

CAMBIO CLIMÁTICO

I. Incidencia de los efectos del cambio climático a nivel regional.

I.1. Introducción

El cambio climático, siendo un fenómeno global, tiene, por sus efectos en distintos sectores económicos como la agricultura, la pesca, el sector forestal, el turismo de playa, etc., así como por sus consecuencias en la salud humana y en la de los ecosistemas, una dimensión territorial.

El Acuerdo sobre el Cambio Climático aprobado en la Cumbre de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de París, de diciembre de 2015, pone de manifiesto entre otras cuestiones la contribución que deben realizar las regiones y los municipios, en la acción global en materia de cambio climático.

Con el fin de dar continuidad al Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático, el Consejo de Europeo en el año 2014 ha aprobado un nuevo Marco de Políticas de Energía y Cambio Climático 2021-2030 (Marco 2030) que plantea para el año 2030 los siguientes objetivos:

- Reducir un 40% las emisiones de GEI, respecto a los niveles de 1990. (Reducción del 43% en las emisiones ETS y un 30% en las no-ETS, ambos porcentajes tomando como año base el 2005)
- Aumentar el uso de las energías renovables hasta una cuota del 27% del total del consumo energético.
- Aumentar la eficiencia energética para alcanzar el 27% de ahorro respecto a un escenario tendencial.

Consciente de que el cambio climático es probablemente el reto ambiental más importante al que se va a enfrentar nuestra región en este siglo, el Gobierno de Cantabria, en el marco de las políticas nacionales e internacionales en la materia, elaboró la Estrategia de Acción frente al Cambio Climático en Cantabria 2008-2012. Finalizado su plazo de vigencia, está próxima a su aprobación una nueva Estrategia de Acción frente al Cambio Climático de Cantabria 2017-2030, que contiene más de 100 medidas concretas de mitigación y adaptación para luchar contra las consecuencias del cambio climático y que la

región pueda adaptarse a su impacto y minimizarlo, incentivando un cambio de modelo de vida hacia una economía baja en carbono en nuestra Comunidad.

Bastantes sectores económicos dependen directamente de las condiciones climáticas y por tanto se enfrentan a los efectos adversos del cambio climático, en ámbitos como la agricultura, la silvicultura, el turismo de playa y nieve, la sanidad y la pesca entre otros. Así mismo otros servicios públicos como la distribución de energía o agua también se verán afectados. Si bien es posible que el calentamiento global brinde también oportunidades para determinados ámbitos, como mejora del rendimiento de algunos cultivos, crecimiento de los bosques, mejores condiciones climáticas en algunos destinos turísticos, etc.

El Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria ha realizado un estudio sobre la incidencia de los efectos del cambio climático y sobre la incorporación de los efectos del cambio climático como consecuencia de la evolución prevista de la inundabilidad y peligrosidad en Cantabria, con el fin de realizar una propuesta de orientaciones a considerar en futuros escenarios en el territorio regional.

I.2. Efectos previsibles del cambio climático.

El estudio de los impactos del cambio climático está condicionado por tres elementos fundamentales: la peligrosidad, definida a través de las dinámicas marinas, como son el oleaje y el nivel del mar, e hidrometeorológicas, como son la precipitación y la temperatura; la exposición, estrechamente ligada a las características de los sistemas biofísico y socioeconómico; y la vulnerabilidad, que hace referencia a la sensibilidad y/o susceptibilidad de estos sistemas a verse afectados por impactos. En primer lugar, se ha caracterizado la peligrosidad, es decir, las variables climáticas y los cambios que éstas van a experimentar para una serie de escenarios futuros. De forma paralela, se ha analizado qué sectores socioeconómicos y qué tipologías ambientales de Cantabria pueden verse principalmente expuestos a las peligrosidades consideradas. Finalmente, la peligrosidad futura y la exposición presente se han combinado teniendo en cuenta la vulnerabilidad propia de los sistemas expuestos para dar lugar a los impactos potenciales del cambio climático.

1.2.1. Estudio de la peligrosidad

El estudio de la peligrosidad analiza aquellos cambios que se prevé se van a producir en las variables climáticas para un horizonte temporal de fin de siglo (año 2100) con respecto a la situación existente en la actualidad debido al cambio climático. Para el estudio de esta peligrosidad en la Comunidad Autónoma de Cantabria se ha desarrollado la siguiente metodología:

Fase 1: selección de variables hidro-meteorológicas (temperatura atmosférica y precipitación) y meteo-oceánicas (oleaje, nivel del mar y temperatura superficial del agua del mar) susceptibles de verse afectadas por el cambio climático, así como de generar impactos, ya sea de forma aislada o conjuntamente.

Fase 2: selección de los escenarios de cambio climático y horizonte temporal. En este caso se ha optado por analizar los cambios que van a experimentar las variables seleccionadas bajo los escenarios basados en rutas representativas de concentración (RCP, de sus siglas en inglés) de emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs): RCP4.5 y RCP8.5. Estos escenarios con los que actualmente trabaja la comunidad científica han sido desarrollados por el IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático) y corresponden, respectivamente, a una concentración media y alta de GEIs. Como horizonte temporal se ha fijado fin de siglo (2070-2099) y el periodo de referencia para la estimación de los valores actuales de las variables es 1979-2010.

Fase 3: proyecciones a fin de siglo de las variables bajo los escenarios considerados. Proyecciones de temperatura atmosférica, de precipitación, de oleaje de aumento del nivel medio del mar y de la temperatura del agua del mar.

Fase 4: representación de los resultados en mapas mediante un sistema de información geográfica. Se ha indicado el nivel de certidumbre en la atribución de los cambios de las distintas variables al cambio climático. Este nivel de certidumbre puede ser muy alto, alto, medio o bajo, y se ha expresado mediante una barra vertical con cuatro escalones. Mientras que el aumento del nivel medio del mar, el aumento de la temperatura del aire y el aumento de la temperatura del agua del mar tienen un nivel de atribución alto, la reducción de la precipitación tiene un nivel medio y los cambios en el oleaje un nivel de incertidumbre bajo.

Se han establecido cuatro niveles de intensidad de cambio de las variables seleccionadas: muy alto, alto, medio, bajo. Su representación en los mapas se ha realizado mediante los colores verde, amarillo, naranja y rojo de los iconos que representan a las variables de interés.

i.i. Resultados

Pese a que los resultados se muestran de forma cualitativa, se presenta a continuación una descripción de los cambios esperados más importantes en las variables de interés a lo largo del siglo XXI:

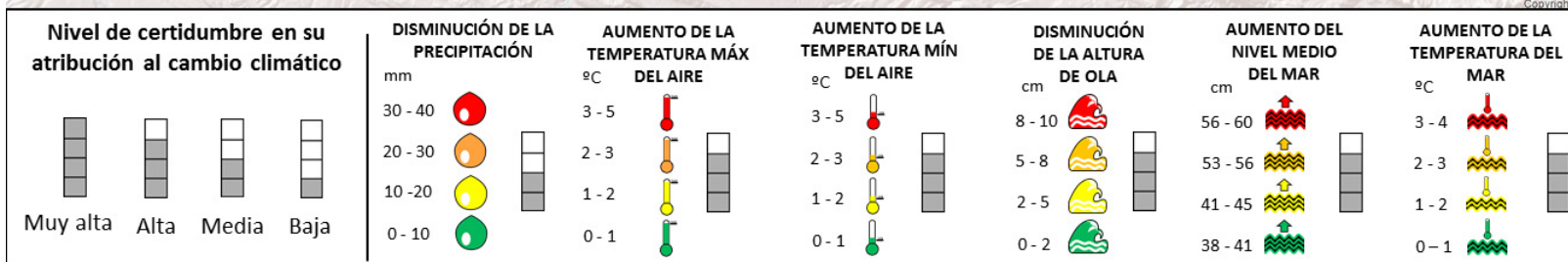
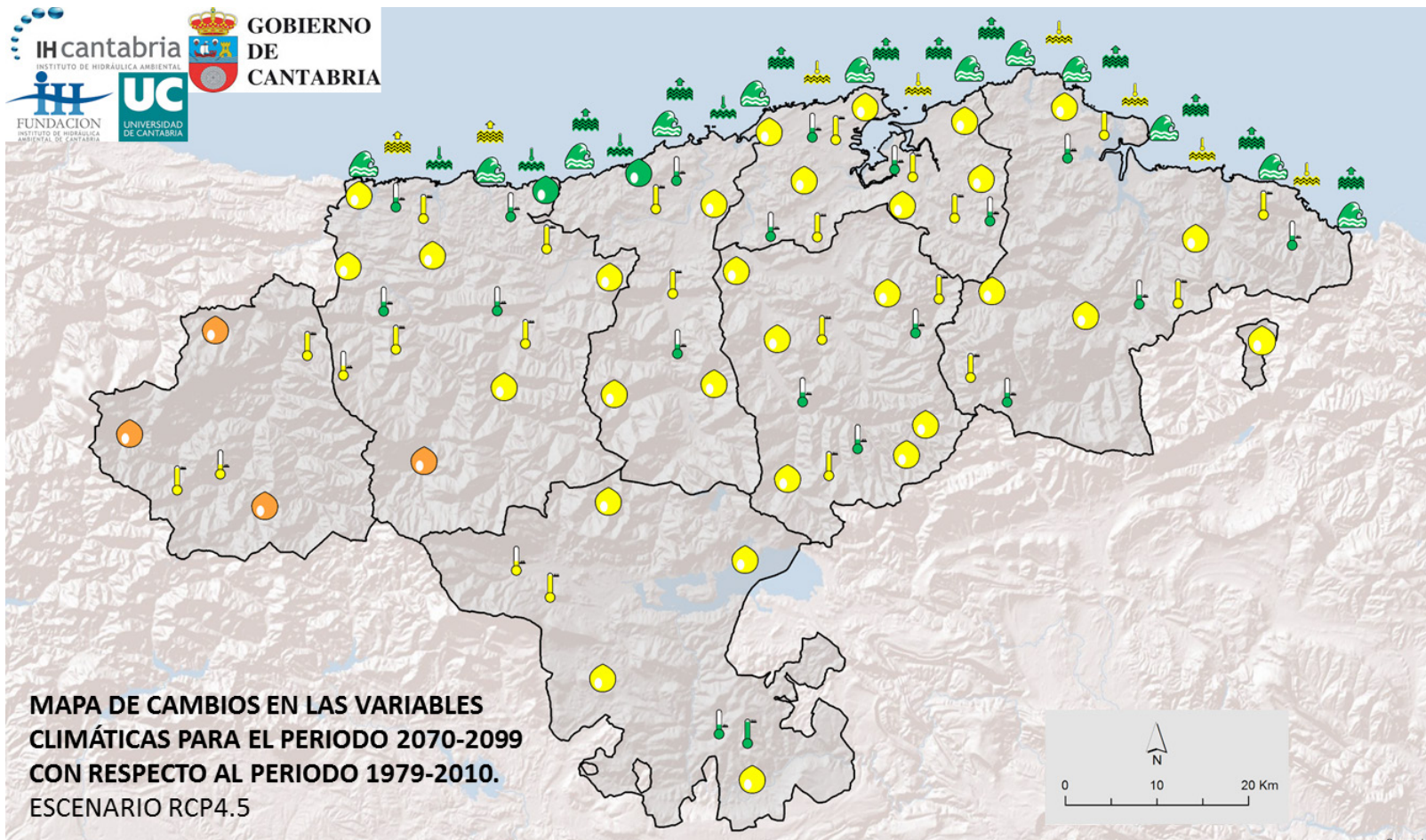
Precipitación: los cambios observados para el escenario RCP4.5 son muy débiles, próximos a cero, siendo en su mayoría ligeramente negativos. A largo plazo la reducción de precipitación es algo más acusada en la región occidental. La tendencia que muestran los resultados para el escenario RCP8.5 es similar, pero con cambios de mayor magnitud. A final de siglo se aprecian disminuciones en torno a 20 mm de forma generalizada y de hasta 30 mm en algunos puntos interiores localizados en la parte más occidental de Cantabria.

