

PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

PRIMER PROGRAMA DE TRABAJO

PRIMER INFORME DE SEGUIMIENTO
2008

MARCO PARA LA COORDINACIÓN ENTRE ADMINISTRACIONES PÚBLICAS
PARA LAS ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS,
VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO



SECRETARÍA DE ESTADO DE CAMBIO
CLIMÁTICO



Oficina Española de Cambio
Climático

El presente informe ha sido elaborado por la Dirección General de la Oficina Española de Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, en colaboración con las siguientes Unidades del Ministerio:

- Agencia Estatal de Meteorología
- Dirección General del Agua
- Dirección General de Medio Natural y Política Forestal
- Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar

Primer Informe de seguimiento sobre el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2008

PRIMER INFORME DE SEGUIMIENTO SOBRE EL DESARROLLO DEL PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO 2008

Contenido

1. Presentación.....	3
2. Resumen.....	5
3. Progresos en la generación de escenarios regionalizados de cambio climático en España.....	10
3.1 Introducción.....	10
3.2 Primera fase.....	10
3.3 Segunda fase.....	13
3.4 Conclusiones.....	14
3.5 Información gráfica por CCAA.....	15
4. Progresos en la evaluación del impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos.....	34
4.1 Introducción.....	34
4.2 Trabajos en curso.....	34
4.2.1 Estimación de las aportaciones en régimen natural bajo los escenarios de cambio climático.....	36
4.2.2 Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación.....	40
4.2.3 Efecto del cambio climático en el estado ecológico de las masas de agua.....	42
5. Progresos en la evaluación del impacto del cambio climático sobre la biodiversidad.....	45
5.1 Introducción.....	45
5.2 Actores implicados.....	45
5.3 Situación actual.....	45
5.4 Trabajos a realizar.....	46
5.5 Características técnicas del proyecto.....	47
5.5.1 Presentación.....	47
5.5.2 Objetivos.....	47
5.5.3 Datos.....	48
5.5.4 Metodología.....	50
5.5.5 Resultados esperados.....	51
5.5.6 Productos a elaborar.....	52
5.5.7 Estrategia para la participación, comunicación y divulgación de los resultados, las conclusiones y las propuestas.....	53
6. Progresos en la evaluación del impacto del cambio climático sobre las zonas costeras.....	55
6.1 Introducción.....	55
6.2 Aproximación estratégica.....	55
6.3 Estado de los trabajos.....	57
6.3.1 Diagnóstico de la costa española.....	57
6.3.2 El cambio climático en el diagnóstico.....	58
6.4 Medidas propuestas.....	59
7. Conclusiones.....	60

1. Presentación

Desde su aprobación en el mes de julio de 2006 por parte de la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático (CCPCC) y del Consejo Nacional del Clima (CNC), y la toma de conocimiento del mismo por el Consejo de Ministros el 6 de octubre de 2006, el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) se está realizando a través del Primer Programa de Trabajo.

Tal y como se recoge en el apartado 8 del documento del PNACC (página 50), sobre el seguimiento y la evaluación del Plan, *la evaluación del Plan Nacional de Adaptación se realizará a través de las revisiones anuales de los Programas de Trabajo, fruto de las cuales se elaborarán los informes anuales de seguimiento de cada una de las actividades y proyectos en curso.*

El Primer Programa de Trabajo del PNACC, adoptado en el mismo momento de la aprobación del propio Plan, identificó 4 líneas prioritarias para iniciar su desarrollo:

1. Generación de escenarios regionalizados de cambio climático en España
2. Evaluación del impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos
3. Evaluación del impacto del cambio climático sobre las zonas costeras
4. Evaluación del impacto del cambio climático sobre la biodiversidad

Estas cuatro líneas de actividad se plantearon con un calendario que contempla la necesidad de acoplar la generación y puesta a disposición de los resultados de uno de sus productos -los escenarios climáticos regionalizados- para el desarrollo de las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación en las restantes líneas de trabajo, según se refleja en el siguiente esquema: (página 15 del Primer Programa de Trabajo):



Este informe se estructura en un resumen y en las cuatro líneas de trabajo en curso, revisando la actividad que se ha llevado a cabo en cada una de ellas por parte de la institución que se encarga de su desarrollo, en estrecha coordinación con la Dirección General de la Oficina Española de Cambio Climático (OECC).

2. Resumen

Cuatro Direcciones Generales (Cambio Climático, Agua, Sostenibilidad de la Costa y del Mar y Medio Natural y Política Forestal) y la Agencia Estatal de Meteorología, todos del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, están en estrecha cooperación en el marco del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, desarrollando el Primer Programa de Trabajo. La D. G. de la Oficina Española de Cambio Climático (OECC) es la unidad que coordina en su conjunto el PNACC y participa en todas las líneas de trabajo promoviendo la consistencia y el intercambio de información entre las distintas evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en todos los sectores y sistemas.

La Agencia Estatal de Meteorología (AEMet) es la unidad responsable de la coordinación de la primera línea de trabajo, que consiste en la generación de escenarios climáticos regionalizados para la geografía española.

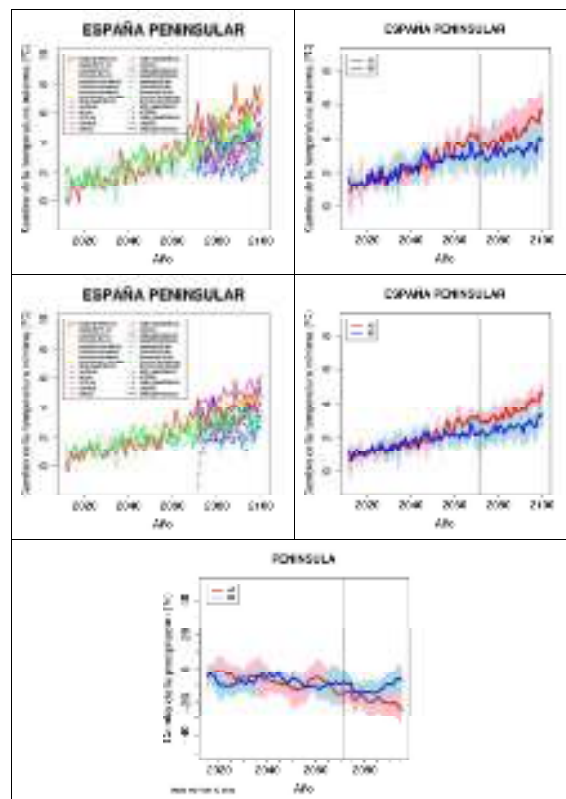


Fig.2.1.- Evolución de algunas variables climáticas (T_{max} y T_{min} anual media, Precipitación) en la España peninsular, obtenido a partir de diferentes modelos globales, técnicas de regionalización y escenarios de emisión respecto al valor promedio de referencia en el periodo (1961-1990). Para detalles sobre la gráfica, ver capítulo 3 de este documento.

Muchos análisis de impactos, vulnerabilidad y de evaluación de riesgos futuros del cambio climático se basan en modelos de impacto que requieren escenarios cuantitativos de datos climáticos a una resolución temporal y espacial adecuada. La generación de los escenarios climáticos regionalizados para el siglo XXI y su puesta a disposición en tiempo y formato adecuados se configura, pues, como un elemento clave del PNACC y una pieza imprescindible y fundamental sin la cual no se puede progresar.

La AEMet, para la consecución de este objetivo, ha estructurado su trabajo en dos fases: en una primera fase, ya finalizada, se han utilizado fundamentalmente técnicas de regionalización climática previamente desarrolladas y bases de datos de proyecciones regionalizadas existentes. Como resultado, se ha producido una base de datos muy completa de escenarios regionalizados para España a lo largo del siglo XXI y un informe descriptivo de los mismos, ambos accesibles desde el portal de Internet de la AEMet (<http://www.aemet.es/>) (fig. 2.1.)

La segunda fase del trabajo de la AEMet, que durará 3-4 años, procederá a explorar y desarrollar nuevos métodos de regionalización, utilizando fundamentalmente la información global generada para el Cuarto Informe de Evaluación (AR4) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). En el desarrollo de esta segunda fase se está trabajando para incorporar a los grupos de investigación nacionales que trabajan en este campo, ya que su experiencia de trabajo y los resultados por ellos obtenidos hasta el momento son de indudable interés para alcanzar los objetivos del proyecto.

Las otras tres líneas del Primer Programa de Trabajo del PNACC se desarrollan en sectores considerados de elevada prioridad y que actúan como factores directores para muchos otros sectores socioeconómicos y sistemas ecológicos: son los recursos hídricos, la biodiversidad y las zonas costeras.

El impacto del cambio climático sobre los **recursos hídricos** en España se está evaluando en profundidad a través de una Encomienda de gestión de la Dirección General del Agua (DGA) al Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), que se ejecuta a través del Centro de Estudios Hidrográficos de este organismo. El estudio se está abordando de un modo integral y se ha dividido en las siguientes actividades principales:

- Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural
- Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua (abastecimiento, industria y regadío) y estrategias de adaptación
- Efecto del cambio climático en los recursos hídricos disponibles en los sistemas de explotación
- Efecto del cambio climático en el estado ecológico de las masas de agua

Entre los progresos alcanzados puede señalarse que se están llevando a cabo los análisis de los escenarios regionalizados de cambio climático para España a partir de los datos facilitados por la Agencia Estatal de Meteorología, que

alimentarán el modelo de simulación de aportaciones mensuales SIMPA (Sistema Integrado para la Modelización de la Precipitación-Aportación). Asimismo, se han establecido las condiciones de referencia para el estudio del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural. Con relación a la evaluación de los efectos del cambio climático en las demandas hídricas, se han iniciado los trabajos comenzando por las demandas de riego, que son las más significativas en nuestro país de las tres consideradas. Asimismo, se ha definido el esquema general para el trabajo de evaluación de los impactos sobre el estado ecológico de las masas de aguas. La metodología se desarrolla de forma inicial en la cuenca piloto del río Cinca, en la demarcación hidrográfica del Ebro, con el objetivo de ponerla a punto y extenderla a escala nacional.

Hay que destacar también que durante el año 2007 se ha aprobado el nuevo Reglamento de Planificación Hidrológica mediante el Real Decreto 907/2007, en el que se hace mención expresa a la necesidad de evaluar los impactos del cambio climático en el sector.

Con relación a la línea de trabajo sobre la evaluación de los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático en la **biodiversidad** española, la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal (DGMNPF) y la OECC, de forma conjunta, han establecido sendas líneas de colaboración con dos de los Grupos de Investigación de mayor experiencia reconocida y prestigio internacional en este campo, adscritos, por un lado, a la Universidad de Extremadura y, por otro, al Museo Nacional de Ciencias Naturales (Consejo Superior de Investigaciones Científicas). Ambos grupos desarrollan de forma coordinada (*fig. 2.2.*), con un planteamiento metodológico común ya diseñado, las investigaciones de la problemática del cambio climático, por un lado sobre la flora, vegetación y tipos de hábitat y, por otro, sobre la fauna española.

Los objetivos de esta línea de trabajo, que obtendrá sus resultados en un horizonte de dos años, son:

- Evaluar posibles impactos y predecir la situación futura de una muestra de hábitat y de taxones de flora y fauna españoles, con objeto de analizar los efectos del cambio climático sobre estos en el futuro
- Identificación, análisis y evaluación de potenciales actuaciones de conservación para minimizar la problemática del cambio climático sobre la biodiversidad analizada
- Establecimiento de una adecuada estrategia para la participación, comunicación y divulgación de los resultados, las conclusiones y las propuestas



Fig.2.2.- Esquema de funcionamiento del proyecto de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación de la biodiversidad: dos convenios con entidades expertas diferentes, interrelacionados y fuertemente coordinados por los órganos pertinentes del MMA.

La evaluación del impacto del cambio climático sobre las **zonas costeras** está siendo desarrollada de forma integrada en el marco de la Estrategia de Sostenibilidad de la Costa, cuya elaboración y desarrollo recae sobre la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGC).

El trabajo realizado desde 2006 hasta la fecha ha consistido en la realización de un diagnóstico preliminar, pero de detalle, de la franja costera mediterránea peninsular en su totalidad, la atlántica andaluza y los dos archipiélagos españoles.

El territorio costero, dividido en Unidades de Gestión (U.G.)¹ dentro de cada una de las Demarcaciones Hidrográficas consideradas, se ha evaluado en cuanto a sus vulnerabilidades al cambio climático, de forma sistemática respecto a los efectos sobre el componente del medio físico, y de forma específica en las zonas donde se prevén impactos más significativos sobre los componentes del medio natural, medio socioeconómico y urbanístico. En esta fase de evaluación se ha prestado especial atención a la identificación de las zonas más vulnerables por efecto del aumento del nivel medio del mar o por modificaciones en el oleaje.

¹ Unidades de comportamiento físico-ambiental homogéneo, las cuales participan de una estrategia diferenciada que las distingue del entorno, basadas en la clasificación de unidades ambientales del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y su revisión de acuerdo a los criterios de la Directiva Marco de Aguas (2000/60/CE). La Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa se desarrolla bajo la premisa de que muchas de las actuaciones que se planteen serán competencia de los distintos organismos y administraciones competentes de rango tanto estatal como autonómico y local.

Otros posibles efectos del cambio climático se considerarán en fases posteriores, asociados a los resultados que emanen de los demás sectores y sistemas incluidos en el Programa de Trabajo.

3. Progresos en la generación de escenarios regionalizados de cambio climático en España

3.1. Introducción.

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del MMA, publicado en 2006, establece el marco general de referencia para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. El conocimiento detallado de las condiciones climáticas actuales y la estimación de las proyecciones climáticas en nuestro país son elementos imprescindibles para la puesta en funcionamiento del PNACC. Esta información puede considerarse el sustrato sobre el que se levanta el Plan en su conjunto y, por tanto, las características relativas a su frecuencia de revisión y actualización y el grado de incertidumbre asociada a estos datos son factores clave de todo el proceso.

En el Primer Programa de Trabajo del PNACC se seleccionan las primeras actividades a realizar dentro del mismo y se enumera en primer lugar la generación de escenarios climáticos regionales para la geografía española. Asimismo se identifica a la AEMet como el organismo encargado de coordinar esta tarea. Los objetivos que el Primer Programa de Trabajo asigna a la AEMet son:

- Desarrollar, documentar y poner a disposición del PNACC escenarios climáticos para España.

- Poner en funcionamiento un mecanismo de generación operativa y actualización de escenarios climáticos regionales para España, que alimente de forma periódica el PNACC.

Esto implica, por parte de la AEMet, tanto desarrollar un trabajo propio como una labor de coordinación con los restantes organismos e instituciones activos en este campo, con objeto de tener en consideración todas las iniciativas que se llevan a cabo en España. La AEMet ha articulado esta tarea mediante un proyecto que consta de dos fases.

3.2. Primera fase

En la primera fase del proyecto, cuya duración ha sido de un año, se han utilizado fundamentalmente técnicas previamente desarrolladas y las bases de datos de proyecciones regionalizadas existentes. Se ha hecho uso de resultados provenientes de los proyectos del 5º Programa Marco de Investigación y Desarrollo de la Unión Europea relacionados con modelización climática, regionalización dinámica (proyecto PRUDENCE) y estadística (proyecto STARDEX) y estimación de extremos. Este informe de progreso corresponde esencialmente a la primera fase del proyecto. Para la realización de la primera fase la AEMet ha contado, aparte de sus propios recursos, con la

colaboración de la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM) y la Fundación para la Investigación del Clima (FIC). La primera fase ha concluido con la producción de una base de datos de escenarios regionalizados y de un informe descriptivo de los mismos (“Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España. Primera fase”), ambos accesibles desde la página Web de la AEMet (<http://www.aemet.es/>).

El informe, de 145 páginas, tiene el carácter de documento de acompañamiento de los datos, en el que, además de explicar los métodos de generación de los datos, se analizan sus limitaciones en un contexto lo más amplio posible. Se han incluido también secciones dedicadas a describir las incertidumbres del proceso de generación de proyecciones climáticas y secciones dedicadas a discutir cuestiones metodológicas. Ésta es la primera entrega de un proceso continuo de revisión periódica de las proyecciones regionales que utilizarán los mejores datos procedentes de modelos globales, las mejores observaciones y las mejores técnicas de regionalización.

Además del contenido del citado informe, que describe y resume la información disponible en la base de datos de escenarios regionalizados, hay que señalar las siguientes actividades e iniciativas:

(i) Se ha generado una agregación de la información disponible de precipitación y temperaturas extremas para las distintas comunidades autónomas, utilizando todas las proyecciones procedentes de regionalizaciones basadas en métodos estadísticos y dinámicos (véase sección 3.5).

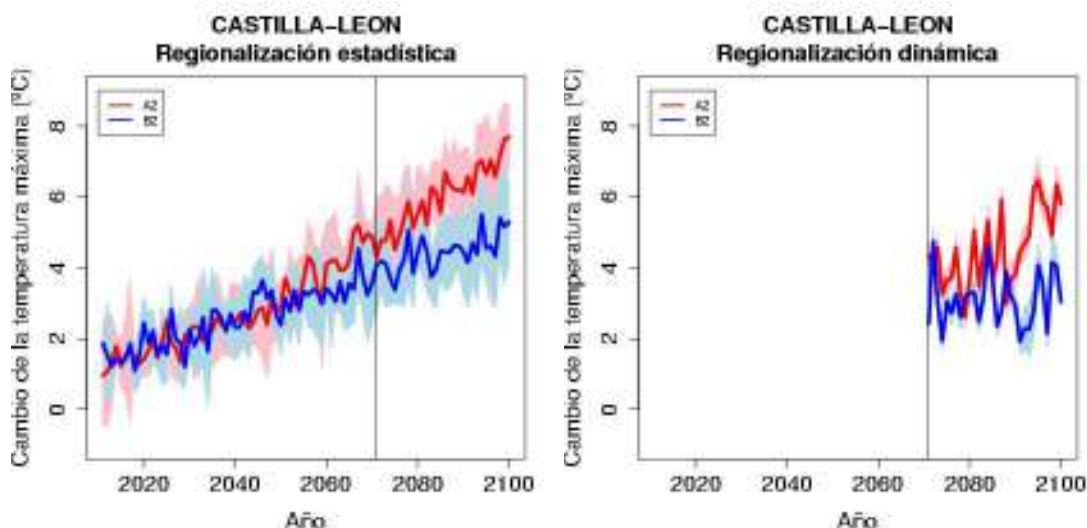


Fig. 3.1.- Agregación de todas proyecciones regionalizadas estadísticas (izquierda) y dinámicas (derecha) disponibles para Castilla y León del cambio de temperatura máxima promediado anualmente.

(ii) Se están realizando estudios de comparación de los diferentes métodos de regionalización. La *fig.3.1* muestra, por ejemplo, el diferente rango de incertidumbres en las proyecciones que se obtienen cuando se agregan separadamente las proyecciones regionalizadas basadas en métodos estadísticos y las basadas en métodos dinámicos (proyecto PRUDENCE). Este

comportamiento diferente tiene su origen en el hecho de que en general y para promedios anuales la mayor fuente de incertidumbre proviene de los diferentes modelos globales, que no fueron suficientemente muestreados en el proyecto PRUDENCE.

(iii) Se están desarrollando también estudios de agregación más finos que la pura agregación por comunidades autónomas. De hecho se observa una clara diferencia en el comportamiento según la altitud de las estaciones. La *fig. 3.2* muestra, a modo de ejemplo, las tendencias de cambio de temperatura para las proyecciones basadas en el modelo global HadCM3 y regionalizadas con SDSM en función del rango de altitud de las estaciones (Ramos, 2007).

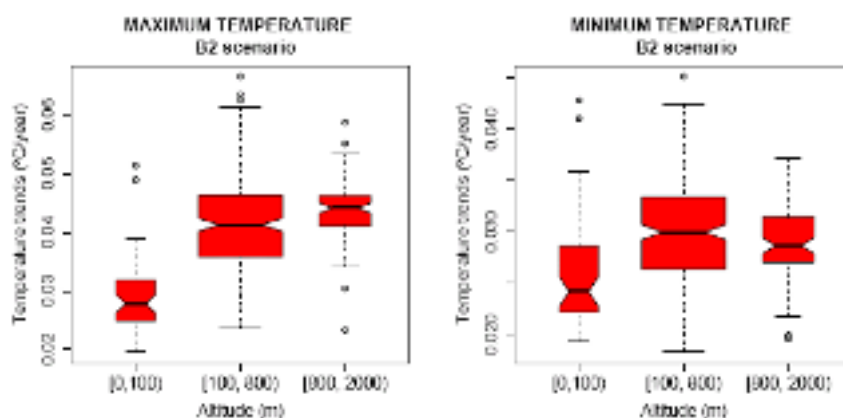


Fig.3.2.- Tendencias de temperatura máxima (izquierda) y mínima (derecha) en estaciones de la Península Ibérica e Islas Baleares agrupadas en tres rangos de altitud. Las cajas representan desde el primer al tercer cuartil con la mediana dividiendo la misma. Los puntos se refieren a los outliers.

