por otros factores no climáticos (*nivel de confianza alto*).

En el caso del sector terciario, el cambio climático tendrá un efecto directo y relevante sobre algunas de sus ramas y actividades, como por ejemplo el transporte, el turismo o los servicios públicos; sin embargo, para el resto de servicios, a excepción de los financieros, el impacto específico esperable para este tipo de actividades tiene un carácter básicamente indirecto (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

Considerando la localización de la gran mayoría de los establecimientos comerciales y de servicios, son esperables los efectos del cambio climático previstos para el poblamiento derivados de los eventos extremos, como inundaciones, incendios, olas de calor, etc., tanto directamente, por las pérdidas y daños materiales, reducción de productividad y beneficios, etc., como indirectamente, por interrupción o alteración en las cadenas de suministro (*nivel de confianza alto*).

De la misma forma las actividades comerciales y de servicios soportarán las nuevas o mayores necesidades de adaptación al calor (aislamiento y eficiencia energética, sistemas de refrigeración y refuerzo a cadenas de frío, etc.) que afectarán en general al sistema de poblamiento (*nivel de confianza alto*).

La actividad financiera, bancaria y aseguradora puede verse afectada a largo plazo debido a los costes de la compensación de daños y perjuicios por el deterioro de activos a los asegurados o financiados. No obstante, sus dinámicas tienen una escala global y afectada por la regulación y los procesos a escala europea y nacional y, además, estas actividades se verán también afectadas por otros factores no climáticos, como el marco regulatorio, las transformaciones tecnológicas o las relacionadas con la reputación o la imagen de marca de las compañías (*nivel de confianza alto*).

Además, la vulnerabilidad del sector se reduce considerablemente considerando que España dispone de instrumentos muy desarrollados y bien consolidados y de carácter solidario para hacer frente a los potenciales daños provocados por los riesgos extraordinarios (*nivel de confianza alto*).

Servicios públicos.

La gobernabilidad es una de las esferas claves de prevención y adaptación de las sociedades al cambio climático ya que, a pesar de los cambios, se debe asegurar la conservación de los bienes

públicos medioambientales y la equidad en el acceso a los servicios públicos (*nivel de confianza alto*).

En el marco de las competencias del Principado de Asturias en materia conservación de la biodiversidad y el patrimonio natural, es previsible un aumento de las necesidades de monitorización de fauna y flora, de los espacios naturales protegidos y un refuerzo de los programas de conservación de la biodiversidad biológica (*nivel de confianza alto*).

Es posible que, como consecuencia de los efectos en el cambio climático, en un futuro puedan aparecer problemas en el tratamiento del agua y de los residuos que podrían requerir de medidas correctoras o preventivas que impliquen modificaciones en los procesos protocolos de recogida almacenamiento y tratamiento o la realización de controles suplementarios a los que ya se realizan de forma habitual (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

En materia de abastecimiento la mayor vulnerabilidad se puede dar en pequeñas localidades en el medio rural con sistemas de abastecimiento locales dependientes de recursos propios y que carecen de fuentes alternativas y conexión a otros sistemas (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

En una región fuertemente envejecida y en la que no hay hábito de convivencia con temperaturas cálidas ni se cuenta con una cultura social de resiliencia al calor, puede ser necesario hacer un importante esfuerzo para la adaptación de los equipamientos que dotan a la región de una amplia capacidad asistencial, sanitaria y educativa (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

Por otra parte, dependiendo de la localización, los edificios e instalaciones que acogen los servicios públicos también se podrán ver afectados por el impacto generado por los eventos extremos y su mayor frecuencia (*nivel de confianza alto*).

A todo ello hay que añadir el efecto que sobre los servicios públicos tendrán otros procesos no vinculados al cambio climático y que limitan su capacidad de acción, como es la creciente limitación de los recursos públicos disponibles por el aumento del endeudamiento, las tasas de envejecimiento e interinidad en ciertos ámbitos de la esfera pública, y la necesidad de modernización y digitalización de las administraciones y el sector público empresarial (*nivel de confianza alto, incertidumbre asociada*).

Turismo.

Los efectos del cambio climático no afectarán de igual forma a las distintas modalidades de turismo y cada una de ellas afrontará diferentes tipos de impactos y retos de adaptación (*nivel de confianza alto*).

En el caso del turismo de costa la erosión, el aumento del nivel y las inundaciones permanentes puede causar la reducción de la capacidad física de carga de las playas y daños en las infraestructuras costeras y, por tanto, una merma de los servicios recreativos (*nivel de confianza alto*).

Para el turismo de naturaleza el cambio climático podría alterar el valor natural de algunos espacios por la degradación debida, por ejemplo, a incendios forestales severos o a los cambios en la distribución o incluso desaparición de especies vegetales y animales, lo que afectaría al atractivo de estos espacios para acoger actividades lúdicas y recreativas que se realizan en estos espacios (*nivel de confianza alto*).

El incremento de las temperaturas, los cambios en los patrones de precipitación y la disminución de las precipitaciones nivales supondrán una disminución la duración de la temporada de esquí y

supondrán una limitación importante para la sostenibilidad ecológica, económica y social, generando un importante impacto para la viabilidad económica y la capacidad de servicio de las estaciones de montaña para la práctica de actividades invernales, en particular para aquellas situadas en cotas de altitud más moderadas como las asturianas (*nivel de confianza alto*).

Conforme a los resultados de las proyecciones del cambio, cabe destacar que las zonas costeras del norte (Cantabria, Asturias, País Vasco, Galicia o norte de Cataluña) podrían ver aumentado su turismo de sol y playa y de naturaleza (*nivel de confianza alto*).

En el caso de Asturias el aumento de las temperaturas se puede traducir en un mayor número de días cálidos, con sensación térmica favorable para el desarrollo de actividades de ocio y recreo al aire libre, particularmente en las áreas litorales, en las que se proyecta un incremento de hasta un 30% en el número de jornadas idóneas a final de siglo, mientras que el interior de la región los cambios serían de menor envergadura, aunque se prevé un incremento de la temporada con idoneidad para la desarrollo de actividades al aire libre (*nivel de confianza medio*).

La vulnerabilidad ante el cambio climático de los ecosistemas de las zonas de montaña, situadas en sus límites ecológicos o geográficos, unido al potencial impacto sobre los valores naturales y paisajísticos por otros fenómenos como los incendios forestales, pueden afectar a medio y largo plazo al desarrollo de las actividades turísticas y recreativas que se desarrollan en estos ámbitos (*nivel de confianza alto*).

La mayor recurrencia de episodios de olas de calor en la España mediterránea e interior, podría constituir un factor que favorezca la presencia de turistas en el territorio asturiano procedentes de regiones más cálidas atraídos por las temperaturas más suaves (*nivel de confianza medio*).

Los cambios climáticos podrían prolongar la temporada de diversas modalidades turísticas y el desarrollo de un mayor número de modalidades en Asturias, con ello, la desestacionalización y diversificación del sector, incrementando las opciones de viajes de corta duración (*nivel de confianza medio*).

En cuanto al turismo cultural, la benignidad de las condiciones meteorológicas podría reforzar la actual tendencia al incremento del turismo cultural vinculado a la visita de ciudades, pueblos y lugares, aunque no se dispone de datos que lo confirmen (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

Aunque la capacidad potencial de la región para acoger nuevos visitantes es alta, podrían incrementarse los procesos de masificación asociados a la utilización recreativa de algunos recursos en ciertos periodos, como ya se está detectando en algunos puntos de la región (playas, Sella, Picos de Europa, etc.) lo que obligaría reforzar las medidas de regulación y ordenación de estas actividades y adoptar otras nuevas (*nivel de confianza alto*).