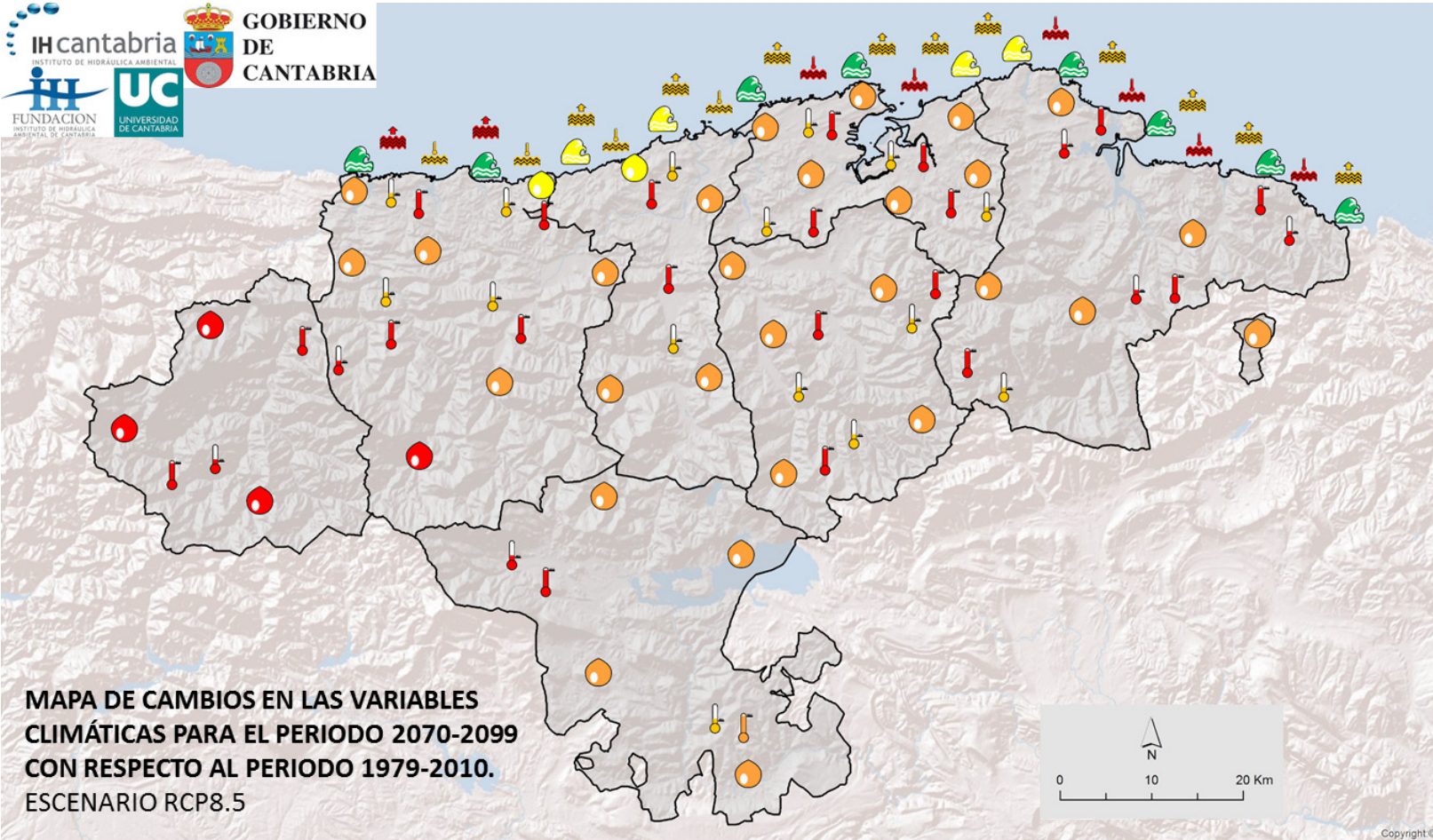
Temperatura del aire: los resultados obtenidos para el escenario RCP4.5 muestran, a mitad de siglo, un aumento de entre 1 y 2 grados en las temperaturas mínima y máxima. A final de siglo se observa un aumento en torno a 2 grados de la temperatura mínima anual media. Para el RCP8.5 la tendencia es similar a la observada en el RCP4.5. La magnitud de aumento de temperatura es algo mayor, especialmente a finales de siglo, así como la incertidumbre asociada a las predicciones. Se aprecian aumentos de entre 3 y 4 grados en el periodo 2046-2065 y hasta de 5 grados en la zona de Liébana y la costa oriental.

Oleaje: los resultados para el escenario RCP4.5 muestran una reducción en la altura de ola significativa media de forma generalizada a lo largo de toda la costa, más acusada en la zona oriental. La magnitud de los cambios es muy pequeña en todos los casos, con valores máximos de reducción del oleaje de 5 cm y ligeros aumentos en algunos puntos de la costa oriental. En el escenario RCP8.5 el patrón de cambios es muy similar, con valores negativos prácticamente en toda la costa salvo en algunos puntos del este, donde el cambio es ligeramente positivo.

Aumento del nivel medio del mar: las proyecciones del IPCC regionalizadas a fin de siglo indican que, aunque con poca variabilidad espacial a lo largo de la costa de Cantabria, el nivel medio del mar aumentará en torno a 0.38-0.40 m para el escenario RCP4.5 y a 0.53-0.55 para el escenario RCP8.5.

Temperatura superficial del agua del mar: las proyecciones de temperatura superficial del agua del mar muestran un pequeño gradiente en el incremento de temperaturas medias de oeste a este. Este incremento de temperatura es mayor a medida que los periodos son más lejanos, alcanzándose los máximos en el largo plazo (2070-2099). Así, para el escenario RCP8.5, los aumentos máximos en este periodo son de más de 1.5°C con respecto al escenario RCP4.5 (1.64°C frente a 3.28°C).





Nivel de certidumbre en su atribución al cambio climático	DISMINUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN mm	AUMENTO DE LA TEMPERATURA MÁX DEL AIRE °C	AUMENTO DE LA TEMPERATURA MÍN DEL AIRE °C	DISMINUCIÓN DE LA ALTURA DE OLA cm	AUMENTO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR cm	AUMENTO DE LA TEMPERATURA DEL MAR °C
Muy alta Alta Media Baja	30 - 40 20 - 30 10 - 20 0 - 10	3 - 5 2 - 3 1 - 2 0 - 1	3 - 5 2 - 3 1 - 2 0 - 1	8 - 10 5 - 8 2 - 5 0 - 2	56 - 60 53 - 56 41 - 45 38 - 41	3 - 4 2 - 3 1 - 2 0 - 1

1.2.2. Estudio de la exposición

a. Exposición socio-económica

La exposición pretende caracterizar todos aquellos activos de índole socio-económica que se encuentran expuestos y por tanto son susceptibles de verse afectados debido a los cambios inducidos por el cambio climático en Cantabria. Desde esta perspectiva, el análisis se ha centrado en la población y la actividad económica. La metodología seguida ha sido la siguiente.

Fase 1: estudio de los datos disponibles.

En esta primera fase se analizaron las fuentes de información disponibles para recopilar los datos socio-económicos existentes para los municipios de Cantabria. La principal fuente consultada fue el Instituto Cántabro de Estadística (ICANE). Para la localización de las infraestructuras (embalses, puertos, aeropuerto y subestaciones eléctricas) se recurrió a información de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico y de Red Eléctrica Española.

Con toda la información obtenida, se construyó una base de datos a nivel municipal, recopilando las variables de población, renta disponible, afiliados a la Seguridad Social y número de establecimientos, estas últimas para distintos sectores. El estudio de estos datos y el empleo de relaciones entre los mismos, permitió obtener una estimación del valor añadido bruto por asalariado a nivel municipal.

Fase 2: tratamiento de los datos y obtención de nuevas variables.

En esta segunda fase, y partiendo de los datos recopilados en la fase anterior, se obtienen y añaden a la base de datos creada una serie de nuevas variables que analizan la relevancia y la vulnerabilidad, tanto de la población, como de la actividad económica (esta última para distintos sectores). La relevancia o importancia hace referencia a la importancia de un municipio con respecto al total de la Comunidad Autónoma, mientras que la vulnerabilidad hace referencia a su capacidad de recuperación frente a un posible impacto.

Las variables calculadas son las siguientes:

- Población (Relevancia. Habitantes del municipio con respecto al total de la Comunidad Autónoma (C.A))
- Población (Vulnerabilidad. Renta disponible per cápita con respecto a la media de la C.A.)
- Actividad económica (Relevancia. Valor Añadido Bruto total del municipio con respecto al total de la C.A)

- Actividad económica (Peso de cada sector. Valor Añadido Bruto total de cada sector del municipio con respecto al total del municipio)
- Actividad económica (Vulnerabilidad regional de cada sector. Valor Añadido Bruto por asalariado de cada sector con respecto a la media de la C.A.)
- Actividad económica (Vulnerabilidad municipal de cada sector. Vulnerabilidad regional de cada sector por el peso del sector en el municipio.)
- Actividad económica (Vulnerabilidad. Suma de las vulnerabilidades municipales de cada sector.)

Fase 3: agregación de datos.

Para cada una de las zonas demográficas en las que se divide la Comunidad Autónoma de Cantabria (según Reques Velasco; P. (1997) Población y Territorio en Cantabria), se vuelven a calcular las variables anteriores agregando los datos de los municipios incluidos en cada zona demográfica.

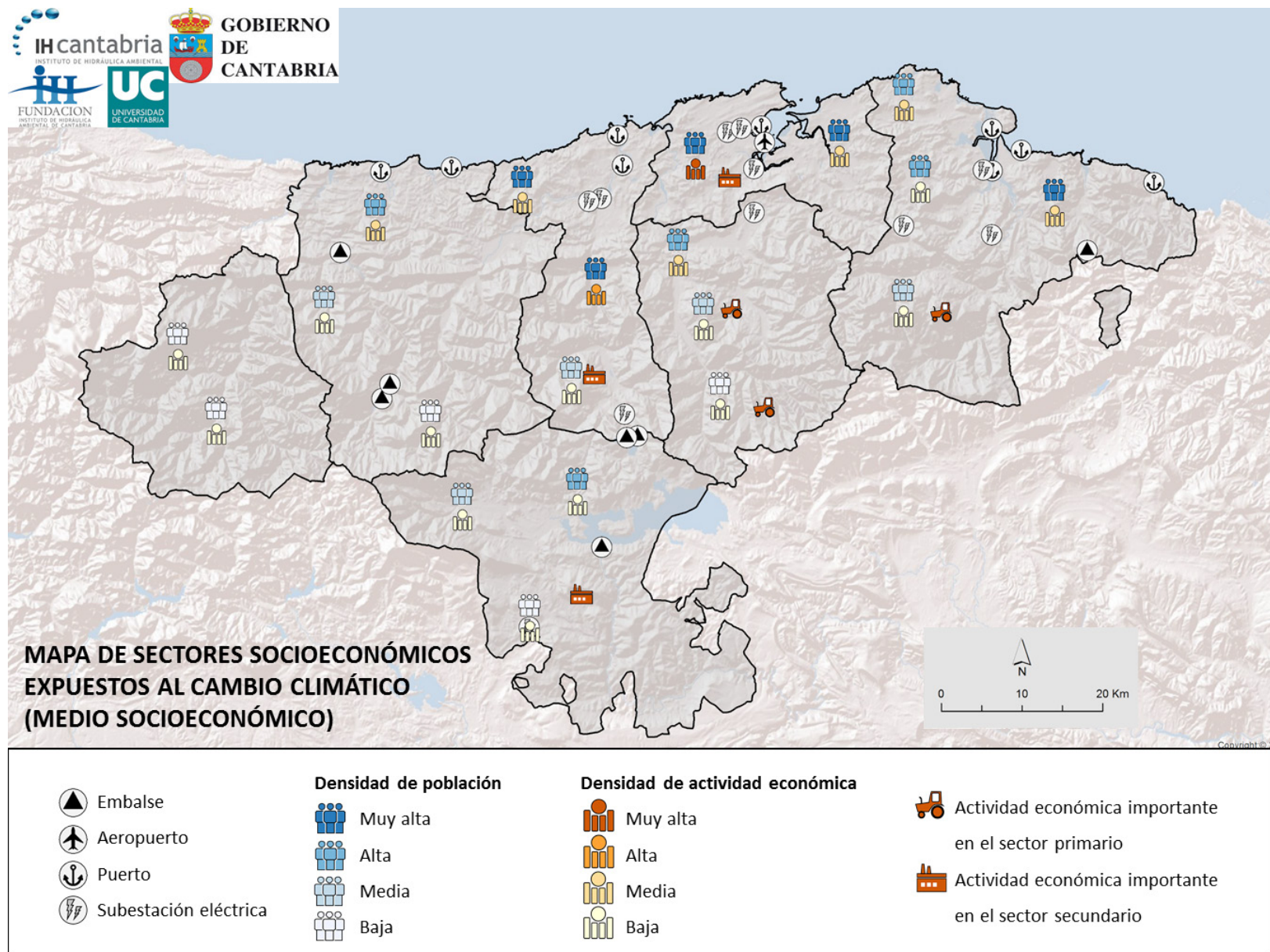
Las zonas demográficas utilizadas son: Alto Asón, Arco Metropolitano de Santander, Área de influencia urbana de Santander, Área de Torrelavega, Campoo y los Valles del Sur, Comarca Costera Occidental, Comarca Costera Oriental, Liébana, Municipio de Santander, Valle alto y medio del Besaya, Valle del Nansa, Valle del Saja, Valle medio del Pas y Valle del Pisueña y Valles altos del Pas y del Miera.

Fase 4 representación gráfica.

En esta última fase se procede a la representación gráfica de los activos y variables socio-económicas obtenidas. Por un lado se representan en el mapa las infraestructuras puntuales: puertos, embalses, subestaciones eléctricas y el aeropuerto. A continuación, y para cada zona demográfica, se representa la relevancia de su población y actividad económica. Cada una de estas variables se divide en cuatro niveles que se asocian a una escala de color de intensidad creciente.