(iv) Se están completando también estudios de balance hídrico y energético para estimar las incertidumbres de los distintos términos según la época del año, zona geográfica, etc. (Sánchez-Laulhe *et al.*, 2007). La *fig. 3.3* muestra el cambio mensual promediado para la península de los diferentes términos del balance hídrico para el periodo 2071-2100 respecto al periodo de referencia 1961-1990 a partir de datos PRUDENCE.

(v) Se están evaluando los diferentes modelos globales estudiando el cambio de los tipos de circulación y las características de los patrones de teleconexión que se producen en las proyecciones de cambio climático (Casado y Pastor, 2007).

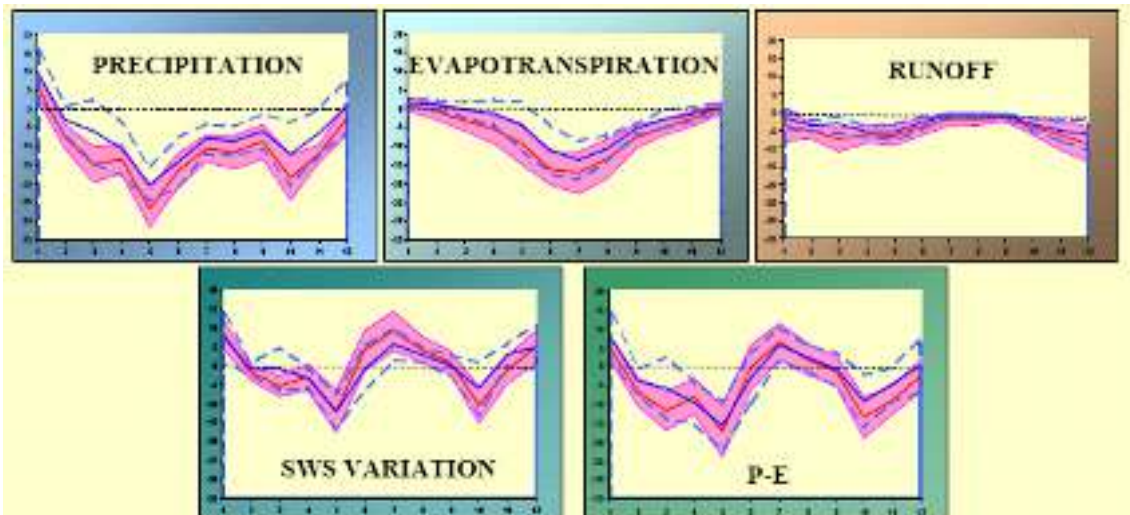


Fig.3.3.- Diferencias medias en el ciclo anual medio de los términos del balance hídrico para todos los modelos regionales de clima de PRUDENCE sobre la Península Ibérica entre las proyecciones con escenario SRES-IPCC A2 (línea roja continua) y B2 (línea azul continua) y sus incertidumbres (definidas por bandas con el valor medio $\pm\sigma$).

3.3. Segunda fase

En la segunda fase, que durará 3-4 años, se procederá a explorar y desarrollar nuevos métodos de regionalización, utilizando fundamentalmente la información global generada para el Informe AR4-IPCC. Asimismo, para la segunda fase se está trabajando en incorporar a los grupos de investigación nacionales que trabajan en este campo, ya que su experiencia de trabajo y los resultados por ellos obtenidos hasta el momento son de indudable interés para alcanzar los objetivos del proyecto. Para ello se están siguiendo las pautas marcadas en el documento “Programa Coordinado para Generación de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático” presentado en noviembre de 2006 al Secretario General para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático del MMA.

Según lo establecido en el citado documento, se han fijado las siguientes líneas de trabajo que se desarrollarán mediante el establecimiento de convenios entre la AEMet y una institución universitaria para cada línea. Dicha institución coordinará a su vez las contribuciones de otros grupos participantes en cada una de las líneas de trabajo.

Las líneas contempladas, cuyos convenios están en diferentes fases de tramitación son las siguientes:

- 1.- Estudios conducentes a la combinación de diferentes proyecciones regionalizadas obtenidas con diferentes modelos y métodos.
- 2.- Desarrollo de bases de datos climáticos y oceanográficos instrumentales controlados en su calidad y homoginizados a escala diaria y mensual con sus

correspondientes productos de datos en rejilla sobre la España peninsular y archipiélagos.

3.- Análisis, evaluación y validación de los resultados de los modelos climáticos globales en periodos observacionales de referencia para determinar el nivel de reproducibilidad de las condiciones climáticas actuales y pasadas en la península Ibérica y archipiélagos.

4.- Desarrollo, validación y aplicación del método de regionalización que utiliza la integración de modelos atmosféricos climáticos regionales (RACM) forzados con condiciones de contorno suministradas por modelos globales acoplados océano-atmósfera.

5.- Desarrollo, validación y aplicación de los métodos de regionalización basados en el uso de técnicas estadísticas que relacionan de forma empírica las variables climáticas a gran escala proporcionadas por modelos globales con las variables climáticas locales/regionales observadas en superficie con el fin de regionalizar para la península Ibérica y archipiélagos.

6.- Desarrollo, validación y aplicación de modelos oceánicos regionales (ROCM).

3.4. Conclusiones

Para poder muestrear las diversas fuentes de incertidumbre que proceden de los distintos pasos conducentes a la generación de los escenarios regionalizados, se pretende alcanzar con las distintas líneas de trabajo la introducción de una forma probabilística de presentar los resultados finales, consecuencia de una utilización de variedad de escenarios de emisión, variedad de modelos globales y variedad de técnicas de reducción de escala. Este nuevo paradigma probabilístico para las proyecciones de cambio climático ya ha sido ensayado con éxito en las predicciones a medio plazo y está en desarrollo tanto para el corto plazo (predicción del tiempo) como para los plazos estacionales y más largos, incluidos decenales y seculares.

La dispersión de los recursos humanos y la utilización de variedad de métodos y fuentes de datos y sobre todo la expresión final de los resultados en términos probabilísticos obligan a un esfuerzo adicional de coordinación que asegure la sincronización de las tareas de las diferentes líneas de trabajo. Por esta razón, se ha propuesto un esquema de organización jerarquizado con coordinadores para cada una de las líneas de trabajo arriba enumeradas, similar al que utilizan los programas descentralizados de dimensiones comparables. También será necesario desarrollar un sistema de control con un comité externo de expertos. Finalmente, se está prestando particular atención a las actividades de distintos proyectos relacionados con el tema, singularmente el proyecto ENSEMBLES del 6º Programa Marco de I+D de la Unión Europea, para evitar solapamientos y perseguir una complementariedad de los esfuerzos.

3.5. Información gráfica por CCAA

La información, que se presenta en este apartado, comprende dos tipos de gráficas para cada variable (temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación) y cada comunidad autónoma. En una de ellas (izquierda de cada panel) se representa directamente las proyecciones medias anuales correspondientes a cada modelo global, escenario de emisión y método de regionalización. El otro tipo de gráficas (derecha de cada panel) se basa en la representación de evolución de los valores medios y de la dispersión (*spread*) representada en forma de +/- desviación estándar alrededor del valor medio.

Esta colección de evoluciones no trata de un *ensemble* en sentido estricto ya que engloba proyecciones obtenidas con diferentes modelos globales y diferentes técnicas de regionalización. Además de las regionalizaciones basadas en diferentes métodos estadísticos realizadas expresamente para este proyecto, se han incorporado las proyecciones realizadas en el marco del proyecto PRUDENCE. Estas últimas solamente abarcan los treinta últimos años del siglo XXI.

Al igual que en los Informes de Evaluación Tercero y Cuarto del IPCC, no se ha hecho ningún intento de ponderar las proyecciones individuales. Al incluir las proyecciones realizadas -sin ningún tipo de ponderación- en el marco de PRUDENCE que en su mayor parte utilizan como condiciones de contorno las salidas del modelo HadAM3 el resultado final está excesivamente sesgado a la evolución de este modelo global. Este hecho se nota en un pequeño cambio de pendiente en el entorno del año 2070. Si se eliminan las evoluciones correspondientes a los modelos PRUDENCE o se les asigna un menor “peso” en el promedio, este pequeño cambio de pendiente puede corregirse. No obstante se ha preferido no incluir dichos términos de ponderación ya que estas gráficas corresponden más bien a una agregación práctica de la información que a un *ensemble*. Además esta colección de evoluciones no abarca necesariamente todo el posible rango de incertidumbres ya que no se ha seguido ningún protocolo de muestreo, ni en la selección de los modelos globales ni de los métodos de regionalización. La razón principal para utilizar este tipo de representación es el hecho empíricamente demostrado de que los errores sistemáticos tanto procedentes de los modelos globales como de las técnicas de regionalización tienden a cancelarse cuando se promedian y tienden a mostrar un mayor acuerdo con las observaciones.

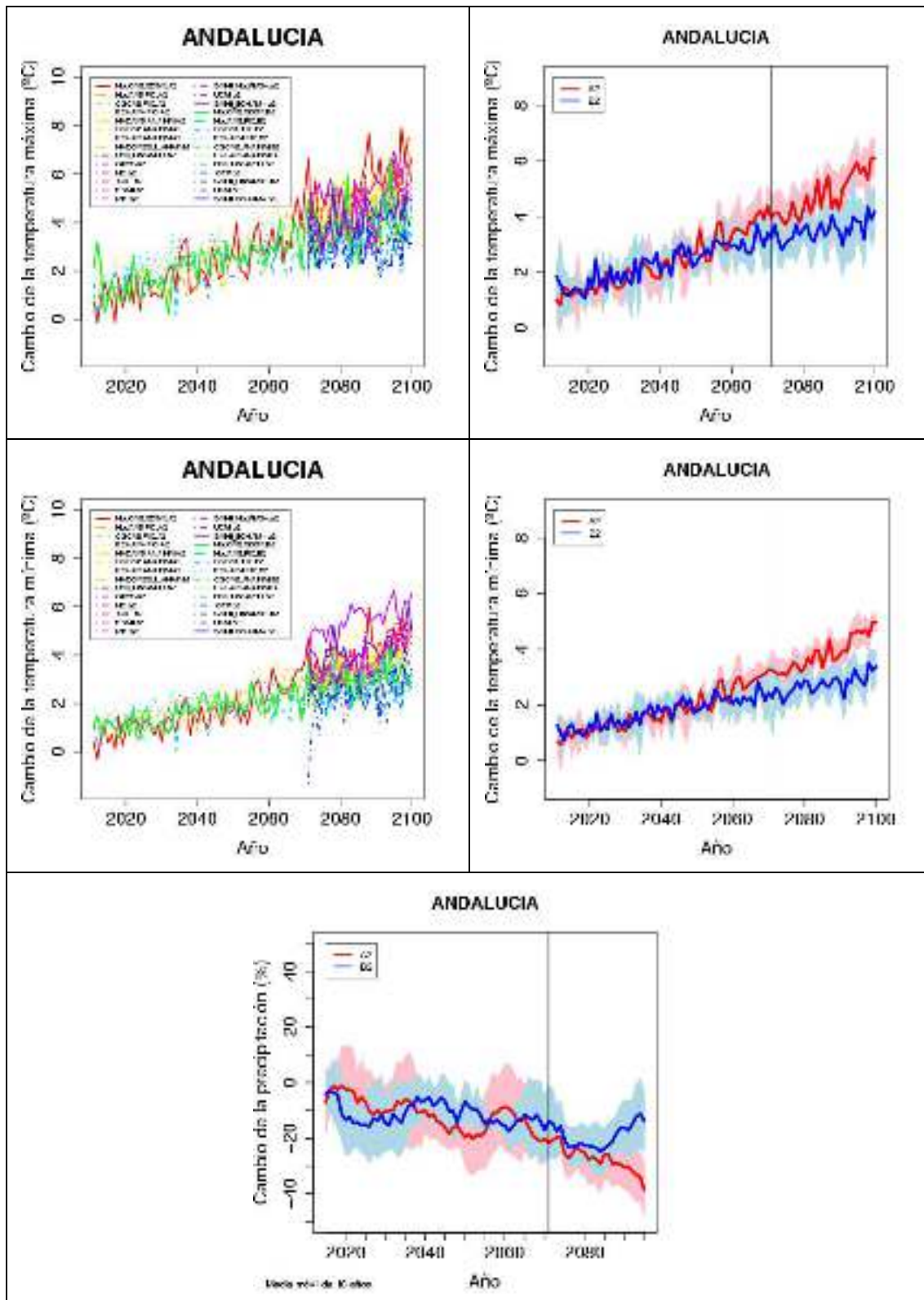


Fig. 3.4.- Evolución del cambio de Tmax (arriba izda.) y Tmin (centro izda.) anual media en Andalucía obtenido con diferentes modelos globales, técnicas de regionalización y escenarios de emisión respecto al valor promedio de referencia en el periodo (1961-1990). Evolución del valor medio (curva continua) y valor medio +/- desviación estándar (sombreado) para Tmax (arriba der.), Tmin (centro der.) y precipitación (abajo). [La curva correspondiente al valor medio de la precipitación representa la media móvil centrada para un periodo de 10 años].

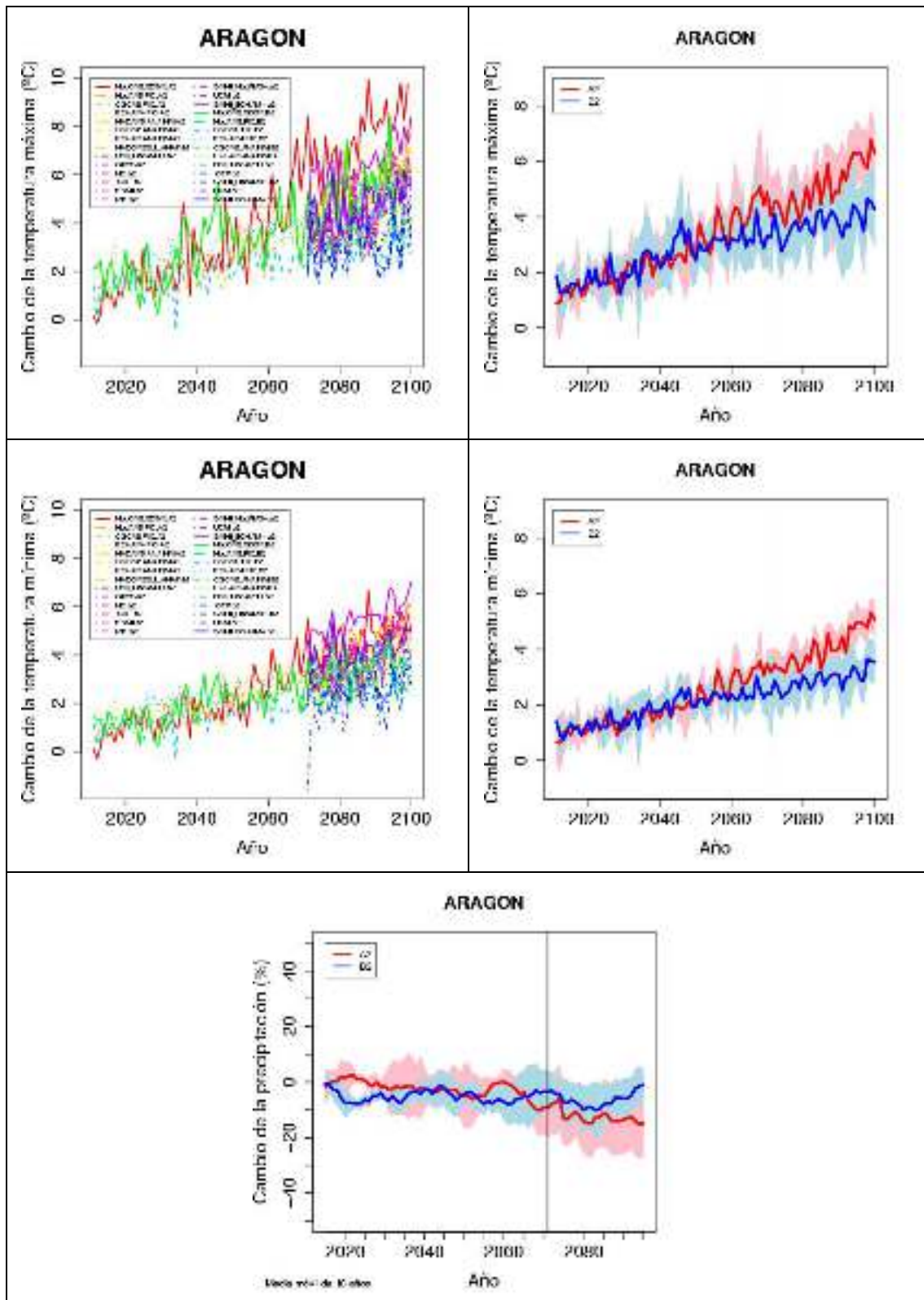


Fig. 3.5.- Igual que Fig.3.4, pero para Aragón.

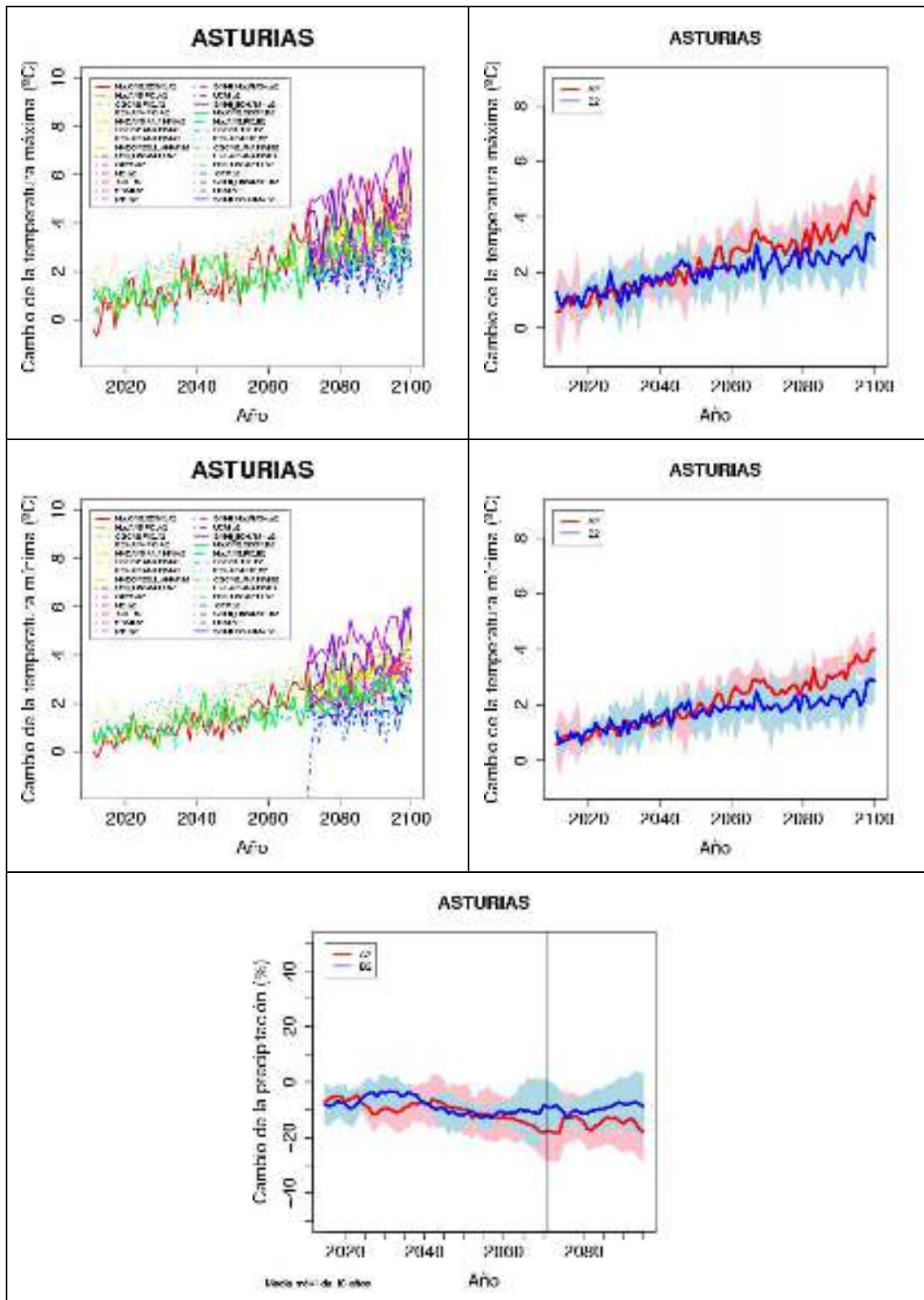


Fig. 3.6.- Igual que Fig.3.4, para Asturias.

