

INFORME DE PROGRESO DE
PRIMERA FASE DEL PROYECTO DE GENERACION DE
ESCENARIOS REGIONALIZADOS DE CAMBIO CLIMATICO

Febrero 2007



1. Antecedentes.

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 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.

La generación de proyecciones climáticas es un elemento crucial en este proceso analítico y debe ser consistente con el marco general proporcionado por el informe especial sobre escenarios de emisiones elaborado por el IPCC (Special Report on Emission Scenarios (SRES), (Nakicenovic et al., 2000)). La herramienta básica para realizar estimaciones de proyecciones climáticas son los modelos acoplados océano-atmósfera de circulación general (AOGCM, de las siglas en inglés) que se desarrollan en unos pocos centros internacionales de investigación climática. Estos modelos proporcionan las características a grandes rasgos de las proyecciones climáticas con escasa resolución espacial, lo que les hace poco útiles para ser utilizadas como datos de entrada en los distintos tipos de modelos de impacto a condiciones climáticas cambiantes. Es por ello que se necesita aplicar técnicas de regionalización a las proyecciones generadas por los AOGCMs como paso intermedio antes de ser utilizados por los modelos de impacto.

En el Primer Programa de Trabajo (2006) 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 al INM como el organismo encargado de coordinar esta tarea. Los objetivos que el Primer Programa de Trabajo asigna al INM 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 INM 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.

El INM ha articulado esta tarea mediante un proyecto que consta de dos fases. En una primera fase, cuya duración ha sido de un año, se han utilizado fundamentalmente las técnicas ya desarrolladas y las bases de datos actualmente existentes. Se ha hecho uso de resultados provenientes de los proyectos del 5º Programa Marco de la Unión Europea relacionados con modelización climática, regionalización dinámica y estadística y estimación de extremos. Este informe corresponde esencialmente a la primera fase. Para la realización de esta primera fase el INM 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).

En una segunda fase se procederá a desarrollar nuevos métodos, fundamentalmente relacionados con la regionalización dinámica, y a formar el germen de un grupo de trabajo en el INM en modelización climática que permita a medio plazo desarrollar metodologías específicamente adaptadas a las características de nuestra área de interés. En la segunda fase asimismo se intentará incorporar a los grupos universitarios 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 avanzar en la definición de la segunda parte del proyecto se convocaron unas jornadas sobre “Escenarios de cambio climático regionalizados” que se celebraron los días 30 y 31 de marzo de 2006 en el salón de actos del MMA. A las jornadas fueron invitados todos los investigadores cuya actividad pasada, actual o planificada para el futuro próximo se había identificado como relevante para el tema de las jornadas. Las jornadas constaron de tres partes claramente diferenciadas: (i) una parte de presentaciones breves que describían la actividad de los diferentes grupos en temas relacionados con proyecciones regionales de cambio climático, (ii) una segunda parte dedicada a discutir en mesa redonda las necesidades de algunos de los diferentes sectores en los estudios de impacto y, (iii) una tercera parte de debate en la que se discutieron las posibles formas de colaboración de los grupos activos en escenarios regionalizados y temas afines. En la parte de discusión se trató de identificar las necesidades y posibles obstáculos a una abierta colaboración entre el INM y los grupos de la comunidad investigadora. También se discutió el alcance y los posibles formatos de colaboración. Finalmente, se encargó a una comisión de redacción la elaboración de un documento de consenso que propondría un plan de trabajo integrado al MMA para el tema de escenarios de cambio climático regionalizados. Previamente, un borrador del mismo se había distribuido entre el sector científico relacionado con el tema, y mayoritariamente asistente a la reunión de los días 30 y 31 de marzo en el MMA, para incorporación de nuevas modificaciones y mejoras. El documento se presentó en noviembre de 2007 al Secretario General para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático.

Mientras que la primera fase del proyecto se centra fundamentalmente en la generación urgente de una primera estimación de datos de escenarios climáticos regionalizados para suministrar a los diferentes sectores, la segunda fase pretende crear un grupo sólido cuya finalidad no sea solamente la explotación de las diferentes técnicas de regionalización, sino que también contribuya –mediante su participación en proyectos nacionales e internacionales- al desarrollo teórico de este campo.

2. Introducción

El presente informe es un resumen del documento de acompañamiento a la primera colección de proyecciones regionalizadas de cambio climático sobre el territorio español para su utilización por los usuarios de las comunidades de impactos y adaptación que presenta el INM. Además, la colección de proyecciones regionalizadas intenta cuantificar algunas de las incertidumbres inherentes al proceso mismo de generación de las mismas, explorando diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero, diferentes modelos globales y diferentes técnicas de regionalización. Esta primera entrega de datos de proyecciones tiene la finalidad principal de ser el punto de partida de un flujo continuo de datos para la comunidad de impactos, que sucesivamente se irán revisando y refinando mediante la utilización de los resultados más recientes de integraciones globales y la incorporación de técnicas de regionalización cada vez más perfeccionadas.

Las diferentes proyecciones regionalizadas de cambio climático que se presentan en el actual documento están basadas en variedad de escenarios de emisión, variedad de modelos globales y variedad de técnicas de regionalización de forma que los diferentes usuarios puedan utilizar una colección de proyecciones como datos de entrada a sus modelos de impactos y de esta forma evaluar los rangos de incertidumbres de las variables utilizadas para cuantificar los impactos. No se ha hecho por el momento ningún intento de asignar probabilidades a los distintos miembros de la colección de proyecciones por varias razones. En primer lugar, este tema está actualmente en desarrollo y no existe una metodología generalmente admitida para ponderar las contribuciones de los diferentes miembros de un *ensemble*. En segundo lugar, en este documento se presentan resultados procedentes de distintos métodos –dinámicos y empíricos- y que proporcionan salidas en distintos formatos –puntos de rejilla y observatorios- que no pueden mezclarse, al menos de una forma sencilla. En tercer y último lugar, las proyecciones en forma probabilística que se obtendrían al ponderar los distintos miembros de un *ensemble* no suelen encontrar fácil utilización por parte de muchos usuarios del mundo de los impactos a condiciones climáticas cambiantes.

El informe pone especial énfasis en el estudio y cuantificación de las incertidumbres asociadas a las proyecciones de cambio climático, incertidumbres que varían según las variables, las regiones del globo y las escalas temporales y espaciales consideradas. La coincidencia de resultados o tendencias obtenidos por los diferentes escenarios, modelos y regionalizaciones son considerados como un índice de la robustez y fiabilidad de las estimaciones de las proyecciones. Por el contrario, la falta de coincidencia se asocia con alta incertidumbre y por lo tanto con estimaciones de poca fiabilidad.