Por último se identifican los municipios que tienen una alta dependencia con un determinado sector productivo:

- Municipios con una alta dependencia del sector primario. Se considera que un municipio tiene una alta dependencia del sector primario si la relación entre valor añadido bruto del sector y el total se encuentra en el primer tercil de la distribución de toda la Comunidad Autónoma.
- Municipios con una alta dependencia del sector secundario. Se considera que un municipio tiene una alta dependencia del sector secundario si la relación entre valor añadido bruto del sector y el total se encuentra en el primer tercil de la distribución de toda la Comunidad Autónoma



a.i. Resultados

El “Mapa de sectores socioeconómicos expuestos al cambio climático” muestra la distribución espacial de la exposición socio-económica obtenida. Se observa que la población presenta una alta concentración en el entorno de la Bahía de Santander, los núcleos de Torrelavega y Castro Urdiales. En el resto del territorio la concentración poblacional es en general baja.

La actividad económica se distribuye de forma muy similar, con una muy alta concentración de nuevo en el arco de la Bahía, junto con concentraciones medias en el valle del Besaya y el entorno de Colindres.

La actividad agraria se encuentra localizada espacialmente en la zona central y oriental, junto a los cursos medio altos de los valles orientales y centrales, y la comarca de Campoo. La actividad industrial se encuentra localizada en las zonas bajas de los valles y en la franja costera centrales y occidental, definiéndose claramente el eje del Besaya y algunos núcleos industriales aislados en zonas altas. Este indicador viene dado por los municipios de mayor renta industrial.

Las infraestructuras críticas se encuentran espacialmente distribuidas de acuerdo a las siguientes pautas:

- Los embalses están localizados en los cursos medio altos de los ríos occidentales.
- La actividad pesquera de los puertos está uniformemente distribuida en toda la franja costera, mientras que la deportiva se encuentra concentrada en el centro y este. La actividad relacionada con el sector del transporte está totalmente centralizada en Santander.
- El aeropuerto se encuentra localizado en la Bahía de Santander.
- Las principales infraestructuras eléctricas están ubicadas en el entorno de las ciudades, los núcleos de actividad industrial y zonas de paso de las grandes conexiones de alta tensión.

b. Exposición ambiental

La exposición ambiental busca caracterizar aquellos activos del medio natural que se encuentran distribuidos a lo largo del territorio de Cantabria y que bajo la premisa de los cambios introducidos por el cambio climático, pueden ser más susceptibles de verse alterados. La metodología planteada para el desarrollo de este análisis se detalla a continuación.

Fase 1: Obtención de variables

En esta primera fase se recopiló información espacial relativa a factores ambientales susceptibles de verse afectadas por el cambio climático, ya sea de forma directa, a través de efectos en cascada o de manera indirecta por interacción con otras variables climáticas o socioeconómicas.

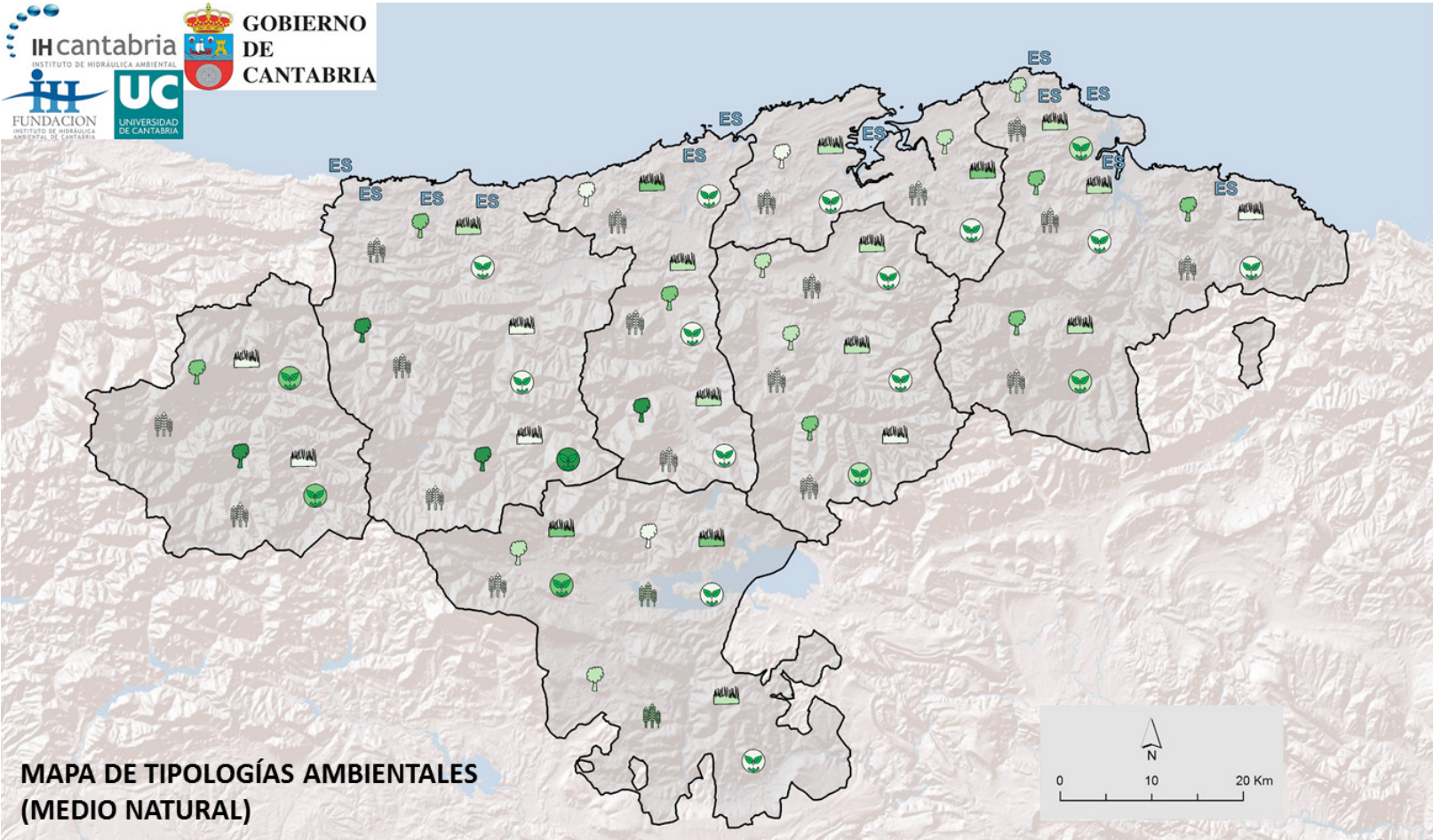
- Variables de ocupación del suelo. Se han desarrollado mapas de ocupación del suelo mediante clasificación supervisada de imagen del satélite Landsat 8 OLI con puntos de verdad terreno. Se han seleccionado las categorías de ocupación relativas a bosque, pastizal y tierra agrícola y se ha calculado el porcentaje de ocupación por municipio y posteriormente los siete ámbitos de aplicación del PROT.
- Espacios protegidos. Se ha procedido a la descarga de capas digitales relativas a espacios protegidos de Cantabria (Red Natura 2000, Espacios Naturales Protegidos, Parques Nacionales, Monumentos Naturales y espacios Ramsar).
- Estuarios. Utilizando la información relativa a las aguas de transición definidas en la Directiva Marco del Agua, contenida en el Plan Hidrológico Nacional, se han georreferenciado los principales estuarios de la Comunidad Autónoma con especial trascendencia económica, social y ambiental. Cada uno de ellos se ha identificado mediante la ubicación de un punto de presencia en el centro geométrico del estuario completo tal y como viene definido en el Plan Hidrológico.

Fase 2: Transformación y agregación de datos.

Una vez recopiladas o desarrolladas las variables ambientales, se construyó una base de datos SIG con proyección homogénea (ETRS89 UTM 30N) a nivel municipal y de ámbito del Plan de Ordenación Territorial de Cantabria (según Reques Velasco; P. (1997) Población y Territorio en Cantabria), agregando la información disponible.

Fase 3. Presentación gráfica

Una vez generada la base de datos espacial y sus atributos, se ha procedido a la representación GIS de los resultados en mapas. Para las variables relativas a ocupación del suelo y presencia de áreas protegidas se han asociado los porcentajes de ocupación a una escala semicuantitativa en cuatro niveles: muy alto, alto, medio, bajo, correspondientes a los cuartiles rescalados del mínimo al máximo valor observado para cada variable (por ejemplo, el área ocupada por espacios naturales oscila de 0 al 100% en los municipios de Cantabria, mientras que la ocupación de bosque va del 0.15 al 58.25%). Su representación en los mapas se ha realizado mediante iconos de diferente color (verde, amarillo, naranja y rojo para las categorías muy alto, alto, medio, bajo, evaluando la relación positiva o negativa de cada caso con un “buen” restado de conservación. Los estuarios son tratados como puntos de ocurrencia.



Porcentaje de bosque	Porcentaje de pastizal	Porcentaje de tierra agrícola	Porcentaje de área protegida	Estuarios
Muy alto Alto Medio Bajo	Muy alto Alto Medio Bajo	Muy alto Alto Medio Bajo	Muy alto Alto Medio Bajo	ES Presencia

Del mismo modo, para cada municipio se ha representado el valor de las variables estudiadas mediante distintas intensidades de color, permitiendo una rápida visualización de los datos de exposición ambiental ante los efectos del cambio climático desagregados al máximo nivel (municipal) para la CA de Cantabria.

En el “Mapa de tipologías ambientales” se muestra la distribución espacial de los principales activos del medio natural del territorio de Cantabria. Se observan los estuarios cántabros distribuidos por toda la franja costera. La mayor parte de las áreas protegidas se corresponden con las áreas del Parque Nacional de Picos de Europa, el Parque Natural de las Marismas de Santoña, Victoria y Joyel, y la Reserva del Saja.

El mayor porcentaje de suelo boscoso se encuentra localizado en los tramos medios de los valles de la región, aumentando especialmente hacia el occidente. Por otra parte, la mayor parte de suelo agrícola se encuentra en la franja costera central, oriente y sur de la región y en la comarca de Campoo, mientras que el mayor porcentaje de suelo dedicado a pastos se encuentra a los cursos bajos de los valles, junto a la zona costera y en el sur de la comarca de Campoo.

I.2.3. Estudio de los impactos debidos al cambio climático

Una vez obtenidos los datos de peligrosidad y de exposición socio-económica y ambiental, se procede a identificar los impactos más probables que se van a producir en el territorio de Cantabria debido a los efectos del cambio climático. Para ello se ha seguido el proceso descrito a continuación.

Fase 1: cruce de datos.

En esta primera fase se procede a cruzar los datos disponibles de peligrosidad, exposición socio-económica y exposición ambiental para cada uno de los escenarios de emisión considerados (RCP4.5 y RCP8.5).

Fase 2: identificación de los impactos del cambio climático.

En esta fase se analizaron una serie de impactos relacionados con el cambio climático que se pueden clasificar en tres categorías según el medio al que afectan:

- Impactos sobre el medio físico: inundación (incluyendo costera y fluvial), sequía, erosión y disminución de la recarga de acuíferos.
- Impactos sobre el medio natural: sobre ecosistemas litorales, sobre ecosistemas continentales, incendios y alteraciones del patrimonio paisajístico y cultural.
- Impactos sobre el medio socio-económico: sobre la agricultura y la ganadería, sobre los recursos energéticos, sobre la industria, sobre las infraestructuras críticas y sobre la población.

Cada uno de estos impactos viene determinado por la intensidad de los cambios en las variables consideradas y por el grado de exposición socio-económica y ambiental. Todos ellos se evalúan mediante un criterio experto en base a los datos de peligrosidad, exposición económica y ambiental obtenidos en las etapas anteriores. Cabe puntualizar que los impactos sobre el paisaje se han localizado en zonas de especial interés paisajístico, geológico o histórico, pudiendo ser espacios protegidos en algunos casos. En estos puntos de interés, se estima que las variaciones en las dinámicas hidro-meteorológicas y costeras van a provocar cambios que puedan afectar a su valor actual y estado de conservación.

A continuación, se muestra cómo las variables consideradas influyen en la generación los distintos impactos:

- Cambios en el oleaje y aumento del nivel medio del mar: inundación, erosión e impactos sobre las infraestructuras.
- Disminución de la precipitación: impactos sobre la recarga de acuíferos, impactos sobre ecosistemas continentales, incendios, alteraciones del paisaje e impactos sobre la agricultura y la ganadería, los recursos energéticos y la población.
- Aumento de las temperaturas mínima y máxima del aire: impactos sobre ecosistemas continentales, incendios, alteraciones del paisaje e impactos sobre la agricultura y la ganadería, los recursos energéticos, la industria y la población.
- Aumento de la temperatura del agua del mar: impactos sobre ecosistemas litorales.

Fase 3: Representación gráfica. Representación de los resultados en mapas en un sistema de información geográfica.