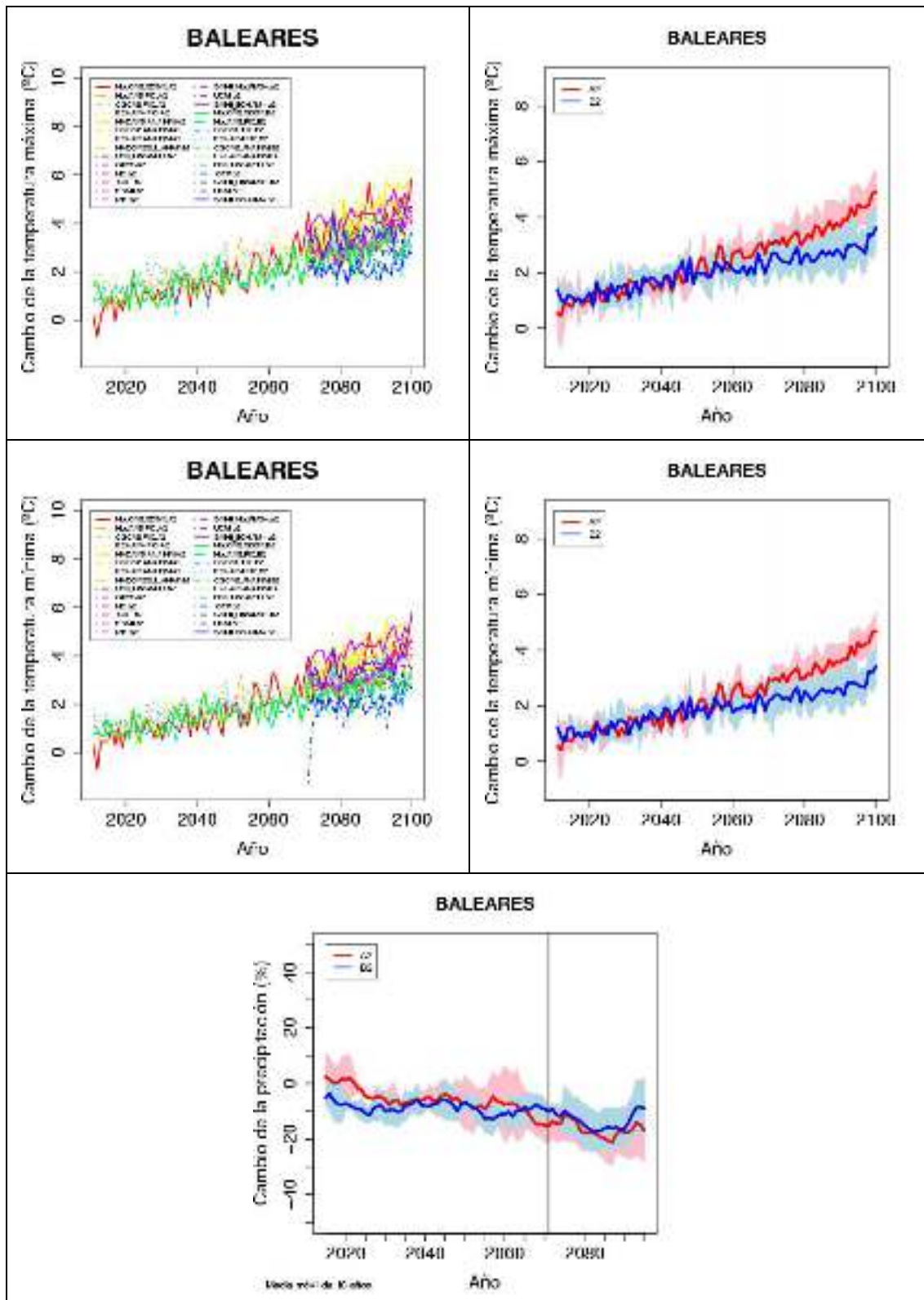


Fig. 3.7.- Igual que Fig. 3.4, para las Illes Balears.

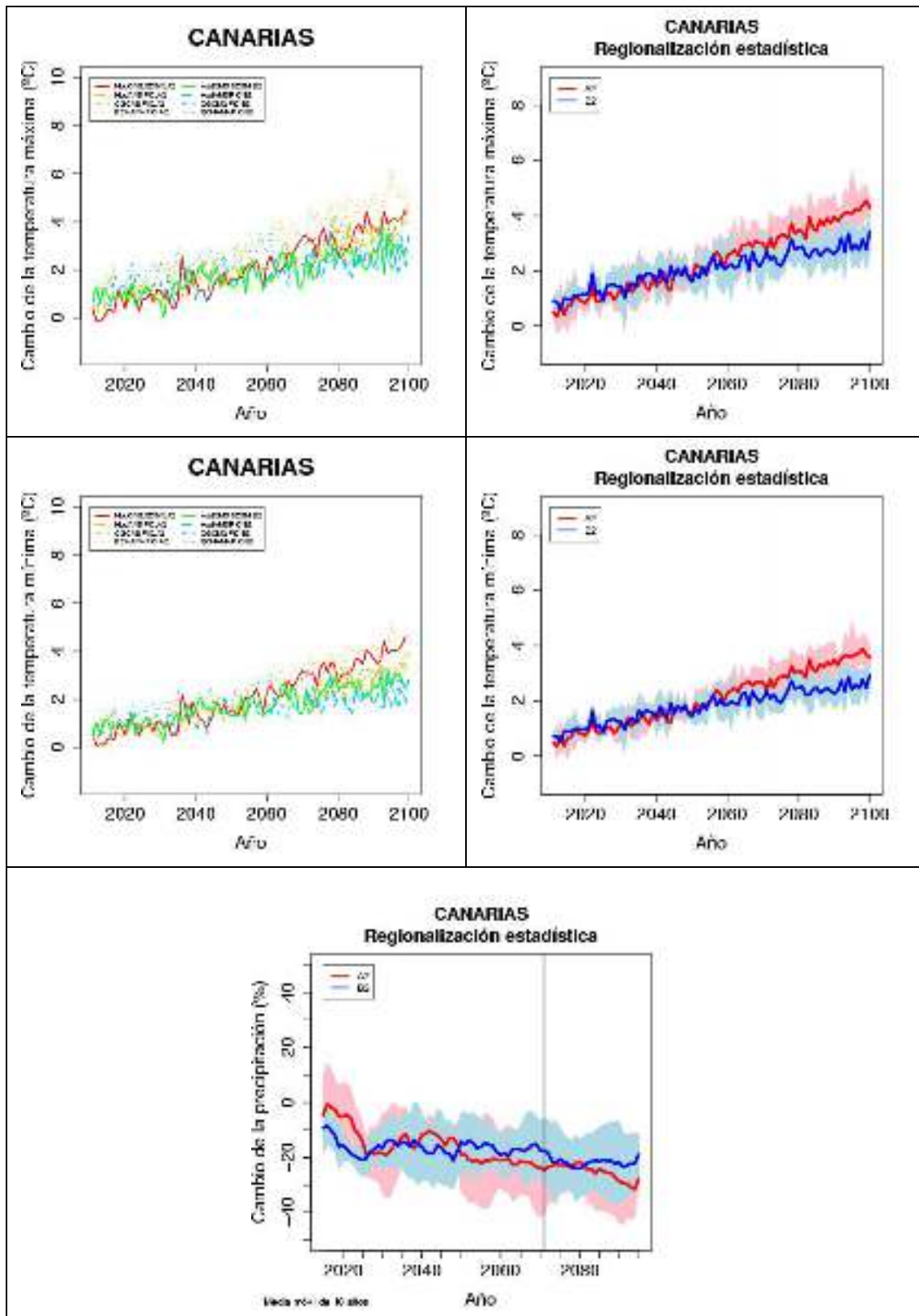


Fig. 3.8.- Igual que Fig. 3.4, para las Islas Canarias.

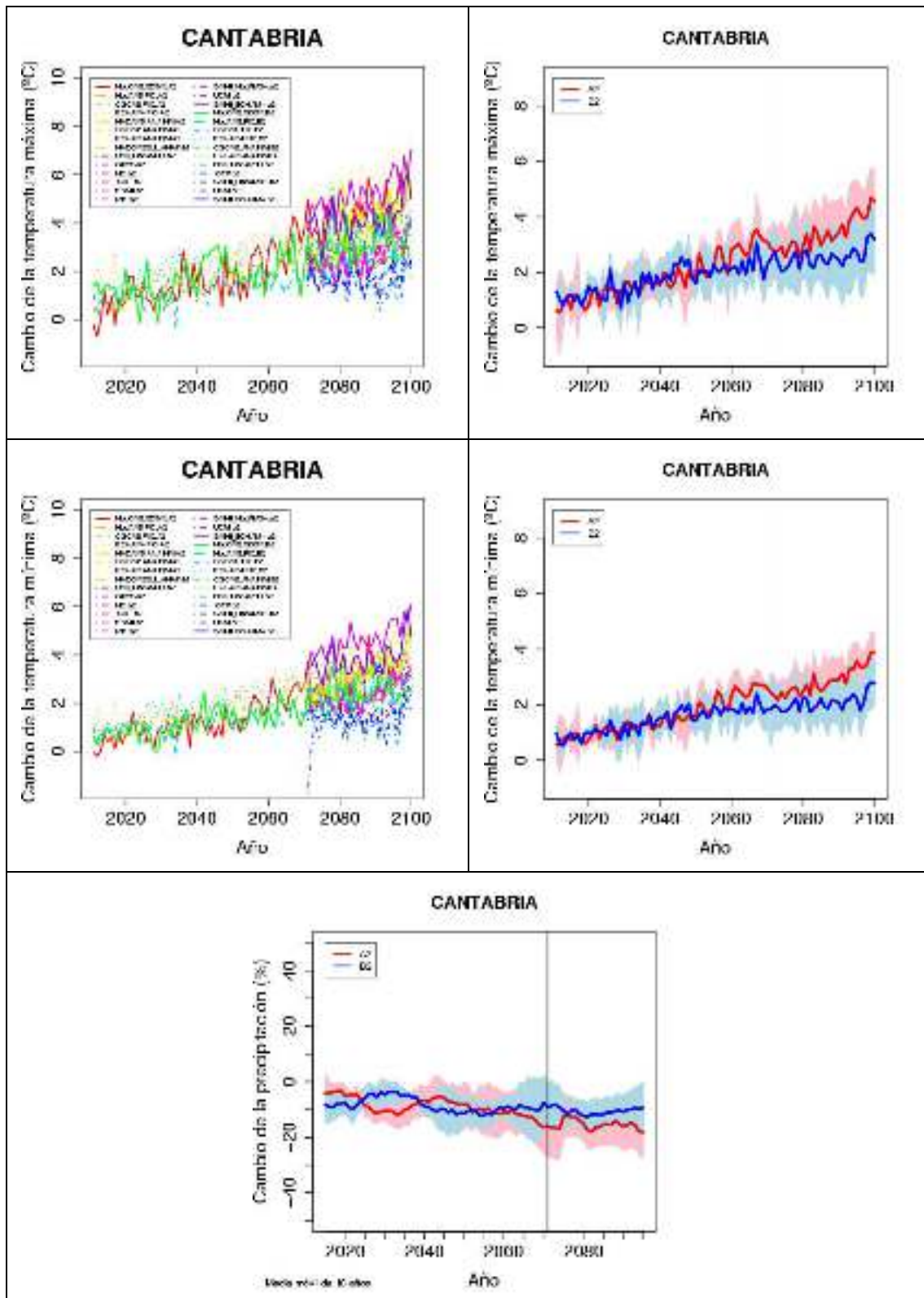


Fig. 3.9.- Igual que Fig. 3.4, para Cantabria.

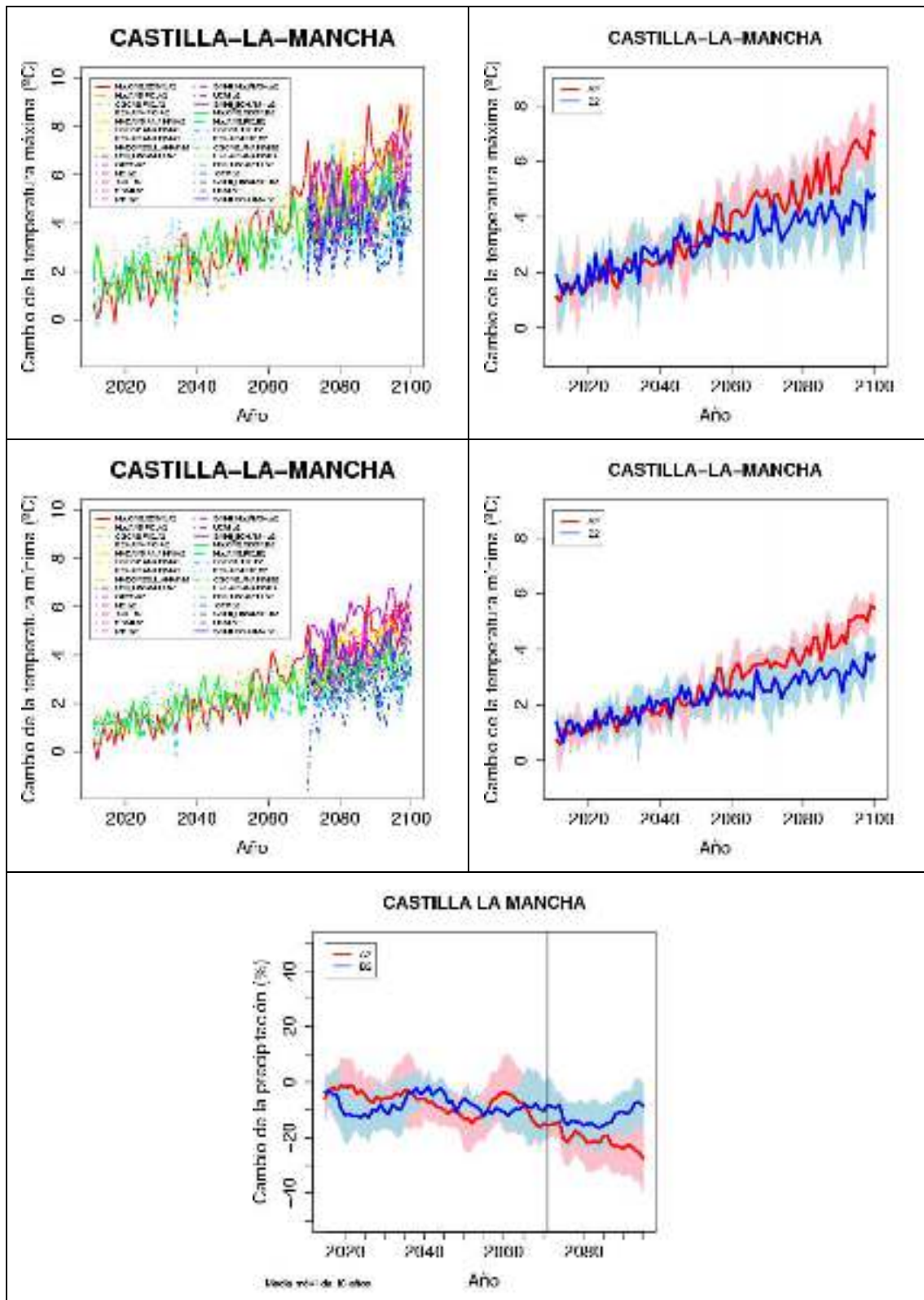


Fig. 3.10.- Igual que Fig. 3.4, para Castilla-La Mancha

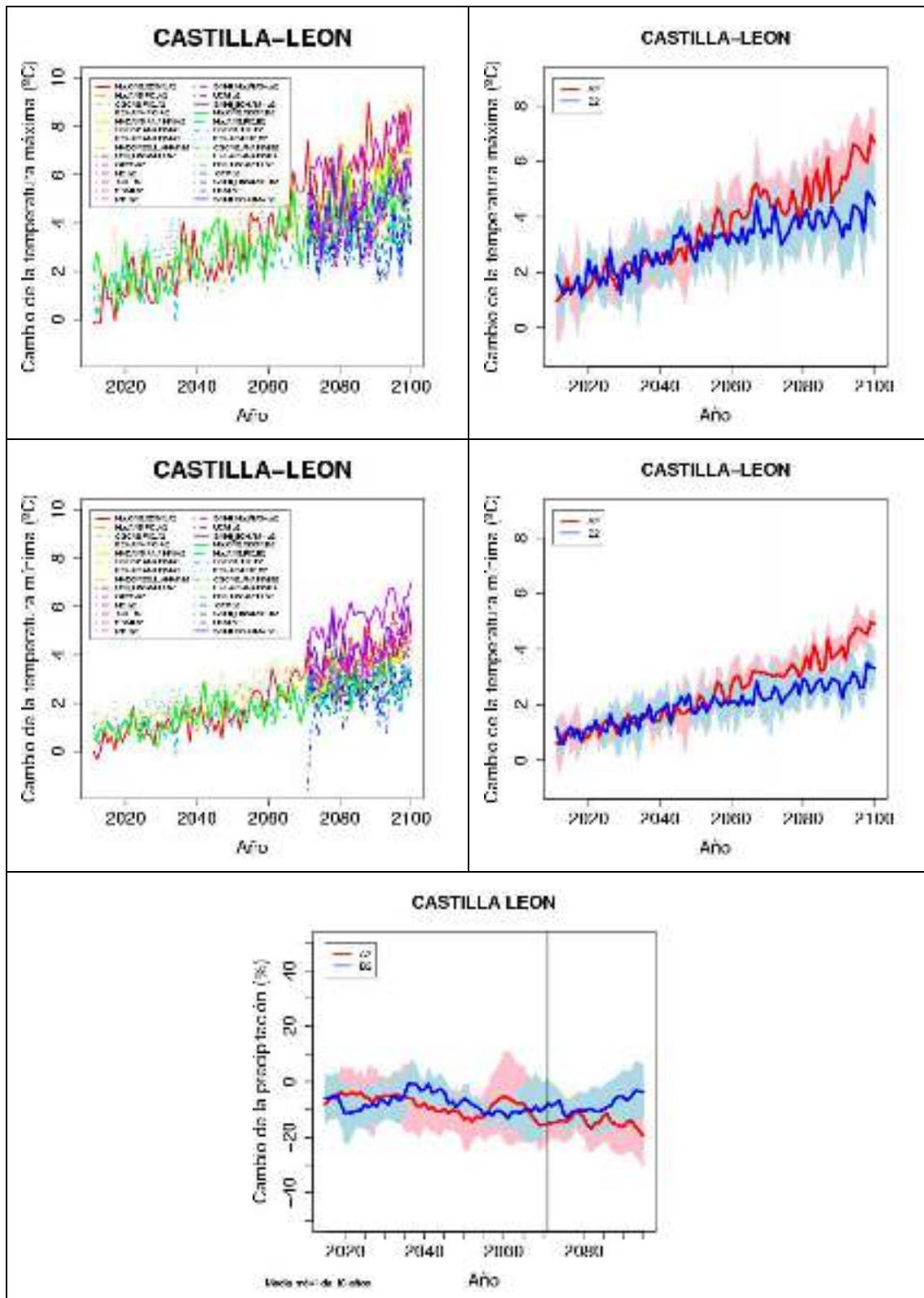


Fig. 3.11.- Igual que Fig. 3.4, para Castilla y León.