Se describen tanto resultados calculados *ex profeso* para este documento como resultados recientemente generados en proyectos europeos relevantes para este tema y que complementan la información existente sobre proyecciones regionalizadas de cambio climático. En este sentido, la base de datos generada hace uso de 5 modelos globales, 10 modelos regionales y 4 técnicas de regionalización empíricas, así como de 2 escenarios de emisión. En este sentido, la base de datos permite una razonable capacidad de exploración de las tendencias para el clima en el siglo XXI y de sus incertidumbres. Los datos generados para todo el siglo XXI tienen una frecuencia diaria lo que permitirá su utilización por amplios sectores de usuarios. Asimismo la frecuencia diaria de los datos suministrados permitirá también explorar la evolución de distintas

escalas temporales y las tendencias especialmente interesantes de los valores extremos. El informe se ha limitado a presentar los valores medios del cambio de ciertas variables que describen el clima en diferentes ventanas temporales y a comparar muy someramente los resultados obtenidos por las diferentes vías para enfatizar las incertidumbres de las proyecciones. Queda por hacer una explotación exhaustiva de los resultados, que se realizará en los próximos meses, para determinar cambios relevantes del clima asociados no a los valores medios sino a momentos de orden superior tales como cambios en frecuencias de olas de calor, carácter de las precipitaciones, tendencias en los extremos, cambios en la variabilidad en distintas escalas temporales, etc.

El informe final incluye también una larga introducción donde se establecen las tendencias recientes observadas en el clima de España, se discuten las distintas incertidumbres que afectan a las proyecciones regionalizadas de cambio climático y la metodología y las validaciones seguidas tanto en este informe como en los trabajos que se realizarán en un futuro próximo. Se describen con cierto detalle los métodos de regionalización y los datos externos utilizados. Se ha incluido por completitud un capítulo dedicado a los modelos globales que constituyen en definitiva la herramienta básica para estimar las proyecciones de cambio climático a escala de circulación general. Finalmente, también se incluyen anexos donde se explican los datos generados así como sus formatos y recomendaciones de uso.

3. Datos utilizados

Como se ha mencionado más arriba, la herramienta básica para realizar proyecciones de cambio climático son los modelos de circulación general acoplados de atmósfera y océano que resuelven numéricamente las ecuaciones matemáticas fundamentales y describen la física y dinámica de los movimientos y procesos que tienen lugar en la atmósfera, el océano, el hielo y la superficie terrestre. Al contrario que los modelos utilizados en otras ramas de la ciencia, si bien incluyen relaciones empíricas, no descansan fundamentalmente en el uso de las mismas, sino en el planteamiento de las leyes físicas del sistema. Los AOGCMs resuelven las ecuaciones del movimiento de los fluidos (Navier-Stokes), ecuación de continuidad (conservación de masa), termodinámica (conservación de energía) y ecuación de estado. Las variables (p. e., presión, temperatura, velocidad, humedad atmosférica, salinidad oceánica) necesarias para describir el estado de los sistemas se proporcionan en una red de puntos que cubre el globo, habitualmente con una resolución horizontal para la atmósfera entre 100 y 300 km, y aproximadamente el doble de resolución (la mitad del tamaño de la malla) para el océano, con el fin de poder resolver la dinámica de corrientes oceánicas. En ambos casos la resolución vertical suele ser de unos 20 niveles. Esta separación de puntos de red está limitada con frecuencia por la disponibilidad de recursos computacionales.

Las pocas decenas de AOGCMs (véase IPCC-TAR, 2001) actualmente existentes proporcionan proyecciones de la evolución del clima con poca resolución espacial – consecuencia de las limitaciones computacionales- que solamente permiten hacer estimaciones de la evolución sobre grandes regiones de la Tierra, p.e., Norte de Europa, área mediterránea. Los AOGCMs constituyen la principal herramienta con capacidad predictiva de las que se dispone para estimar la evolución del sistema Tierra. Además esta evolución está condicionada por el comportamiento humano, es decir por las

emisiones de gases de efecto invernadero, las emisiones de aerosoles, los cambios de uso de suelo, el modelo energético, la demografía, etc. Como esta evolución socio-económica no está regida por las leyes físicas se recurre a una colección de escenarios alternativos de emisiones que tienen en cuenta todos los efectos anteriores con la esperanza de que la evolución futura de la sociedad siga alguno de los patrones considerados en dicha colección. Los AOGCMs se integran con los diferentes escenarios de emisiones y proporcionan proyecciones de la evolución del clima en los supuestos de los diferentes escenarios de emisiones contemplados. De entre todas las simulaciones realizadas con AOGCMs disponibles se han seleccionado unas pocas atendiendo a los siguientes criterios: (i) accesibilidad de las simulaciones con dato al menos diario; (ii) calidad de los modelos contrastada mediante validaciones en periodos observacionales. Se han utilizado fundamentalmente simulaciones realizadas en el contexto del Tercer Informe de Evaluación (TAR) del IPCC (IPCC-TAR, 2001), aunque las simulaciones del Cuarto Informe (AR4) ya empiezan a estar disponibles, por diferentes razones que merece la pena comentar. En primer lugar cuando se planteó este trabajo todavía no estaban disponibles las simulaciones del AR4. En segundo lugar, se quería hacer un trabajo de regionalización con los modelos suficientemente y ampliamente difundidos del TAR. En tercer y último lugar, si bien los métodos de regionalización estadística tienen en general pocas exigencias de cálculo, no sucede lo mismo con los métodos basados en modelos regionales del clima (RCM). En consecuencia, realizar simulaciones con RCM requiere tiempo sobre todo si se pretende simular periodos superiores a un siglo y además se requiere un conjunto de simulaciones para estimar las proyecciones mediante *ensembles*. Como la utilización de RCMs quiere movilizar muchos recursos en un periodo dilatado de tiempo se ha optado por utilizar los resultados del experimento PRUDENCE, basado en resultados de modelos globales del TAR, que ha realizado una estimación de proyecciones de cambio climático sobre la región Europea utilizando nueve RCMs pero únicamente para el último tercio del siglo XXI. La tabla I resume los modelos globales que se han utilizado para aplicar las distintas regionalizaciones empíricas. La tabla II resume los modelos regionales que se han utilizado en el proyecto PRUDENCE. Para su uso en este contexto de generar escenarios regionalizados para la comunidad nacional de impactos al cambio climático se ha procedido a la extracción e interpolación a una rejilla común a partir de la base de datos PRUDENCE. Este subconjunto de datos está diseñado para su utilización en las proyecciones regionales sobre España conjuntamente con las proyecciones que utilizan algoritmos empíricos.

