

TENDENCIAS Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA PARA EL SIGLO XXI EN GALICIA

Victor ALVAREZ¹, María de las Nieves LORENZO², Juan TABOADA¹, Fran SANTOS-GONZÁLEZ²
¹*MeteoGalicia, Xunta de Galicia*

Ephyslab, Facultad de Ciencias, Universidade de Vigo. Campus Ourense²

Victor.alvarez@meteogalicia.es, nlorenzo@uvigo.es, juan.taboada@meteogalicia.es, fsantos@uvigo.es

RESUMEN

En las últimas décadas se ha llegado a la conclusión de que el clima está cambiando por causas antropogénicas. A nivel general este cambio se sustancia en un aumento de temperatura y del nivel de mar. En cuanto a las lluvias existe una mayor incertidumbre, pero todo parece indicar que el ciclo hidrológico debería aumentar en intensidad, incrementando la probabilidad de sequía en aquellas zonas actualmente sujetas a la misma. Sin embargo a nivel más local estos cambios no han sido tan estudiados, ya que los modelos climáticos no llegaban al nivel de resolución necesario. En los últimos años sí se alcanza ese nivel de resolución. Por tanto en este trabajo se han usado los resultados de modelos de cambio climático a nivel regional ejecutados dentro del proyecto ENSEMBLES. El área de estudio es el noroeste de la península Ibérica. Los resultados sugieren que las temperaturas también aumentarán en el área de estudio, mientras que las lluvias no muestran un patrón demasiado definido.

Palabras clave: Cambio climático regional, modelos RCM, Noroeste península Ibérica.

ABSTRACT

In recent decades it has been concluded that the climate is changing due to anthropogenic causes. In general this change provokes an increase in temperature and sea level. Considering the rain there is more uncertainty, but it appears that the hydrological cycle is expected to increase in intensity, increasing the likelihood of drought in areas currently subject to it. Nevertheless, at a more local level these changes have not been so intensively studied, because climate models do not reach the level of resolution required. In recent years this level of resolution has been achieved. Therefore in this work we have used the results of models of regional climate change implemented within the ENSEMBLES project. The study area is the northwest of the Iberian Peninsula. The results show that temperatures will also increase in the study area, while the rains did not show a defined pattern.

Key words: Regional Climate Change, RCM models, Northwestern Iberian Peninsula.

1. INTRODUCCIÓN

El clima de un determinado territorio no es algo inmutable, sino que varía de forma natural a lo largo del tiempo. En las últimas décadas se viene observando que los cambios se producen a mayor velocidad que en el pasado, y además no sabemos explicar esta deriva si no introducimos en los estudios la influencia antropogénica, centrada en su mayor parte en el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero. Las tendencias actuales afectan en particular a las temperaturas y a

la distribución de las precipitaciones. El consenso científico, obtenido a través de los diferentes informes del IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change), cuatro hasta la fecha (IPCC 1990; 1996; 2001; 2007) nos informa de que, en términos globales, las temperaturas han subido en las últimas décadas y continuarán haciéndolo en el futuro, debido esencialmente al aumento de gases de efecto invernadero en la atmósfera (IPCC, 2007). Esta conclusión ha llevado a los científicos a definir una nueva época geológica, denominada Antropoceno (Falkowsky, et al., 2000).

Las estimaciones del IPCC nos informan de que, en promedio, las temperaturas han subido 0.8°C sobre el nivel preindustrial durante el último siglo, siendo particularmente notable esta subida a partir de la década de los 70. Sin embargo, este incremento no es uniforme en todas las áreas del planeta. Así, a nivel europeo las temperaturas parecen haber subido algo más, en torno a 1°C, siendo esta subida más notable en primavera y verano (Castro et al. 2005, EEA 2008). Si ceñimos ese estudio a la región de Galicia-Norte de Portugal, es decir el noroeste de la península Ibérica, vemos que ese incremento es incluso superior, ya que a nivel anual la tendencia en las temperaturas de las últimas 3 décadas se sitúa alrededor de los 0.5°C por década (Gómez-Gesteira et al., 2011).