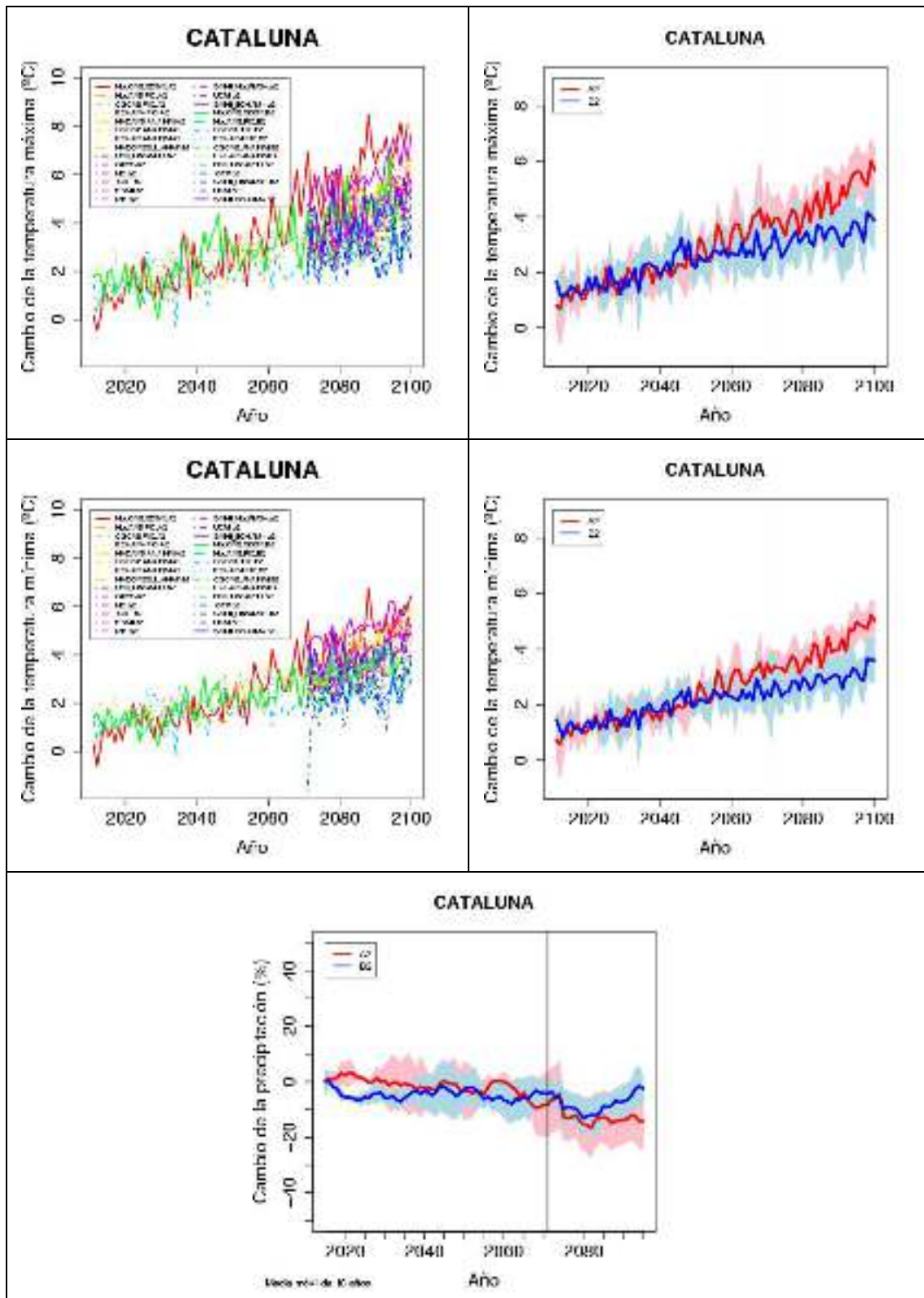


Fig. 3.12.- Igual que Fig. 3.4, para Cataluña.

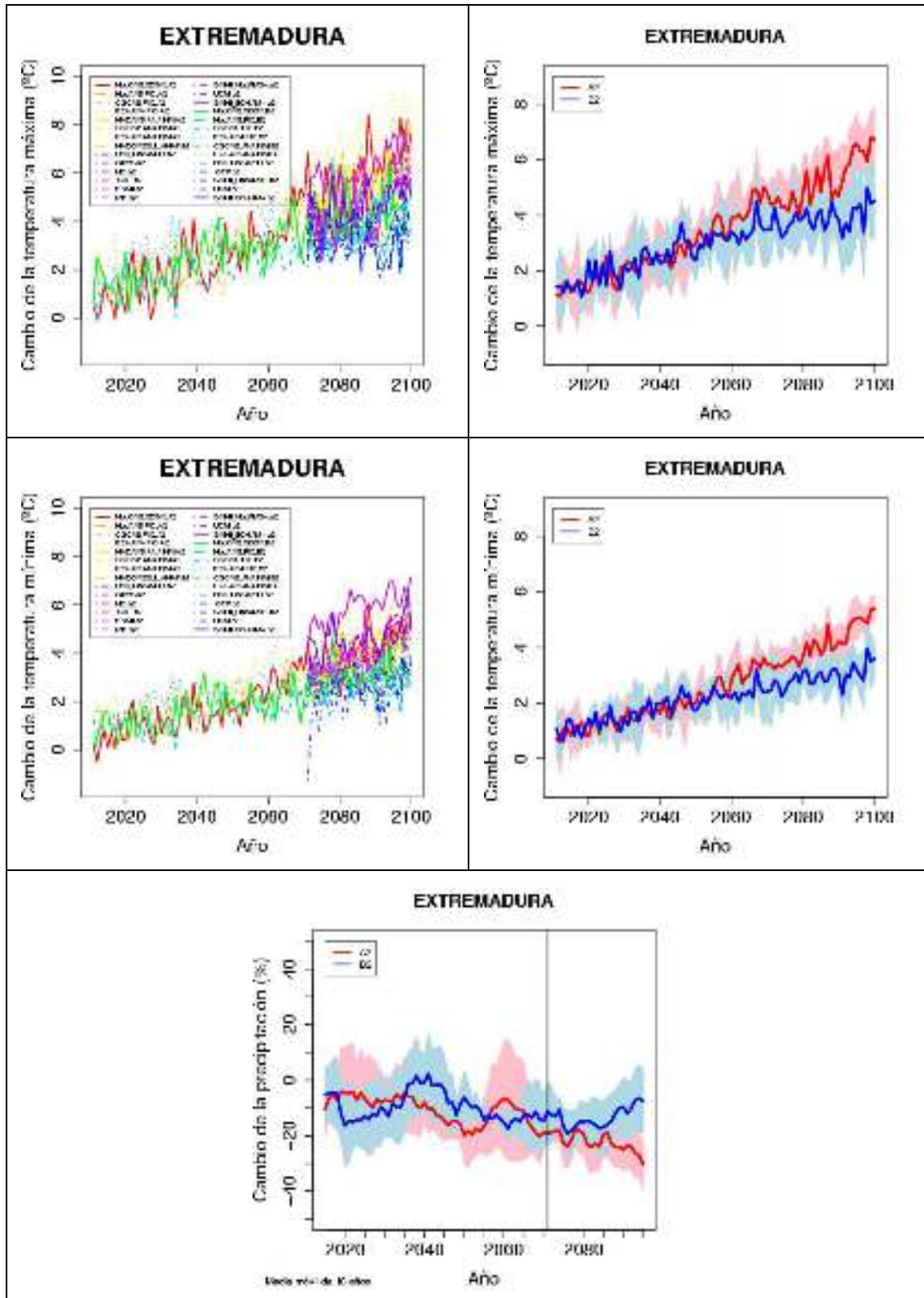


Fig. 3.13.- Igual que Fig. 3.4, para Extremadura.

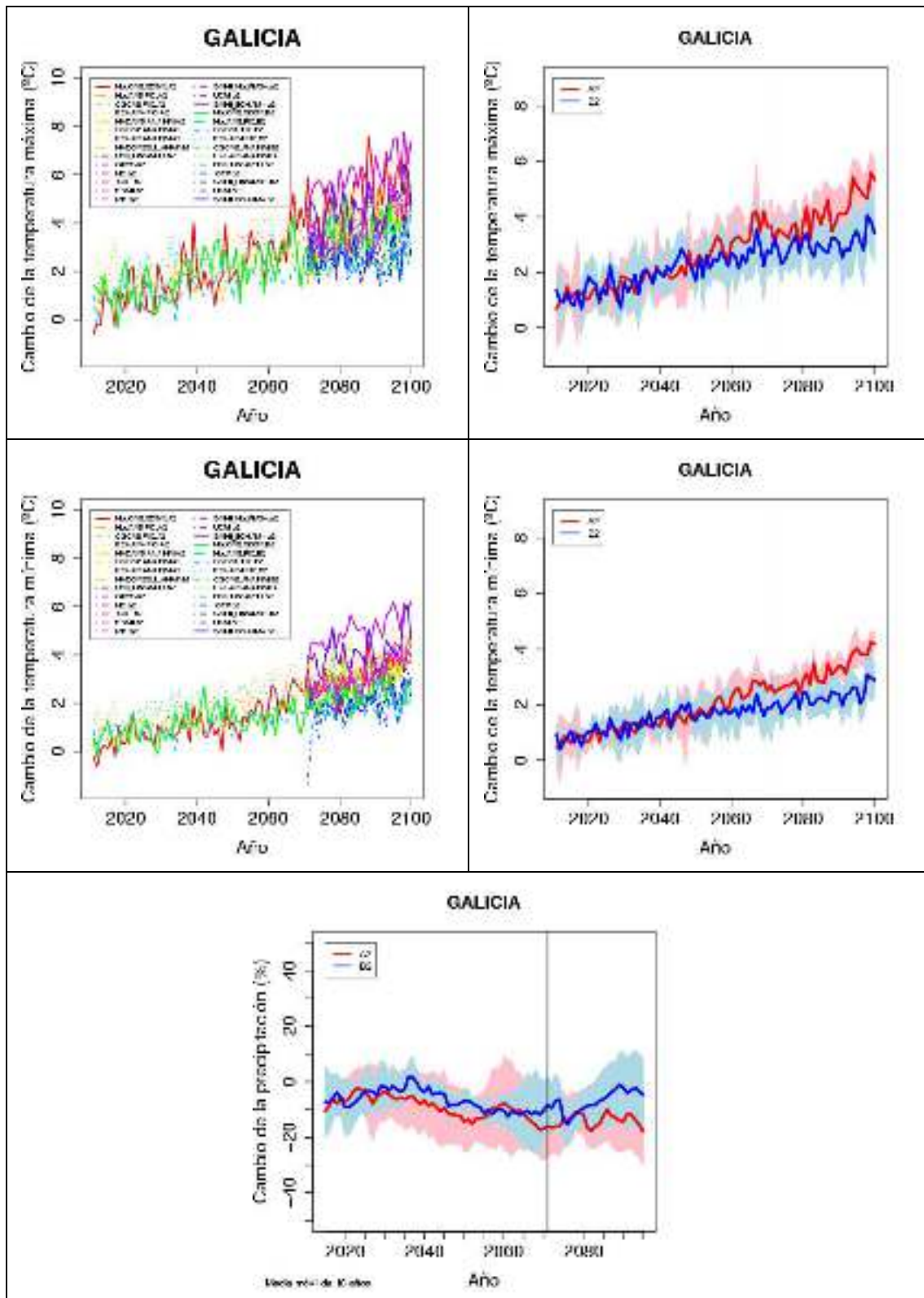


Fig. 3.14.- Igual que Fig. 3.4, para Galicia.

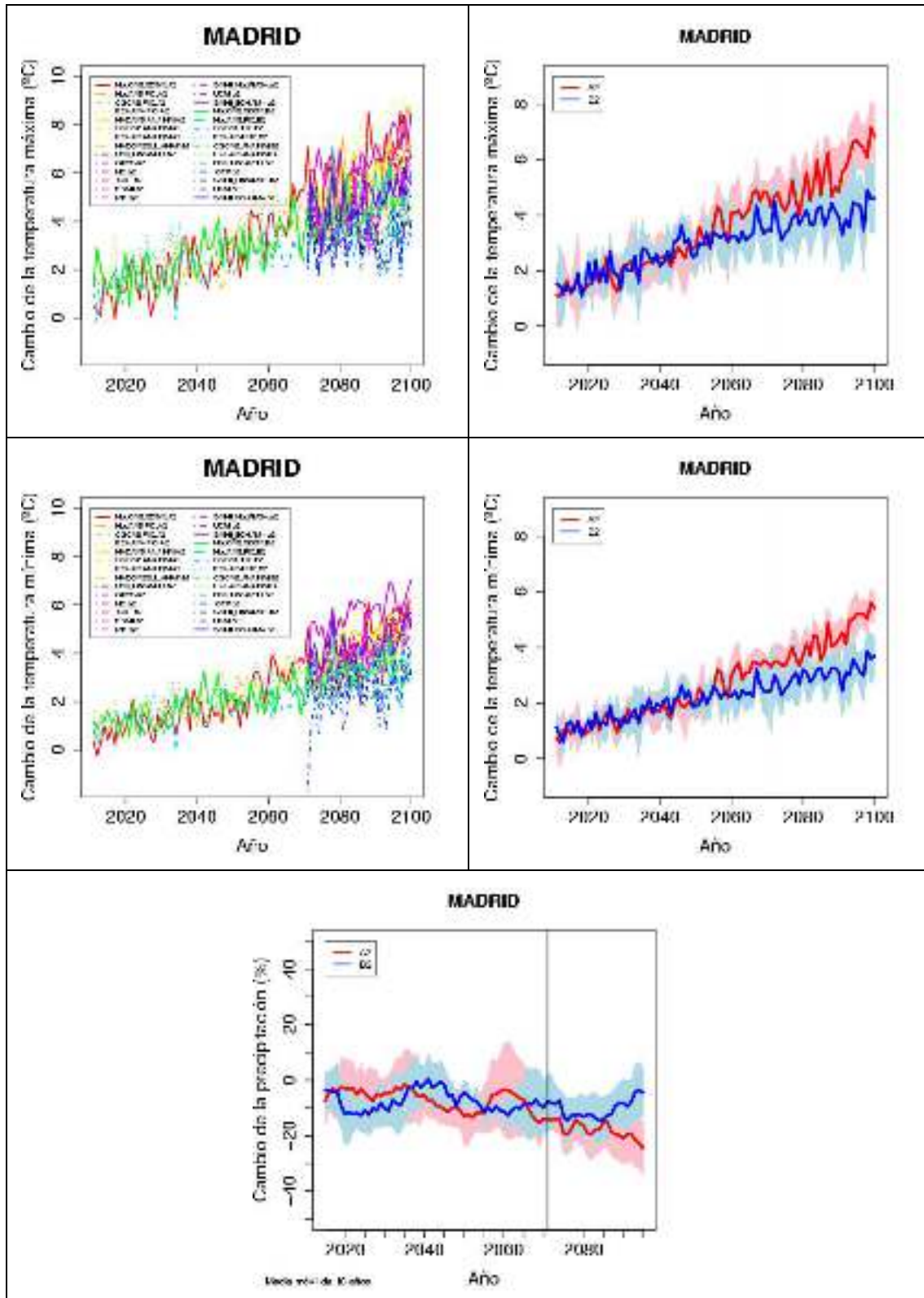


Fig. 3.15.- Igual que Fig. B1, para Madrid.

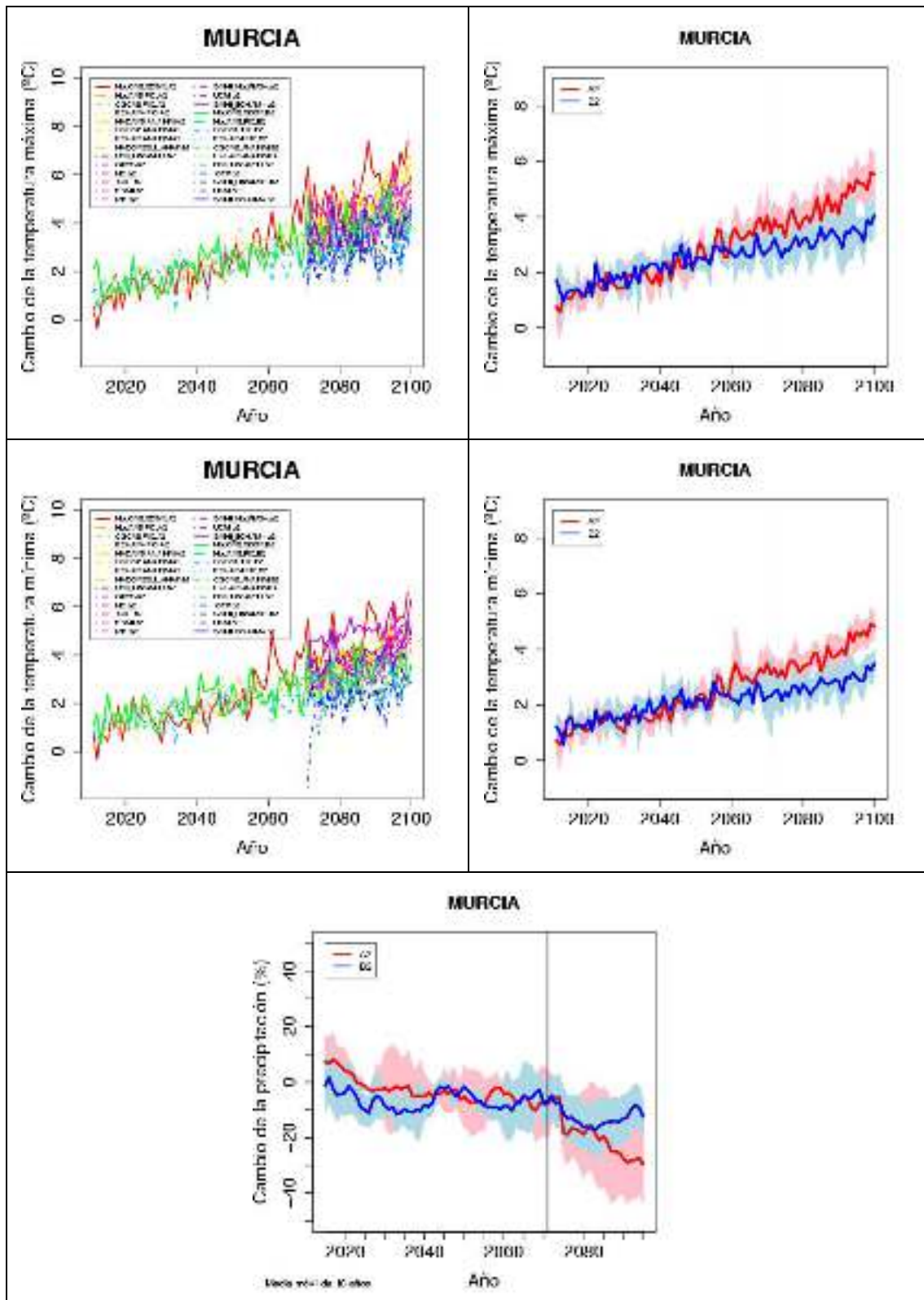


Fig. 3.16.- Igual que Fig. 3.4, para Murcia.

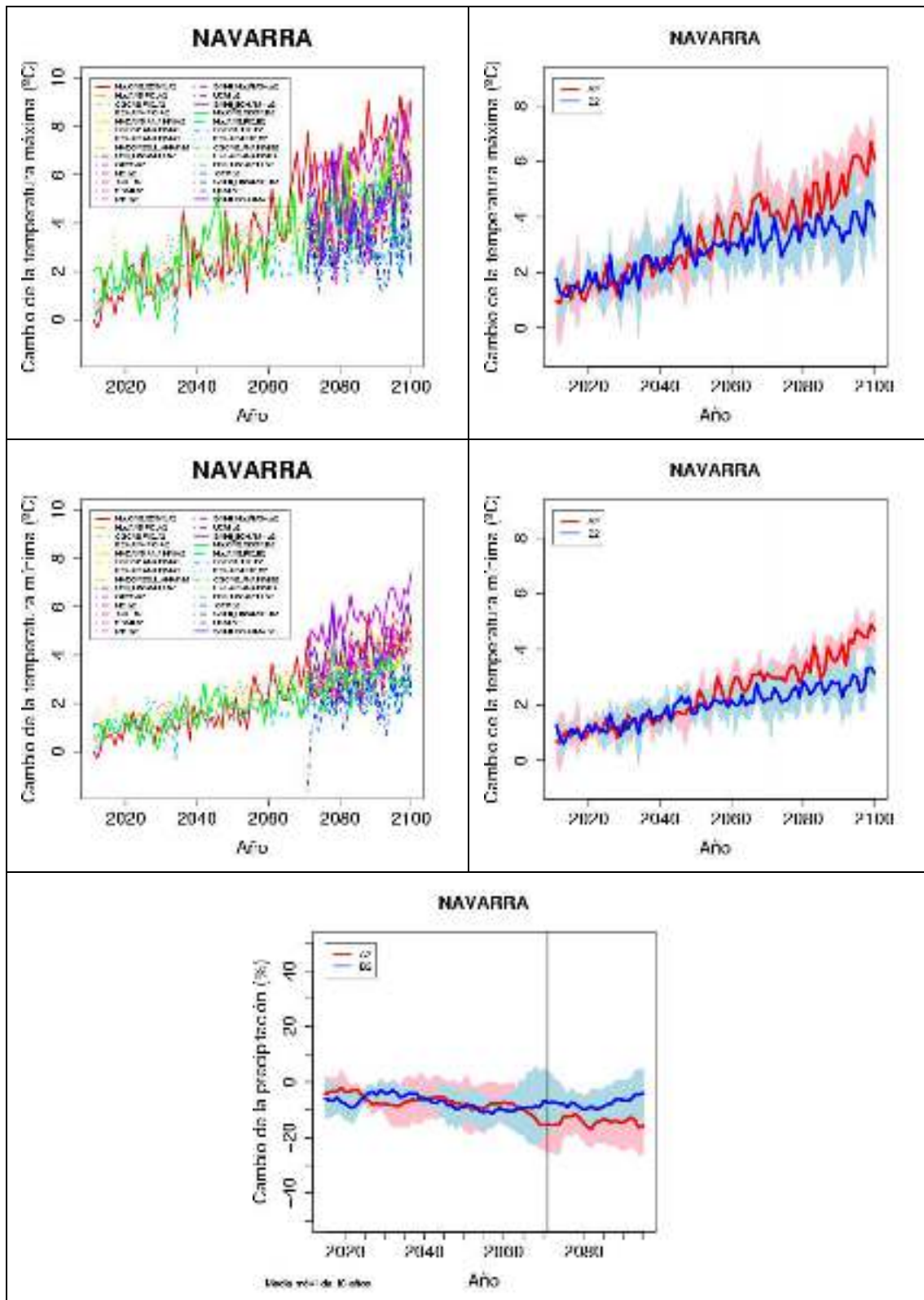


Fig. 3.17.- Igual que Fig. 3.4, para Navarra.