Los cambios y la evolución de la inestabilidad y variabilidad meteorológica que caracteriza actualmente el clima de la región determinarán el grado de incertidumbre en la planificación de viajes y condiciona la estancia de los visitantes en la región (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

La evolución de la actividad turística y las necesidades de adaptación no sólo dependen de los efectos directos del cambio climático, sino también de factores y procesos socioeconómicos que superan el ámbito regional, así como de las acciones de promoción y comunicación que se desarrollen para atraer a los potenciales visitantes (*nivel de confianza alto*).

Movilidad y transporte.

En el caso de Asturias, a excepción de los puertos regionales, se han realizado pocos estudios sobre el impacto de los efectos del cambio climático en las infraestructuras y el sistema de transporte regionales o sobre su posible evolución en los diferentes escenarios del cambio climático (*incertidumbre asociada*).

Actualmente, la climatología regional incide muy desfavorablemente en el estado y costes de conservación de la red, teniendo que asignar importantes recursos a problemas de desestabilización de taludes y laderas y a obras de drenaje, así como a labores de vialidad invernal (*nivel de confianza alto*).

Los impactos sobre las infraestructuras del transporte se incrementarán en las próximas décadas y los efectos de la mayor frecuencia de eventos extremos asociados a los efectos del cambio climático (temperaturas extremas, tormentas y vientos, precipitaciones torrenciales, avenidas extraordinarias, etc.) podrían 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, y acentuar su envejecimiento (*nivel de confianza alto*).

Los argayos o deslizamientos del terreno, uno de los fenómenos con mayor afección a las infraestructuras viarias regionales, podrían verse favorecidos por los cambios en los patrones de las precipitaciones provocados por el cambio climático y el incremento en la frecuencia de fenómenos de lluvias intensas. Sin embargo, para una buena adaptación es necesario mejorar el conocimiento en esta materia mediante una evaluación del riesgo (*nivel de confianza alto, incertidumbre asociada*).

Por lo que refiere a los puertos regionales, la subida del nivel del mar reducirá la excepcionalidad de los eventos extremos de caudal haciéndolos mucho más frecuentes, afectando a la seguridad funcional de la infraestructura portuaria, creando inseguridad y peligro para vehículos y peatones y llegando, en algunos casos, a provocar posibles daños estructurales durante los eventos más intensos (*nivel de confianza alto*).

La adaptación de las infraestructuras de transporte en servicio resulta complicada y, por lo general, costosa, ya que, en ocasiones, la vida útil de muchos de sus componentes superará el horizonte temporal de 2050 y, en algunos casos, incluso el de 2100 (*nivel de confianza alto*).

Resulta imprescindible que las características de diseño de las nuevas infraestructuras y en las de las modificaciones de las ya construidas se tengan en cuenta las condiciones climáticas esperadas en los horizontes temporales analizados para los distintos escenarios analizados (*nivel de confianza alto*).

El cambio de modelo de transporte y la movilidad tendrá implicaciones que afectan a gran parte de la población y las actividades económicas que, en el caso de no tomarse medidas, pueden ser relevante para los colectivos sociales más vulnerables, autónomos y PYMES (*nivel de confianza alto, incertidumbre asociada*).

El cambio de modelo de movilidad también generará cobeneficios en otros ámbitos ya que supondrá una reducción significativa de las emisiones de gases y partículas y, por tanto, de la contaminación atmosférica, lo que tendrá efectos positivos en la salud y la calidad de vida de los ciudadanos, en particular para los habitantes de las zonas urbanas (*nivel de confianza alto*).

La transformación del modelo de transporte y movilidad ofrece algunas oportunidades para la economía asturiana, tanto en materia de investigación y desarrollo como para la aparición de

nuevas actividades económicas o la transformación de las existentes (*nivel de confianza alto, incertidumbre asociada*)

Poblamiento.

A pesar de que la incertidumbre sobre los impactos climáticos es muy alta cuando nos referimos a territorios específicos, y especialmente cuando se habla de la escala local, es evidente que los asentamientos de población, en particular los urbanos, son puntos críticos de vulnerabilidad (*nivel de confianza alto*).

Los estudios de caracterización y cuantificación de los impactos del cambio climático en el poblamiento están muy extendidos en las ciudades de medio y gran tamaño, pero hay pocas referencias a las afecciones de otros elementos de sistema como las pequeñas ciudades o los asentamientos rurales (*incertidumbre asociada*).

Las alteraciones provocadas por el cambio climático tendrán un efecto negativo sobre el poblamiento debido al aumento de las temperaturas, la disminución de las precipitaciones, la elevación del nivel medio del mar y la mayor frecuencia de fenómenos climatológicos extremos: precipitaciones intensas, inundaciones, temporales, olas de calor, etc. (*nivel de confianza alto*).

En el caso de las ciudades, la adaptación resulta una estrategia imprescindible para la lucha contra el cambio climático, por lo que la planificación debe jugar un papel primordial y las inversiones en resiliencia urbana serán fundamentales para hacer frente a los efectos del cambio climático (*nivel de confianza alto*).

Además de los factores climáticos, el modelo territorial de cada región y su evolución a lo largo del tiempo pueden actuar como intensificadores de los impactos de los efectos del cambio climático sobre las áreas urbanas, y sobre el poblamiento en general (*nivel de confianza alto*). Se incluyen aquí aspectos como la organización del sistema urbano, los desequilibrios provocados por la existencia de ciudades o comarcas en declive, los efectos de procesos de periurbanización o difusión del fenómeno urbano, el sistema de poblamiento rural y sus dinámicas de despoblación.

También entre los factores no climáticos que pueden actuar como intensificadores de los impactos se encuentran algunas características propias de cada ciudad como la distribución de los usos del suelo o el propio diseño urbano: densidad, morfología, orientación, pavimentación, etc. (*nivel de confianza alto*).

Otro de los factores determinantes para valorar adecuadamente la magnitud de los potenciales impactos del cambio climático sobre los asentamientos de población es su componente sociodemográfico que determina la capacidad de adaptación, e incluso, podría incrementar las actuales desigualdades de grupos marginales y minorías normalmente concentradas en el espacio urbano (*nivel de confianza alto*).

El sistema territorial y de poblamiento asturiano presenta algunas particularidades que pueden acentuar la vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático y condicionar el desarrollo de las medidas de adaptación (*nivel de confianza alto*). Entre estas características cabe destacar que: el 81% de las 6 159 entidades singulares de población habitadas tiene 50 o menos habitantes, en las que residen el 7.3% de los habitantes de la región; la comunidad ha experimentado un proceso de despoblamiento, muy intenso en las zonas eminentemente rurales, lo que ha provocado que en 2020 se contabilizasen casi 800 entidades deshabitadas lo que representa aproximadamente el 11.5% del total de entidades singulares de población censadas en Asturias; el despoblamiento ha traído aparejado el envejecimiento de la población, la bajada de natalidad, la reducción del relevo generacional y la reducción de medios de vida y de puestos y oportunidades de trabajo; el 51% de

la población regional se concentra en las tres ciudades que superan los 50 000 habitantes (Gijón, Oviedo y Avilés).