En cuanto a las lluvias, éstas presentan, a nivel general, un comportamiento más variable. Tomando las conclusiones del último informe del IPCC (IPCC, 2007) vemos cómo a nivel europeo se registran incrementos de lluvia en la zona norte de Europa y tendencia a decrecer las precipitaciones en el área Mediterránea. Para la península Ibérica en concreto los resultados no son concluyentes, en parte debido a los complejos patrones de precipitación en el área (Rodríguez-Puebla et al, 1998). En cualquier caso un trabajo reciente que ha tenido en cuenta 10 estaciones con datos de calidad entre 1946 y 1998 distribuidas por toda la península Ibérica no ha encontrado tendencias significativas (Klein-Tank et al. 2002). En el caso del noroeste de la península Ibérica los estudios sobre las series de datos de precipitación (Gómez-Gesteira et al., 2011) nos indican que, a nivel anual, no se observan tendencias estadísticamente significativas, aunque si estacionalmente, de forma que las lluvias tienden a aumentar en otoño y a disminuir en invierno. Galicia es una región muy dependiente del ciclo de lluvias anual debido a que su suelo retiene poca agua y por tanto es una región sujeta a la posibilidad de sequías estacionales que podrían incrementarse en un futuro en función de los cambios en las temperaturas y las lluvias.

El objetivo del presente trabajo será examinar la permanencia o no de estas tendencias en el futuro. Para ello se hará uso de modelos climáticos a nivel regional, concretamente de los resultados obtenidos en el proyecto ENSEMBLES, en el que se ejecutó una serie de modelos climáticos a nivel regional, conducidos por diferentes modelos climáticos a nivel global.

En este trabajo se considerarán para el análisis tres RCM's anidados a un mismo GCM Se estudiarán las diferencias en temperatura media y lluvia entre las últimas décadas del presente siglo (2065-2095) y las últimas décadas del siglo pasado (1965-1995).

2. MATERIALES y MÉTODOS

2.1. Área de Estudio

La Eurorregión Galicia-Norte de Portugal se sitúa en el noroeste de la península Ibérica, por lo que se encuentra en las latitudes medias del hemisferio norte, sometida por lo tanto a la circulación predominantemente del oeste (figura 1). Su climatología está dominada en primer lugar por esta circulación que hace que la influencia marítima sea muy notable. En cuanto a los centros de acción se debe tener en cuenta que en invierno, con aire frío, las borrascas tienden a moverse más hacia el sur, afectando por lo tanto al área de estudio, mientras que en verano el aumento de radiación solar hace

que el aire frío quede más confinado en latitudes polares, por lo que el anticiclón semipermanente de Azores asciende, tomando la región en su radio de acción y tendiendo por tanto a estabilizar la atmósfera. Por lo tanto en invierno la llegada de frentes cálidos y sobre todo fríos asociados a las borrascas Atlánticas deja abundantes lluvias y vientos predominantemente del sudoeste, mientras que en verano la situación es la contraria, con vientos de nordeste y tiempo predominantemente seco. En las estaciones de transición, otoño y primavera respectivamente, la meteorología es algo más cambiante.

La orografía juega también un papel muy determinante para entender el clima en la Eurorregión. Así, la presencia de las Rías Bajas con orientación sudoeste y dos cadenas montañosas, una en el centro de la Comunidad y la otra en el este, dispuestas ambas en orientación Norte-Sur, hacen que la influencia de los diferentes centros de acción sea bastante heterogénea. En general podemos destacar que los vientos predominantes del sudoeste en invierno, que coinciden con la orientación de las Rías, hacen que el cuadrante suroeste de Galicia dentro de la Eurorregión tenga las mayores lluvias acumuladas durante el año con temperaturas relativamente suaves. La zona interior es algo más seca y ahí las temperaturas muestran características más continentales, con inviernos húmedos, pero veranos cálidos, particularmente en el sureste de la Comunidad, con temperaturas máximas en verano en torno a los 30°C. El área más puramente atlántica de la Eurorregión se sitúa en el litoral norte, donde los sistemas frontales del invierno no tienen tanta influencia como en la costa sur, pero que sin embargo debido al predominio del viento nordeste que acerca humedad y masas de aire más frío del Cantábrico presenta mayores posibilidades de lluvia y menores temperaturas en verano.