- Se ha indicado el nivel de certidumbre en la atribución de los distintos impactos considerados al cambio climático. Este nivel de certidumbre puede ser muy alto, alto, medio o bajo, y se ha expresado mediante una barra vertical con cuatro escalones.
- Se han establecido cuatro niveles de intensidad de cambio de las variables seleccionadas: muy alto, alto, medio, bajo. Para ello se ha tenido en cuenta el grado de exposición, así como la intensidad del cambio en las dinámicas generadoras. Su representación en los mapas se ha realizado mediante el color verde, amarillo, naranja o rojo, de forma respectiva, de los iconos que representan cada una de las variables.
- En algunas variables, la escala de colores se ha sustituido por niveles de intensidad con objetivo de facilitar la visualización de los datos y los patrones observados. Se han seleccionado iconos azules si hacen referencia a impactos/riesgos sobre el medio físico, rojos para impactos/riesgos sobre el medio socioeconómico y verdes para impactos/riesgos sobre el medio natural.

a. escenario RCP4.5 y el horizonte 2100

Con el desarrollo de la metodología descrita, se obtienen los mapas “Mapas de impactos del cambio climático sobre los medios socioeconómico y natural” para dos escenarios. En el primero de ellos se presenta la distribución espacial de los impactos en el escenario RCP4.5 y el horizonte 2100.

a.i. Los impactos sobre el medio físico presentan las siguientes particularidades:

Inundación: la inundación costera se presenta distribuida especialmente con cierta regularidad y una incidencia en general baja alcanzando el grado medio tan solo en la costa occidental. Esta componente costera del impacto se atribuye con certidumbre alta al cambio climático. Por otro lado la inundación fluvial presenta una intensidad media solo en las zonas de estuario urbanizadas (Unquera y Astillero) y en los núcleos urbanos concentrados en el tramo medio de los ríos. La componente fluvial de la inundación se atribuye con certidumbre media al cambio climático.

Dada la incidencia de la inundación en Cantabria, tanto de origen fluvial como costera, esta última debida fundamentalmente a eventos meteorológicos extremos cada vez más frecuentes y que se va a ver exacerbada debido al aumento del nivel medio del mar, el PROT incluye un estudio detallado del desarrollo de mapas de inundación que incorporan el efecto del cambio climático.

Sequía: para el estudio de la sequía se ha calculado un índice simple general (índice de Lang) que relaciona los cambios en las precipitaciones y en las temperaturas medias anuales. Así, se comprueba que este impacto presenta una mayor incidencia en el entorno de Liébana y en general en la región occidental, así como en la zona superior e interior de los valles.

Erosión: se presenta en las zonas con presencia de arenales susceptibles de ser erosionados. La intensidad es media en las áreas costeras occidentales y orientadas al oeste y baja en los arenales orientados al este y norte y en la zona oriental (Castro Urdiales). Este impacto se atribuye con certidumbre alta al cambio climático. En sistemas de interior, la erosión es más importante en relieves escarpados y desprovistos de cobertura vegetal natural, que se corresponden de forma general con los más afectados por los incendios forestales y una mayor sequía en ambos escenarios de emisión evaluados.

Recarga de acuíferos: se presentan con intensidad media o baja en la llanura costera con presencia de manantiales, especialmente en la zona centro y oriental. Este impacto se atribuye con certidumbre media al cambio climático.

a.ii. En los impactos sobre el medio natural se ha observado la siguiente distribución :

Ecosistemas litorales: intensidad media en general con tendencia a disminuir hacia el este. Este impacto se atribuye con certidumbre alta al cambio climático.

Ecosistemas continentales: intensidad media baja en todo el territorio, con la excepción de las comarcas de Liébana y Saja-Nansa donde adquiere un nivel de importancia media. Este impacto se atribuye con certidumbre alta al cambio climático.

Agravamiento del impacto de incendios: los incendios forestales ocurren con espacial incidencia en la región oriental de Cantabria. No obstante, dada la mayor cobertura y biomasa forestal de la región occidental, especialmente en las comarcas de Liébana y valles del Saja y Asón en sus cursos medios, los efectos del cambio climático provocarán un mayor agravamiento de los impactos producidos por los incendios en estas zonas que cuentan actualmente con una cobertura vegetal más cercana a estadios climáticos. Este impacto se atribuye con certidumbre alta al cambio climático.

Impactos sobre el patrimonio paisajístico y cultural: concentrados en Liébana y Valle del Saja con un nivel de afección medio y un nivel bajo en la franja costera. Este impacto se atribuye con certidumbre baja al cambio climático.

a.iii. Impactos sobre el medio socioeconómico presentan las siguientes particularidades:

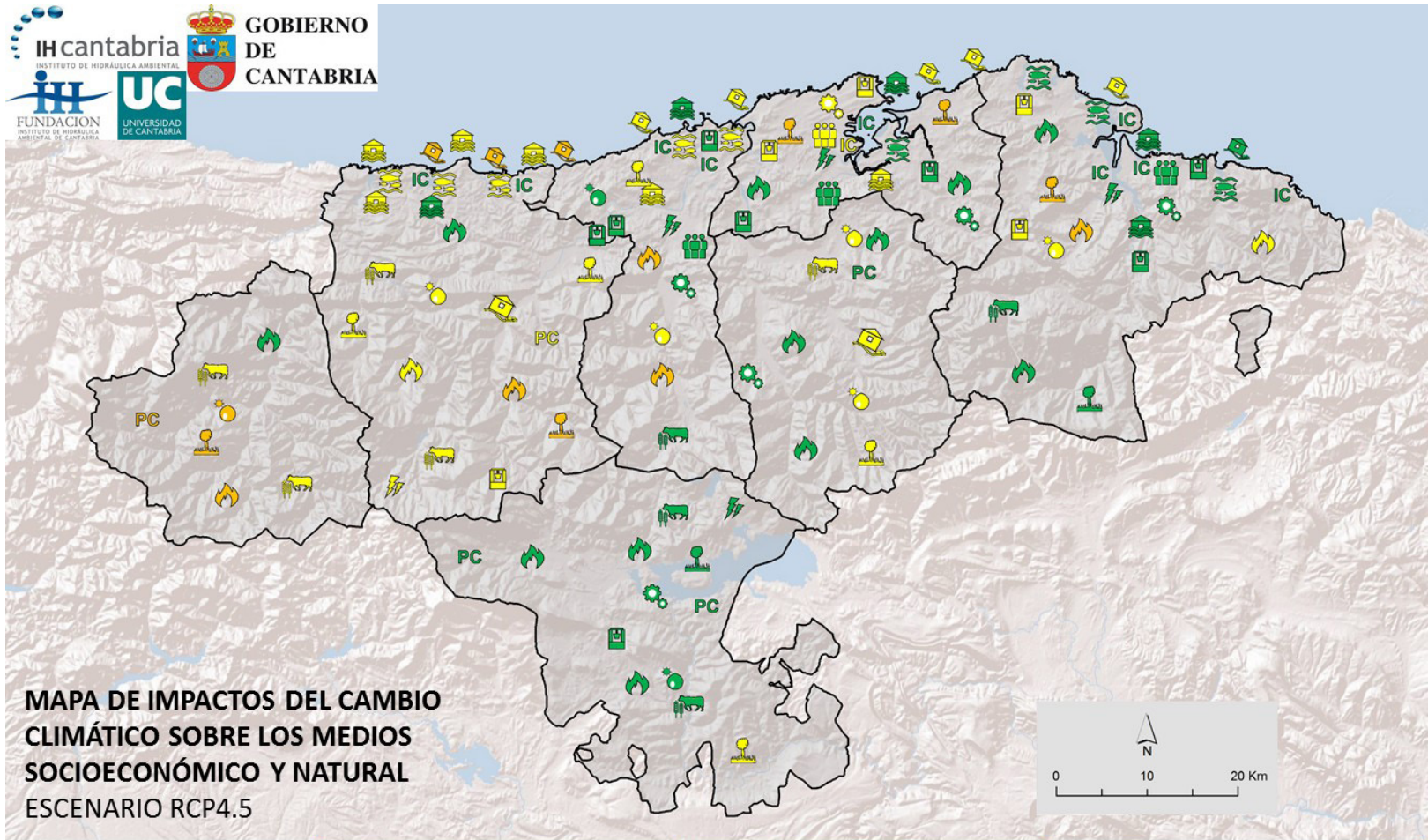
Agricultura y ganadería: Se presenta con intensidad muy alta en las comarcas de Liébana, Nansa y Valles Pasiegos y con intensidad alta en el resto de las zonas ganaderas, Asón Campoo y Saja. Este impacto se atribuye con certidumbre alta al cambio climático.

Recursos energéticos: son en general bajos y se localizan en la periferia de las áreas industriales y urbanas y en la cercanía de saltos de agua. Este impacto se atribuye con certidumbre media al cambio climático.

Industria: el impacto se concentra en la periferia de Santander con intensidad media y en núcleos localizados con actividad industrial. Este impacto se atribuye con certidumbre media al cambio climático.

Infraestructuras críticas: las principales infraestructuras incluidas en esta categoría son el conjunto de puertos de la región y el aeropuerto. El aeropuerto presenta una mayor probabilidad de sufrir impactos debido al cambio climático dado que está ubicado en una zona susceptible de inundación. Los puertos, a pesar de su exposición, se encuentran protegidos de los impactos más importantes.

Población: Los impactos más importantes caracterizados por un nivel medio se concentran en los núcleos cercanos a estuarios, Santander y Laredo-Colindres, y con un nivel bajo en los núcleos fluviales como Torrelavega. Este impacto se atribuye con certidumbre alta al cambio climático.



Nivel de certidumbre en su atribución al cambio climático		IMPACTOS SOBRE EL MEDIO FÍSICO				IMPACTOS SOBRE EL MEDIO NATURAL				IMPACTOS SOBRE EL M. SOCIOECONÓMICO			
Muy alta Alta Media Baja		Inundación					Ecosist. litorales					Agricult. y ganadería	
		Sequía					Ecosist. continentales					Recursos energéticos	
		Erosión					Incendios					Industria	
		Recarga acuíferos					Patrimonio paisajístico y cultural					Población	
												Infraestr. críticas	

b. escenario RCP 8.5 y el horizonte 2100

En el “Mapa de impactos del cambio climático sobre los medios socioeconómico y natural – Escenario RCP8.5” se presenta la distribución de impactos para el escenario referido y el horizonte temporal del año 2100.

b.i. Con respecto a la afección al medio físico, se observan los siguientes impactos:

- *Inundación*: la inundación costera presenta una distribución espacial con la misma regularidad que el escenario anterior, reseñándose una incidencia en general alta y alcanzando el grado muy alto en la costa occidental. La inundación fluvial presenta intensidad alta en las zonas de estuario urbanizadas (Unquera y Astillero) y en los núcleos urbanos concentrados en el tramo medio de los ríos (Cabezón de la Sal), con intensidad media. Este impacto se atribuye con certidumbre alta-media al cambio climático.
- *Sequía*: al igual que en el escenario anterior, el impacto por sequía aparece fundamentalmente en la zona de Liébana (intensidad muy alta) y en las zonas interiores de los valles de la región y la zona de Campoo (intensidad alta).
- *Erosión*: Se presenta en las zonas con presencia de arenales susceptibles de ser erosionados, con intensidad muy alta en las áreas costeras occidentales y alta en los arenales orientados al este y norte y en la zona oriental (Castro Urdiales). En las zonas interiores se asocia con intensidad alta a relieves escarpados desprovistos de vegetación natural y de pluviometría elevada. Este impacto se atribuye con certidumbre alta al cambio climático.
- *Recarga de acuíferos*: Se presentan con intensidad muy alta en la llanura costera con presencia de manantiales, especialmente de la zona centro y oriental. Este impacto se atribuye con certidumbre media al cambio climático.