En la parte de datos de observación se ha utilizado la base de datos termo-pluviométrica del INM fundamentalmente para aplicar los métodos empíricos de regionalización. Se ha partido de un número de estaciones de 1967 y 9052, para temperatura (máxima y mínima) y precipitación diaria, respectivamente, a la que se han aplicado sucesivos filtrados relativos a completitud (más de 19 años con dato anual) de las series que han reducido los datos a 782 y 2831, respectivamente, para temperatura y precipitación. A continuación se han aplicado filtrado de homogeneidad con los tests SNHT de Alexanderson y de Wald-Wolfo para precipitación y el test de Mann para las temperaturas, que han reducido a su vez el número de estaciones a 373, 371 y 2300, para temperatura máxima, mínima y precipitación, respectivamente. Sobre esta lista final de estaciones que cubre razonablemente bien el territorio nacional se han calculado las proyecciones de cambio climático.

Modelos globales¹

Métodos empíricos	ECHAM4	HadCM3	HadAM3H	CGCM2	HadCM2SUL
Analog(FIC)	A2, B2		A2,B2	A2,B2	
Analog(INM)	A2, B2		A2	A2,B2	IS92a
SDSM		A2,B2			
Indices	A2,B2		A2	A2,B2	IS92a

Tabla I.- Proyecciones regionalizadas con métodos estadísticos disponibles. Los datos diarios de las proyecciones se refieren al periodo 2011-2100 y el periodo de control al periodo 1961-1990 y a las variables: precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima. Los métodos Analog(FIC) y SDSM presentan los resultados en las estaciones, mientras que el método Analog(INM) presenta los resultados en una rejilla regular de 50 km. El método de índices proporciona datos mensuales de volumen de agua por cuencas hidrográficas.

Modelos regionales	Anidamiento en HadAM3H			Anidamiento en ECHAM4		
	Control	A2	B2	Control	A2	B2
CNRM	x	x	x			
DMI	x	x	x	x	x	x
ETH	x	x				
GKSS	x	x				
HC	x	x				
ICTP	x	x	x			
KNMI	x	x				
MPI	x	x				
SMHI	x	x	x	x	x	x
UCM	x	x	x			

Tabla II.- Proyecciones regionalizadas basadas en modelos regionales del clima procedentes del proyecto PRUDENCE. Las simulaciones realizadas por cada modelo regional se identifican por el centro o instituto donde se ha desarrollado.

¹ Los modelos globales utilizados son HadAM3H (modelo atmosférico del Centro Hadley (R.U.), versión 3), ECHAM4-OPYC (modelo acoplado atmósfera-océano del Instituto Max Planck de Meteorología (Alemania), versión 4), CGCM2 (modelo acoplado atmósfera-océano del Centro Canadiense del Clima, versión 2), HadCM3 (modelo acoplado atmósfera-océano del Centro Hadley (R.U.), versión 3), HadCM2SUL (modelo acoplado atmósfera-océano del Centro Hadley (R.U.), versión 2).

Los diferentes métodos y aproximaciones se han validado exhaustivamente no solamente para los fines que se persiguen en este informe sino también para otros estudios independientes de éste. Las validaciones en periodos observacionales serán descritos en otro informe diferente de éste.

4. Base de datos de escenarios regionalizados

El INM ha generado una base de datos de proyecciones regionalizadas de cambio climático que consta de una colección de proyecciones basadas en técnicas de regionalización dinámicas y empíricas. Esta colección de proyecciones pone a disposición de la comunidad de impactos evoluciones alternativas de las variables que describen el clima y que permiten explorar, mediante su aplicación en modelos de impacto, algunas de las principales incertidumbres asociadas a las proyecciones de cambio climático.

Las proyecciones basadas en técnicas empíricas proporcionan la evolución con dato diario de las principales variables de la base de datos de observación del INM, esto es precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima para todo el siglo XXI. Las proyecciones basadas en técnicas dinámicas, procedentes del proyecto PRUDENCE, constan de una interpolación a una rejilla común definida sobre la península Ibérica y Baleares de una selección de variables de superficie con dato diario para el periodo 2071-2100 que pueden cubrir la mayor parte de la demanda de las aplicaciones de impactos. La tabla III resume la colección de variables disponibles para cada uno de los RCMs del proyecto PRUDENCE y que se han incorporado a la base de datos de proyecciones regionalizadas del INM. Al contrario que las técnicas empíricas que están limitadas por las series existentes de observaciones disponibles, los modelos generan toda una colección de variables mutuamente consistentes que complementan la información necesariamente limitada de las técnicas empíricas.

Variables climáticas	CNRM	DMI (H/E)	ETH	GKSS	HC	ICTP	KNMI	MPI	SMHI (H/E)	UCM
t2m	x	x/x	x	x	x	x	x	x	x/x	x
t2max	x	x/-	x	x	x	x	x	x	x/x	x
t2min	x	x/-	x	x	x	x	x	x	x/x	x
q2m	x	-/-	-	-	-	x	x	-	-/-	x
td2m	-	x/x	x	x	-	-	-	x	x/x	
rh2m	-	-/-	-	-	x	-	-	-	-/-	-
precip	x	x/x	x	x	x	x	x	x	x/x	x
clcov	x	x/x	x	x	x	x	x	x	x/x	x
evap	x	x/x	x	x	x	x	x	x	x/x	x
snow	x	x/x	x	x	-	x	x	x	x/x	x
runoff	x	x/x	x	x	-	x	x	x	x/x	x

soilw	x	x/x	x	x	x	x	x	x	x/x	x
Psurf	x	x/x	-	x	x	x	x	x	x/x	x
MSLP	x	x/x	x	x	x	x	x	x	x/x	x
w10m	x	x/x	-	x	x	-	x	x	x/x	x
w10max	x	x/x	x	x	x	-	x	x	x/x	x
SWnet	x	x/x	x	x	x	x	x	x	x/x	x
SWdown	x	x/x	x	x	x	x	x	x	x/x	x
LWnet	x	x/x	x	x	x	x	x	x	x/x	x
LWdown	x	x/x	x	x	-	x	x	x	x/x	x

Tabla III.- Relación de variables seleccionadas de los diferentes modelos regionales PRUDENCE. En el caso de los modelos del DMI y SMI se distingue entre las simulaciones con anidamiento en el modelo HadAM3 (H) y ECHAM4 (E).