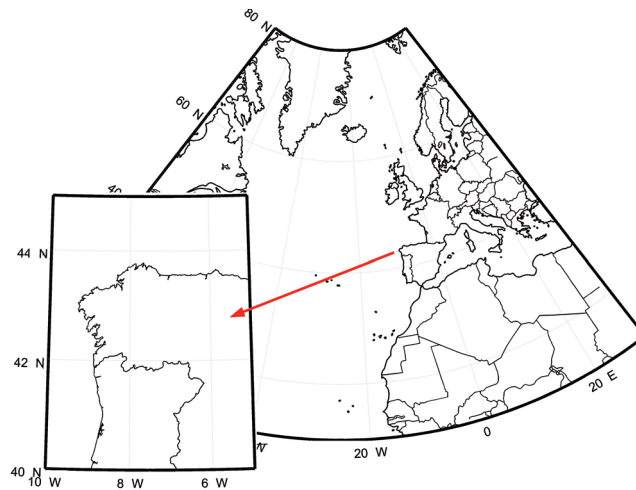


FIG. 1: Ubicación geográfica del área de estudio.

2.2. Datos utilizados

Para llevar a cabo el presente trabajo se han utilizado los resultados de los modelos del proyecto ENSEMBLES uno de cuyos objetivos era desarrollar un conjunto de predicciones de cambio climático para el futuro teniendo en cuenta los últimos desarrollos de modelos tanto de circulación general (GCM's) como modelos regionales (RCM's).

De todas las variables calculadas por los modelos se han utilizado los resultados de la temperatura media superficial y precipitación. Todas las ejecuciones de estos modelos se realizaron bajo el escenario A1B de cambio climático.

Para el desarrollo del trabajo se han dividido los resultados del proyecto ENSEMBLES en dos subconjuntos. Por un lado hemos considerado tres modelos regionales (RCM's) conducidos por un modelo global (GCM) y por otro hemos considerado tres modelos de circulación general diferentes forzando un solo modelo regional. En la tabla I se indican las combinaciones escogidas GCM-RCM. El objetivo de realizar el estudio en estos dos subconjuntos estriba en estudiar la importancia relativa de los GCM's frente a los RCM's. De esta forma podremos ver si a la hora de obtener resultados es más determinante el modelo de circulación general empleado o por el contrario, el modelo regional juega un papel decisivo en los resultados. Los modelos de circulación general utilizados en el proyecto ENSEMBLES son los mismos que se utilizaron para el 4º informe de evaluación del IPCC. Evidentemente cada modelo obtiene resultados ligeramente diferentes y en función del área geográfica pueden representar el clima actual con un mayor o menor grado de certeza. Atendiendo a estudios previos (van Ulden and van Oldenborgh, 2006) decidimos utilizar como GCM para conducir los diferentes RCM's el ECHAM5, desarrollado por el Instituto Max Planck de Meteorología de Hamburgo, cuyos resultados en las latitudes medias del Atlántico norte son muy destacables. Una vez escogido el GCM la elección del RCM vino marcada por las posibilidades del proyecto, ya que no se ejecutaron todas las combinaciones posibles de GCM-RCM. En cuanto a la ejecución del mismo RCM con tres diferentes GCM, el RCM escogido fue el RCA, desarrollado en el Rossby Center del Instituto Meteorológico e Hidrológico de Suecia. Uno de los GCM escogidos fue el ECHAM5, con lo que una de las combinaciones será repetida, mientras que los otros dos GCM's utilizados fueron el modelo del Hadley Center inglés de alta resolución HADCM3 y el desarrollado por el instituto Bjerknes de Noruega. Una vez más, la elección de estos tres GCM estuvo vinculada a la elección del RCM, puesto que eran las tres únicas posibilidades. En cuanto al acierto relativo que el HADCM3 y el BCM tienen en la simulación del clima actual en nuestra área, cabe decir que el modelo desarrollado por el Hadley Center presenta muy buen comportamiento, mientras que el BCM daría un comportamiento algo peor, pero en todo caso aceptable dentro de los parámetros propuestos por van Ulden and van Oldenborgh.