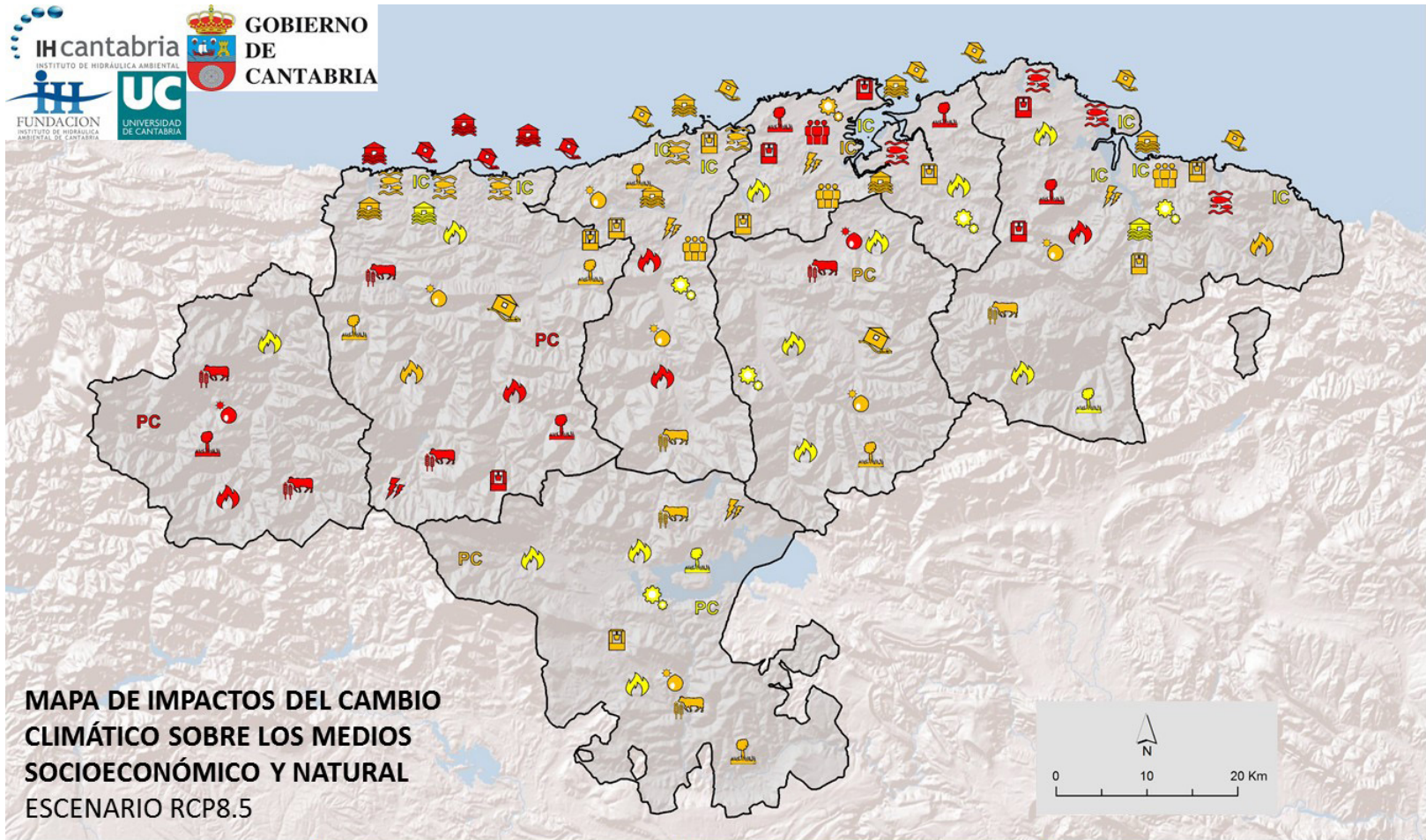
b.ii. En relación a los impactos sobre el medio natural se observan las siguientes afectaciones:

- *Ecosistemas litorales*: intensidad muy alta reduciéndose a alta al desplazarnos hacia el este, allí donde dichos elementos están presentes. Este impacto se atribuye con certidumbre alta al cambio climático.
- *Ecosistemas continentales*: intensidad media o baja en todo el territorio, con la excepción de las comarcas de Liébana y Saja-Nansa donde adquiere un nivel de importancia media. Este impacto se atribuye con certidumbre alta al cambio climático.
- *Agravamiento del impacto de incendios*: este impacto se presenta con especial incidencia en Liébana y valles del Saja y Asón en sus cursos medios con nivel muy alto y alto en el resto de las zonas. Este impacto se atribuye con certidumbre alta al cambio climático.

- *Impactos sobre el patrimonio paisajístico y cultural*: concentrados en Liébana, valles del Saja y Nansa y Valles Pasiegos con un nivel de afección muy alto. El nivel de afección es bajo en ubicaciones localizadas en franjas costeras. Este impacto se atribuye con certidumbre baja al cambio climático.

b.iii. Una vez analizados los impactos sobre el medio socioeconómico, se observan las siguientes características principales:

- *Agricultura y ganadería*: Se presenta con intensidad media en las comarcas de Liébana, Nansa y Valles Pasiegos y con intensidad baja en el resto de las zonas ganaderas, Asón Campoo y Saja. Este impacto se atribuye con certidumbre alta al cambio climático.
- *Recursos energéticos*: son en general bajos y se localizan en la periferia de las áreas industriales y urbanas y en la cercanía de saltos de agua. Este impacto se atribuye con certidumbre media al cambio climático.
- *Industria*: el impacto se concentra en la periferia de Santander con intensidad muy alta y en núcleos localizados con actividad industrial con intensidad alta. Este impacto se atribuye con certidumbre media al cambio climático.
- *Infraestructuras críticas*: la distribución de impactos en este nuevo escenario es coincidente con la del escenario anterior, aunque incrementándose el nivel del riesgo tanto para el conjunto de los puertos como para el aeropuerto.
- *Población*: Los impactos más importantes caracterizados por el nivel muy alto se concentran en los núcleos cercanos a estuarios, Santander y Laredo-Colindres y con el nivel alto en los núcleos fluviales como Torrelavega. Este impacto se atribuye con certidumbre alta al cambio climático.



Nivel de certidumbre en su atribución al cambio climático		IMPACTOS SOBRE EL MEDIO FÍSICO				IMPACTOS SOBRE EL MEDIO NATURAL				IMPACTOS SOBRE EL M. SOCIOECONÓMICO			
Muy alta		Inundación				Ecosist. litorales				Agricult. y ganadería			
Alta		Sequía				Ecosist. continentales				Recursos energéticos			
Media		Erosión				Incendios				Industria			
Baja		Recarga acuíferos				Patrimonio paisajístico y cultural				Población			
										Infraestr. críticas			

I.2.4. Conclusiones

En relación al cambio climático en Cantabria y su afección a los sistemas biofísicos y socioeconómicos de la región, el PROT deberá contribuir a implementar medidas de adaptación para mejorar la resiliencia y disminuir la vulnerabilidad de estos sistemas, fomentando la coordinación entre las administraciones y organismos públicos competentes, y favoreciendo a la concienciación de la población de los impactos del cambio climático sobre el territorio a medio y largo plazo.

A continuación se describen de forma más específica una serie de directrices y recomendaciones relativas al medio físico y natural y al componente socioeconómico.

a. Medio físico y natural

Comenzando con los incendios forestales, de gran incidencia y problemática en la Comunidad de Cantabria, el mayor incremento del riesgo de incendios se producirá en la zona occidental para ambos escenarios, coincidiendo con el área de mayor cobertura y conectividad forestal. El riesgo actual es máximo en la zona oriental, por su parte, los efectos del cambio climático tenderán a elevar el nivel de riesgo en la zona occidental. Esto implica que el PROT deberá potenciar acciones de reducción de la vulnerabilidad de las masas forestales incluyendo medidas como: cortafuegos en zonas críticas, intensificación de las campañas de vigilancia y control de quemas controladas por labores asociadas a la actividad agrícola y forestal, promover una gestión silvícola sostenible de los montes (reducciones de biomasa, uso sostenible de la ganadería extensiva, etc.), el desarrollo de repoblaciones forestales mixtas usando especies autóctonas y sin masas homogéneas de conífera y desarrollo de medidas de protección del suelo en todas las tareas anteriores mediante el mantenimiento de franjas de vegetación natural y diseño de infraestructuras verdes.

En cuanto a la erosión continental, la ocurrencia de incendios implica una eliminación en primer término de la cubierta vegetal y una desestructuración de los horizontes superficiales del suelo, con eliminación de la materia orgánica y el mantillo vegetal en descomposición. Esto implica, a su vez, una reducción de la protección frente a la erosión por impacto de la lluvia y la escorrentía superficial, el consecuente mayor aporte de sedimentos y nutrientes a los cauces receptores y la pérdida de resiliencia de los ecosistemas afectados. Esto puede provocar una eutrofización de los ríos y arroyos en zonas agrícolas, y una mayor carga de materia orgánica e inorgánica en ríos y arroyos de zonas naturales de cabecera, los más sensibles en cuanto a los efectos del cambio climático. Los ríos, por su parte, terminan depositando toda la carga acumulada en las zonas estuarinas, impactándolas negativamente e implicando un coste económico

importante en las zonas portuarias debido a la necesidad de dragados y mejora de la calidad del agua en función de su uso.

Del mismo modo, la eliminación de la cubierta vegetal debido a afecciones antrópicas aumenta la sensibilidad de ciertas áreas críticas a procesos activos de ladera, implicando una mayor probabilidad de deslizamientos, fenómenos en masa, caídas y desplomes.

Con respecto a la erosión costera, el aumento del nivel medio del mar provocará retrocesos del orden de decenas de metros en la mayoría de playas de Cantabria. Estos serán especialmente acusados en aquellos arenales vinculados a estuarios y puntales, ocasionando en cualquier caso la pérdida de zonas protegidas, la reducción de la protección frente a inundación en zonas litorales, y la afección al recurso del turismo, esto último debido a la pérdida de los servicios recreativos que ofrecen las playas y sus entornos.

Otro de los efectos del aumento del nivel medio del mar es la inundación permanente de zonas bajas, quedando éstas totalmente anegadas, y el aumento de la frecuencia de los eventos extremos de inundación, causantes de pérdidas de hábitat natural en zonas protegidas como sistemas dunares y ecosistemas de ribera, además de una afección económica y estratégica al régimen privado (daños en viviendas, áreas industriales, servicios y zonas turísticas). Las inundaciones serán más acusadas en la franja costera occidental, las zonas de estuario con alta urbanización y núcleos poblacionales concentrados en los tramos medios y bajos de los ríos.

La planificación territorial deberá desarrollar una ordenación del territorio eficaz, restringiendo ciertos usos antrópicos en aquellas zonas potencialmente inundables por efectos del cambio climático y fomentar tipologías de edificación compatibles con los nuevos impactos previstos. Se debe fomentar la colaboración con empresas del sector seguros y reaseguros en el análisis de posibles productos específicos para riesgos derivados del cambio climático y la coordinación con Protección Civil y la Agencia Española de Meteorología (AEMET) para la implantación y operación de sistemas de alerta temprana y evacuación. Con el fin de reducir la vulnerabilidad y el riesgo frente al cambio climático además de lo anterior se deben promover cambios en los usos del suelo allá donde los impactos se producirán con una mayor intensidad y más alto grado de certidumbre.

Tanto para el caso de la erosión como para la inundación, es fundamental la coordinación con la Administración General del Estado como responsable de la adaptación de zonas de Dominio Público Marítimo Terrestre, así como con los organismos autónomos de cuenca en las zonas de dominio continental.

En el caso de los ecosistemas y la biodiversidad de Cantabria, los efectos del cambio climático se relacionarán con cambios en la fenología de la vegetación, proliferación de especies alóctonas e invasoras, mayor afección de plagas y enfermedades, disminución de la productividad vegetal, la eficiencia del reclutamiento en flora y fauna y procesos

clave del desarrollo vital, desarrollo de migraciones altitudinales y latitudinales de especies y cambios en el régimen hidrológico (caudales y calidad de las aguas) que afectarán a las redes tróficas y tasas metabólicas de sistemas terrestres y acuáticos.

La planificación territorial y sectorial deberá contribuir a implementar medidas que contribuyan a un aumento de la resiliencia de los ecosistemas continentales, especialmente en las zonas más amenazadas de Cantabria como son los ecosistemas de alta montaña, ecosistemas litorales (estuarios, dunas y sistemas rocosos) caracterizados por especies amenazadas, endémicas o relictas así como los procesos ecológicos vitales más sensibles. Estos efectos se verán especialmente acentuados en el escenario RCP8.5.

Los escenarios muestran un incremento de episodios de sequía a lo largo de todo el territorio con especial incidencia en la zona occidental frente a la oriental y mayor incidencia en el escenario RCP8.5. Esto tiene consecuencias importantes sobre alguno de los ecosistemas continentales más importantes de la región. Por tanto, estrategias combinadas de medidas de ordenación, conservación y restauración conducentes al aumento de la resiliencia de estos ecosistemas deberían ser priorizados en las políticas territoriales y sectoriales.

Por su parte, los efectos ecológicos expuestos anteriormente derivados de los incendios, procesos erosivos, alteración de la cubierta vegetal y cambios en los regímenes termopluviométricos tienen una repercusión directa en la recarga de acuíferos, implicando menores tasas de infiltración y retención del agua en los horizontes superficiales del suelo y materia vegetal, mayor evaporación y mayores tasas de escorrentía hacia los cauces receptores. El cambio climático acentuará estos efectos, que repercutirán en unas alteraciones hidrológicas todavía mayores que afectarán en último término a la dinámica de los acuíferos y la cantidad y calidad del agua acumulada.

Se deberá promover una gestión sostenible de los recursos hídricos mediante la puesta en valor de la Autovía del Agua ya existente como elemento vertebrador de la gestión de las demandas de la población. Esto debería permitir mantener caudales mínimos en los ríos de la región.

Dentro del patrimonio paisajístico y cultural potencialmente afectable por el cambio climático en Cantabria, se destacan los conjuntos rupestres de cuevas e iglesias, los sistemas kársticos subterráneos y montañosos, así como los yacimientos romanos y medievales. Una disminución generalizada de las precipitaciones, el aumento de la temperatura y las sequías prolongadas y atípicas, cambios en la humedad ambiental y edáfica, y las deposiciones atmosféricas, provocarán un cambio en los ciclos físico-químico-biológicos que han posibilitado la generación, desarrollo y conservación de este patrimonio paisajístico y cultural. La planificación territorial, sectorial y municipal fomentará iniciativas compatibles con la conservación de estos activos y la atenuación de efectos adversos provocados por el cambio climático.