La evolución del sistema territorial del área central ha venido acompañada de la aparición varios fenómenos (procesos de conurbación, periurbanización y difusión urbana, aparición del fenómeno de las ciudades en declive especialmente intenso en las ciudades de Langreo y Mieres) que deberán ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar y desarrollar las políticas regionales de adaptación al cambio climático (*nivel de confianza alto*).

Los desequilibrios territoriales en las dinámicas demográficas y en las características del sistema de poblamiento regional se traducen en una merma significativa de la capacidad de muchas de las administraciones locales para la prestación de servicios públicos y, por tanto, en la capacidad para abordar por sí solas las políticas de adaptación al cambio climático (*nivel de confianza alto*).

Las inundaciones y los eventos extremos costeros tendrán un importante impacto sobre los asentamientos y la población del litoral asturiano, pudiendo llegar afectar al el 7.5% de la población asturiana en el peor de los escenarios (*nivel de confianza alto*). En este sentido cabe destacar que, según algunos estudios, Gijón se encontraría entre las 10 ciudades españolas con un mayor riesgo de inundación costera.

La reducción de los recursos hídricos podría generar un impacto en fuentes y manantiales dependientes de las aguas subterráneas, lo que a su vez podría provocar problemas de suministro en el abastecimiento de algunas poblaciones asturianas, en particular las rurales, dependientes de recursos locales de esta naturaleza, aspecto este en el que es necesario mejorar el conocimiento (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

La exposición ante las inundaciones fluviales y fluviomarianas de la región es alta al estar presentes en la mayor parte de los tramos inundables núcleos urbanos relativamente importantes (*nivel de confianza alto*).

Las tendencias y pronósticos de agravamiento de eventos tormentosos hacen prever que, a medio plazo, continúe aumentando la frecuencia e intensidad de las inundaciones torrenciales, incrementando el riesgo de la población ante las inundaciones torrenciales y los deslizamientos de ladera, aunque, para determinar la magnitud potencial sería necesario desarrollar y actualizar los estudios al respecto (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

La vulnerabilidad y el riesgo sobre el poblamiento ante las inundaciones podrían verse atenuados gracias a los análisis e instrumentos de planificación estatales disponibles, como el Plan hidrológico y el Plan de gestión del riesgo de inundación de la DHC Occidental, y la planificación autonómica en materia de protección civil (*nivel de confianza alto*). Sin embargo, para minimizar el riesgo es necesario desarrollar acciones de reordenación de usos y de preparación de la población situada en las zonas inundables (*nivel de confianza alto*).

El incremento de la probabilidad de ocurrencia de grandes incendios de alta intensidad en la región amplificará los impactos sobre el medio y la población, aspecto este último especialmente preocupante en una región con más de 6 000 entidades de población y un complejo interfaz urbano-agrario-forestal, constituyendo una de las principales amenazas para los asentamientos rurales asturianos (*nivel de confianza alto*). Sin embargo, tan solo se disponen de aproximaciones de carácter general que no permiten evaluar con precisión la magnitud del riesgo (*incertidumbre asociada*).

La vulnerabilidad y el riesgo derivado de los incendios forestales para el poblamiento podrían verse atenuados gracias a la aplicación y el desarrollo de la Estrategia Integral de Prevención y Lucha

contra los Incendios Forestales en Asturias 2020-2025, instrumento en la que la mayor parte de las medidas contempladas se podrían considerar dentro del ámbito de la adaptación a los efectos del cambio climático, en particular las de prevención, concienciación, extinción y preparación (*nivel de confianza alto*).

La población de los núcleos urbanos se presenta especialmente vulnerable a los efectos sobre la 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 particularidades del desarrollo del modelo territorial del área metropolitana asturiana, en particular la ocupación del espacio periurbano, han provocado que el efecto isla de calor, además de producirse en las aglomeraciones urbanas se extienda, con mayor o menor grado de intensidad, a una parte del espacio del área central (*nivel de confianza alto*).

A priori, las edificaciones residenciales de la región deberían estar mucho mejor preparadas para el frío que para calor, aunque resulta muy difícil valorar las necesidades de adaptación al cambio climático (*nivel de confianza alto, incertidumbre asociada*).

Es previsible que se deban impulsar medidas de adaptación a la movilidad urbana y metropolitana que acompañen a las medidas de mitigación, de forma que se garantice la igualdad en la accesibilidad y se asegure el nivel de servicio (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

El desarrollo normativo y de planificación en materia adaptación al cambio climático hará necesaria la actualización de planes de ordenación urbana y la planificación municipal incluyendo criterios de sostenibilidad, resiliencia y adaptación al cambio climático, medida que, por otra parte, aparece como la más común en los planes municipales de adaptación que se están elaborando en España. Sin embargo, dada la relevancia de los procesos de revisión del planeamiento urbanístico, sería conveniente realizar un análisis detallado de las previsiones de los mismos para determinar el alcance en cada caso (*nivel de confianza medio, incertidumbre asociada*).

5.3. Matriz de valoración preliminar del riesgo.

LEYENDA		MEDIO, BIODIVERSIDAD Y ECOSISTEMAS				SISTEMAS SOCIOECONÓMICOS										
<ul style="list-style-type: none"> ● Riesgo seguro ○ Riesgo probable ¿? Riesgo desconocido o incierto 		Medio marino	Sistemas costeros	Recursos hídricos y ecosistemas acuáticos continentales	Ecosistemas terrestres	Población	Pesca y acuicultura	Agricultura	Ganadería	Silvicultura	Energía e industria	Comercio y servicios.	Servicios públicos	Turismo	Transporte y movilidad	Poblamiento
IMPULSORES DE CAMBIO / IMPACTO																
NO CLIMÁTICOS	Cambios usos del suelo		●	●	●	○	○	●	●	●				○	●	●
	Contaminación	●	●	●	○	●	○					○	○			●
	Sobre-explotación de los recursos	●	●	●	○	●				○				○		
	Especies invasoras	○	●	●	○	○	¿?	¿?		¿?				○		¿?
	Plagas/patógenos/enfermedades	¿?			●	○	¿?	●	○	●			○			○
	Incendios forestales				○	●		○	●	●	○	○	○	●	○	●
	Otros	○	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO	Modificación de la circulación de las aguas, estratificación y corrientes	○	○	○			●									
	Cambios en la dinámica de las mareas y el oleaje		●				○								○	
	Aumento del nivel medio del mar		●	¿?			○				○	●	●	●	○	●
	Inundaciones costeras		●	¿?			○				●	●	●	●	●	●
	Eventos extremos costeros (temporales)		●				○				●	●	●	●	●	●
	Cambios físico-químicos	●	●	¿?	●		○	¿?	○	○						
	Modificación de la concentración de CO ₂	¿?	¿?		●	¿?	¿?	¿?	¿?	¿?						
	Incremento de la temperatura	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○
	Olas de calor			○	○	●		●	●	●	●		●	○	○	●
	Cambios en el régimen de pluviosidad		●	●	●	○	○	○	○	●	●	○	○	¿?		●
	Inundaciones fluviomarinas			●		●		●	¿?		●	●	●	¿?	●	●
	Inundaciones torrenciales			○	●	●		●	¿?		○	●	●	¿?	●	●
	Movimientos de ladera / erosión		○	○	○	●		○	○	○	○	○	○	¿?	●	●
	Cambios en el régimen de aportes ⁽¹⁾		●	○	●		¿?	¿?	¿?	¿?	○			○	¿?	○
	Cambios en el régimen nival			○	¿?				¿?		●			●		
	Cambios en los regímenes de vientos	¿?	¿?		¿?	¿?	¿?			●	●			¿?		
	Eventos meteorológicos extremos (tormentas y borrascas)				○	●				●	●	●	●	●	●	●
Incremento de la radiación solar disponible	¿?	¿?	¿?	¿?	¿?	¿?	¿?	¿?	¿?	¿?			¿?		¿?	