Un GCM - Diferentes RCM	Diferentes GCM - Un RCM
ECHAM5-RCA	ECHAM5-RCA
ECHAM5-REMO	BCM-RCA
ECHAM5-HIRHAM	HADCM3-RCA

TABLA 1: *Combinaciones GCM-RCM usadas en el trabajo.*

Tal y como hemos dicho, los datos que se analizarán para el futuro serán las medias mensuales de temperatura superficial (TAS) y el flujo de precipitación para el periodo 2065 a 2095. A fin de tener una base de comparación de las ejecuciones futuras con el estado actual se han escogido los resultados de cada pareja GCM-RCM para las tres décadas que van de 1965 a 1995. Se ha extraído el área del dominio de ejecución de cada RCM perteneciente a la Euro-región Galicia-Norte de Portugal, tal como se aprecia en la figura 1: [12° W 4° W] y [40° N 45° N].

Las estimaciones para el comportamiento futuro del clima se hacen en base a las diferencias de las medias de la serie temporal del futuro (periodo 2065-2095) respecto a las de la serie del pasado (periodo 1965-1995). Estas medias nos permiten obtener mapas de diferencias del futuro respecto al pasado, que a su vez nos dan una idea de la variabilidad espacial de las previsiones. En este mismo

sentido se tratará de estimar cómo evoluciona la variabilidad temporal comparando las desviaciones típicas de la serie temporal futura respecto a las del pasado. Las medias se hacen tanto sobre el periodo anual como sobre el periodo estacional.

3. RESULTADOS

3.1. Temperatura

En primer lugar analizamos las diferencias de temperatura. Podemos apreciar (figura 2) como en general en todas las combinaciones GCM-RCM se observan incrementos en la temperatura media para finales del presente siglo.