En términos generales, para el conjunto del territorio de Cantabria, se deberán priorizar medidas de adaptación, a través de la gestión y ordenación del territorio, que fomenten por un lado la conservación de los sistemas naturales y, por otro las medidas de restauración que permitan mejorar la estructura y composición de hábitats degradados, especies amenazadas y procesos ecológicos más sensibles.

Dentro de esta estrategia de gestión el PROT priorizará, allí donde sea necesario, la implementación de medidas de adaptación basadas en soluciones verdes tanto para sistemas terrestres como acuáticos en línea con las nuevas directrices de la UE y la estrategia nacional de infraestructuras verdes y de adaptación al cambio climático en la costa.

b. Medio socio-económico

Las complejas interrelaciones que existen entre los factores relacionados con el cambio climático trascienden el ámbito físico y natural llegando a afectar al medio socio-económico.

La agricultura y ganadería tiene un mayor desarrollo en la zona suroccidental de Cantabria, por lo que la afección sobre estos sectores se centra en estas áreas. La combinación de un aumento de la temperatura y una disminución de la precipitación como principales vectores del cambio climático en estas zonas, generarán en primer término un mayor estrés hídrico en la producción de las cosechas (especialmente en periodo estival), y una proliferación de enfermedades, parásitos y competencia de especies alóctonas en los principales cultivos. Las principales amenazas para la agricultura litoral proceden de la subida del nivel medio del mar y de la intrusión salina, tanto en ríos como en acuíferos.

En relación a la ganadería extensiva, la producción de pastos y la calidad de los forrajes se verán igualmente afectadas por los efectos del cambio climático mencionados. Desde un punto de vista intensivo el acopio de silos de producción o la compra de alimentación industrial tendrá un mayor coste por las menores tasas productivas y el aumento de los precios de mercado.

Las infraestructuras energéticas más impactadas por el cambio climático son las relacionadas con la producción hidroeléctrica y el transporte de energía. La afección a las primeras depende de los cambios en los regímenes pluviométricos e hidrológicos de los ríos en los que se asientan las centrales. Por otro lado, algunas de las subestaciones eléctricas de Cantabria están expuestas a la inundación permanente debida al aumento del nivel medio del mar, y a los cada vez más frecuentes eventos extremos de inundación, repercutiendo esto en el precio de seguros y el servicio prestado a los ciudadanos.

Del mismo modo, las zonas industrializadas ubicadas en los tramos medios y bajos de los ríos, terrazas aluviales, estuarios y otras zonas costeras sensibles se verán afectadas por la inundación permanente debida al aumento del nivel medio del mar al mismo tiempo que a una mayor probabilidad de ocurrencia de eventos extremos de inundación.

Las infraestructuras críticas incluyen a los puertos de la región, así como al aeropuerto. Principalmente a causa del aumento del nivel medio del mar, los puertos sufrirán impactos que afectarán a sus condiciones de operatividad, es decir, se reducirá el número de horas durante las cuales los puertos estarán operativos, y a su estabilidad. El aeropuerto podrá verse afectado por inundaciones debidas a eventos extremos.

Otro de los receptores de los impactos del cambio climático es el sector de la población. Eventos de calor extremo pueden provocar enfermedades, problemas cardiovasculares, respiratorios e incluso, en situaciones muy excepcionales, la muerte. Por otro lado, los cambios en el régimen de precipitaciones pueden afectar a la calidad del agua de consumo humano. Además de los impactos que actúan directamente sobre la salud de las personas, existen otros que pueden atentar contra su seguridad, un asunto transversal y que afecta a otros sectores, siendo las principales amenazas las derivadas de temporales y otros fenómenos meteorológicos extremos.

Para todos estos casos, se deberán fomentar iniciativas que atenúen los efectos causantes de los impactos descritos, relacionados fundamentalmente con las alteraciones hidrológicas, la protección frente a eventos climáticos extremos y la educación e información ciudadana.

De modo particular en el planeamiento urbanístico se deberán establecer medidas para la protección de las zonas naturales, agrícolas, ecosistemas, etc., y en especial de las arboladas, para preservar e incrementar la capacidad de sumidero de carbono.

II. Efectos del cambio climático sobre la Inundación costera y fluvial.

Incorporación de los efectos del cambio climático como consecuencia de la evolución prevista de la inundación y peligrosidad: Inundación costera e inundación fluvial.

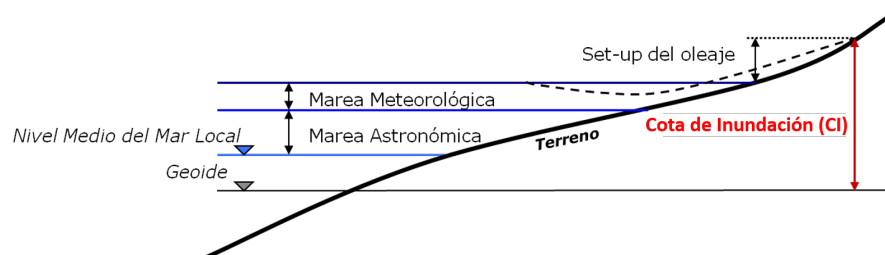
II.1. Inundación costera

Una de las principales amenazas para los sistemas costeros y las zonas bajas de todo el mundo es el aumento de la inundación debido a los efectos del cambio climático, fundamentalmente al aumento del nivel medio del mar.

Muchas veces nos referimos a la inundación costera como a la superación de un determinado nivel del mar al que usualmente llegan las aguas de manera que se generan daños sobre los sistemas socioeconómico y natural. Esto responde a eventos extremos de inundación que ocurren de forma debido a la interacción de varios factores y tras los cuales el nivel de las aguas vuelve a su situación media. Sin embargo, la subida del nivel medio del mar debido al cambio climático implica la inundación permanente de terrenos, especialmente zonas bajas de la costa, perdiendo su uso y disfrute. Por consiguiente, podemos distinguir dos tipos de inundaciones costeras: la inundación permanente debida al aumento del nivel medio del mar y la inundación potencial a causa de eventos extremos. Debido a esta doble dimensión del problema, por un lado la inundación de eventos extremos durante un tiempo determinado y, por otro, la pérdida permanente de suelo por ascenso del nivel medio del mar, es fundamental contemplar ambas.

A tal objeto se han elaborado mapas de inundación costera bajo las hipótesis de distintos escenarios de cambio climático que combinan proyecciones de aumento del nivel medio del mar y eventos extremos. Para ello, se ha hecho uso de un Modelo Digital de Terreno (MDT) de alta resolución en el que se han introducido las defensas costeras, se ha empleado un modelo numérico y se han realizado diversos ejercicios de calibración con datos de campo.

El primer paso para caracterizar la inundación costera es analizar las dinámicas marinas e hidrometeorológicas que la generan. Ésta depende principalmente del oleaje, la marea meteorológica (MM), la marea astronómica (MA) y el aumento del nivel medio del mar (ANMM). Estas variables se combinan en un índice de nivel del mar total denominado cota de inundación (CI) (véase Figura), definida como la suma lineal de la MM, la MA, el ANMM cuando proceda, y la sobreelevación del nivel debida a la transferencia de flujo de momento del oleaje a la columna de agua durante el proceso de rotura de las olas (set-up).



Esquema de la cota de inundación y sus componentes.

Las bases de datos históricas de oleaje junto con la reconstrucción de la MA han permitido realizar la reconstrucción histórica de la cota de inundación (CI) cada 500 m a lo largo de la costa de Cantabria,

Para evaluar la exposición, vinculada a las características físicas del entorno, se ha realizado una caracterización de los elementos que configuran la costa: playas, acantilados, humedales y, muy especialmente, las defensas costeras, que ejercen de sistema de protección frente a inundaciones y erosiones. Respecto al modelado de la inundación se ha utilizado un modelo hidrodinámico bidimensional que permite tener en cuenta rasgos característicos de la topografía, como crestas y puntos bajos, derivados de un Modelo Digital de Terreno (MDT).

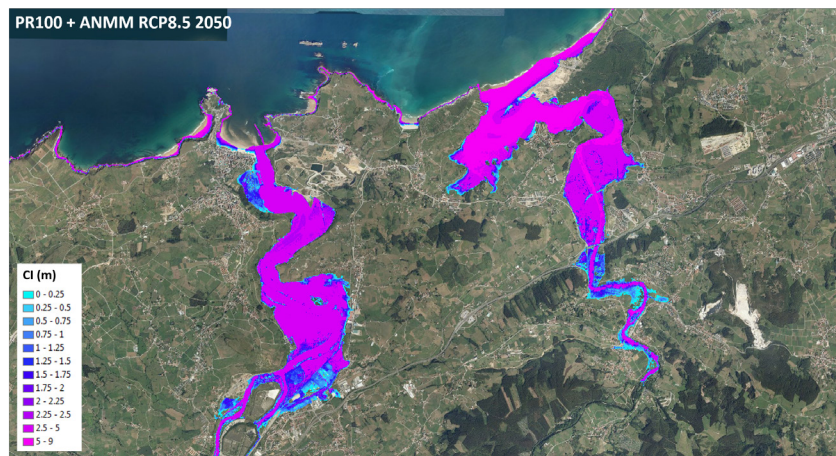
En relación con la metodología de inundación y las mallas de computo hay que indicar que la costa de Cantabria tiene una longitud de casi 300 km lo cual imposibilita el empleo de una única malla computacional. Para abordar el problema, se ha dividido el área de estudio en 5 sub-zonas, asegurando un solape de al menos 1 km entre cada una de ellas.

Con el objetivo de minimizar la incertidumbre asociada a la contribución del oleaje al valor de la CI se ha realizado un ejercicio de calibración con datos de campo obtenidos por el IH Cantabria tras el temporal del 2 de febrero de 2014. Así mismo se ha realizado un análisis de sensibilidad para analizar la inundación producida por la combinación de dinámicas costeras y continentales: MA, MM, oleaje, caudal de río y precipitación local. La marea seleccionada corresponde a la Pleamar Viva Equinoccial (PMVE) del temporal de febrero de 2014.

Para estudiar adecuadamente el impacto de inundación por cambio climático es necesaria la definición de distintos escenarios asociados a cambios en el clima. Los horizontes temporales considerados son el clima actual, el año 2050, con el fin de analizar los

posibles cambios a medio plazo, y el año 2100, para evaluar las consecuencias a largo plazo. En base a estos horizontes temporales se han planteado diecinueve escenarios que combinan el temporal de 2014 y eventos extremos de 100 y 500 años de periodo de retorno, estos últimos de acuerdo a la Directiva Europea de Inundaciones, con aumentos del nivel medio del mar correspondientes a los RCP4.5 y RCP8.5 regionalizados. En todos los escenarios considerados se ha implementado un caudal medio constante en los cauces de las principales rías obtenido a partir de datos históricos medidos. Como primera aproximación, y dado que las proyecciones de cambio de las precipitaciones anuales acumuladas medias para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 realizadas por la AEMET muestran cambios inferiores a ± 10 mm ($< 10\%$), estos caudales medios se han mantenido también en los escenarios futuros.

A continuación se muestran algunas imágenes de las inundaciones máximas obtenidas tras el modelado. Se han seleccionado los escenarios que mejor representan los cambios para los diferentes horizontes temporales establecidos. Los resultados muestran inundaciones características de una costa bastante acantilada donde las zonas bajas de las rías y playas son las que sufren mayor impacto.