(1) movilización de sedimentos, caudales fluviales, recargas de agua dulce, depósito de materia orgánica, aporte de nutrientes, etc.

Bibliografía

- ADIF. 2020. *Metodología para el análisis del riesgo y adaptación a los efectos del cambio climático*. NAG 4-0-0.0. Administrador de Infraestructuras Ferroviarias.
- AEMET. 2010. *Informe sobre las precipitaciones del 8 al 16 de junio en la cornisa cantábrica*.
- AEMET. 2020. *Listado de provincias afectadas por las Olas de frío registradas desde 1975*.
- AEMET. 2021. *Listado de provincias afectadas por las Olas de calor registradas desde 1975*. Madrid.
- Anadón Álvarez, Ricardo y Nieves Roqueñí Gutiérrez, eds. 2009. *Evidencias y efectos potenciales del cambio climático en Asturias*. Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras. Viceconsejería de Medio Ambiente, Oficina para la Sostenibilidad, Cambio Climático y la Participación. Gobierno del Principado de Asturias.
- Anadón Álvarez, Ricardo y Nieves Roqueñí Gutiérrez, eds. 2019. *Evolución del conocimiento sobre el cambio climático en Asturias: Diez años después de CLIMAS*.
- Aragón Correa, J. A., E. Cerdón Pozo, B. Delgado Márquez, N. Hurtado Torres y N. OrtizMartínez de Mandojana. 2018. *Estado del arte en el ámbito de la adaptación al cambio climático en la industria de la construcción de edificios residenciales. Metodología de análisis coste beneficio*. Universidad de Granada.
- Arent, D. J., R. S. J. Tol, E. Faust, J. P. Hella, S. Kumar, K. M. Strzepek, F. L. Tóth y D. Yan. 2014. «Key economic sectors and services». Pp. 659-708 en *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, editado por C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Billir, 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. Cambridge: Cambridge University Press.
- Aubrecht, Christoph, Klaus Steinnocher, Mario Köstl, Johann Züger y Wolfgang Loibl. 2013. «Long-term spatio-temporal social vulnerability variation considering health-related climate change parameters particularly affecting elderly». *Natural Hazards* 68(3):1371-84. doi: 10.1007/s11069-012-0324-0.
- Barbet-Massin, Morgane, Quentin Rome, Franck Muller, Adrien Perrard, Claire Villemant y Frédéric Jiguet. 2013. «Climate change increases the risk of invasion by the Yellow-legged hornet». *Biological Conservation* 157:4-10. doi: 10.1016/j.biocon.2012.09.015.
- Bjelke, Ulf, Johanna Boberg, Jonàs Oliva, Kristina Tattersdill y Brendan G. McKie. 2016. «Dieback of riparian alder caused by the Phytophthora alni complex: projected consequences for stream ecosystems». *Freshwater Biology* 61(5):565-79. doi: 10.1111/FWB.12729.
- Brasier, C. M., J. Rose y J. N. Gibbs. 1995. «An unusual Phytophthora associated with widespread alder mortality in Britain». *Plant Pathology* 44(6):999-1007. doi: 10.1111/J.1365-3059.1995.TB02658.X.
- Cammalleri, C, Naumann, G, Mentaschi, L, Formetta, G, Forzieri, G, Gosling, S, Bisselink, B, Roo, De A, Feyen, L. 2020. *Global warming and drought impacts in the EU*. Publications Office of the European Union.
- Campos, Luis Miguel, Jaime Freire, Aina González y Ignasi Puig. 2016. *Costes y beneficios de la adaptación al cambio climático en el sector del turismo de nieve en España*. editado por I. Puig. Fundació ENT con el apoyo del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y la Fundación Biodiversidad.
- Camus, P., A. Tomás, G. Díaz-Hernández, B. Rodríguez, C. Izaguirre y I. J. Losada. 2019. «Probabilistic assessment of port operation downtimes under climate change». *Coastal Engineering* 147:12-24. doi: 10.1016/j.coastaleng.2019.01.007.
- Capdevila-argüelles, Laura, Zilleti Bernardo y Ángel Victor. 2011. *Cambio climático y especies exóticas invasoras en España. Diagnóstico preliminar y bases de conocimiento sobre impacto y vulnerabilidad*. Madrid.
- Castaño-Santamaría, Javier, Carlos A. López-Sánchez, José Ramón Obeso y Marcos Barrio-Anta. 2019. «Modelling and mapping beech forest distribution and site productivity under different climate change scenarios in the Cantabrian Range (North-western Spain)». *Forest Ecology and Management* 450(117488):15. doi: 10.1016/j.foreco.2019.117488.
- CCS. 2020. *Estadística de riesgos extraordinarios. Serie 1971-2019*. Madrid: Consorcio de Compensación de Seguros.
- Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias. 2018. *Identificación del mosquito Aedes japonicus en Asturias*.
- CES España. 2012. *Desarrollo autonómico, competitividad y cohesión social. Medio ambiente*. Consejo Económico y Social.