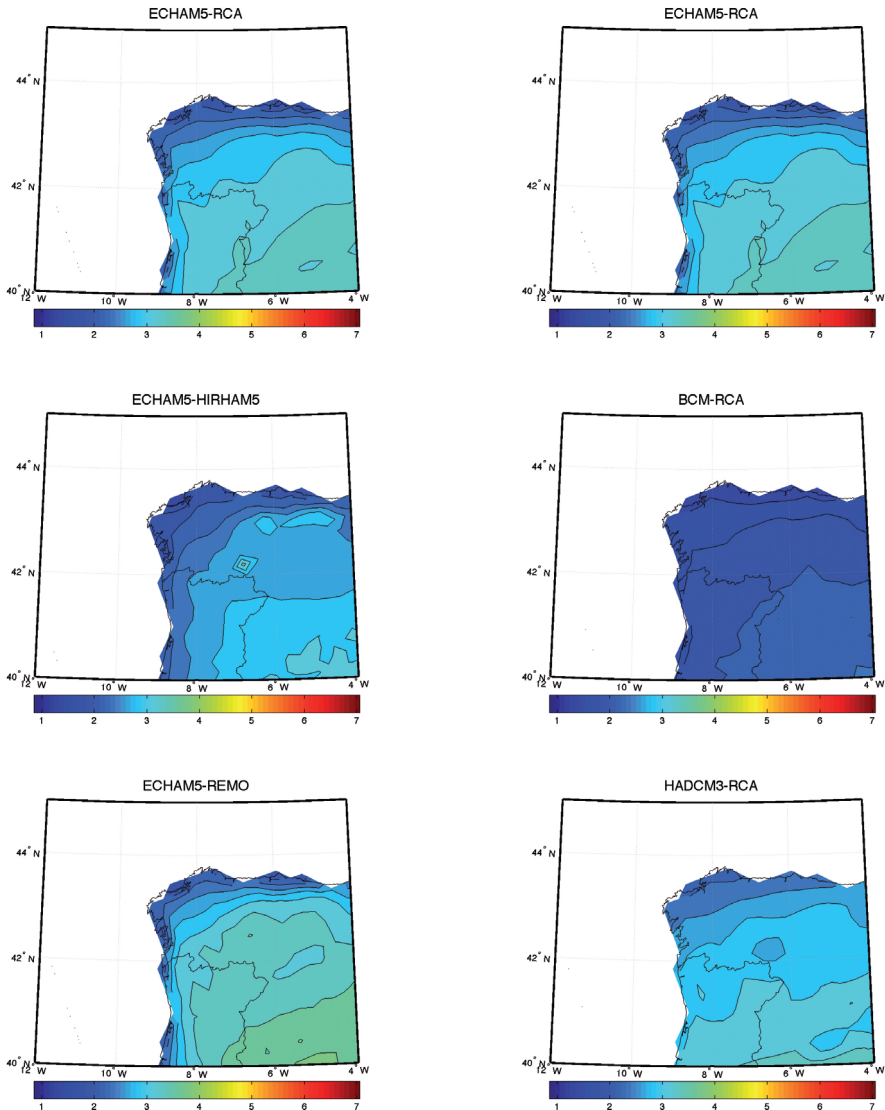


FIG. 2: Diferencias en la temperatura media superficial para diferentes combinaciones GCM-RCM entre los periodos (2065-2095) y (1965-1995).

Sin embargo estas diferencias no son homogéneas en todas las combinaciones, lo que demuestra que cualitativamente es claro que el noroeste peninsular sufrirá un aumento térmico, pero cuantitativamente este incremento está sujeto a un cierto grado de incertidumbre. Así, en promedio una de las combinaciones (BCM-RCA) nos estaría dando una diferencia de 2°C en el interior y algo menor en la costa, mientras que ECHAM5-REMO presenta diferencias superiores a los 3°C en el interior del área y a los 2°C en la costa. En general, de las cinco ejecuciones mostradas, la que mayores aumentos predice es ECHAM5-REMO, mientras que BCM-RCA da los menores incrementos. En cuanto a la variabilidad espacial todos los modelos presentan una franja de transición bien visible entre la costa y el interior, dando aumentos de temperatura más acusados en la zona interior.

Aunque no se muestran las figuras, si nos atenemos a períodos estacionales se observa que en general las temperaturas no presentarán grandes cambios en otoño e invierno, mientras que los cambios serán más acusados en primavera y verano, confirmando las tendencias de las series actuales de temperatura (Gómez-Gesteira et al. 2011).

Si observamos las 3 figuras de la columna izquierda en contraposición con las de la derecha podemos ver que en general las diferencias debidas al uso de distintos RCM's no son muy acusadas, mientras que en el caso de usar diferentes GCM si ocasiona diferencias notables, superiores a los 2°C . Además de los cambios en los promedios, que se observan en las anteriores figuras, debemos tener también en cuenta los cambios en la variabilidad. Para ello hemos seleccionado algunos puntos en concreto, obteniendo la función de densidad de probabilidad, que en el caso de las temperaturas se ajusta a una distribución normal.