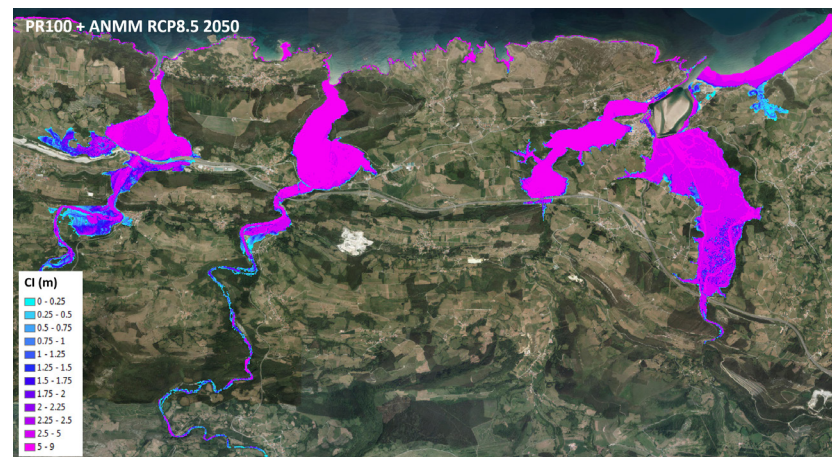
Inundación máxima para el evento de 100 años de periodo de retorno y un aumento del nivel medio del mar correspondiente al escenario RCP8.5 a mitad de siglo en Tina Menor, Tina Mayor y San Vicente de la Barquera

Inundación máxima para el evento de 100 años de periodo de retorno y un aumento del nivel medio del mar



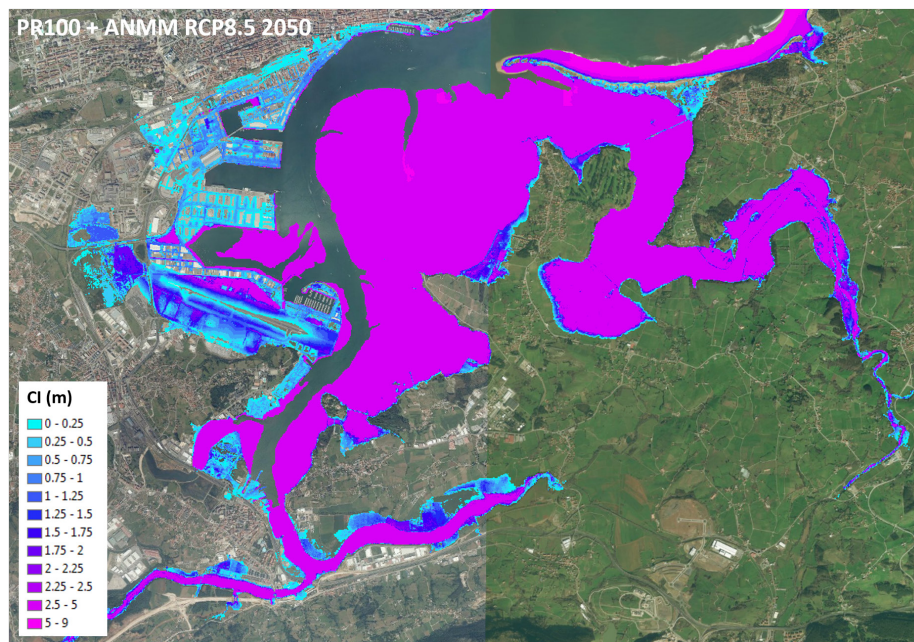
correspondiente al escenario RCP8.5 a mitad de siglo en Suances y Mogro.

Inundación máxima para el evento de 100 años de periodo de retorno y un aumento del nivel medio del mar

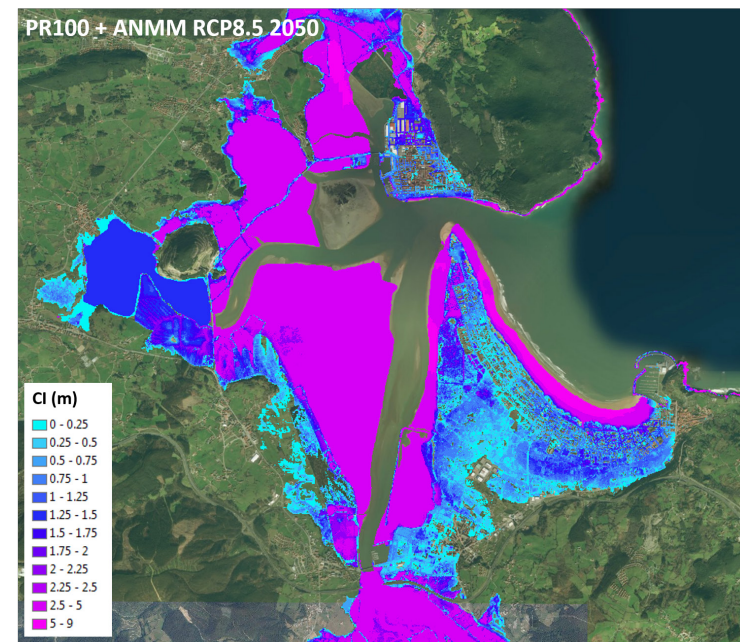


correspondiente al escenario RCP8.5 a mitad de siglo en El Sardinero

Inundación máxima para el evento de 100 años de periodo de retorno y un aumento del nivel medio del mar



correspondiente al escenario RCP8.5 a mitad de siglo en la Bahía de Santander.
Inundación máxima para el evento de 100 años de periodo de retorno y un aumento del nivel medio del mar



correspondiente al escenario RCP8.5 a mitad de siglo en Laredo.

II.2. Inundación fluvial

La definición del comportamiento hidráulico de los cauces ante avenidas asociadas a distintas probabilidades de ocurrencia es una de las bases fundamentales para el planteamiento de estrategias de planificación territorial, de modo que sea posible compatibilizar la protección de las personas y los bienes frente a inundaciones. Con el objetivo de proporcionar mapas de inundación fluvial que incorporen el efecto del cambio climático en el marco del PROT de Cantabria, se ha optado por analizar los cambios en los periodos de retorno de la precipitación y transferir dichos cambios en el periodo de retorno de los caudales fluviales. Tomando como base los mapas de riesgo de inundación de origen fluvial del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), y en caso de cambios observables positivos, se propone mediante técnicas de interpolación una adaptación de los mapas actuales para obtener nuevos mapas que tengan en cuenta los efectos del cambio climático.

II.2.1. Dinámicas generadoras de la inundación fluvial

La precipitación es el componente principal del ciclo hidrológico y domina en gran medida los eventos de inundación continental. Delimitar adecuadamente las llanuras aluviales o llanuras de inundación es fundamental a la hora de realizar una adecuada ordenación del territorio. Dichas llanuras se calculan, en la mayoría de los casos, mediante modelos numéricos (hidrológicos e hidráulicos) capaces de transformar los eventos de precipitación, asociados a unos periodos de retorno determinados, en mapas de inundación para esos mismos periodos de retorno.

Los trabajos elaborados hasta el momento han sido aplicados en zonas muy amplias como Europa o haciendo uso de información instrumental, evaluando así los cambios en puntos localizados. No obstante, Cantabria dispone de un clima propio como resultado de la interacción de la costa, las montañas y los diferentes patrones climáticos a los que está sometida. Es por eso que se ha considerado necesario realizar un análisis particularizado para el territorio de Cantabria que tenga en cuenta la heterogeneidad existente en la distribución espacial de la precipitación.

II.2.2. Escenarios

Se han empleado los escenarios para avenidas de periodo de retorno de 10, 100 y 500 años, correspondientes a inundaciones de probabilidad alta, media y baja, respectivamente, para los cuales se dispone de los mapas del MAPAMA (véase Tabla 2.2), tanto en términos de lámina de agua como en términos de riesgo sobre población, actividades económicas, puntos de especial importancia y áreas de importancia ambiental.

Para evaluar las posibles afecciones a la actividad económica es necesario por un lado agrupar las categorías existentes en la información de base de usos del suelo en las categorías que son significativas para evaluar el riesgo con vistas a la redacción de los futuros planes de gestión, pero que a su vez se puedan agrupar para extraer fácilmente las categorías, menos detalladas, que pide la Comisión Europea.

Finalmente, y como herramienta de priorización de las medidas de los posibles planes de gestión hidráulica, se tiene en cuenta la valoración económica de cada polígono obtenido, en función de su categoría con vistas a obtener el daño final asociado a cada elemento afectado.

Los puntos de especial relevancia hacen referencia a aquellas instalaciones señaladas en el anexo I de la Directiva 96/61/CE del Consejo relativa a la Prevención y al Control Integrados de la Contaminación que puedan ocasionar contaminación accidental en caso de inundación y zonas protegidas que puedan verse afectadas indicadas en el anexo IV, punto 1, incisos i), iii) y v) de la Directiva 2000/60/CE.”

En la práctica, esto se traduce en señalar cuatro tipos de instalaciones concretas:

- Instalaciones industriales a que se refiere el anejo I de la ley 16/2002, de IPPC
- EDAR
- Patrimonio cultural
- Afecciones de importancia para las labores de protección civil

Por último, y según dicta la misma normativa señalada para el caso de los puntos de especial relevancia, también la Directiva marca que es necesario destacar áreas de especial importancia medioambiental, en las que se deben incluir:

- Zonas protegidas para la captación de aguas destinadas al consumo humano
- Masas de agua de uso recreativo
- Zonas para la protección de hábitats o especies
- Masa de aguas de la Directiva Marco del Agua

Para todas estas categorías, la normativa vigente establece la necesidad de identificar las zonas con mayor riesgo de inundación, denominadas como áreas de riesgo potencial significativo de inundación (ARPSIS), y de realizar en ellas mapas de peligrosidad y riesgo de inundación para los siguientes escenarios:

- a) Alta probabilidad de inundación, cuando proceda.
- b) Probabilidad media de inundación (periodo de retorno mayor o igual a 100 años).
- c) Baja probabilidad de inundación o escenario de eventos extremos (periodo de retorno igual a 500 años).

II.2.3. Mapas de riesgo de inundación fluvial

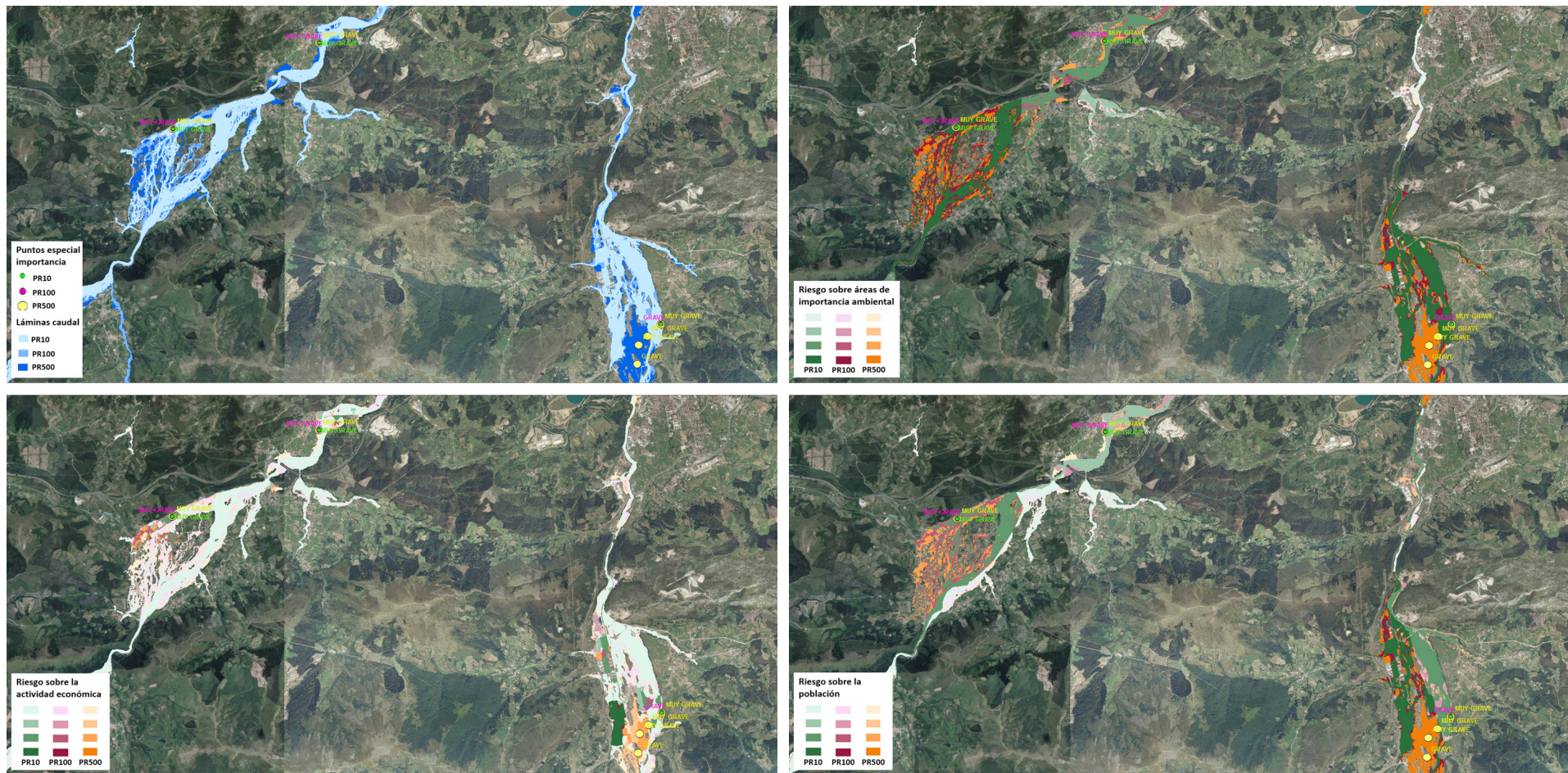
Las siguientes figuras muestran los mapas de inundación fluvial para las avenidas de 10, 100 y 500 años de periodo de retorno y el riesgo asociado sobre puntos de especial importancia, la población, la actividad económica y áreas de importancia ambiental. La degradación de color en las leyendas correspondientes a los mapas de riesgo hacen referencia al nivel de riesgo, es decir, a mayor riesgo, mayor intensidad de color.