- Ciordia Ara, Marta, Juan Carlos García Rubio y M. Dolores Loureiro Rodríguez. 2020. «Termohidroterapia : una solución para eliminar la avispa del castaño en púas de madera leñosa». *Tecnología Agroalimentaria. Boletín informativo del SERIDA* (23):26-32.
- CMNUCC. 2015. *Acuerdo de París*. Naciones Unidas.
- CMNUCC. 2019. «Decisión 9/CMA.1 Orientaciones adicionales en relación con la comunicación sobre la adaptación, presentada por ejemplo como un componente de las contribuciones determinadas a nivel nacional, a que se hace referencia en el artículo 7, párrafos 10 y 11, del». Pp. 24-27 en *Informe de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París sobre la tercera parte de su primer período de sesiones, celebrada en Katowice del 2 al 15 de diciembre de 2018. Segunda parte – Medidas adoptadas por la Co.* Naciones Unidas.
- CMNUCC. 2021. «El Paquete de medidas de Katowice sobre el clima: cómo hacer que el Acuerdo de París funcione para todos.» <https://unfccc.int/es/node/193041#eq-10>. Recuperado 4 de junio de 2021 (<https://unfccc.int/es/node/193041#eq-10>).
- COACCH. 2019. *The Economic Cost of Climate Change in Europe: Synthesis Report on Interim Results. Policy brief by the COACCH project.* editado por P. Watkiss, J. Troeltzsch, K. McGlade y M. Watkiss. COACCH project: CO-designing the Assessment of Climate CHange costs.
- Comisión Europea. 2013a. *COM(2013) 216 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones: Estrategia de adaptación al cambio climático de la UE.*
- Comisión Europea. 2013b. *COM(2013) 913 final. A concept to for Sustainable Urban Mobility Plans. Annex to the Communication from the Commission to European Parliament, the Council, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Together towards competitive an.*
- Comisión Europea. 2015. *COM(2015) 80 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo, al Comité de las Regiones y al Banco Europeo de Inversiones: Estrategia Marco para una Unión de la Energía resiliente con una política.* Comisión Europea.
- Comisión Europea. 2019. *COM(2019) 640 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones: Pacto Verde Europeo.* Comisión Europea.
- Comisión Europea. 2020. *COM(2020) 80 final. Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática y se modifica el Reglamento (UE) 2018/1999 («Ley del Clima Europea»).* Comisión Europea.
- Comisión Europea. 2021. *COM(2021) 82 final. Forjar una Europa resiliente al cambio climático — La nueva estrategia de adaptación al cambio climático de la UE.* Bruselas: Comisión Europea.
- Comisión Europea. s. f. «Acuerdo de París: Acción por el Clima». https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_es. Recuperado 4 de junio de 2021 (https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_es).
- Comisión Mixta para evaluar el Impacto de la Transición Energética en Asturias. 2019. *Documento ejecutivo. Situación actual, previsiones y recomendaciones.*
- Comité Asesor de Fondos Europeos. 2021. *Mapa de estrategias del Principado de Asturias.*
- Confederación Hidrográfica del Cantábrico. 2018. *Plan especial de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía. Memoria. Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental.* Confederación Hidrográfica del Cantábrico.
- Confederación Hidrográfica del Cantábrico. 2021a. «ANEJO III: Usos y demandas». P. 102 en *Propuesta de proyecto de Plan hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental (Revisión para el tercer ciclo 2022-2027).* Confederación Hidrográfica del Cantábrico.
- Confederación Hidrográfica del Cantábrico. 2021b. *Revisión y actualización del plan de gestión del riesgo de inundación (PGRI 2º ciclo) de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental. Texto consulta pública.* Confederación Hidrográfica del Cantábrico.
- Confederación Hidrográfica del Cantábrico. 2021c. «Riesgos asociados al cambio climático y adaptación». P. 40 en *Propuesta de proyecto de Plan hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental (Revisión para el tercer ciclo 2022-2027).* Confederación Hidrográfica del Cantábrico.
- Dapena de la Fuente, Enrique y Alfonso Fernández-Ceballos. 2007. «Estudio del cambio climático y sus implicaciones en el cultivo del manzano en Asturias». *Boletín informativo del SERIDA* (4):18-24.
- Le Den, Xavier, Matilda Persson, Audrey Benoist, Paul Hudson, Marleen de Ruyter y Lars T. de Ruig. 2017. *Insurance of Weather and climate-related disaster risk: Inventory and analysis of mechanisms to support damage prevention in the EU.*
- Díaz Jiménez, Julio, Rocío Carmona Alférez y Cristina Linares Gil. 2015. *Temperaturas umbrales de disparo de la mortalidad atribuible al calor en España en el periodo 2000-2009.* editado por Instituto de Salud Carlos III.

- Diputación Foral de Guipúzcoa. 2020. *Informe de impacto y vulnerabilidad al cambio climático en Guipúzcoa*. Naturklima - Fundación de Cambio Climático de Guipúzcoa.
- Domínguez-Cuesta, María José, Andrea Ferrer Serrano, Laura Rodríguez-Rodríguez, Carlos López-Fernández y Montserrat Jiménez-Sánchez. 2020. «Análisis del retroceso de la costa cantábrica en el entorno del Cabo Peñas (Asturias, N España)». *GEOGACETA* 68:63-66.
- EEA. 2017. *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016: An indicator-based report*. editado por H.-M. Fussel, A. Marx y M. Hildén. Publications Office of the European Union.
- ERA. 2020. *Memoria de actividades 2019 del Organismo Autónomo Establecimientos Residenciales para Ancianos de Asturias*. Gobierno del Principado de Asturias.
- España. 2021a. «Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética». *Boletín Oficial del Estado* (121):62009-52.
- España. 2021b. «Resolución de 25 de marzo de 2021, conjunta de la Dirección General de Política Energética y Minas y de la Oficina Española de Cambio Climático, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 16 de marzo de 2021, por el que se adopta la vers». *Boletín Oficial del Estado* (77):Sec. III. Pág. 36796-37220.
- Espí Felgueroso, Alberto y Ana Del Cerro Arrieta. 2016. «Enfermedad de Lyme en Asturias: ¿qué podemos aportar desde el SERIDA?» *Tecnología agroalimentaria. Boletín informativo del SERIDA* (17):41-45.
- European Anti Poverty Network Asturias. 2020. *El estado de la pobreza en Asturias y España: X informe de seguimiento del indicador de riesgo de pobreza y exclusión social (2008 – 2019)*. European Anti Poverty Network Asturias.
- FAEN. 2019. *Energía en Asturias 2018*.
- FEMP. 2015. *Medidas para la mitigación y la adaptación al cambio climático en el planeamiento urbano. Guía metodológica*. Federación Española de Municipios y Provincias.
- Ferreira, Juan José, Ester Murube Torcida y Ana Campa Negrillo. 2018. «El cultivo de la faba asturiana frente el cambio climático : adaptación de la fecha de siembra». *Boletín informativo del SERIDA* (21):25-29.
- Fisher, Matthew C., Daniel. A. Henk, Cheryl J. Briggs, John S. Brownstein, Lawrence C. Madoff, Sarah L. McCraw y Sarah J. Gurr. 2012. «Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health». *Nature* 2012 484:7393 484(7393):186-94. doi: 10.1038/nature10947.
- García Díez, C. y J. Remiro Perlado. 2014. *Del cambio climático sobre la acuicultura en España*. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Aragón.
- Gobierno de Aragón. 2017. *Estudio y análisis sobre el estado del conocimiento de los efectos del cambio climático en los dominios esquiables y las medidas adoptadas en alguna de las estaciones de esquí de Aragón. Documento 4: Resumen operativo*. Gobierno de Aragón.
- Gobierno del Principado de Asturias. 2014. *Plan Estratégico de Residuos 2014-2024*. Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Gobierno del Principado de Asturias.
- Gobierno del Principado de Asturias. 2015. *Plan Director de Infraestructuras para la Movilidad de Asturias 2015-2030*. Gobierno del Principado de Asturias.
- Gobierno del Principado de Asturias. 2016. *Plan territorial especial para la estrategia integrada de gestión portuaria litoral del Principado de Asturias*. Gobierno del Principado de Asturias.
- Gobierno del Principado de Asturias. 2019. *Plan de Asturias de Salud y Medio Ambiente*.
- Gobierno del Principado de Asturias. 2020. *Estrategia integral de prevención y lucha contra los incendios forestales en Asturias (2020-2025)*. Gobierno del Principado de Asturias.
- Gobierno del Principado de Asturias. 2021a. *Borrador del Plan de Adaptación al Cambio Climático de los Puertos Autonómicos del Principado de Asturias. Documento inicial estratégico*. Gobierno del Principado de Asturias.
- Gobierno del Principado de Asturias. 2021b. *Estrategia de transición energética justa de Asturias (Borrador)*. Gobierno del Principado de Asturias.
- Gobierno del Principado de Asturias. 2021c. *Estrategia Industrial Asturias 2030*. Gobierno del Principado de Asturias.
- Gobierno del Principado de Asturias. 2021d. *Estrategia para la rehabilitación energética de edificios en Asturias*. Gobierno del Principado de Asturias.
- Gobierno del Principado de Asturias. 2021e. *Plan Director de Abastecimiento de Aguas del Principado de Asturias 2020–2030 : Versión inicial*. Gobierno del Principado de Asturias.
- Gómez Royuela, Mónica. 2016. *Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector turístico*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- González Rodríguez, G., E. Fernández Iglesias y V. Moro García. 2021. «Flood frequency analysis in the Nalón River based on Bootstrap method». en *International Conference CMStatistics 2021*.
- González Taboada, Fernando y Ricardo Anadón Álvarez. 2011. *Análisis de Escenarios de Cambio Climático en Asturias*. editado por N. Roqueñí Gutiérrez y P. Orviz Ibáñez. Gobierno del Principado de Asturias.