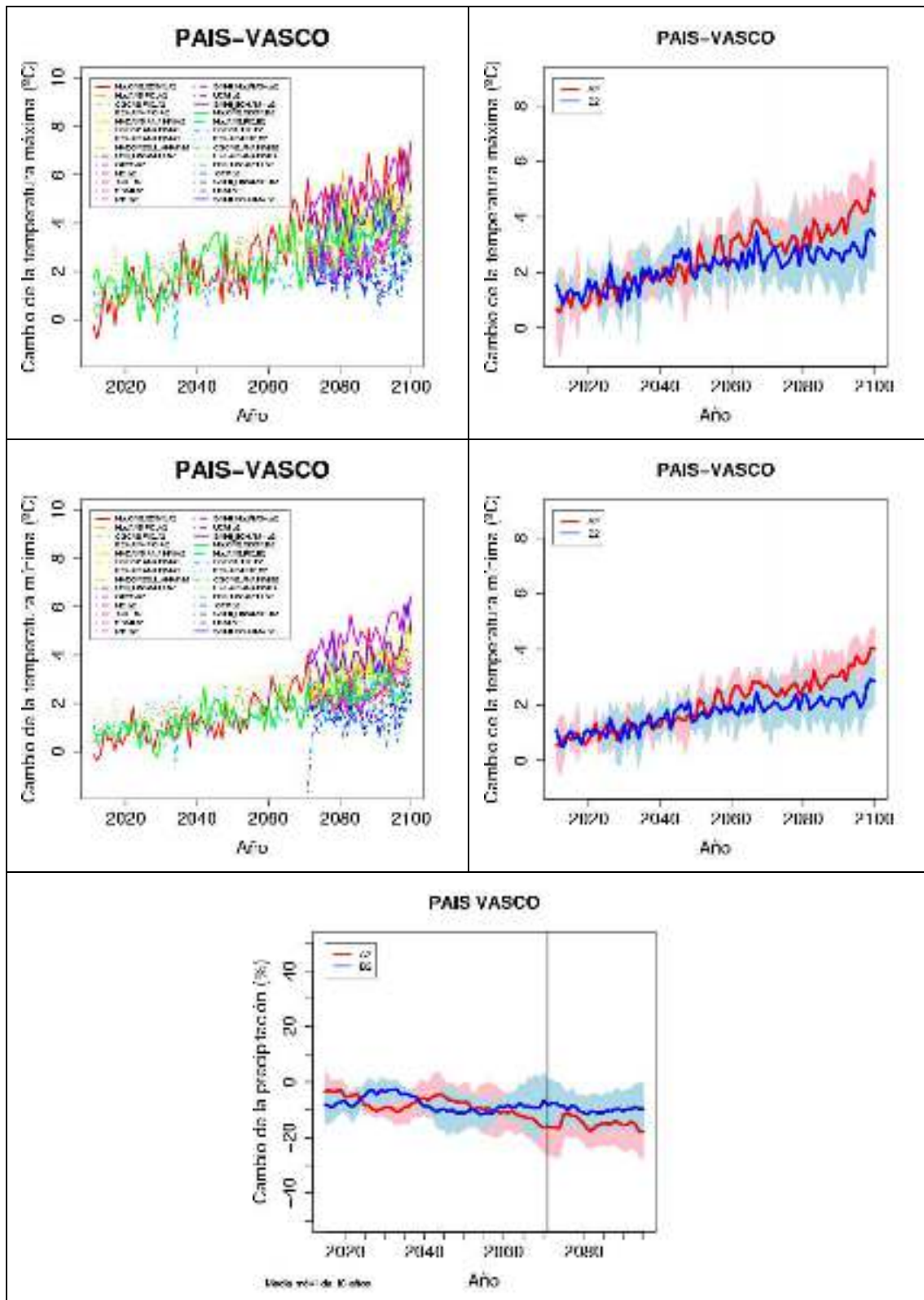


Fig. 3.18.- Igual que Fig. 3.4B1, para País Vasco.

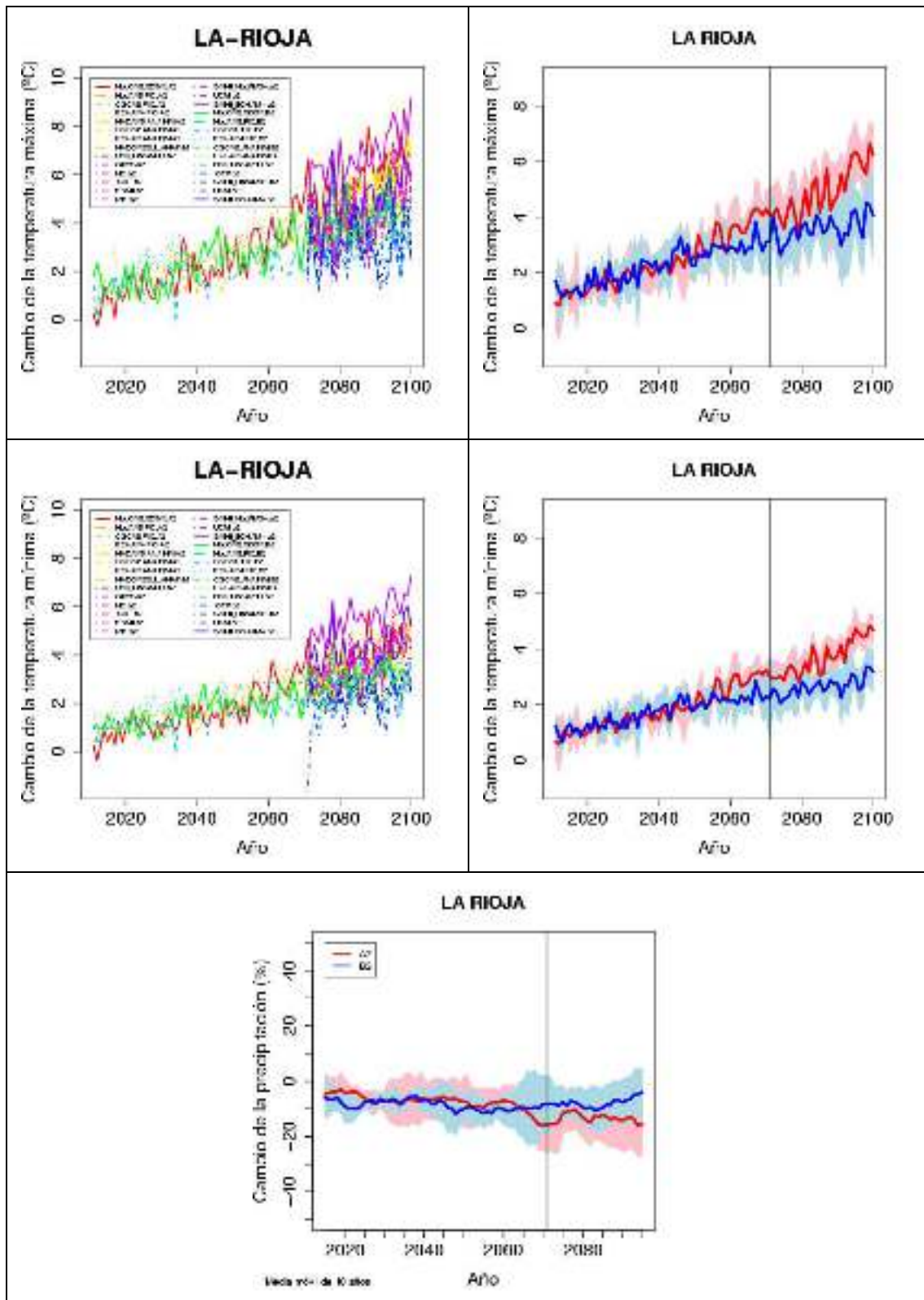


Fig. 3.19.- Igual que Fig. 3.4, para La Rioja.

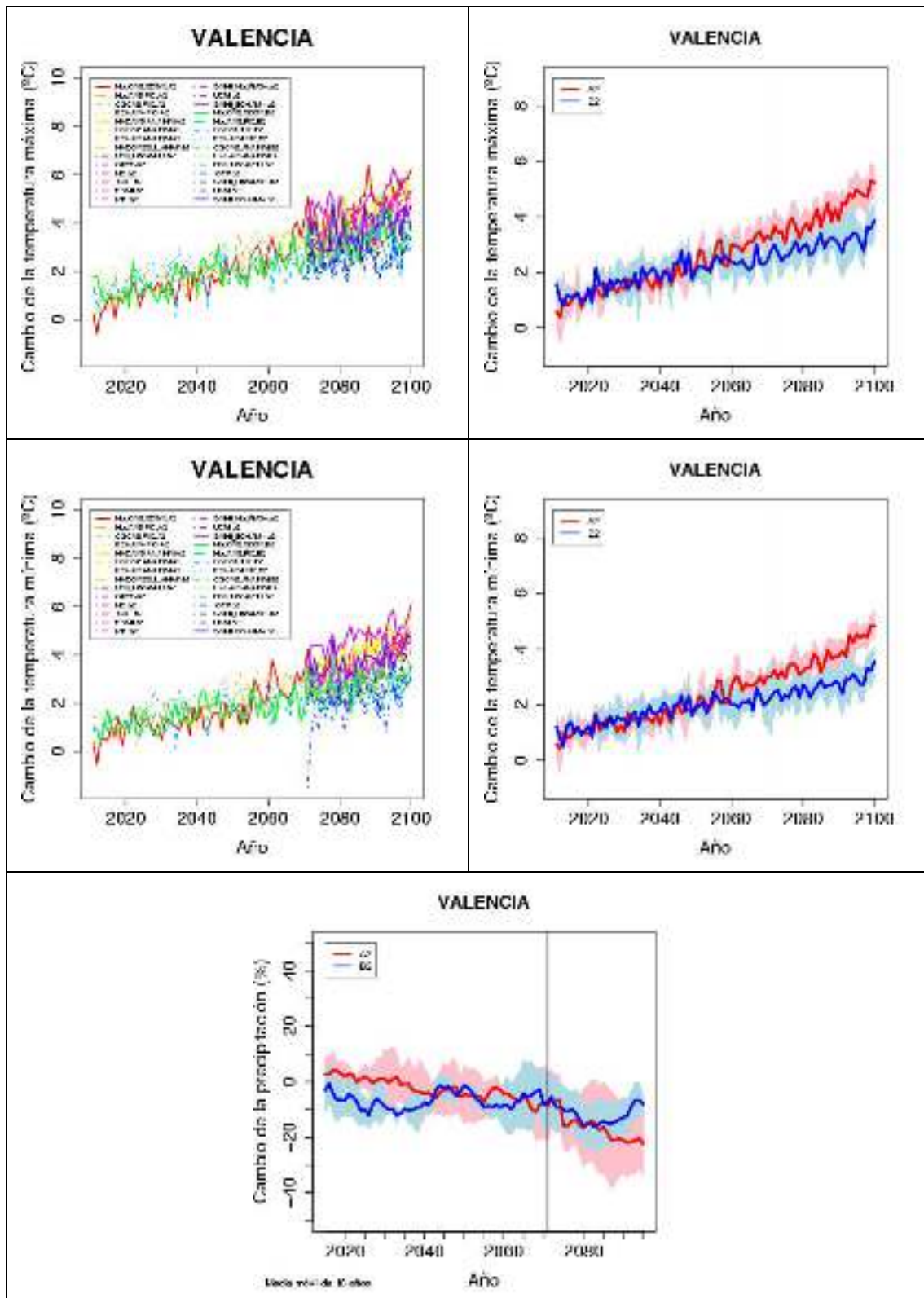


Fig. 3.20.- Igual que Fig. 3.4, para Valencia.

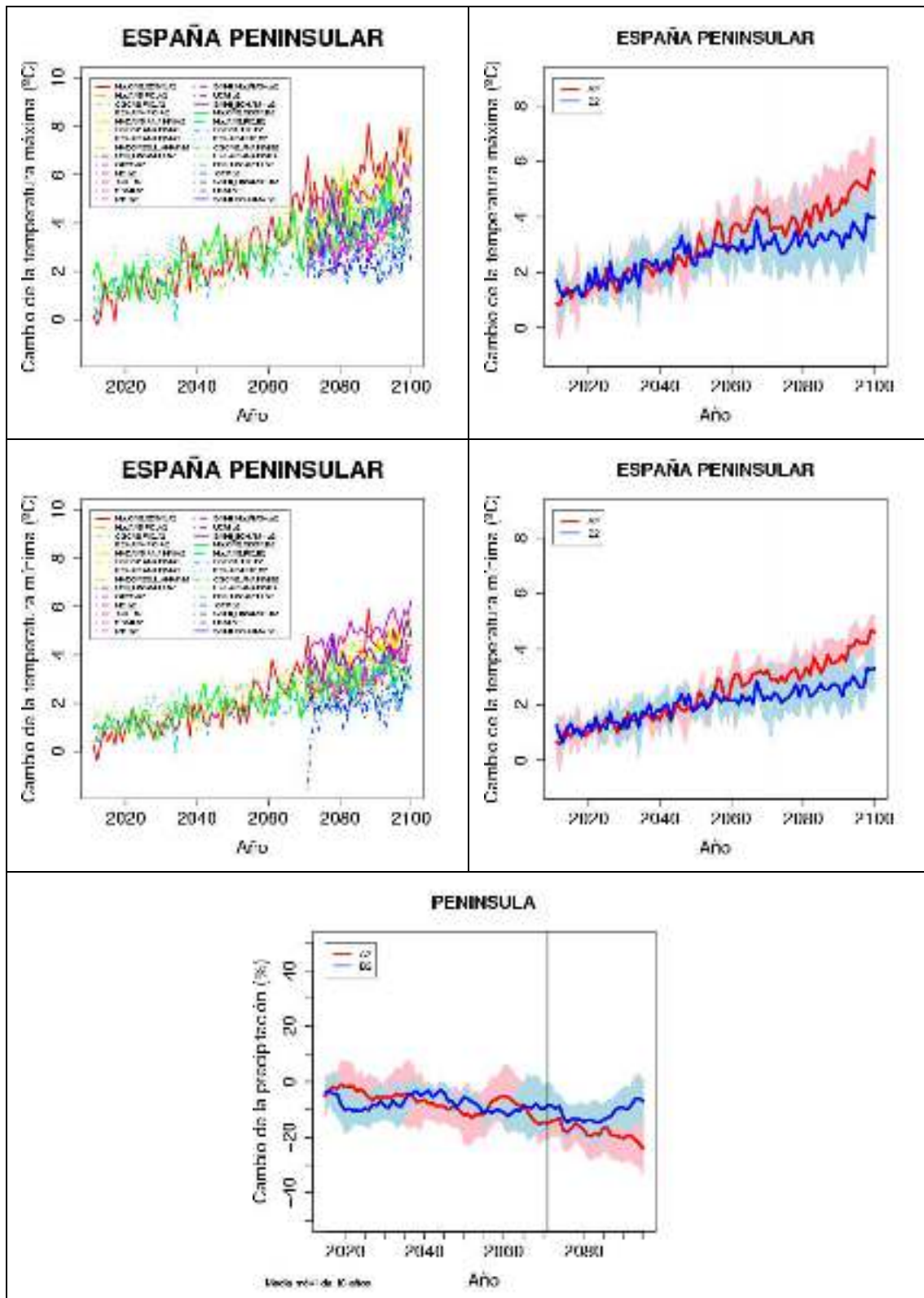


Fig. 3.21.- Igual que Fig. 3.4, para España Peninsular.

4. Progresos en la evaluación del impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos

4.1. Introducción

Es previsible que en los próximos años el cambio climático afecte intensamente a los recursos hídricos, debido a la alteración del régimen habitual de las precipitaciones y al incremento de las temperaturas. Ello aconseja integrar la consideración del cambio climático en la política sectorial del agua, con el fin de planificar y poner en práctica las medidas de adaptación y mitigación que resulten pertinentes.

El sector de los recursos hídricos es un sector estratégico en sí mismo y por su influencia directa en la práctica totalidad de los sectores socioeconómicos y los sistemas ecológicos españoles. Todas las evidencias y proyecciones climáticas apuntan a que dichos recursos se verán seriamente afectados por el cambio climático.

Ya en 1998 el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX llevó a cabo un estudio sobre el impacto potencial del cambio climático en los recursos hídricos y demandas de agua de riego en determinadas regiones de España. Posteriormente, este estudio fue generalizado con motivo de los trabajos realizados entre 1998 y 2000 para la elaboración del Libro Blanco del Agua en España, y se procedió a evaluar en toda España el impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos para diversos escenarios de precipitación y temperatura. Finalmente, en la documentación técnica del Plan Hidrológico Nacional de 2001 también se analizaron los posibles efectos del cambio climático y se perfeccionaron los estudios anteriores en un conjunto de cuencas españolas.

4.2. Trabajos en curso

Considerando el marco jurídico del desarrollo de la Ley de Aguas en España, durante el año 2007 se ha elaborado el nuevo Reglamento de la Planificación Hidrológica –aprobado en el Real Decreto 907/2007-, que incluye en su articulado referencias explícitas que marcan la necesidad de evaluar los impactos del cambio climático en el sector. Esto supone la materialización de una creciente integración de la adaptación al cambio climático en la política sectorial del agua en nuestro país.

Concretamente, el R.D. 907/2007 incluye dos artículos donde se integra la adaptación al cambio climático en la planificación de los recursos hídricos:

Artículo 11. Inventario de recursos hídricos naturales

[...]

4. El plan hidrológico evaluará el posible efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos naturales de la demarcación. Para ello estimará los recursos

que corresponderían a los escenarios climáticos previstos por el Ministerio de Medio Ambiente, que se tendrán en cuenta en el horizonte temporal indicado en el artículo 21.4.

Artículo 21. Balances, asignación y reserva de recursos.

[...]

4. Con objeto de evaluar las tendencias a largo plazo, para el horizonte temporal del año 2027 el plan hidrológico estimará el balance o balances entre los recursos previsiblemente disponibles y las demandas previsibles correspondientes a los diferentes usos. Para la realización de este balance se tendrá en cuenta el posible efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos naturales de la demarcación de acuerdo con lo establecido en el artículo 11. El citado horizonte temporal se incrementará en seis años en las sucesivas actualizaciones de los planes.

Por otra parte, y en cumplimiento de lo estipulado en la normativa citada, actualmente existe una Encomienda de Gestión por la Dirección General del Agua al Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) para el estudio de los impactos del Cambio Climático en los recursos hídricos y las masas de agua.

El estudio, que se está abordando de un modo integral, se ha dividido en las siguientes actividades principales:

- Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural
- Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación
- Efecto del cambio climático en los recursos hídricos disponibles en los sistemas de explotación
- Efecto del cambio climático en el estado ecológico de las masas de agua

Previamente al inicio de los trabajos, se han desarrollado las metodologías para realizar el estudio sobre la evaluación de los impactos y la adaptación al cambio climático en el sector de los recursos hídricos en España.

Además se están llevando a cabo otras actividades relacionadas con las anteriores y que las complementan, como:

1. Creación de una base de datos de documentación, publicaciones y noticias de prensa y revistas especializadas sobre cambio climático, recursos hídricos, demandas de agua, agricultura y biocombustibles, estado ecológico de las masas de agua. Dicha base de datos se actualiza semanalmente.
2. Análisis de los escenarios climáticos regionalizados de cambio climático para España a partir de los datos facilitados por la Agencia Estatal de Meteorología, en el marco del PNACC.