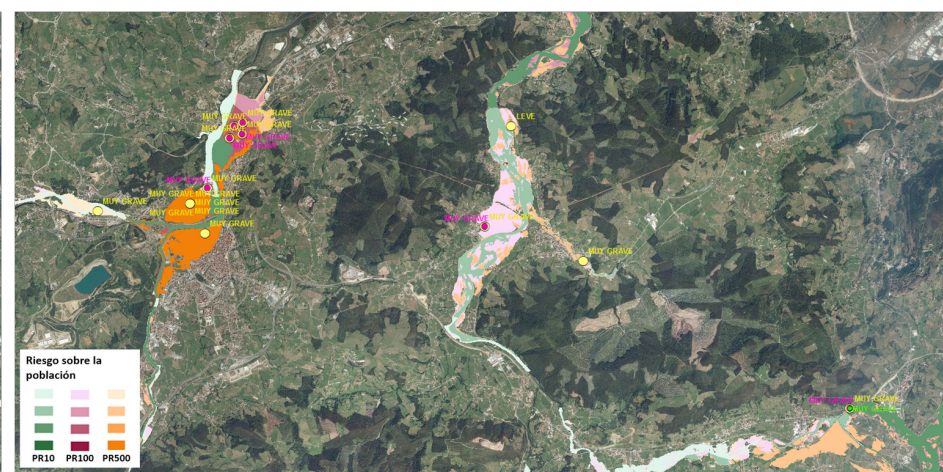
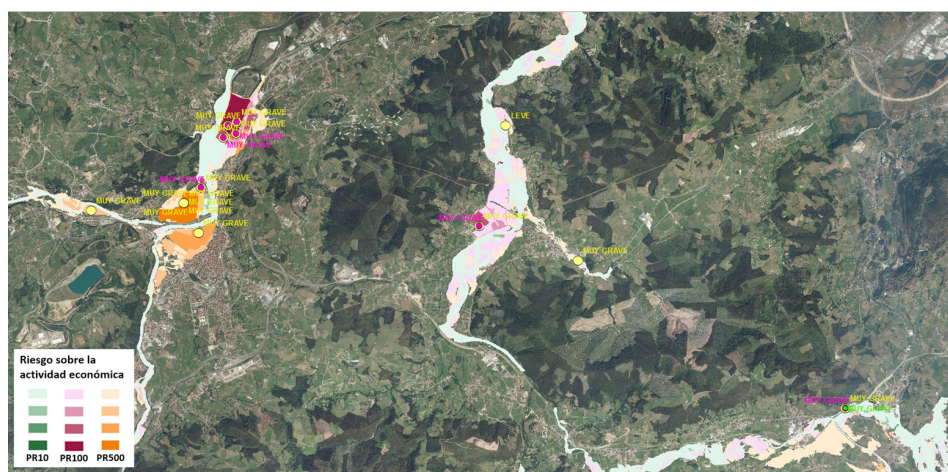
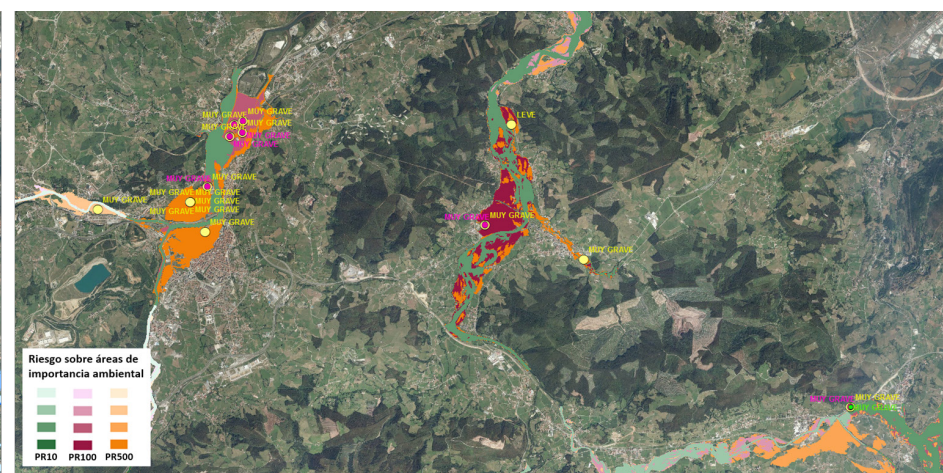
Mapa de inundación fluvial en Cantabria para avenidas de 10, 100 y 500 años de periodo de retorno y riesgo sobre puntos de especial importancia.



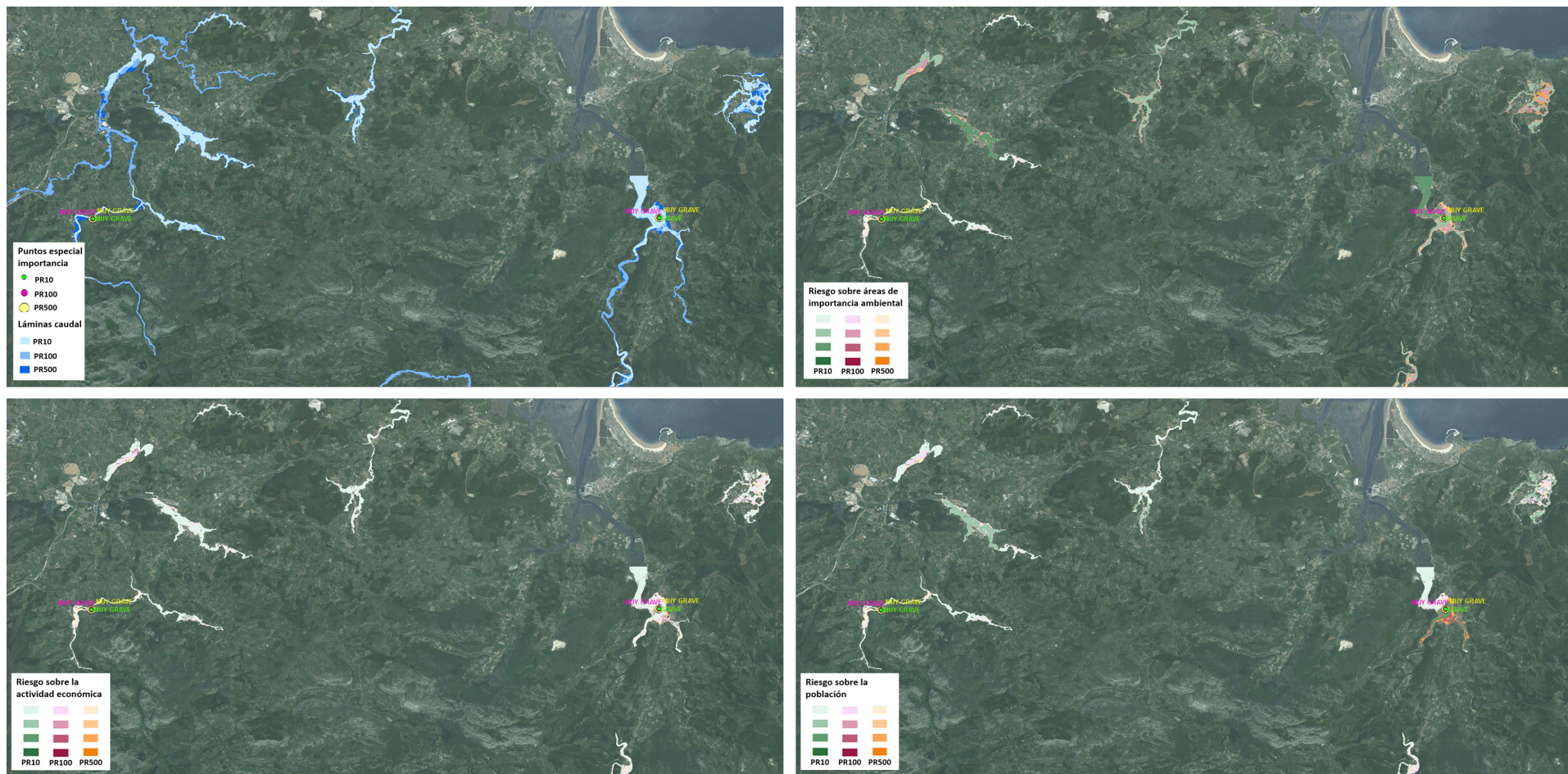
Comparativa del riesgo sobre la actividad económica, sobre la población, sobre áreas de importancia ambiental y sobre puntos de especial importancia para inundaciones derivadas de avenidas de 10, 100 y 500 años de periodo de retorno en los ríos Deva, Nansa y Escudo. Comparativa del riesgo sobre la actividad económica, sobre la población, sobre áreas de importancia ambiental y sobre puntos de especial importancia para inundaciones derivadas de avenidas de 10, 100 y 500 años de periodo de retorno en los ríos Deva, Nansa y Escudo.



Comparativa del riesgo sobre la actividad económica, sobre la población, sobre áreas de importancia ambiental y sobre puntos de especial importancia para inundaciones derivadas de avenidas de 10, 100 y 500 años de periodo de retorno en los ríos Saja y Besaya.

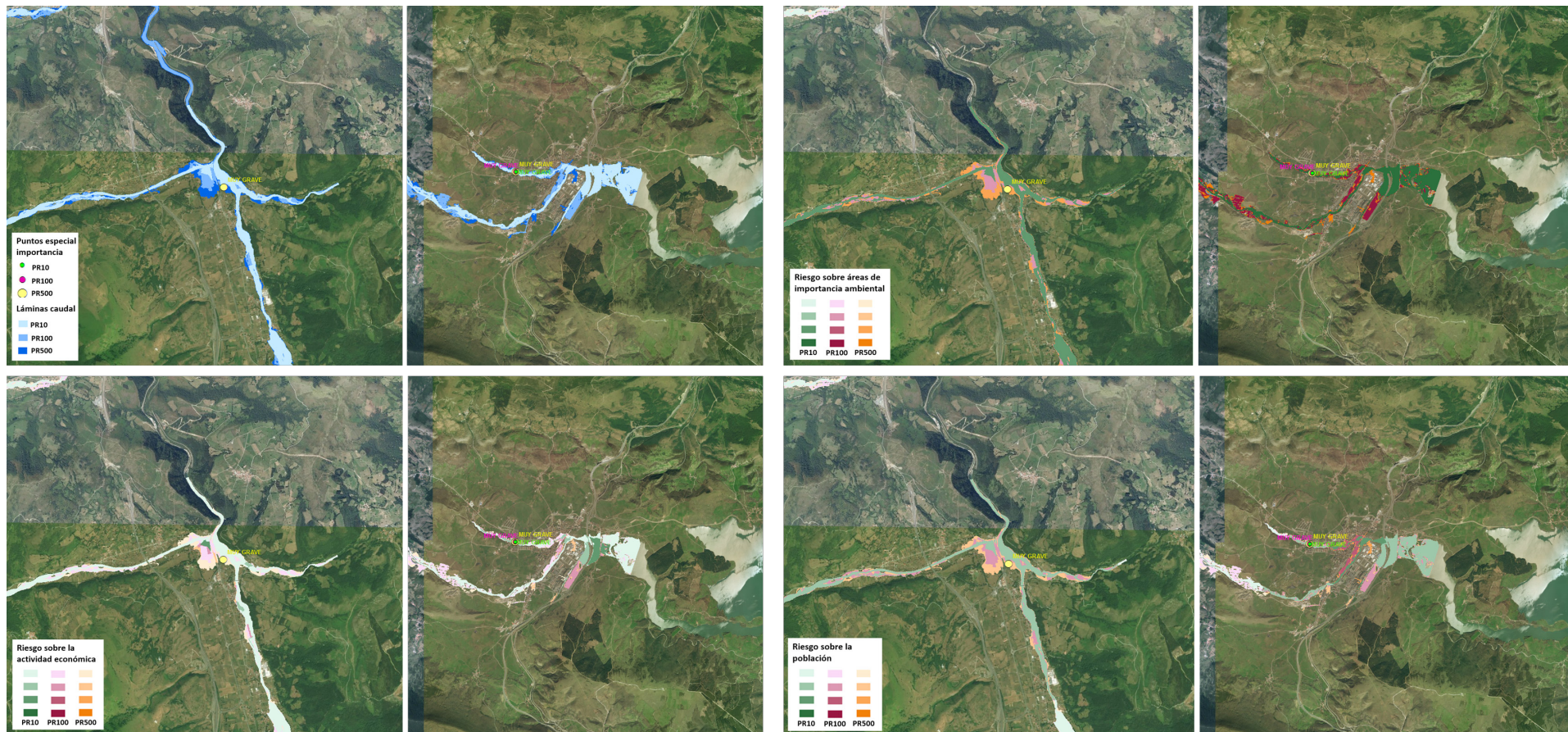


Comparativa del riesgo sobre la actividad económica, sobre la población, sobre áreas de importancia ambiental y sobre puntos de especial importancia para inundaciones derivadas de avenidas de 10, 100 y 500 años de periodo de retorno en los ríos Saja, Besaya y Pas.



Comparativa del riesgo sobre la actividad económica, sobre la población, sobre áreas de importancia ambiental y sobre puntos de especial importancia para inundaciones derivadas de avenidas de 10, 100 y 500 años de periodo de retorno en los ríos Miera, Campiazo y Asón.





Comparativa del riesgo sobre la actividad económica, sobre la población, sobre áreas de importancia ambiental y sobre puntos de especial importancia para inundaciones derivadas de avenidas de 10, 100 y 500 años de periodo de retorno en los ríos Besaya y Ebro a su paso por Arenas de Iguña y Reinosa, respectivamente