- Gutiérrez, J., Sixto Herrera García, D. San-Martín, C. Sordo, J. Rodríguez, Manuel Frochoso, R. Ancell, Antonio Cofiño, M. Pons y M. Rodríguez. 2010. *Escenarios Regionales Probabilísticos de Cambio Climático en Cantabria: Termopluviometría*.
- Herrera, Pedro M., ed. 2020. *Ganadería extensiva y población*. Fundación Entretantos y Plataforma por la Ganadería Extensiva y el Pastoralismo.
- Herrero, Asier y Miguel A. Zavala, eds. 2015a. *Los bosques y la biodiversidad frente al cambio climático: Impactos, vulnerabilidad y adaptación en España*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Herrero, Asier y Miguel A. Zavala, eds. 2015b. *Los bosques y la biodiversidad frente al cambio climático: Impactos, vulnerabilidad y adaptación en España*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Horreo, Jose L., Andrew M. Griffiths, Gonzalo Machado-Schiaffino, Jamie R. Stevens y Eva Garcia-Vazquez. 2019. «Northern areas as refugia for temperate species under current climate warming: Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) as a model in northern Europe». *Journal of Fish Biology* 95(1):304-10. doi: 10.1111/jfb.13825.
- IHCantabria. 2018. «Subida del nivel del mar en futuros escenarios de cambio climático en estuarios cantábricos». P. 36 en *MARES: Elaboración de mapas de riesgo de los sistemas naturales frente al cambio climático en los estuarios cantábricos*. Santander.
- IHCantabria. 2020. *Evolución de la distribución potencial de gelidium corneum en las costas atlánticas españolas*. IHCantabria.
- INDURROT - Universidad de Oviedo. 2003. *Creación de un sistema de información de las zonas inundables y de avenida torrencial del Principado de Asturias*. Inédito. editado por J. Marquínez, R. Mnéndez, E. Fernández Iglesias y A. Colina Vuelta.
- INDURROT - Universidad de Oviedo. 2010. *Información preliminar para la elaboración de planes de gestión del riesgo de inundación de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico*. Inédito. editado por M. Á. Álvarez García, A. Colubi Cervero, E. Fernández-Iglesias y L. García de la Fuente.
- INDURROT - Universidad de Oviedo. 2011. *Actualización y mejora del sistema de información de zonas inundables de Asturias*. Inédito. editado por M. A. Álvarez García, R. A. Menéndez Duarte y A. Colina Vuelta.
- Instituto para la Transición Justa. 2020. *Estrategia de Transición Justa*. Instituto para la Transición Justa, O.A.
- IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. editado por C. B. Field, 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. Cambridge University Press.
- IPCC. 2019. *Calentamiento global de 1,5 °C. Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto i*. editado por V. Masson-Delmotte, 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. Robin Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, A. Lonnay, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jactel, Hervé, Julia Koricheva y Bastien Castagneyrol. 2019. «Responses of forest insect pests to climate change: not so simple». *Current Opinion in Insect Science* 35:103-8. doi: 10.1016/J.COIS.2019.07.010.
- de la Cruz Leiva, José Luis y Manuel Riera Díaz. 2020. *Estudio cuantitativo/cualitativo sobre vulnerabilidad en el empleo de la transición ecológica y análisis de nichos de empleo derivados de la adaptación al cambio climático*. Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente UGT-CEC.
- Landeras Rodríguez, E., A. González Narganes, M. Braña Argüelles y A. J. González Fernández. 2017. «Pseudocercospora griseola en cultivos de faba en Asturias. "Mancha angular"». 17.
- López-Rojo, Naiara, Aingeru Martínez, Javier Pérez, Ana Basaguren, Jesús Pozo y Luz Boyero. 2018. «Leaf traits drive plant diversity effects on litter decomposition and FPOM production in streams». *PLOS ONE* 13(5):e0198243. doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0198243.
- López-Sánchez, Carlos A., Fernando Castedo-Dorado, Asunción Cámara-Obregón y Marcos Barrio-Anta. 2021. «Distribution of *Eucalyptus globulus* Labill. in northern Spain: Contemporary cover, suitable habitat and potential expansion under climate change». *Forest Ecology and Management* 481:118723. doi: 10.1016/j.foreco.2020.118723.
- Losada Rodríguez, Íñigo J., Cristina Izaguirre Lasa y Pedro Díaz-Simal. 2014. *Cambio climático en la costa española*. Madrid.
- Losada Rodríguez, Íñigo J. y Alexandra Toimil Silva. 2016. «Anexo VII. Estudio inicial sobre el impacto del cambio climático en los puertos del principado de Asturias.» en *Plan territorial especial para la estrategia integrada de gestión portuaria litoral del Principado de Asturias*. Gobierno del Principado de Asturias.