5. Primeros resultados

Como ya se ha mencionado más arriba la principal finalidad de esta primera fase del proyecto ha sido la de generar proyecciones regionalizadas de cambio climático para el siglo XXI con datos con suficiente resolución espacial y temporal para su aplicación por una amplia variedad de usuarios. Las proyecciones se han evaluado también en un periodo de control que abarca el periodo 1961-1990. Estas evaluaciones se describirán en un documento separado. De un primer examen de los resultados obtenidos y de las comparaciones entre los diferentes modelos y métodos de regionalización se confirman algunas de las tendencias ya conocidas y publicadas en anteriores informes.

En lo referente al comportamiento de las temperaturas se puede afirmar con un alto grado de probabilidad que para el último tercio del siglo XXI (periodo 2071-2100) las temperaturas máximas experimentarán en promedio anual un aumento de entre 5° y 8° grados en las regiones interiores de la península ibérica para el escenario de emisión SRES A2, siendo este aumento más atemperado en las regiones próximas al litoral. La figura 1 muestra el cambio de temperatura máxima para el periodo 2071-2100 con respecto a un periodo de control 1961-1990 obtenido con datos de diversos modelos globales y diferentes técnicas de regionalización para el escenario de emisión A2. En general se observa un tendencia muy consistente al aumento de las temperaturas entre el rango arriba indicado. Las temperaturas mínimas experimentarán aumentos ligeramente menores con el consiguiente incremento de la oscilación diurna. Sin embargo este aumento de las temperaturas, tanto máximas como mínimas, no es uniforme a lo largo del año mostrando los mayores cambios en los meses veraniegos y los menores en los meses invernales. La figura 2 muestra este hecho para un caso particular de un modelo global y una técnica de regionalización, si bien este comportamiento se ha observado consistentemente en todos los modelos globales y regionalizaciones estudiados. Un escenario de emisiones más respetuoso con el medio ambiente, como el SRES B2, rebajaría alrededor de 2°C estas proyecciones para las temperaturas máximas.

El comportamiento de la precipitación tanto en términos de medias anuales como de su distribución mensual es más incierto y muestra una gran dependencia de las fuentes de

datos. La figura 3 compara el cambio de precipitación para el mismo periodo 2071-2100 con respecto al periodo de control 1961-1990 obtenido con diversos modelos globales y diferentes regionalizaciones para el escenario de emisión SRES A2. La tendencia no es tan consistente como en el caso de la temperatura, sin embargo todos ellos, apuntan a una reducción de la precipitación en la mitad sur de la península ibérica de hasta el 40%. Muchos modelos incluidos el promedio de los RCMs de PRUDENCE indican también una reducción más pequeña en la mitad norte, pero para esta zona la proyección no es tan robusta al haber discrepancias entre los diferentes modelos y métodos de regionalización. La distribución mensual también muestra una gran discrepancia entre modelos y métodos de regionalización. Las figuras 4, 5, 6 muestran la gran variedad de distribuciones anuales de la precipitación según los modelos globales de partida. También hay diferencias apreciables para un mismo modelo global y distintas técnicas de regionalización, tal y como se ve al comparar las figs. 4b y 6, que corresponden a un mismo modelo global (HadAM3H) y dos regionalizaciones distintas: (i) análogos (INM) y (ii) promedio de los 10 modelos regionales PRUDENCE.

A modo de ejemplo se incluye en este informe la evolución mensual de la nubosidad y la humedad relativa en superficie con datos procedentes del promedio de todos los RCMs de PRUDENCE de nuevo para el periodo 2071-2100 respecto al periodo de referencia 1961-1990. La variación porcentual de la nubosidad se reduce sensiblemente en los meses de verano, si bien este cambio puede resultar equívoco por tratarse de meses con reducida nubosidad en los que los cambios porcentuales pueden resultar grandes con cambios absolutos pequeños.

El informe final describe la evolución en los cambios de los valores medios exhaustivamente en tres periodos de 30 años que cubren desde 2011 hasta 2100. También compara los resultados de las distintas proyecciones basadas en diferentes escenarios de emisión (A2 y B2), distintos modelos y distintas regionalizaciones. La mayoría de los resultados y comparaciones aquí descritas forman parte del control de calidad realizado sobre las diferentes proyecciones. Queda todavía pendiente la tarea de explotación exhaustiva de la base de datos generada, incluyendo los estudios de los cambios en la variabilidad en las diferentes escalas temporales y los estudios del comportamiento de los extremos con los diferentes modelos y/o técnicas de regionalización.

En este resumen del informe completo no se han incluido resultados de las proyecciones para las Islas Canarias, en primer lugar por que no se dispone de información en la base de datos del proyecto PRUDENCE para el área de Canarias y el tiempo disponible no hubiera permitido llevar a cabo regionalizaciones dinámicas para Canarias y en segundo lugar por que las proyecciones obtenidas con métodos estadísticos están en estos momentos pendientes de finalizar. En el informe completo si se presentarán proyecciones para Canarias del valor de variables meteorológicas de superficie (precipitación acumulada en 24 horas, temperaturas máxima y mínima), en puntos coincidentes con observatorios seleccionados del archipiélago. .