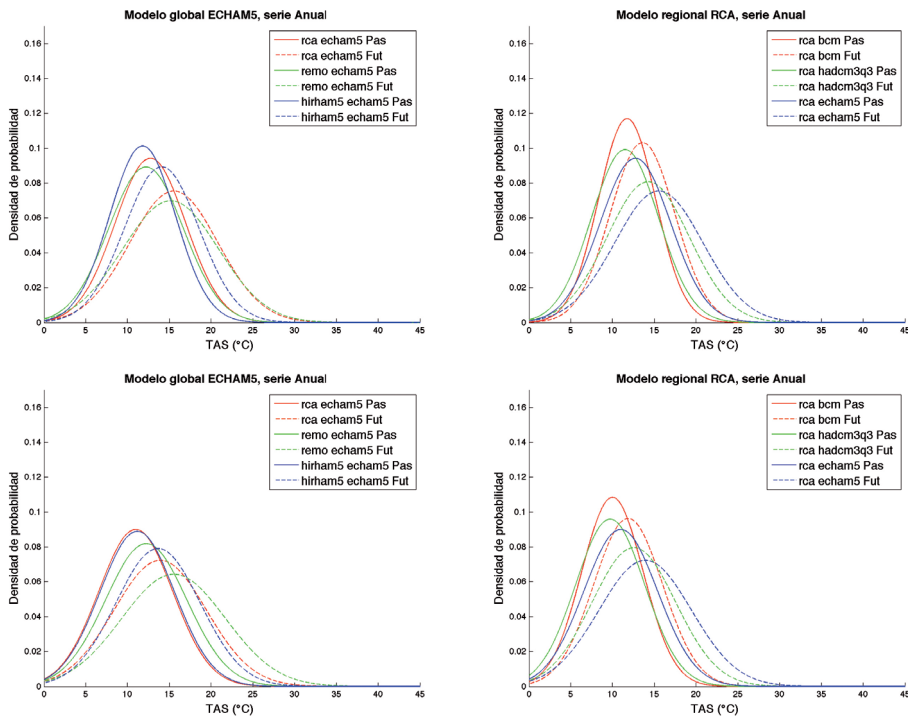


FIG. 3: Valores promedio y variabilidad de las temperaturas en dos puntos diferentes de la malla. En la fila superior un punto próximo a la costa y en la inferior un punto sin influencia marítima. Las figuras de la izquierda se corresponden con el caso del modelo ECHAM5 con diferentes RCM y las de la derecha con el modelo regional RCA conducido por diferentes GCM's.

En la figura 3 se muestra esta distribución para los diferentes modelos considerados en dos puntos del interior del área de estudio, uno de ellos (fila superior) más próximo a la costa y el siguiente (fila inferior) con menor influencia marítima. Se muestran en las figuras de la izquierda el resultado para ambos puntos de tres RCM's diferentes conducidos por un mismo GCM y en las de la derecha un solo RCM conducido por tres diferentes GCM's. Se puede observar con claridad en ambos puntos cómo los modelos nos dan en general el aumento en las temperaturas medias pero además también se puede apreciar un aumento en la variabilidad. Esto tendrá particular importancia en las estaciones de primavera y verano, en las que se dará lugar la mayor subida de las temperaturas promedio, lo que significa que aumenta la probabilidad de que sucedan olas de calor en el noroeste peninsular. En cuanto a las diferencias entre ambos puntos cabe señalar que en el punto con mayor influencia marítima tiene temperaturas algo menores en la actualidad, aunque tenderán a igualarse en el futuro debido a que el aumento de temperaturas en promedio será superior en el interior que en la costa, tal como se pone de manifiesto en la figura 2. En cuanto a las diferencias entre ejecutar varios modelos regionales con un solo modelo global, o por el contrario que un solo modelo regional tome las condiciones de contorno de varios modelos globales, vemos cómo la variabilidad es mayor considerando diferentes modelos globales, aunque hacia el futuro tienden a homogeneizarse ambos resultados.

3.2. Precipitación

En la figura 4 se representan los mapas de diferencia de flujo de precipitación media anual para cada una de las parejas GCM-RCM. Se observa que las ejecuciones con el mismo GCM (ECHAM5) difieren bastante entre sí, al contrario de lo que ocurría con la temperatura. Esto sugiere que parte de la variabilidad espacial es introducida por cada RCM anidado. Así, por ejemplo, la combinación ECHAM5-RCA no parece marcar tendencias de lluvia muy significativas a largo plazo. Sin embargo, ECHAM5-REMO presenta una tendencia significativa a que los acumulados de lluvia anuales disminuyan en las zonas costeras hacia finales del próximo siglo, en comparación con los valores que esa misma combinación de modelos obtiene para el clima actual, mientras que en las zonas de interior las diferencias no serán significativas. La combinación ECHAM5-HIRHAM5 no tiene un patrón espacial demasiado coherente, mostrando puntos de intensa disminución de lluvia, mezclados con otros en los que apenas habría diferencias. Las ejecuciones que tienen al modelo RCA como modelo regional pronostican en general pocos cambios o ligeros descensos en los acumulados de lluvia anual, excepto en el caso en el que se ejecuta anidado con el BCM como modelo general. En este último caso, la disminución de las lluvias es más acusada principalmente en las zonas costeras del oeste del área de estudio. La distribución del patrón de lluvias en este último caso sugiere que se verá disminuida la frecuencia de aparición de situaciones de oeste o suroeste, que son las que dejarían más lluvias en el área en la que se prevé que disminuya la precipitación.