Hay que mencionar que muchas de las proyecciones climáticas facilitadas por la AEMet abarcan solamente el periodo 2071-2100, por lo que de cara al actual año horizonte de la Planificación Hidrológica no resultan muy interesantes. En

el grupo anterior quedan incluidos los modelos regionales participantes en el proyecto PRUDENCE y algunos de los obtenidos mediante métodos estadísticos.

Se ha iniciado el análisis de los datos procedentes del método de análogos de la AEMet (regionalización estadística) relativos a temperaturas máximas y mínimas y precipitación. Estos datos se presentan en una rejilla de alta resolución de 203 puntos distribuidos por el territorio de la España Peninsular y Baleares.

También se ha realizado la adecuación de la base de datos del proyecto PRUDENCE debido al elevado número de datos (datos diarios por celda, de 988 celdas) de un periodo de 30 años correspondientes a un fichero de control y dos ficheros de los escenarios de emisión A2 y B2), y al formato de estos (modo rejilla). El resultado son las medias mensuales de cada año, y únicamente de las celdas que se encuentran en la Península. Con todos estos datos se está generando una base de datos Access.

Se han iniciado trabajos para que a través de Sistemas de Información Geográfica se incorporen y/o representen los datos de los escenarios regionalizados de cambio climático de temperatura y precipitación de la AEMet, así como los resultados de los modelos climáticos utilizados en el proyecto PRUDENCE.

4.2.1. Estimación de las aportaciones en régimen natural bajo los escenarios de cambio climático

Se utilizará el modelo de simulación de aportaciones mensuales de SIMPA. Este es un modelo hidrológico conceptual y cuasidistribuido que simula caudales medios mensuales en régimen natural en cualquier punto de la red hidrográfica de una cuenca con herramientas que facilitan la calibración de parámetros comparando los datos simulados con los históricos de las estaciones de aforo de control.

El modelo reproduce los procesos esenciales de transporte de agua que tienen lugar en las diferentes fases del ciclo hidrológico. En cada una de las celdas en que se discretiza el territorio plantea el principio de continuidad y leyes de reparto y transferencia entre los distintos almacenamientos. La resolución temporal que utiliza es el mes, por lo que puede obviarse la simulación de un gran número de almacenamientos intermedios y la propagación del flujo en la cuenca.

La información de partida del modelo está constituida por los datos de precipitaciones y temperaturas medias, máximas y mínimas mensuales en las estaciones meteorológicas y los datos de caudales históricos en los puntos de contraste.

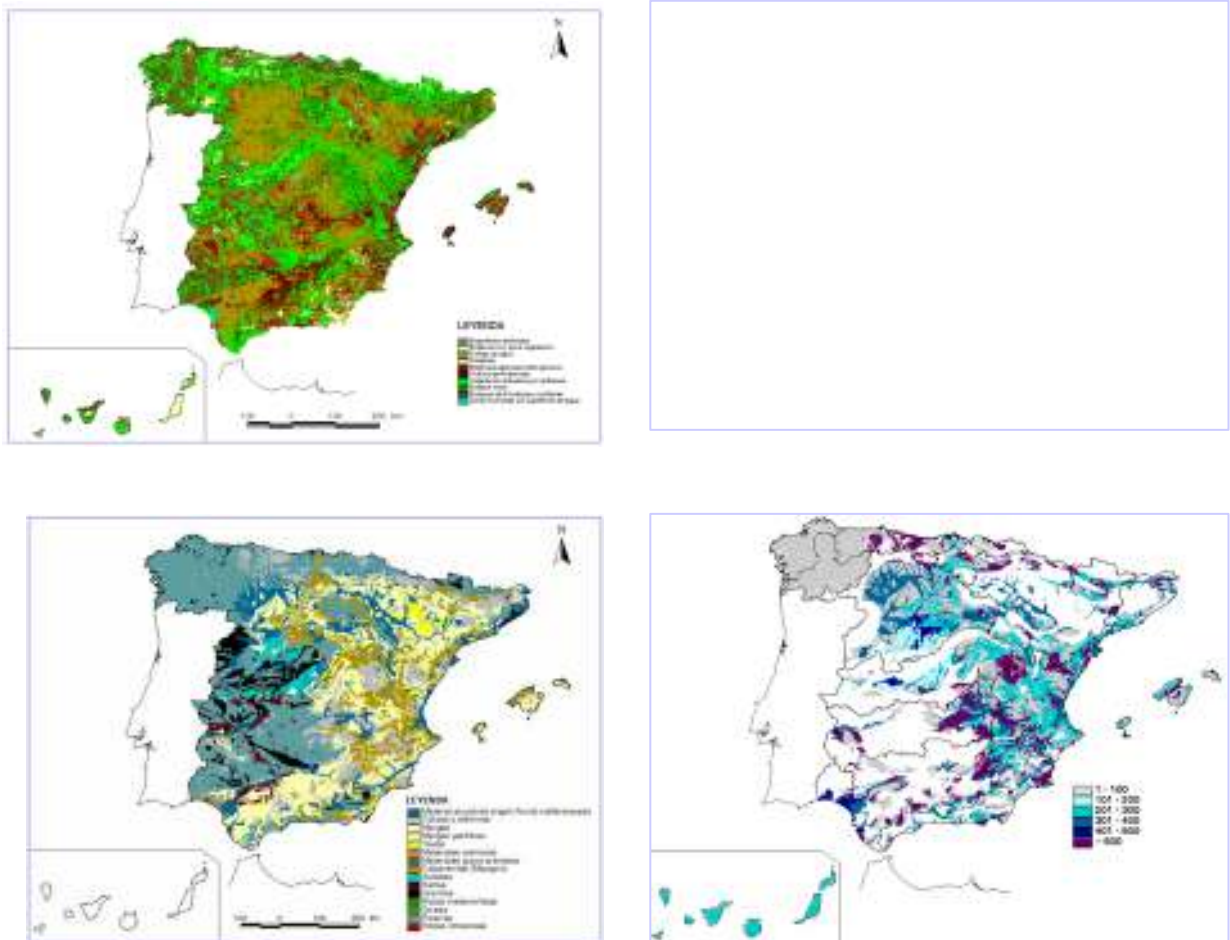


Fig. 4.1. Parámetros del modelo: mapa de usos del suelo, mapa de capacidad máxima de almacenamiento de agua en el suelo, mapa de litologías y mapa de capacidad máxima de infiltración

Los resultados del modelo son los mapas de los distintos almacenamientos, humedad en el suelo y volumen de acuífero, y de las variables de salida del ciclo hidrológico, evapotranspiración real y escorrentía total, obtenida esta última como suma de la escorrentía superficial y la subterránea. Los caudales mensuales, en cada intervalo de tiempo, se obtienen integrando la escorrentía total en las cuencas vertientes a los puntos de simulación. Los caudales simulados se contrastan con los datos históricos, si estos existen.

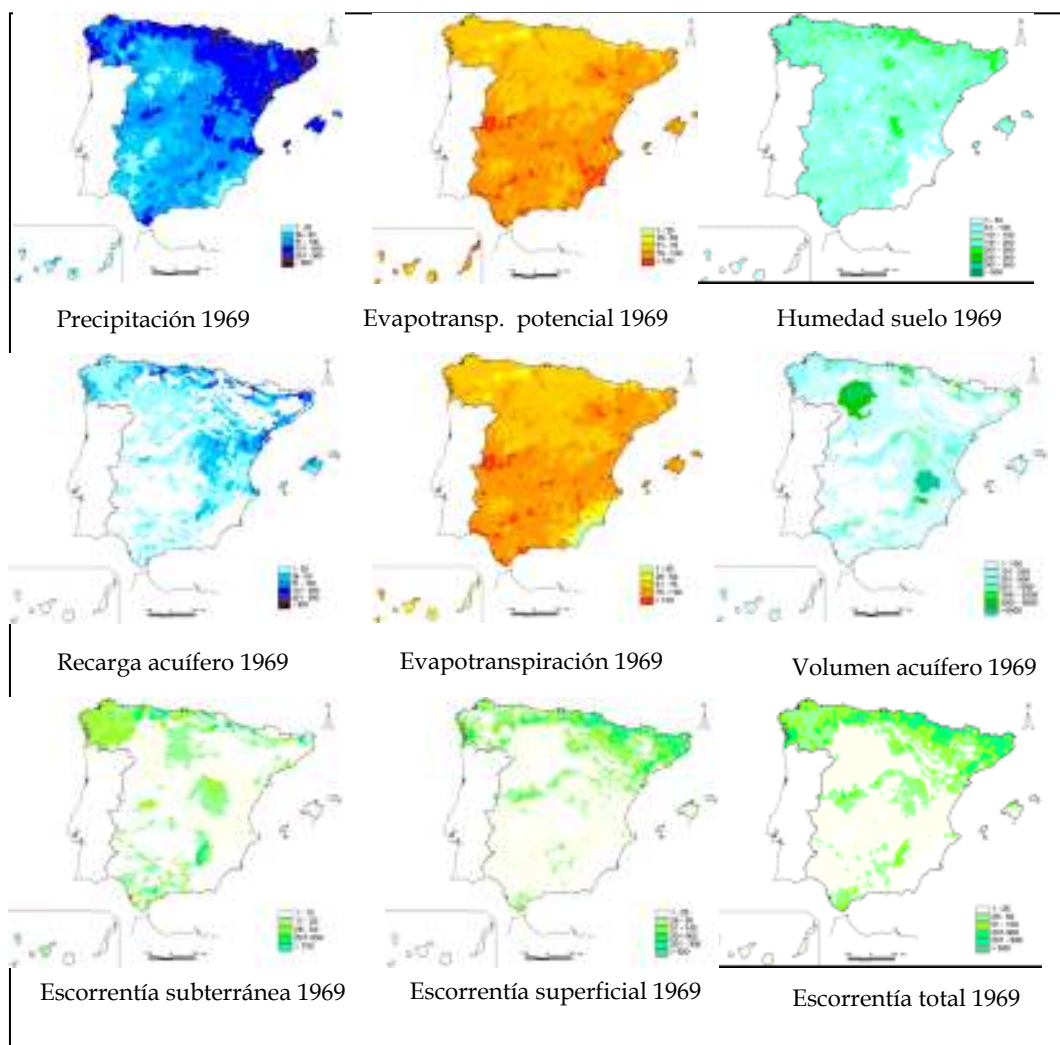


Fig. 4.2. Ejemplos de variables simuladas del ciclo hidrológico

Con esta herramienta ya se disponía de los resultados de la simulación que caracterizan el estado hidrológico en régimen natural del periodo 1940 a 1995, habiéndose ampliado en diez años (es decir hasta 2005) recientemente para todas las cuencas de España.

Los resultados en aportaciones medias anuales del modelo LB-PHN y los de la ampliación hasta el año hidrológico 2005/06 en las principales cuencas peninsulares y en el total nacional se resumen en la *fig. 4.3*. Los resultados de la ampliación son similares a los del primer modelo, aunque en todos los casos aparece una pequeña disminución en las aportaciones.

DEMARCACIÓN	Aportación 1940/41-1995/96	Aportación 1940/41- 2005/06	Desviación respecto a 1940/41-1995/96
Norte	43.494	42.737	-1,74%
Duero	13.861	13.533	-2,37%
Tajo	10.533	10.299	-2,22%
Guadiana	5.464	5.299	-3,03%
Guadalquivir	8.770	8.669	-1,15%
Cuencas Mediterráneas de Andalucía	2.446	2.393	-2,17%
Segura	817	769	-5,96%
Júcar	3.493	3.426	-1,90%
Ebro	17.189	16.630	-3,25%
Cuencas Internas Cataluña	2.742	2.658	-3,06%
España	109.948	107.458	-2,26%

Fig. 4.3. Tabla de las aportaciones medias anuales modelo LB-PHN, ampliado y desviaciones (Hm3/año)

En la fig. 4.4 se ilustra la serie de datos anuales de precipitación, evapotranspiración real y escorrentía para España. Se puede apreciar un ligero descenso respecto a la media durante los últimos años en las variables seleccionadas.

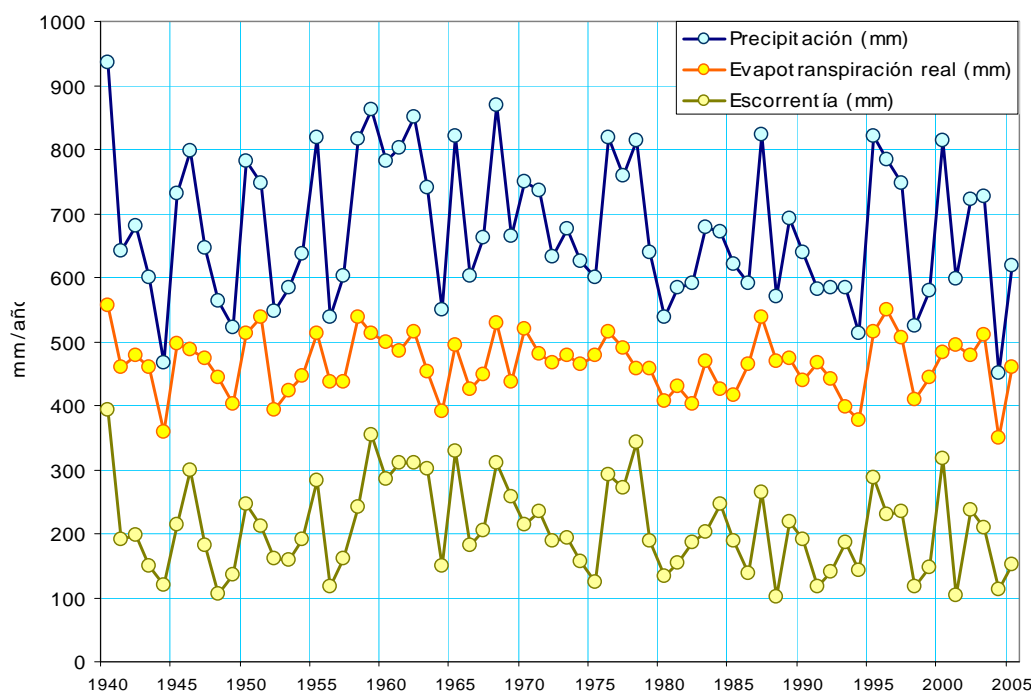


Fig. 4.4. Series de precipitación, evapotranspiración real y escorrentías anuales en España. Ampliadas hasta el año hidrológico 2005/06

Otros resultados pueden obtenerse en cualquier punto de la red hidrográfica. Por ejemplo, en la fig. 4.5. se muestran las series de entradas a los embalses de Entrepeñas y Buendía, en la cabecera del Tajo, y en la cuenca del Ebro.

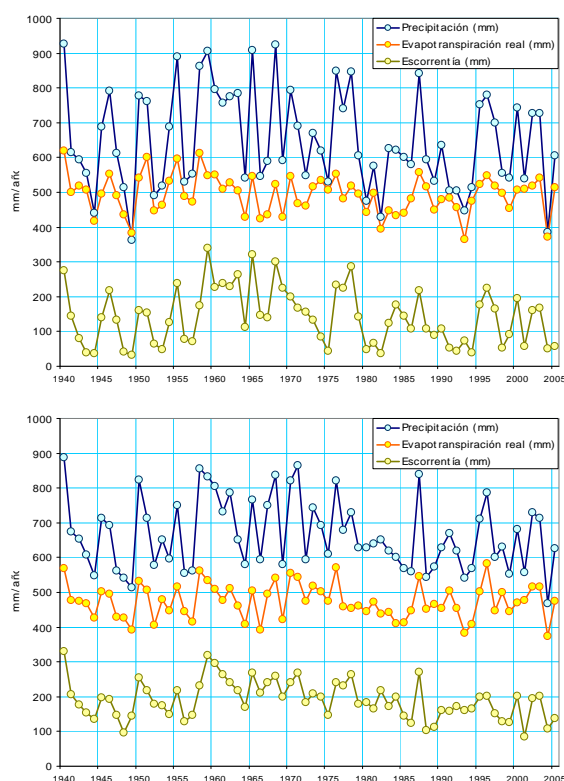


Fig. 4.5. Series hidrológicas en cuencas vertientes a Entrepeñas y Buendía, en la cabecera del Tajo y en el Ebro

Esta información constituye las condiciones de referencia para el estudio del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural. Con el mismo modelo no queda más que asumir un cambio en la fase atmosférica y recalcular las variables precipitación y evapotranspiración potencial.

4.2.2. Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación

El estudio del efecto del cambio climático sobre las principales demandas contempla las de abastecimiento, industria y regadío.

Estas demandas no dependen únicamente de los escenarios climáticos, también dependen de los escenarios socio-económicos que se consideren para el futuro que en principio serán cuatro (tendencia actual, menos y más presión sobre los recursos y baja de la demanda de agua).

Inicialmente se ha realizado una investigación sobre experiencias en otros países relativas al estudio del cambio climático y su influencia en las demandas de agua y estrategias de adaptación. Algunas de estas experiencias son:

- Metodología utilizada en el Reino Unido para evaluar los impactos del cambio climático en las demandas de agua (“Climate change and demand for water”, 2003).
- Metodología utilizada en California para el establecimiento de escenarios futuros de demanda de agua (“California water plan update 2005. Quantified scenarios of 2030. California water demand”)
- Identificación de aspectos relacionados con el cambio climático dentro de la Directiva Marco de Aguas (DMA) de la Unión Europea y el análisis de las políticas sobre recursos hídricos en los Estados Miembros relacionadas con la adaptación al cambio climático

También se han revisado documentos como “Climate Change and Water Adaptation Issues”²; y “Time to Adapt. Climate Change and the European Water Dimension. Vulnerability - Impacts – Adaptation. Conclusions and Key Messages”³.

Se han iniciado los trabajos por las demandas de riego, que son las más significativas en nuestro país de las tres consideradas.

Ha sido elaborado un modelo de simulación de cultivos basado en la metodología propuesta por la FAO en 2006 (Estudio Riego y Drenaje nº 56). En el modelo se introducen los datos meteorológicos correspondientes a la estación meteorológica seleccionada para cada provincia y se obtienen los valores de evapotranspiración potencial por los métodos de Penman modificado y Penman-Monteith. A continuación se obtienen las necesidades hídricas del cultivo para diversas fechas de plantación y duración de sus fases.

Actualmente estos cálculos se han realizado para el cultivo del maíz en las provincias de: Albacete, Cuenca, Guadalajara, Toledo, Ciudad Real, Valladolid, Badajoz, Navarra, Logroño, Huesca, Zaragoza, Lleida y Tarragona. A corto plazo se ampliará al resto de las provincias de España.

Con este modelo se va a analizar el efecto del cambio climático en los cultivos más representativos de la agricultura española, en lo referente a dotaciones de riego por variación en factores climáticos, y por modificación de la época y duración del ciclo de los cultivos.

Además se ha analizado el modelo de simulación de cultivos “CropSyst” que permite representar, con un intervalo de ejecución diario, a nivel local, las interacciones del sistema suelo-planta-atmósfera teniendo en cuenta el efecto del CO₂ en el comportamiento del cultivo. Se ha estudiado la aplicación, de forma experimental, de dicho programa al maíz en la zona de Albacete, con atención a los puntos siguientes:

² EEA Technical report No 2/2007. EEA, Copenhagen, 2007

³ International symposium ‘Time to adapt – climate change and the European water dimension’. German EU presidency 2007. Berlin, 12-14 February 2007.

- Contraste de valores medios de rendimientos y de ETc (evapotranspiración del cultivo) calculados por “CropSyst” con valores medios de la literatura y calculados
- Rango de influencia del incremento de las temperaturas en la relación entre los valores medios del “Rendimiento – ETc” y de “Evapotranspiración potencial diaria – Longitud del periodo del cultivo”
- Influencia del incremento de la radiación global solar, de la velocidad del viento y de la humedad relativa en los valores medios de la ETc, del rendimiento y de la longitud del periodo del cultivo; así como la influencia adicional del crecimiento del nivel de CO₂ en la variación de los valores de la ETc, del rendimiento y de la longitud del periodo del cultivo.

Por otra parte se ha recopilado información sobre el estado de las investigaciones relacionadas con la variación de la producción y los requerimientos hídricos de los cultivos relacionados con el aumento de la concentración de CO₂ atmosférico y el cambio climático. Esto es necesario para conocer que valores deben tomar determinados parámetros relacionados con el CO₂ en el modelo de simulación de cultivos.