Cambio temp. max. anual (°C) (2071-2100) con SRES A2

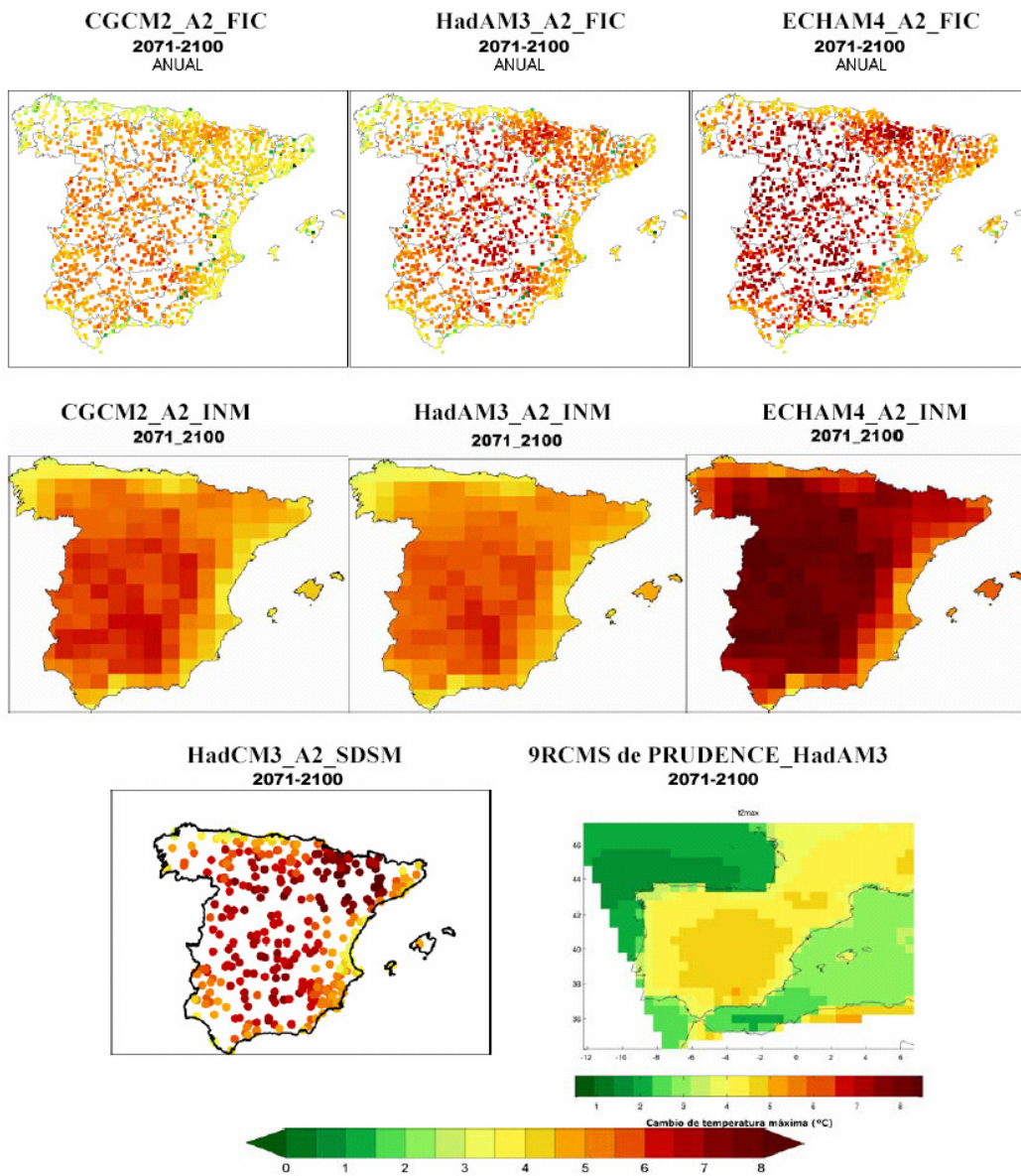


Fig. 1.- Comparación del cambio de temperatura máxima anual para el período (2070-2100) respecto al período de control (1961-90) proporcionado por las proyecciones regionalizadas utilizando diferentes modelos globales (HadCM3, HadAM3H, HadCM2SUL, CGCM2, ECHAM4-OPYC), el escenario de emisión A2 del SRES-IPCC y diferentes técnicas de regionalización estadísticas (Anal_FIC, Anal_INM, SDSM) y dinámicas (promedio de los 9 RCMs de PRUDENCE).

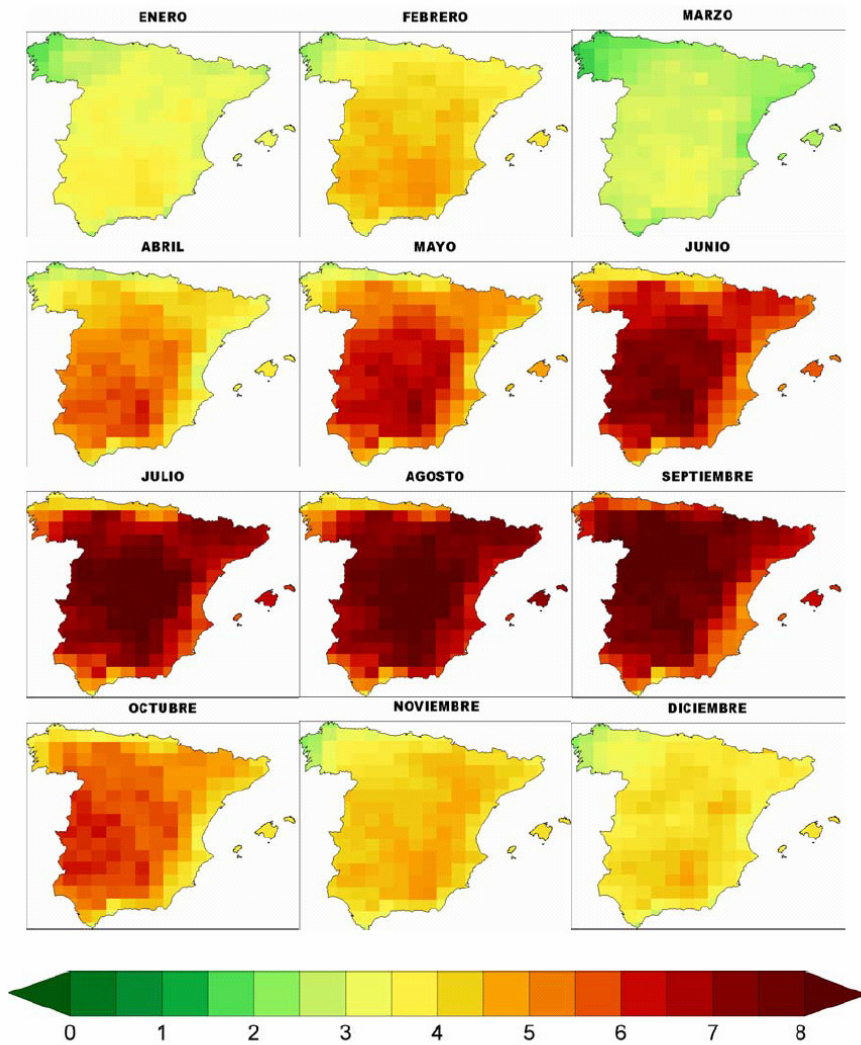


Fig.2.- Cambio medio mensual proyectado para el periodo (2071-2100) respecto al clima actual (1961-1990) por el modelo global HadAM3H y regionalizado con el método de análogos (INM) para la temperatura máxima y el escenario de emisión A2.