Al igual que sucede con las temperaturas también los cambios en la lluvia varían en función de las diferentes estaciones del año, pero en general la tendencia es hacia primaveras y veranos más secos. Combinando estos resultados con los de temperatura, vemos que en general el período en el que el cambio climático será más preocupante en el noroeste peninsular estará comprendido entre marzo y septiembre, cuando las temperaturas tenderán a aumentar, tanto en su promedio como en sus extremos, mientras que las lluvias tenderán a disminuir. Esto incrementará la evapotranspiración, haciendo las sequías estacionales en este período más frecuentes que en la actualidad.

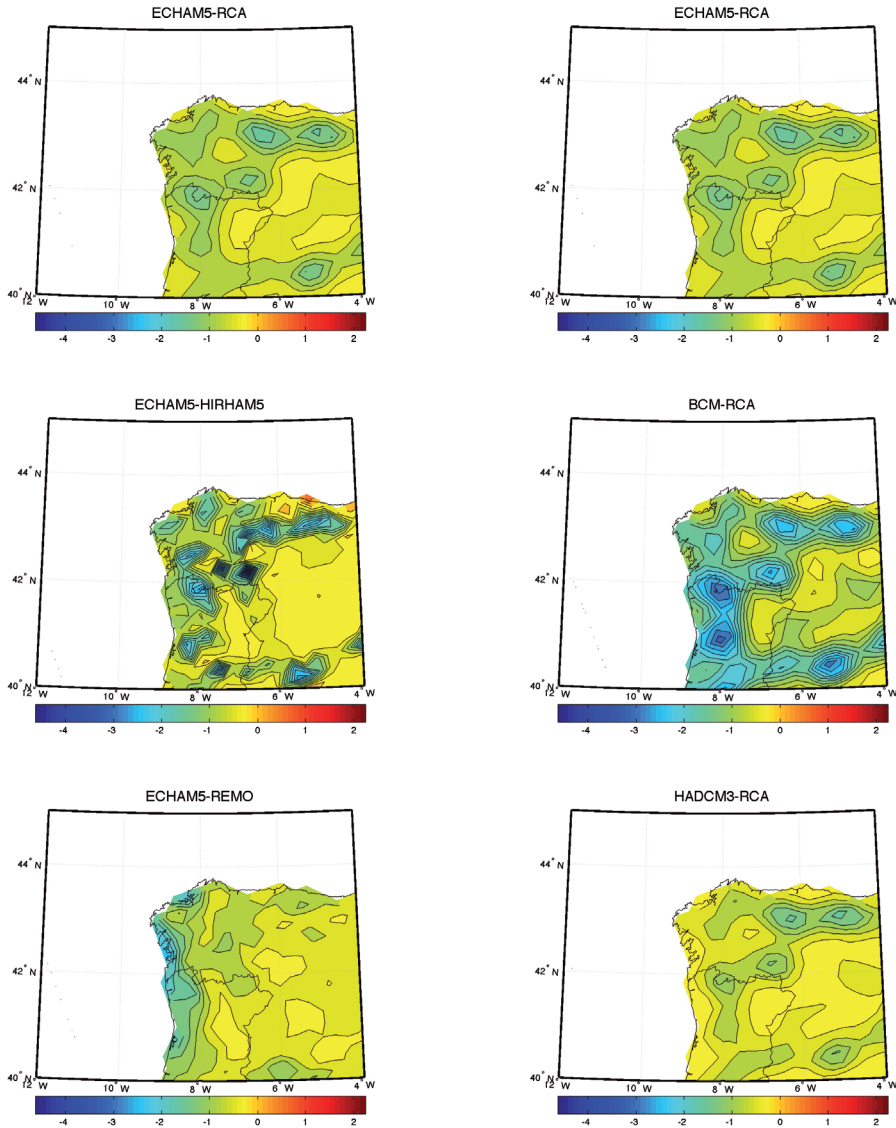


FIG. 4: Diferencias en la precipitación para diferentes combinaciones GCM-RCM entre los períodos (2065-2095) y (1965-1995).