4.2.3. Efecto del cambio climático en el estado ecológico de las masas de agua

Para el desarrollo de esta actividad, cuyo esquema de trabajo se presenta en la *fig. 4.7.*, se han iniciado una serie de trabajos previos de recopilación y tratamiento de información, imprescindibles para este estudio y que se detallan a continuación.

Recopilación o generación de la información autoecológica de cada taxón o grupo biológico para conocer los rangos preferenciales de las variables abióticas (clima, físico-química del agua, etc.) que mejor definen su óptimo ecológico. Para ello se han iniciado los trabajos encaminados a elaborar los atlas de distribución de los taxones que se utilizarán en el estudio así como de las variables naturales que puedan explicar mejor su distribución biogeográfica y sus óptimos ecológicos.

Los atlas de distribución se realizan sobre la red hidrográfica en formato GIS y pueden representarse bien mediante puntos o estaciones donde se ha muestreado, o bien mediante tramos que conecten varias estaciones contiguas si se deduce que la distribución es continua. También se representarán, en mapas GIS sobre la red de drenaje, los rangos de las diferentes variables naturales consideradas. Se prevé que incluya datos sobre los siguientes indicadores biológicos: invertebrados acuáticos, algas bentónicas y fitoplancton, macrófitas y peces. A su vez, incluirá la información relativa a las variables físico-químicas que se controlan en las redes de control y seguimiento operativas de las demarcaciones hidrográficas, tanto en ríos como en lagos y asociadas a las estaciones de muestreo biológico.

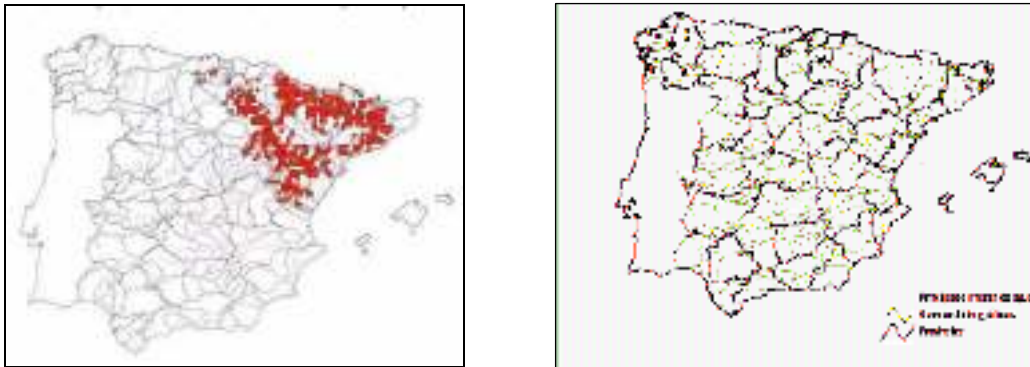


Fig. 4.6. Ejemplos de atlas de distribución de peces

Con el fin de elaborar una metodología eficaz para el análisis biogeográfico a escala nacional, que supone un volumen de datos significativo, se está trabajando inicialmente a pequeña escala con una cuenca piloto, en la que probar las diferentes técnicas GIS y de tratamiento estadístico de las variables ambientales y biológicas. Se ha escogido la cuenca del Cinca, en la demarcación hidrográfica del Ebro, por presentar una alta variabilidad ambiental, así como por disponer en el CEDEX de información suficiente para llevar a cabo este análisis.

La información utilizada en esta cuenca piloto proviene de las siguientes fuentes: datos biológicos de macroinvertebrados y variables físico-químicas obtenidos en trabajos previos del CEDEX, datos y variables hidrológicos de la red de aforos y obtenidos con el modelo SIMPA (en tramos o afluentes donde no se dispone de estaciones foronómicas) y modelo del USGS, y variables ambientales en coberturas GIS utilizadas en la tipificación de las masas de agua (mineralización, geología, clima, etc.).

La metodología de análisis y predicción que se genere en esta actuación será aplicada más adelante a los diferentes escenarios de cambio climático con las variables meteorológicas proporcionadas por la AEMet e hidrológicas generadas.

A corto plazo se pretenden abordar las siguientes actuaciones:

- Analizar los datos autoecológicos de los taxones. Se requiere la asistencia de especialistas en los diferentes grupos biológicos para seleccionar y analizar las variables ecológicas que definen los óptimos ecológicos de cada taxón. Esta información será la que se utilice para los modelos predictivos y de simulación de la respuesta de las comunidades biológicas a los diferentes escenarios de cambio climático.

→ Realizar los primeros ensayos piloto de software disponible para la predicción de la distribución geográfica de especies o taxones en base a diferentes parámetros ambientales: modelos de envolvente climática, óptimos de distribución ecológica, modelo ENFA (Ecological Niche Factor Analysis), modelos GLM (Generalized Linear Models), combinados con GIS. Existen varios estudios previos realizados con especies terrestres de estimas de la distribución más probable en base a diferentes escenarios de variables ambientales en los que se ha utilizado un software diseñado a tal efecto. Se estudiará por un lado su aplicabilidad a sistemas acuáticos (ríos y lagos) y por otro, a la información biológica y ambiental de que se dispone en este estudio.

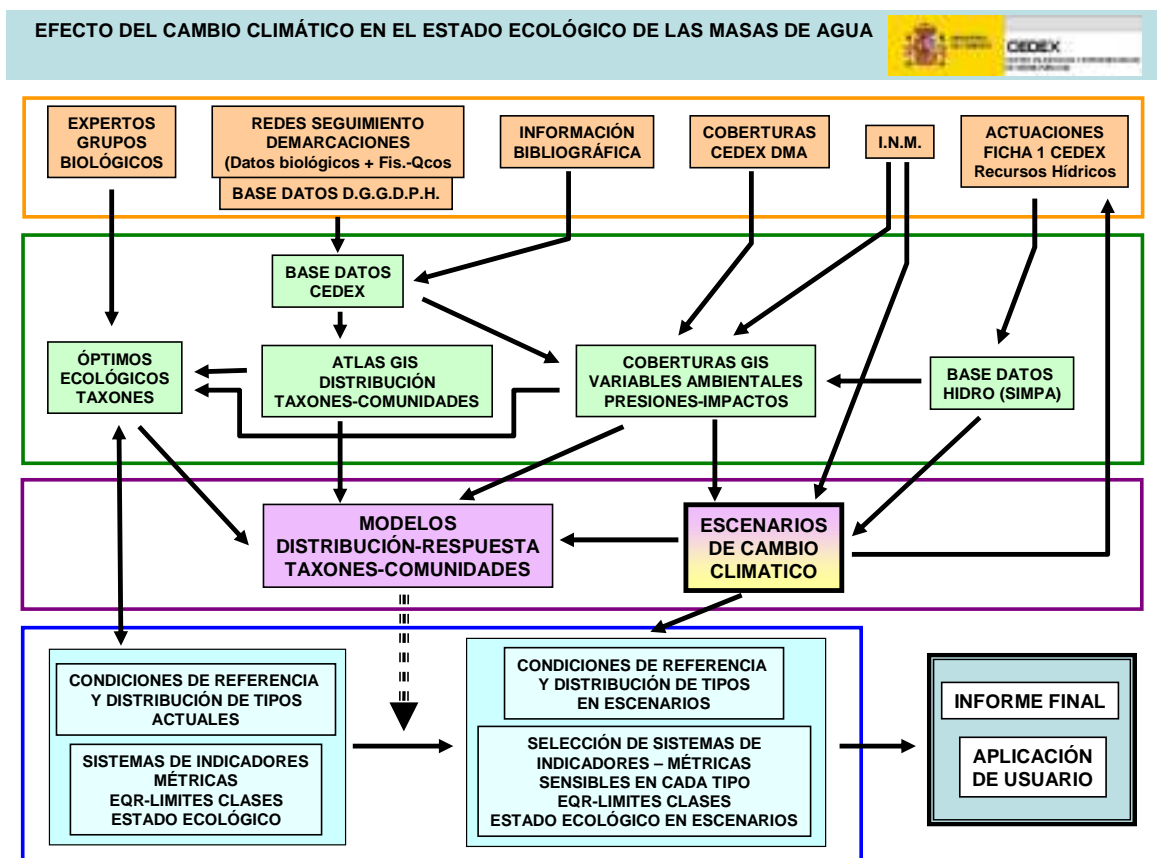


Fig. 4.7. Borrador del esquema general de trabajo para la evaluación del efecto del cambio climático en el estado ecológico de las masas de agua

5. Progresos en la evaluación del impacto del cambio climático sobre la biodiversidad

5.1. Introducción

Desde 2007, el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino viene abordando una línea de trabajo específica en materia de evaluación de impactos del cambio climático sobre la biodiversidad, enmarcada dentro del actual Plan de Adaptación al Cambio Climático.

Para ello, se están aunando esfuerzos desde la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal (DGMNPF) y la Dirección General de la Oficina Española sobre el Cambio Climático (OECC), lo que se ha traducido en el diseño y elaboración de las directrices del proyecto denominado “Evaluación de los Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático de la Biodiversidad en España”.

5.2. Actores implicados

Para el desarrollo de este proyecto se cuenta con algunos de los profesionales que ejercen su labor en España con mayor experiencia y prestigio en la materia. De este modo, además del personal asignado de las dos Direcciones Generales del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino anteriormente citadas, -un coordinador general de cada Dirección General-, el proyecto se va a desarrollar a través del trabajo coordinado de dos grupos de investigación. Por una parte, el equipo de Investigación del Dr. Ángel Felicísimo, de la Universidad de Extremadura, con amplia experiencia en modelización y desarrollo de sistemas de información geográfica aplicados a la problemática del cambio climático. Este grupo de trabajo abordará la parte del proyecto correspondiente a flora, vegetación y tipos de hábitat.

Y por otra, el equipo de trabajo del Dr. Miguel B. Araújo, investigador del Museo Nacional de Ciencias Naturales (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) y uno de los autores contribuyentes del Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), con gran experiencia en la modelización e investigación de la problemática del cambio climático sobre la fauna, materia que abordará en este proyecto.

5.3. Situación actual

Para la puesta en marcha del proyecto, se han elaborado sendos convenios entre, por una parte, la Dirección General de la Oficina Española de Cambio Climático y la Universidad de Extremadura y, por otra, la Dirección General para la Biodiversidad y el Museo Nacional de Ciencias Naturales. Ambos convenios se firmaron en 2007.

La duración de los trabajos será de dos años y la coordinación de los trabajos que se desarrollan bajo ambos convenios está asegurada a través de los Comités de Seguimiento mixtos, donde existirá representación de las dos Direcciones Generales y de cada uno de los organismos de Investigación, respectivamente. Este esquema de funcionamiento se refleja en la *fig. 5.1.*:



Fig. 5.1.- Esquema de funcionamiento del Proyecto “Evaluación de los Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático de la Biodiversidad en España”.

5.4. Trabajos a realizar

Las características técnicas de los trabajos que se pretenden realizar mediante la ejecución del proyecto, a través de sus dos partes, quedan reflejados en el apartado 5.5. Se indican los objetivos marcados, las fuentes de los datos a emplear, la metodología, los resultados esperados y los productos que serán elaborados, así como la estrategia para su difusión.

A grandes rasgos, es posible resumir el proyecto indicando que pretende realizar una primera evaluación conjunta de los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad española en el siglo XXI a través de las más modernas

técnicas de modelización, de manera que sea posible identificar potenciales actuaciones de adaptación que palien los efectos del cambio climático y contribuyan a la conservación de la biodiversidad en España. Una parte importante del proyecto es el establecimiento de adecuadas estrategias de participación y divulgación.

5.5. Características técnicas del proyecto

5.5.1. Presentación

En el marco del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), el presente proyecto tiene como objetivo evaluar los impactos, la vulnerabilidad y las opciones de adaptación al cambio climático a lo largo del siglo XXI, de una serie de hábitat y de taxones de fauna y flora de referencia, seleccionados de acuerdo a un conjunto de criterios relevantes para la conservación del conjunto de la biodiversidad española. Mediante este proyecto debe obtenerse una parte importante del conocimiento necesario que fundamente la posterior elaboración de instrumentos normativos y/o técnicos que aborden, de manera específica, la adaptación de la biodiversidad española a las condiciones climáticas cambiantes.

5.5.2. Objetivos

El objetivo general de los trabajos es proporcionar al Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino un asesoramiento específico para atender sus intereses en materia de evaluación del impacto del cambio climático sobre la biodiversidad en España, para, en el marco del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), orientar el establecimiento de medidas, políticas y estrategias en este ámbito.

Los objetivos concretos que persigue este Convenio son:

- Evaluar posibles impactos y predecir la situación futura de una muestra de hábitat y de taxones de flora y fauna españoles, con objeto de analizar los efectos del cambio climático sobre estos en el futuro.

El proyecto se concibe como un primer paso cuyos resultados orientarán futuros proyectos y, con esta premisa, la evaluación se va a centrar en una selección de hábitat y de taxones de flora y fauna que sean representativos de la biodiversidad española.

El análisis contempla dos niveles: individual (en relación a cada tipo de hábitat y taxón seleccionado) y general, determinando la distribución general de esta biodiversidad en la actualidad y la distribución potencial en el futuro. Para ello, es preciso realizar, mediante técnicas de análisis espacial y desarrollo de modelos probabilísticos, análisis de los patrones de distribución y proyecciones de las potenciales modificaciones en

estos patrones de distribución de los hábitats y taxones por efecto del cambio climático.

- Identificación, análisis y evaluación de potenciales actuaciones de conservación para minimizar la problemática del cambio climático sobre la biodiversidad analizada.

Una vez identificados los tipos de hábitat y los grupos de taxones de nuestra fauna y flora más vulnerables al cambio climático, se analizarán y evaluarán las distintas opciones de adaptación que pueden minimizar los impactos, incluyendo el papel que, en los escenarios futuros generados, jugarán las redes de espacios naturales protegidos (redes de las Comunidades Autónomas, Parques Nacionales, Natura 2000...) en la conservación de esta biodiversidad.

- Establecimiento de una adecuada estrategia para la participación, comunicación y divulgación de los resultados, las conclusiones y las propuestas.

De acuerdo con el marco general del PNACC, un aspecto fundamental de los proyectos de evaluación de los impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático es la participación de los agentes implicados que puedan contribuir de forma importante a la consecución de los objetivos marcados, tanto para alimentar al proyecto (por ejemplo, en la recopilación de información durante su primera fase) como para discutir los resultados del mismo. Junto con la participación, la comunicación y divulgación de los resultados es también un objetivo prioritario.

5.5.3. Datos

Datos y fuentes de información sobre hábitat y taxones

Para la selección del conjunto de hábitat y los taxones de fauna y flora que van a integrarse en este proyecto se atenderán criterios que consideren aspectos relevantes, como: el estado de conservación de los taxones (definido en los correspondientes Libros Rojos, y que se refleja en la protección que reciben en los Catálogos nacional y autonómicos, así como en los anejos de la Directiva 79/409/CEE, de Aves, y la Directiva 92/43/CEE, de Hábitat); el carácter endémico; la vinculación a medios que pueden verse más afectados por el cambio climático (como áreas de montaña, zonas áridas o ecosistemas acuáticos, como humedales, ambientes fluviales...); taxones de excepcional importancia ecológica; taxones de distribución escasa o particularmente sensibles; taxones amenazados que se encuentren en el límite natural de su área de distribución; especies invasoras, etc. En el proceso de selección se procurará promover la participación de agentes implicados en la planificación y gestión de los impactos del cambio climático en la biodiversidad española.

La fuente de los datos e información sobre la distribución actual de taxones está incluida en el Banco de Datos de la Biodiversidad, que desarrolla y mantiene la Dirección General para la Biodiversidad. Dentro de éste, resultará de especial importancia la información procedente del Inventario Nacional de Biodiversidad, que incluye actualmente información georreferenciada sobre la distribución estatal de los tipos de hábitat y la fauna de vertebrados. La información disponible para plantas e invertebrados no es exhaustiva, y se limita a las especies más amenazadas, si bien permite el análisis de cierto número de taxones de elevado interés. Finalmente, la información contenida en el Inventario Forestal Nacional puede complementar de manera importante los datos a emplear para el caso de los ecosistemas forestales. Al margen de esta información disponible, también se pueden considerar otras fuentes, ya sean procedentes de administraciones autonómicas o de bases de datos de otras instituciones.

Para cada uno de los tipos de hábitat y taxones seleccionados se realizará una ficha que sintetice la información científica disponible e incluya una descripción general de su ecología, tipos de hábitat importantes para el taxón, estatus de protección y grado de amenaza, estimación del potencial impacto del cambio climático, posibles medidas de adaptación, etc. Se incluirá también una primera estimación de las posibilidades de aplicación de la metodología a emplear para la obtención de modelos probabilísticos.

Datos y fuentes de información sobre clima y cambio climático

Los datos sobre clima presente procederán de la base de datos de la Agencia Estatal de Meteorología y de los análisis climatológicos que elabora la propia Agencia.

Con respecto a los datos sobre proyecciones climáticas futuras, elemento imprescindible para las evaluaciones de los impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, se utilizarán los escenarios climáticos regionales desarrollados y coordinados por la Agencia Estatal de Meteorología en el marco del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

Otras variables y fuentes de información a incorporar en el estudio

Otras posibles fuentes cartográficas digitales de interés que podrían ser incorporadas en el proyecto son las siguientes:

- Usos del suelo: Corine Land Cover, SIG Oleícola, regadíos...
- Características fisiográficas: MDT, litología, cuencas, redes hidrográficas, batimetrías...
- Infraestructuras lineales, infraestructuras hidráulicas, núcleos de población, municipios...
- Espacios naturales protegidos (Natura 2000, Parques Nacionales y demás redes de espacios protegidos de las Comunidades Autónomas)

5.5.4. Metodología

La metodología a emplear en este proyecto incluye el desarrollo de 'modelos probabilísticos predictivos' (MPP). Se entiende como MPP a la expresión cartográfica de lo adecuado o inadecuado del territorio para albergar una especie de fauna determinada. Los mapas resultantes de construir el MPP representan el territorio, asignando a cada localización un valor entre 0 (incompatible) y 1 (idóneo). Estos modelos son, por tanto y esencialmente, *modelos de distribución potencial de especies*, generados mediante métodos estadísticos multivariantes que establecen una relación entre las variables climático-ambientales y los datos de distribución de la fauna.

Aplicando la metodología apropiada, se obtendrán MPP individuales de cada uno de los taxones / tipos de hábitat seleccionados, considerando los datos climáticos y ambientales referidos a las condiciones actuales.

Una vez obtenido el MPP de los taxones seleccionados, es posible evaluar su situación previsible en los escenarios de cambio climático mediante la proyección de su distribución potencial en las condiciones futuras.

Se generarán modelos individuales para cada tipo de hábitat y taxón bajo los distintos escenarios climáticos regionalizados. Los n modelos de cada tipo de taxón, correspondientes a los n escenarios de cambio climático considerados serán analizados, definiendo las zonas de máxima coincidencia y las zonas donde la incertidumbre es mayor.

A partir de la comparación entre la situación de cada taxón / tipo de hábitat en la actualidad y en los escenarios de cambio considerados, se pueden obtener resultados individuales por taxón / tipo de hábitat y patrones generales del conjunto de la biodiversidad analizada.

También a partir de estos patrones generales de distribución será posible la identificación de áreas de alta biodiversidad, tanto en las condiciones actuales como en los escenarios futuros; como en éste último caso se considerará una colección de escenarios, el resultado final será un modelo de síntesis que considere las zonas de máxima coincidencia y las zonas de mayor incertidumbre.

Un análisis comparativo de las áreas de distribución de los tipos de hábitat y los taxones seleccionados -entre la situación actual y las condiciones futuras- permitirá detectar los patrones de cambio a lo largo del siglo XXI. Resulta de gran interés la definición de indicadores que cuantifiquen, mediante el empleo de las variables más adecuadas, la situación probable para la biodiversidad analizada. Con ello es posible obtener una visión acerca de los taxones o tipos de hábitat más afectados, permitiendo priorizar las potenciales actuaciones de conservación. Los indicadores pueden referirse tanto a especies o tipos de hábitat como a áreas concretas dentro del territorio de referencia (por ejemplo, cuadrículas UTM).