Cambio precipitación anual (%) (2071-2100) con A2

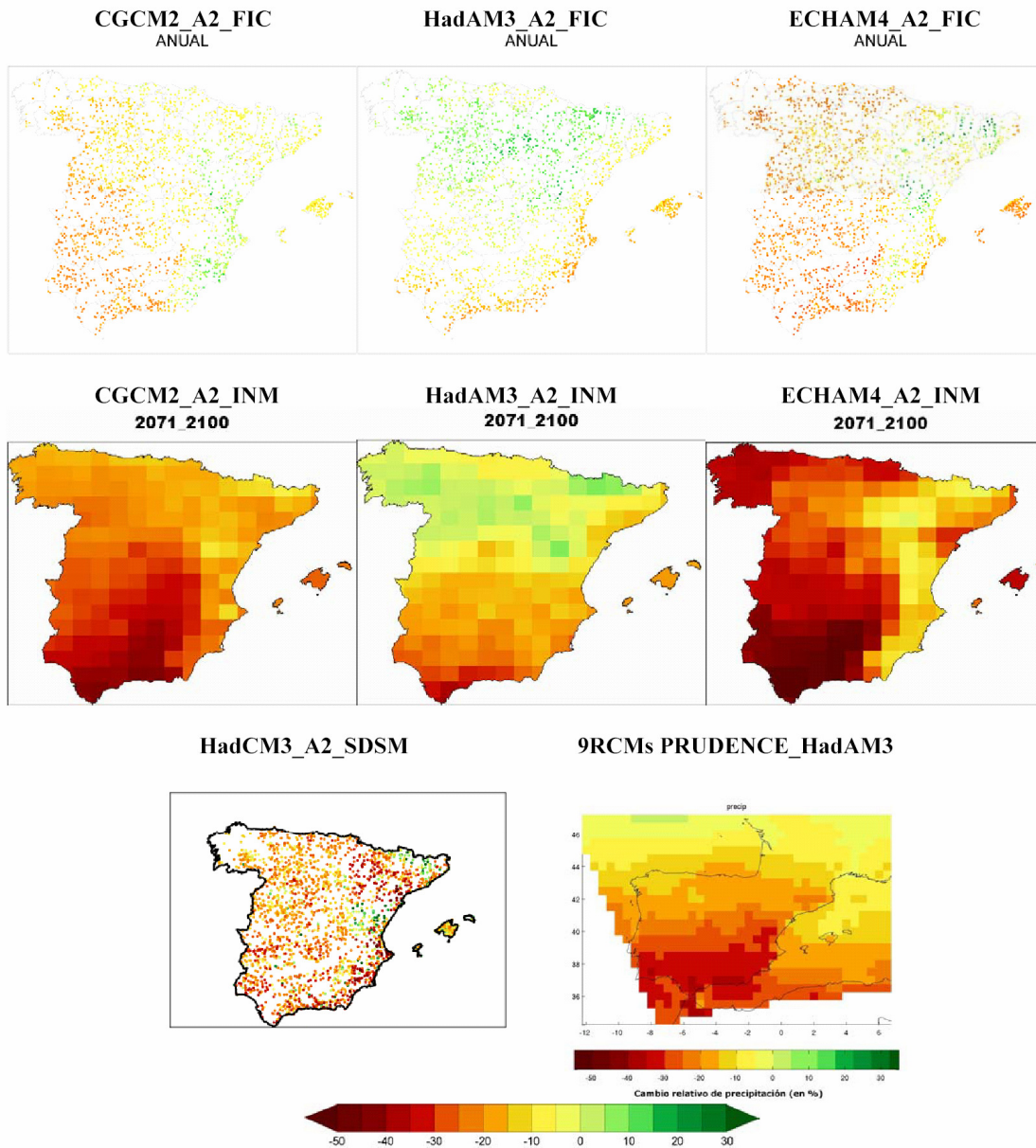
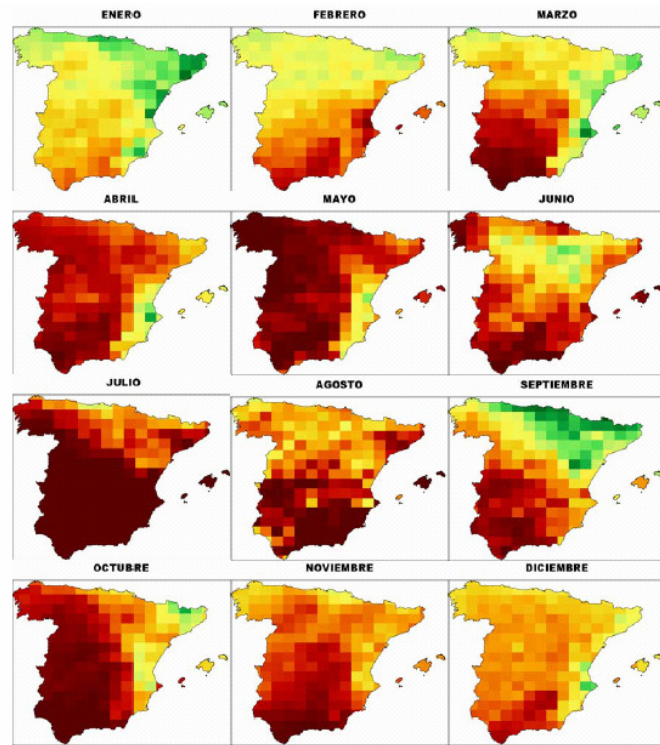
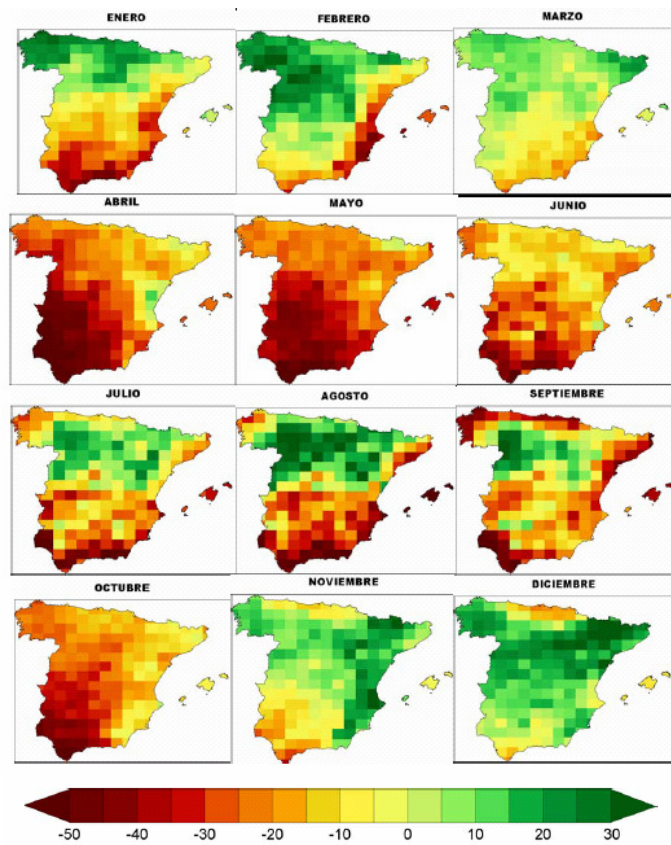