- Losada Rodríguez, Íñigo J., Alexandra Toimil Silva y Pedro Díaz-Simal. 2016a. *Asistencia técnica a la elaboración de un estudio sobre la adaptación al cambio climático de la costa del Principado de Asturias. Actividad 2: Evaluación De Impactos y Riesgos*. IHCantabria.
- Losada Rodríguez, Íñigo J., Alexandra Toimil Silva y Pedro Díaz-Simal. 2016b. *Asistencia técnica a la elaboración de un estudio sobre la adaptación al cambio climático de la costa del Principado de Asturias. Actividad 3: Estrategia de adaptación*. IHCantabria.
- Maceda-Veiga, Alberto. 2013. «Towards the conservation of freshwater fish: Iberian Rivers as an example of threats and management practices». *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 23(1):1-22.
- MAGRAMA. 2015. *Estrategia de gestión, control y posible erradicación del avispa asiático o avispa negra (Vespa velutina ssp. nigrithorax) en España*.
- Le Marchand, M., T. Hattab, N. Niquil, C. Albouy, F. Le Loc'h y F. Ben Rais Lasram. 2020. «Climate change in the Bay of Biscay: Changes in spatial biodiversity patterns could be driven by the arrivals of southern species». *Marine Ecology Progress Series* 647:17-31. doi: 10.3354/meps13401.
- Markkanen, Sanna y Annela Anger-Kraavi. 2019. «Social impacts of climate change mitigation policies and their implications for inequality». *Climate Policy* 19(7):827-44. doi: 10.1080/14693062.2019.1596873.
- Méndez García, Benjamín y Marcos Ortega Montequín. 2017. «Ciudad difusa y territorio: El caso del área central asturiana». *Ciudades* 16(1):131-44. doi: 10.24197/ciudades.16.2013.131-144.
- Mendizabal, Maddalen, Roberto Moncho, Guillem Chust y Peter Torp. 2010. «Modelling hydrological responses of Nerbioi River Basin to Climate Change». *Geophysical Research Abstracts* 12.
- Mendo, Jaime. 2020. «Recursos pesqueros». Pp. 291-346 en *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT*, editado por J. M. Moreno, C. Laguna-Defior, E. Barros, V. Calvo Buendía, J. A. Marengo y U. Oswald Spring. Madrid: McGraw-Hill.
- Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. 2016. *Cambio Climático: Informe de síntesis, guía resumida del quinto informe de evaluación del IPCC*.
- Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital. 2020. «Plan de Digitalización de las Administraciones Públicas 2021-2025». 1-61.
- Ministerio de Fomento. 2018. «Diagnóstico y síntesis territorial». P. 41 en *Agenda Urbana Española 2019*. Ministerio de Fomento.
- Ministerio de Fomento. 2019. *Segmentación del parque residencial de viviendas en España en clústeres tipológicos*.
- Ministerio de Sanidad. 2020. *Plan nacional de actuaciones preventivas de los efectos del exceso de temperaturas sobre la salud 2020*.
- Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad. 2013. *Impactos del Cambio Climático en la Salud. Informes, estudios e investigación*. editado por M. Alonso Capitán y M. C. Vázquez Torres.
- Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. 2016. *Plan Nacional de Preparación y Respuesta frente a Enfermedades Transmitidas por Vectores Parte I: Dengue, Chikungunya y Zika*. editado por E. Andradás Aragonés.
- MITECO. 2019. *Estrategia nacional contra la pobreza energética 2019-2024*. Gobierno de España.
- MITECO. 2020a. *Estrategia a largo plazo para una economía española moderna, competitiva y climáticamente neutra en 2050. Estrategia de descarbonización a largo plazo 2050*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- MITECO. 2020b. *Plan nacional de adaptación al cambio climático 2021-2030*. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).
- MITECO. 2020c. *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030*. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- MITECO. 2021a. *Informe de seguimiento del plan de gestión del riesgo de inundación de la demarcación hidrográfica del Cantábrico Occidental. Año 2020*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- MITECO. 2021b. *Marco eficaz de gestión del riesgo de catástrofes en España: La organización de la gestión del riesgo de catástrofes en España coherente con la estrategia de adaptación al cambio climático*.
- Moncho, Roberto, Guillem Chust y Vicente Caselles. 2010. *Climatic study of the exponent n of the IDF curves of the Iberian Peninsula*. Vol. 12.
- Moreno, Alvaro. 2010. *Turismo y Cambio Climático en España. Evaluación de la Vulnerabilidad del Turismo de interior frente a los Impactos del Cambio climático*.
- Moreno Rodríguez, Jose Manuel, ed. 2016. *Los incendios forestales en España en un contexto de cambio climático: Información y Herramientas para la Adaptación (Memoria final)*.
- Naciones Unidas. 1992. *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.
- Observatorio de Salud en Asturias. 2019. *Plan de Salud del Principado de Asturias 2019-2030*.

- Oficina Española de Cambio Climático. 2020. *PIMA Adapta: Conocimiento y acción frente a los riesgos derivados del cambio climático*. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Olazabal, Marta y María Ruiz de Gopegui. 2020. «¿Para qué impactos climáticos se preparan las ciudades españolas?» *Ekonomiaz* (97):212-39.
- Olsson, Lennart, Maggie Opondo, Petra Tschakert, Arun Agrawal, Siri H. Eriksen, Shiming Ma, Leisa N. Perch, Sumaya A. Zakieldean, Catherine Jampel, Eric Kissel, Valentina Mara, Andrei Marin, David Satterthwaite, Asuncion Lera St Clair, Andy Sumner, Susan Cutter, Etienne Pigué, Anna Kaijser, VR Barros, DJ Dokken, KJ Mach, Te Bilir, M. Chatterjee, KL Ebi, Yo Estrada, RC Genova, B. Girma, Es Kissel, An Levy y S. MacCracken. 2014. «Livelihoods and Poverty». Pp. 793-832 en *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, editado por C. B. Field, 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. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ortíz de Urbina, Esther, Nebai Mesanza, Ana Aragonés, Rosa Raposo, Margarita Elvira-Recuenco, Ricard Boqué, Cheryl Patten, Jenny Aitken y Eugenia Iturriza. 2016. «Emerging Needle Blight Diseases in Atlantic Pinus Ecosystems of Spain». *Forests* 8(1):18. doi: 10.3390/f8010018.
- Pardo Buendía, Mercedes. 2007. «El impacto social del cambio climático». *Panorama social* (5):22-35.
- Pardo Buendía, Mercedes y Jordi Ortega. 2018. «El impacto social del cambio climático: la metamorfosis social como ventna de oportunidad». Pp. 365-91 en *Informe España 2018*, editado por A. Blanco, A. Chueca, J. A. López-Ruiz y S. Mora. Madrid: Universidad Pontificia Comillas, Cátedra J.M. Martín Patino.
- Parlamento y Consejo de la Unión Europea. 2018. «Reglamento UE 2018/1999 del 11 de diciembre de 2018 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima y por el que se modifican los Reglamentos (CE) nº 663/2009 y (CE) nº 715/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo». *Diario Oficial de la Unión Europea* L(328):1-77.
- Penteriani, Vincenzo, Alejandra Zarzo-Arias, Alís Novo-Fernández, Giulia Bombieri y Carlos A. López-Sánchez. 2019. «Responses of an endangered brown bear population to climate change based on predictable food resource and shelter alterations». *Global Change Biology* 25(3):1133-51. doi: 10.1111/gcb.14564.
- Picos, J. 2020. *Análisis de impacto, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la industria de la madera*. FSC España.
- PLURIFOR. 2018. *Plan de riesgo para el gorgojo del eucalipto, Gonipterus platensis*.
- Pons, M. R., D. San-Martín, S. Herrera y J. M. Gutiérrez. 2010. «Snow trends in Northern Spain: Analysis and simulation with statistical downscaling methods». *International Journal of Climatology* 30(12):1795-1806. doi: 10.1002/joc.2016.
- Punzón, A., A. Serrano, F. Sánchez, F. Velasco, I. Preciado, J. M. González-Irusta y L. López-López. 2016. «Response of a temperate demersal fish community to global warming». *Journal of Marine Systems* 161(May):1-10. doi: 10.1016/j.jmarsys.2016.05.001.
- Quintanilla Garriel, Eva. 2019. «Análisis y evaluación de IUF en caso de incendio en el Principado de Asturias». Trabajo fin de Master, Universidad de Oviedo.
- Ramos-Guajardo, Ana Belen, Elena Fernández Iglesias y Gil Gonzalez-Rodriguez. 2020. «Observed trends in daily data and maximum hourly intensity of rainfall events in Asturias (NW Spain)». en *13th International Conference of the ERCIM WG on Computational and Methodological Statistics*.
- Red Española de Ciudades por el Clima. 2019. *Sexto informe sobre políticas locales de lucha contra el cambio climático*. Madrid: Federación Española de Municipios y Provincias.
- Rodríguez Suárez, Valentín, Ana Fernández Somoano y Olga Alonso Alonso. 2017. *Calidad del aire y Salud en Asturias. Informe Epidemiológico 2016*.
- Roqueñí Gutiérrez, Nieves y Paz Orviz Ibáñez, eds. 2011. *Cambio climático y biodiversidad en Asturias*. Gobierno del Principado de Asturias, Oficina para la sostenibilidad, el Cambio Climático y la Participación.
- Roques, Alain, Jérôme Rousselet, Mustafa Avci, Mustafa Avci, Dimitrios N. Avtzis, Andrea Basso, Andrea Battisti, Mohamed Lahbib Ben Jamaa, Atia Bensidi, Laura Berardi, Wahiba Berretima, Manuela Branco, Gahdab Chakali, Mirza DautbašićDautbašić, Horst Delb, Moulay Ahmed El Alaoui El Fels, El Mercht, Mhamed El Mokhefi, Beat Forster, Jacques Garcia, Georgi Georgiev, Milka M. Glavendekic, Francis Goussard, Paula Halbig, Lars Henke, Rodolfo Hernan, José A. Hóðar, Maja Jurc, Dietrich Klimetzek, Mathieu Laparie, Stig Larsson, Eduardo Mateus, Dinka MatoševićMatošević, Franz Meier, Zvi Mendel, Nicolas Meurisse, Ljubodrag Mihajlovic, Plamen Mirchev, Sterja Nasceski, Cynthia Nussbaumer, Maria-Rosa Paiva, Irena Papazova, Juan Pino, Jan Podlesnik, Jean Poirot, Alex Protasov, Noureddine Rahim, Gerardo San, chez Peñ, Helena Santos, Daniel Sauvard, Axel Schopf, Mauro Simonato, Georgi Tsankov, Eiko Wagenhoff, Annie Yart, Regino Zamora, Mohamed Zamoum, Christelle A. Robinet Roques, J Rousselet, J Garcia, F Goussard, M Laparie, D Sauvard, A Yart, C. Robinet, M. Avci Orman Fakültesi, DN Avtzis, A Basso, A Battisti, L Berardi y M Simonato. 2015. «Climate Warming and Past and Present Distribution of the Processionary