5.5.5. Resultados esperados

De acuerdo a la metodología señalada en el apartado anterior, se enumeran a continuación los resultados esperados del proyecto:

Modelos Probabilísticos Predictores (MPP) a nivel individual

- Cartografía de los MPP en las condiciones climáticas actuales para cada uno de los taxones y tipos de hábitat seleccionados
- Cartografía de los MPP en las condiciones climáticas futuras
- Comparación entre la distribución potencial en las condiciones climáticas actuales y la distribución real de los taxones y tipos de hábitat seleccionados
- Comparación entre la distribución potencial en las condiciones climáticas futuras y la distribución real actual de los taxones y tipos de hábitat seleccionados

Definición y aplicación de indicadores de vulnerabilidad para los hábitats y los taxones seleccionados

- Evaluación de la vulnerabilidad de los taxones y tipos de hábitat seleccionados a través del cambio en la distribución potencial obtenida mediante los MPP: definición de zonas de estabilidad, pérdida o ganancia.
- Valoración del territorio en función de la vulnerabilidad de la fauna, flora y tipos de hábitat seleccionados que actualmente contiene, considerando las predicciones de los modelos
- Determinación de áreas críticas para la fauna, flora y tipos de hábitat seleccionados

Definición y aplicación de indicadores de vulnerabilidad: Patrones generales de los hábitat, flora y fauna analizados

- Patrones generales de distribución de la biodiversidad seleccionada en la actualidad
- Patrones generales de distribución de la biodiversidad seleccionada en los escenarios de cambio climático considerados
- Identificación de áreas de alta diversidad, tanto en las condiciones actuales como en los escenarios futuros
- Identificación de las áreas críticas donde el cambio climático afectará en mayor proporción a la biodiversidad considerada

Identificación de las áreas con mayor tasa de cambio en las distribuciones potenciales de hábitat y taxones de fauna y flora, de acuerdo a los MPP

Se identificarán las áreas donde las tasas de cambio -según los correspondientes indicadores- sean mayores, positiva o negativamente.

Para aquellas zonas donde actualmente existe una notable biodiversidad y los modelos, bajo los escenarios de cambio climático, planteen un riesgo de

pérdidas elevadas, se deberán proponer actuaciones concretas para la conservación de su flora, su fauna y sus tipos de hábitat. Por el contrario, en aquellas zonas que se identifiquen como potenciales refugios o que incluso puedan ver incrementado en el futuro su biodiversidad -según el modelo de cambio- se propondrán actuaciones que faciliten la adecuada gestión y conservación de estos valores naturales. Se identificarán, asimismo, las áreas que, según los indicadores de cambio, se mantengan estables.

Identificación de taxones de fauna y flora y tipos de hábitat de atención preferente ante el cambio climático

Se propondrá un listado de taxones y hábitat de atención preferente ante los previsibles efectos del cambio climático. Los elementos de este listado deberían recibir atención prioritaria en los trabajos de planificación y gestión de cara a su conservación, considerando tanto opciones *in situ* como *ex situ*.

Propuestas de adaptación al cambio climático en relación a los usos del territorio y los espacios naturales protegidos

La identificación de áreas con mayor tasa de cambio puede servir para facilitar la identificación de medidas de adaptación al cambio climático en las redes de ENP tales como:

- diseño integrado de espacios protegidos (creación de nuevos espacios protegidos y/o posible reestructuración de los existentes en el marco de cambio previsto)
- conveniencia de considerar distintas estrategias en situaciones donde no exista conexión natural entre zonas, como por ejemplo: cambios en los usos del territorio (habilitar corredores o zonas de salto, etc.), determinación de usos permitidos, autorizables o prohibidos en las zonas definidas como prioritarias de las categorías propuestas
- el seguimiento de los taxones o tipos de hábitat más amenazados por el cambio climático, especialmente en zonas potencialmente sensibles

Propuesta de líneas de investigación preferentes para el futuro

Un importante aspecto de este proyecto es la identificación y propuesta de nuevas líneas de investigación que lleven a superar los obstáculos metodológicos que se planteen en el desarrollo del trabajo y a profundizar en los resultados obtenidos.

5.5.6. Productos a elaborar

De los resultados esperados que se han señalado en el apartado anterior se elaborarán los siguientes productos:

- Un documento (en español y con un resumen ejecutivo traducido al inglés) que compile todos los resultados, los análisis y las conclusiones que se

extraigan del proyecto, con cartografía y gráficos adecuados. El documento incluirá resultados a nivel nacional y resultados individualizados para cada Comunidad Autónoma.

- Los datos para los distintos taxones de flora y fauna y tipos de hábitat se presentarán en forma de ficha.
- Una aplicación de usuario que integre todos los datos y los resultados, y constituya una herramienta de análisis y consulta –numérica, gráfica y geográfica- y de generación de informes (incluyendo cartografía y estadísticas). En esta aplicación se podrán realizar una amplia gama de consultas interactivas y flexibles de todos los resultados del trabajo, a través de una interfaz gráfica que incluya menús y opciones, y mapas sensibles con diferentes coberturas a visualizar. Los análisis y consultas podrán realizarse a dos niveles: nacional y por Comunidad Autónoma.

5.5.7. Estrategia para la participación, comunicación y divulgación de los resultados, las conclusiones y las propuestas

Las CCAA son pieza clave en la planificación y gestión de la conservación de la biodiversidad en España y, por tanto, se debe buscar su participación en el proyecto. Las formulas para esta participación deberían implicar a los principales órganos de participación ya existentes en este ámbito de trabajo, tales como el Consejo Asesor de Medio Ambiente, ahora Consejo Estatal para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad, el Grupo de Trabajo sobre Impactos y Adaptación de la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático y los Comités de Fauna y Flora y de Espacios Naturales Protegidos, que actúan al amparo de la Comisión Nacional de Protección de la Naturaleza, ahora Comisión Estatal para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad.

Con el objeto de reforzar la colaboración con las administraciones regionales, todos los resultados del proyecto, como ya se ha indicado, se presentarán tanto para el total del territorio analizado como para el territorio de cada una de las CCAA. En la relación con las CCAA, se hará hincapié en la oportunidad de suministrar información corológica de otros elementos de la biodiversidad, en su territorio en plazos y formatos adecuados, para considerar –en función de sus características y de la metodología utilizada en el proyecto- la idoneidad de su incorporación al análisis de impactos, vulnerabilidad y opciones de adaptación.

Con relación a la comunidad científica y académica, se elaborará una base de datos con los distintos grupos de trabajo y/o investigadores que trabajen en aspectos relacionados con el cambio climático y la biodiversidad, pudiendo organizarse foros y encuentros u otros mecanismos de comunicación para intercambiar resultados del trabajo y establecer las propuestas de nuevas líneas de investigación.

El papel de las ONG puede ser muy relevante en materias como la concienciación, la educación ambiental o el monitoreo de los efectos del

cambio climático en la biodiversidad. Algunas asociaciones mantienen bases de datos que pueden ser de interés para el proyecto.

Complementariamente a la participación, se propondrá una estrategia de comunicación y divulgación que suponga poner en valor los conocimientos que se generen en este proyecto.

6. Progresos en la evaluación del impacto del cambio climático sobre las zonas costeras

6.1. Introducción

España cuenta con una franja costera amplia y singular. Una parte importante de la población y del modelo de desarrollo económico se encuentran íntimamente ligados a la costa, y estos factores han ejercido y ejercen presiones que están poniendo en peligro su integridad y su futuro. El cambio climático es un factor más de presión para nuestras costas, que debe sumarse a los demás elementos y abordarse de forma conjunta e integrada con ellos.

El Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino ha abordado los problemas de la costa española mediante un Plan a largo plazo, la Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa, que se basa en el concepto de Gestión Integrada de Zonas Costeras, y constituye un ambicioso programa para recuperar el estado de la amplia franja litoral y garantizar su gestión sostenible para el futuro. Ello quiere reflejar el compromiso de impulsar una gestión sostenible, integrada y concertada del litoral.

La Estrategia dotará al Estado español de un documento de planificación estratégica que establecerá unos objetivos generales que habrán de presidir la política de costas, y unos objetivos específicos para cada una de las distintas unidades de gestión costera que se identifican, definiendo unos ejes prioritarios de actuación para su consecución. Sobre sus resultados, se realizará la programación anual de actuaciones.

Este Plan Director constituye un ejemplo de cómo integrar la adaptación al cambio climático en las políticas sectoriales.

6.2. Aproximación estratégica

El Primer Programa de Trabajo del PNACC, en su línea relativa a la evaluación del impacto del cambio climático sobre las zonas costeras, se ha incorporado a esta Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa, de acuerdo con el objetivo de integración sectorial expresado en el PNACC. La reducción de los efectos del cambio climático aparece en la Estrategia como uno de los cuatro desafíos a abordar, junto con otros retos muy interrelacionados, como frenar la ocupación masiva de la costa, recuperar la funcionalidad física y natural y cambiar el modelo de gestión.

La Estrategia se ha diseñado en cuatro fases:

- Caracterización y diagnóstico del medio costero
- Establecimiento de los ejes prioritarios y elaboración de propuestas y alternativas de actuación
- Evaluación de las propuestas de actuación

- Redacción final del Plan

Para proceder a la primera fase, el territorio se ha dividido en una serie de elementos básicos: playas y dunas, acantilados, aguas y ambientes de transición, masas de agua costeras, y unidades especiales. Dentro de cada elemento, se evalúan una serie de variables y parámetros, que darán lugar a una serie de Índices sintéticos: de Integridad Física, de Funcionalidad Natural, de Usos del Suelo y de Paisaje.

La evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático se realiza, principalmente, como parte del Índice de Integridad Física, y a través de un índice denominado Índice de Vulnerabilidad Costera (Hammer y Thieler 2001), que combina la susceptibilidad de la costa a los cambios con su capacidad natural de adaptarse. El índice se obtiene mediante la integración de una serie de variables físicas, que se obtienen directamente en la unidad de gestión: carrera de la marea, altura de la ola (período de retorno de 10 años), pendiente de la costa, tasa de erosión, topología geomorfológica.

El índice incorpora asimismo una serie de variables relativas a cambio climático: la ‘tasa de variación del nivel del mar por efecto del cambio climático’, la ‘tasa de variación de la altura de la ola por efecto del cambio climático’ y la ‘tasa de variación de la dirección del flujo medio de energía por efecto del cambio climático’, cuya obtención se realiza a partir de los datos aportados y el procedimiento descrito en el estudio ‘Impactos en la costa española por efecto del cambio climático’, resultante del *Convenio de colaboración entre el Ministerio de Medio Ambiente y la Universidad de Cantabria en materia de investigación sobre impactos en la costa española por efectos del cambio climático*, suscrito en Noviembre de 2002.

Por otra parte, la Estrategia pretende coordinar sus trabajos con los esfuerzos realizados en otros sectores contemplados en el Primer Programa de Trabajo del PNACC, cuyos trabajos están en marcha en la actualidad, como son la generación de escenarios climáticos regionalizados, y los trabajos en marcha relativos a los sectores del agua y la biodiversidad. Así, este Plan Director de Costas irá incorporando la información sobre escenarios climáticos regionalizados a medida que sea generada por la AEMet, para realizar estimaciones actualizadas de los distintos indicadores de vulnerabilidad frente al cambio climático, entre los que se encuentran: carrera media de marea, altura de ola, tasa de erosión, y otros índices y tasas asociados al cambio climático. De igual manera, se pretende emplear los resultados de los escenarios hidrológicos que se generen como datos de entrada para estimar los impactos que podrían ocasionar los regímenes hídricos proyectados en los índices de integridad física y de funcionalidad natural de las distintas unidades de gestión de las zonas costeras españolas. Por otra parte, se prevé emplear la evaluación de los impactos sobre la biodiversidad para identificar los hábitats y taxones más vulnerables en el ámbito costero.

6.3. Estado de los trabajos

6.3.1. Diagnóstico de la costa española

La Estrategia se encuentra aún en su primera fase, consistente en la redacción de un documento preliminar que debe incluir una primera propuesta de acción que sea debatida con los diversos organismos con competencias en el litoral. Esta primera fase del trabajo se basa en la elaboración de un **Diagnóstico preliminar de la costa**, que el Ministerio de Medio Ambiente comenzó a realizar en 2006, para conocer su estado actual.

Por el momento, el trabajo se ha centrado en el arco mediterráneo, la Andalucía occidental hasta el Guadiana, y los archipiélagos balear y canario, estando prevista su ampliación a la costa norte atlántica y cantábrica en una fase sucesiva.

El análisis se ha realizado al nivel de Demarcación Hidrográfica, habiéndose por tanto dividido el territorio en las siguientes *unidades básicas*:

- Demarcación Hidrográfica de Cataluña
- Demarcación Hidrográfica del Ebro
- Demarcación Hidrográfica del Júcar
- Demarcación Hidrográfica del Segura
- Demarcación Hidrográfica de Andalucía (de Punta Carnero al Límite Provincial Almería-Murcia)
- Demarcación Hidrográfica de Guadalete y Barbate
- Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir
- Demarcación Hidrográfica del Tinto y Odiel
- Demarcación Hidrográfica del Guadiana
- Islas Baleares (Mallorca, Menorca, Ibiza)
- Islas Canarias (Tenerife, Gran Canaria, La Palma, La Gomera, El Hierro, Fuerteventura, Lanzarote)

En cada unidad básica se ha identificado un conjunto de *unidades de gestión* (U.G.)⁴, definidas por sus características físicas, naturales o socioeconómicas. Cada una de estas unidades de gestión ha sido sometida a un diagnóstico independiente, en el que se ha realizado, de acuerdo con las directrices definidas en el Plan Director, una evaluación detallada de las siguientes propiedades:

- Integridad Física
- Funcionalidad natural,
- Usos del suelo (evaluación socioeconómica)
- Paisaje (con especial atención al urbanismo)

⁴ Unidades de comportamiento físico-ambiental homogéneo, las cuales participan de una estrategia diferenciada que las distingue del entorno, basadas en la clasificación de unidades ambientales del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y su revisión de acuerdo a los criterios de la Directiva Marco de Aguas (2000/60/CE). La Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa se desarrolla bajo la premisa de que muchas de las actuaciones que se planteen serán competencia de los distintos organismos y administraciones competentes de rango tanto estatal como autonómico y local.

Dicha evaluación detallada consta de una parte descriptiva y una parte diagnóstica, y se completa con fotografías, figuras explicativas y una cartografía de detalle, donde se localizan los distintos componentes y amenazas del sistema litoral. A partir de los elementos evaluados, se ofrece un análisis DAFO (Debilidades-Amenazas-Fortalezas-Oportunidades) y, finalmente, se establece una propuesta de actuación, clasificada según una serie de líneas estratégicas y principios previamente definidos. El diagnóstico se completa con unas tablas-resumen de indicadores, en los que se identifican las superficies de cada elemento (o unidad) de gestión (playas, dunas, etc.) que se encuentran en buen estado o, por el contrario, en regresión o deteriorados.

El diagnóstico resultante de este trabajo es “preliminar, pero de detalle”: *preliminar*, porque se va a someter a contraste por el resto de administraciones y actores, y *de detalle*, por el nivel de definición espacial con que se ha llevado a cabo, que recoge además del análisis un avance de las líneas de acción e incluso de las actuaciones necesarias para atajar los problemas detectados.

6.3.2. El cambio climático en el diagnóstico

El tratamiento del cambio climático en el diagnóstico

De acuerdo con lo previsto en el Plan Director para la gestión sostenible de la costa, la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático se ha integrado de forma principal, en esta fase del diagnóstico, en los apartados dedicados a la valoración de la integridad física de las unidades de gestión definidas. En algunos casos, no obstante, en los que se prevén efectos sobre cualquiera de los otros medios considerados (medio natural, urbanismo, etc.), los diagnósticos correspondientes también han incorporado los comentarios pertinentes a las vulnerabilidades o amenazas identificados.

Además de en los diagnósticos de los distintos componentes, las matrices DAFO de cada una de las unidades definidas también sintetizan y recogen, por lo general, las amenazas y debilidades asociadas en cada U.G. al cambio climático.

El diagnóstico, en todo caso, ha fijado su atención principal en identificar las vulnerabilidades asociadas en cada tramo de costa al aumento del nivel del mar y a los cambios en la intensidad del oleaje vinculados al cambio climático.

Áreas vulnerables identificadas en el diagnóstico

El diagnóstico ha identificado áreas particularmente vulnerables al cambio climático en las distintas Demarcaciones Hidrográficas, a dos niveles. Al nivel general, en cada Demarcación se ha realizado una evaluación diagnóstica sistemática de los efectos esperados sobre el componente del medio físico de la línea de costa debidos al cambio climático dentro de cada U.G., que ha permitido identificar aquellas más vulnerables al cambio climático, basándose

en una serie de índices. En un nivel de mayor detalle, se han identificado, dentro de cada U.G., los lugares específicos donde se espera que se produzcan los efectos más significativos, principalmente al nivel del componente del medio físico aunque también, como se mencionó en el apartado anterior, se han introducido elementos de las demás componentes (natural y socioeconómica) en los casos en que se prevén impactos significativos.

6.4. Medidas propuestas

En cuanto a las propuestas de gestión, el Diagnóstico incluye dos aproximaciones en lo referente a la vulnerabilidad al cambio climático. Como se ha mencionado en apartados anteriores, en muchas Demarcaciones los posibles efectos del cambio climático se consideran, de forma genérica, como aditivos a los demás problemas detectados, y por tanto no generan medidas específicas de gestión en esta primera fase del diagnóstico, sino que refuerzan la necesidad de otras medidas identificadas.

La estrategia propuesta para las zonas vulnerables es, en algunos casos, la de retirada gradual y controlada de las zonas de servidumbre de protección - medida que será estudiada junto a otras posibles alternativas- , en las zonas que se determinen como vulnerables ante la subida del nivel medio del mar y su erosión asociada, superpuestas a la erosión que cada tramo de costa tiene independientemente de la producida por la subida del nivel medio del mar.

En algunos casos, no obstante, sí se ha considerado ya la necesidad de proponer medidas orientadas específicamente a la adaptación al cambio climático. Estas propuestas de acción son, en todo caso, preliminares, ya que la Estrategia se desarrolla bajo la premisa de que muchas de las actuaciones que se planteen implican a organismos y administraciones de rango tanto estatal como autonómico y local, consciente de que el reparto competencial en el entorno costero es particularmente complejo, y de que hay medidas de planificación y actuaciones en curso que podrían chocar con las propuestas emanadas del diagnóstico. Por tanto, resulta evidente que las propuestas deberán ser sometidas a los procesos de debate y participación pertinentes antes de ser definitivamente fijadas por los organismos y administraciones competentes. Por otra parte, todas estas propuestas están pendientes de la revisión que, en las fases subsiguientes de desarrollo de la Estrategia, deberán tener los distintos elementos del Diagnóstico.

7. Conclusiones

Este informe de progreso forma parte del mecanismo de seguimiento y evaluación contemplado en el propio Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Durante su primer año de desarrollo, el Primer Programa de Trabajo del PNACC ha obtenido importantes resultados en sus cuatro líneas de trabajo en curso. Las iniciativas puestas en marcha con un horizonte temporal de 2-4 años permiten tener unas buenas expectativas para los resultados esperados en el corto y medio plazo.

Por un lado, la compilación y puesta a disposición de todos los interesados, en un formato homogéneo, de una completa colección de escenarios climáticos regionalizados para España, que se han generado mediante distintas técnicas, usando diferentes modelos climáticos globales que a su vez consideran diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero, proporcionan una base imprescindible sobre la que realizar las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en los distintos sectores socioeconómicos y sistemas ecológicos. En este campo, la continuidad necesaria para obtener nuevas generaciones de escenarios climáticos regionalizados en un futuro a medio plazo está garantizada a través del equipo de expertos de la Agencia Estatal de Meteorología que coordina a nivel nacional estos trabajos.

Por otro lado, se han elaborado las bases para las evaluaciones de impactos en los sectores de recursos hídricos, biodiversidad y zonas costeras, identificando a los mejores equipos y expertos en cada campo, diseñando la metodología, integrando los trabajos en la planificación sectorial y obteniendo los primeros resultados. Los tres sectores tienen un carácter estratégico por sí mismos y por la influencia que ejercen mutuamente entre ellos y sobre otros sectores de importancia relevante para la población y la economía españoles. De esta manera, el desarrollo del PNACC va tejiendo una red de expertos y actores clave que interactúan y forman la base para mantener y potenciar la adaptación al cambio climático en nuestro país.

Es muy relevante la inclusión en el marco jurídico español relativo a la planificación de los recursos hídricos –R.D. 907/2007- de la necesidad de integrar en dicha planificación la consideración de los impactos del cambio climático. Es un claro avance en el cumplimiento del objetivo último del PNACC: **la integración de la adaptación al cambio climático en la planificación de los distintos sectores y/o sistemas** (página 9 del propio PNACC).

En el marco del PNACC, no hay que olvidar que la adaptación al cambio climático se concibe como un proceso continuo y acumulativo de generación de conocimientos y de creación y fortalecimiento de capacidades para aplicarlos, y en este sentido, los resultados que se señalan en este informe son los primeros pasos en esta dirección.