Fig. 3.- Comparación del cambio de precipitación anual para el período (2070-2100) respecto al período de control (1961-90) proporcionado por las proyecciones regionalizadas utilizando diferentes modelos globales (HadCM3, HadAM3H, CGCM2, ECHAM4-OPYC), para el escenario de emisión A2 del SRES-IPCC y diferentes técnicas de regionalización estadísticas (Anal_FIC, Anal_INM, SDSM) y dinámicas (promedio de los 9 RCMs de PRUDENCE).



a)



b)

Fig.4.- Cambio de distribución mensual de precipitación (%) para el periodo (2071-2100) respecto al periodo de referencia (1961-1990) para los modelo globales CGCM2 (a) y HadAM3H (b), regionalizados ambos con el método de análogos (INM) con el escenario de emisión A2.

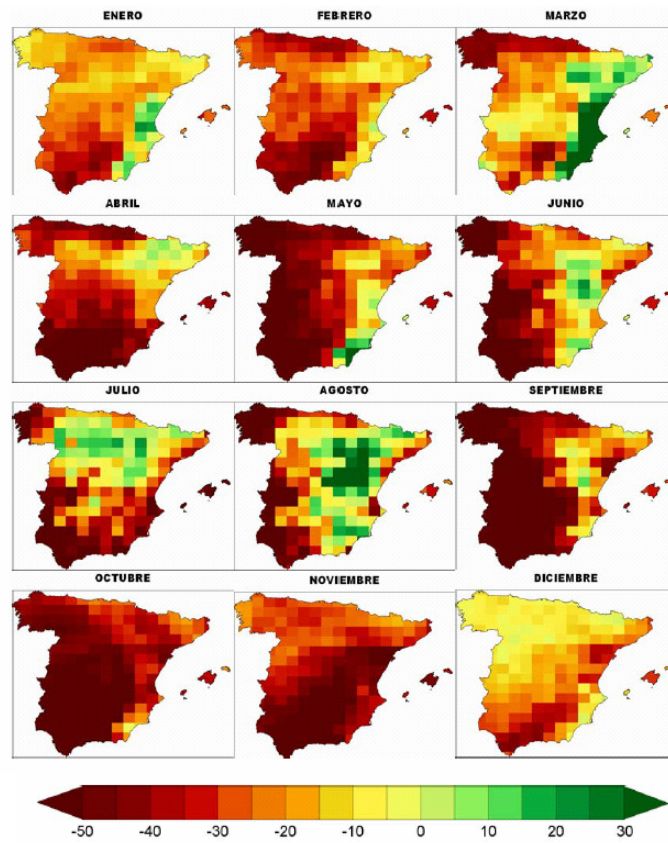


Fig.5- Igual que fig.4, pero para el modelo ECHAM4-OPYC.

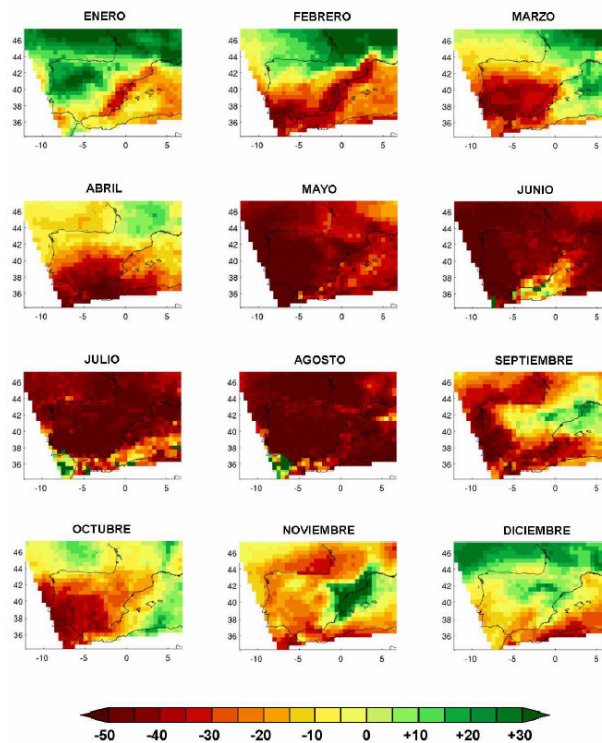


Fig.6.- Igual que fig. 4, pero para el promedio de los 10 modelos regionales de clima de PRUDENCE (incluido el modelo ARPEGE de resolución variable del CNRM).