- Moths (*Thaumetopoea* spp.) in Europe, Asia Minor and North Africa Insect biodiversity View project Focusing on *Monochamus* spp., insect vectors of *Bursaphelenchus xylophilus* (MONOCHAMUS), 2013-2016 View project Climate Warming and Past and Present Distribution of the Processionary Moths (*Thaumetopoea* spp.) in Europe, Asia Minor and North Africa». Pp. 81-161 en *Processionary Moths and Climate Change : An Update*, editado por A. Roques. Dordrecht: Springer.
- Rubio Sánchez, A. y S. Roig Gómez. 2017. *Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en los sistemas extensivos de producción ganadera en España*.
- Ruiz, J. M., J. E. Guillén, A. Ramos Segura y M. M. Otero, eds. 2015. *Atlas de las praderas marinas de España*. Murcia-Alicante-Málaga: IEO, IEL, UICN.
- Sánchez-España, Javier, M. Pilar Mata, Juana Vegas, Mario Morellón, Juan Antonio Rodríguez, Ángel Salazar, Iñaki Yusta, Aida Chaos, Carmen Pérez-Martínez y Ana Navas. 2017. «Anthropogenic and climatic factors enhancing hypolimnetic anoxia in a temperate mountain lake». *Journal of Hydrology* 555:832-50. doi: 10.1016/j.jhydrol.2017.10.049.
- Santa Coloma, Oscar, Efrén Feliú y Maddalen Mendizabal. 2011. *Cambio Climático, impacto y adaptación en la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- Santos-Martín, Fernando, Carlos Montes, Paloma Alcorlo, Susana García-Tiscar, Blanca González, Rosario María Vidal-Abarca, María Luisa Suárez, Laura Royo, Inmaculada Ferriz, Juan Barragán, Juan Adolfo Chica, César López y Javier Benayas. 2015. *La aproximación de los servicios de los ecosistemas aplicada a la gestión pesquera*. Madrid: Fondo Europeo de Pesca, Fundación Biodiversidad del Ministerio de Medio Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Santos Alonso, Rubén. 2011. «Flujos de los derrubios en la cornisa cantábrica: Evidencias, modelo de susceptibilidad y relevancia geomorfológica.» Universidad de Oviedo.
- Sanz, M. J. y E. Galán, eds. 2020. *Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España*. Madrid.
- Sanz, María José, Lucio Santos, Gabriela Alonso y Ana Karla Perea. 2019. *Mapeo de las decisiones de Katowice relacionadas con la Contribución Determinada a Nivel Nacional (CDN)*. editado por K. Siegmann. Panama: Banco Mundial.
- SEPA. 2017. *Análisis prospectivo de la Estrategia integral de prevención y lucha contra los incendios forestales en Asturias*. editado por J. Marquinez García, C. Santín Nuño y A. Colina Vuelta.
- Serrada Hierro, R., M. J. Aroca Fernández, S. Roig Gómez, A. Bravo Fernández y V. Gómez Sanz. 2011. *Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector forestal*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Secretaría General Técnica.
- SITA. 2020. *El Turismo en Asturias 2019*. Sistema de Información Turística de Asturias.
- Sousa-Guedes, Diana, Salvador Arenas-Castro y Neftalí Sillero. 2020. «Ecological niche models reveal climate change effect on biogeographical regions: The Iberian Peninsula as a case study». *Climate* 8(3):42. doi: 10.3390/cli8030042.
- Toimil, Alexandra, Íñigo J. Losada y Paula Camus. 2016. «Metodología para el análisis del efecto del cambio climático en la inundación costera: aplicación a Asturias». *Revista Iberoamericana del Agua* 3(2):56-65. doi: 10.1016/j.riba.2016.07.004.
- Toimil, Alexandra, Pedro Díaz-Simal, Íñigo J. Losada y Paula Camus. 2018. «Estimating the risk of loss of beach recreation value under climate change». *Tourism Management* 68(October 2017):387-400. doi: 10.1016/j.tourman.2018.03.024.
- Toimil, Alexandra, Íñigo J. Losada, Paula Camus y Pedro Díaz-Simal. 2017. «Managing coastal erosion under climate change at the regional scale». *Coastal Engineering* 128:106-22. doi: 10.1016/j.coastaleng.2017.08.004.
- Toimil, Alexandra, Íñigo J. Losada, Pedro Díaz-Simal, Cristina Izaguirre y Paula Camus. 2017. «Multi-sectoral, high-resolution assessment of climate change consequences of coastal flooding». *Climatic Change* 145(3-4):431-44. doi: 10.1007/s10584-017-2104-z.
- UNICEF Comité Español. 2017. *El impacto del cambio climático en la infancia en España*. Madrid.
- US EPA. 2017. «Climate Impacts on Society». *Climate Change Impacts*. Recuperado 20 de mayo de 2021 (https://19january2017snapshot.epa.gov/climate-impacts/climate-impacts-society_.html).
- Valdés Peláez, Luis, Belén Gómez Martín y Álvaro Moreno Sánchez. 2011. «El turismo y el cambio climático en Asturias. Evidencias y efectos potenciales». *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* (57):243-66.
- Weiskopf, Sarah R., Madeleine A. Rubenstein, Lisa G. Crozier, Sarah Gaichas, Roger Griffis, Jessica E. Halofsky, Kimberly J. W. Hyde, Toni Lyn Morelli, Jeffrey T. Morisette, Roldan C. Muñoz, Andrew J. Pershing, David L. Peterson, Rajendra Poudel, Michelle D. Staudinger, Ariana E. Sutton-Grier, Laura Thompson, James Vose, Jake F. Weltzin y Kyle Powys Whyte. 2020. «Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States». *Science of the Total Environment* 733. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.137782.