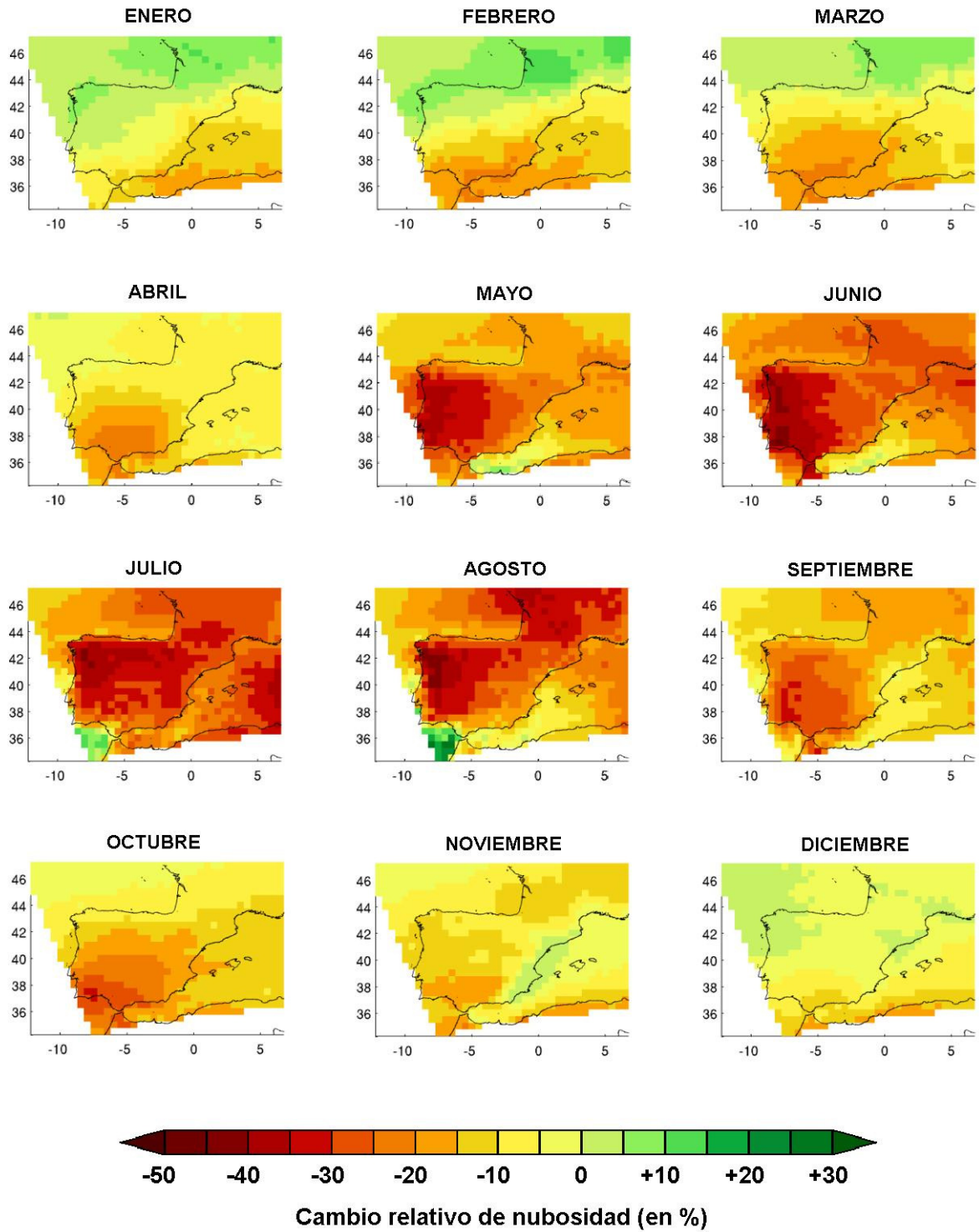


Fig.7.- Distribución mensual del cambio medio porcentual de nubosidad proyectado por los diez modelos regionales PRUDENCE en el escenario A2 (2071-2100) respecto al clima actual (1961-1990).

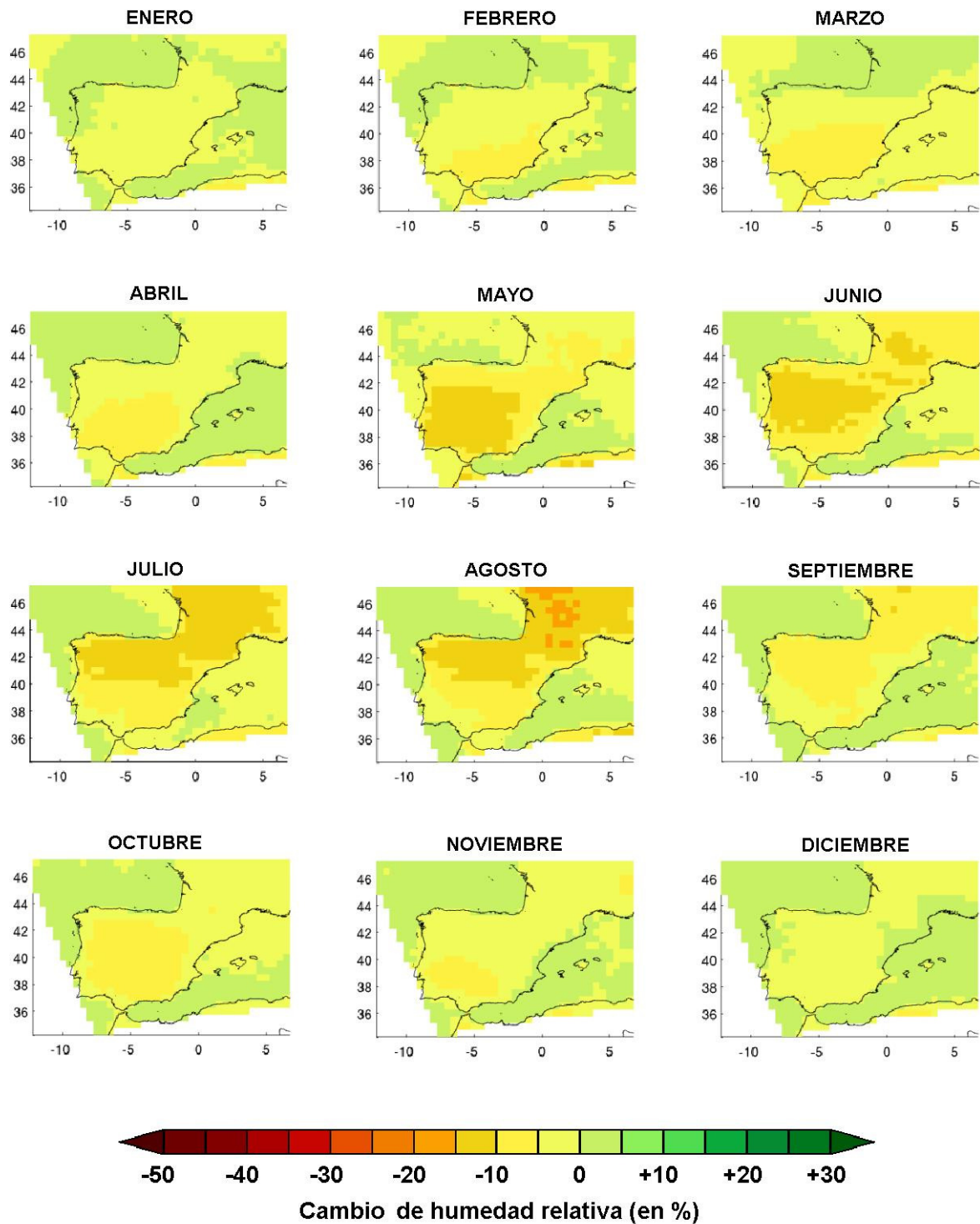


Fig.8.- Distribuciones mensuales del cambio medio de humedad relativa proyectado por los diez modelos regionales PRUDENCE en el escenario A2 (2071-2100) respecto al clima actual (1961-1990).