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se han estudiado los cambios que se esperan en la región Galicia Norte de Portugal debido al cambio climático, comparando las últimas décadas del actual siglo XXI con las últimas décadas del pasado siglo XX. Los estudios se han hecho sobre cinco ejecuciones de modelos regionales del proyecto ENSEMBLES bajo el escenario A1B, considerado como el escenario intermedio entre los propuestos por el IPCC.

Los resultados para temperatura muestran que, en general, los modelos predicen aumentos en el promedio anual algo más intensos en el interior que en la costa, pero que en promedio, estarían en torno a los 3°C en el interior y los 2°C en la costa. Sin embargo, estos incrementos no se repartirán

por igual a lo largo del año, sino que se producirán con mayor intensidad en verano. Estas tendencias confirmarían las observadas con las series de datos existentes en la actualidad.

En cuanto a las lluvias, en general podemos decir que la incertidumbre es acusada, puesto que los resultados entre los modelos difieren ampliamente. Algunos modelos nos señalan la tendencia hacia una disminución de las lluvias en la costa, con pocos cambios en el interior, pero en general se puede decir que los procesos de microfísica que dan lugar a la lluvia todavía no son bien resueltos en los modelos de cambio climático regional, a pesar de la mejora en la resolución.

En general, las tendencias encontradas tanto de temperatura como de lluvia en Galicia para las últimas décadas del próximo siglo anuncian un clima algo más extremo, puesto que el aumento esperado de las temperaturas en primavera y verano, combinado con el déficit de lluvia que se podría producir en esas estaciones daría lugar a olas de calor y sequías más intensas y prolongadas que en la actualidad.

Los resultados muestran además que el downscaling dinámico que se realiza en el proyecto ENSEMBLES tiene una importancia significativa en el caso de la precipitación, pero no es tan importante en el caso de las temperaturas. En este último caso, diferentes modelos regionales acoplados con el mismo modelo de circulación general aportan algunos detalles, pero no dan demasiadas diferencias con respecto a lo que predice el modelo global. En el caso de la lluvia sin embargo, los diferentes modelos regionales sí son capaces de dar información diferente a la que se obtendría solamente con el modelo global.

Consideramos que estos resultados son significativos a la hora de valorar el impacto que el cambio climático tendrá en la Euroregión Galicia-Norte de Portugal en diferentes ámbitos y sectores. En el futuro se deberá ampliar este trabajo teniendo en cuenta otros factores tales como cambios en los patrones de presión o geopotencial que pueden confirmar los cambios encontrados en este trabajo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la “Xunta de Galicia” bajo el proyecto 10PXIB383169PR. J.J. Taboada agradece la financiación del Departamento de Medioambiente de la Xunta de Galicia.

REFERENCIAS

- Castro M., J. Martín-Vide J. y S. Alonso (2005). “El clima de España: pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI”. En: Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Informe del Ministerio de Medio Ambiente.
- EEA Report, (2008). “Impacts of Europe’s changing climate - 2008 indicator-based assessment”. EEA Report No 4/2008 European Environment Agency, Copenhagen.
- Falkowski P, R.J. Scholes, E. Boyle, J. Canadell, D. Canfield, J. Elser, N. Gruber, K. Hibbard, P. Hogberg, S. Linder, F.T. Mackenzie, B. Moore III, T. Pedersen, Y. Rosenthal, S. Seitzinger, V. Smetacek, y W. Steffen (2000). “The Global Carbon Cycle: A Test of Our Knowledge of Earth as a System”. *Science*, 290, 2891-296.
- Gómez-Gesteira M., L. Gimeno., M. de Castro., M.N. Lorenzo., I. Alvarez, R. Nieto, J.J. Taboada, A.J.C. Crespo, A.M. Ramos, I. Iglesias, J.L. Gomez-Gesteira, F.E. Santo, D. Barriopedro y I.F. Trigo (2011). “The state of climate in NW Iberia”. *Climate Research*, 48, 109-144.
- IPCC (1990). “Scientific Assessment of Climate Change-Report of Working Group I”. Houghton J.T., G.J. Jenkins, J.J. Ephraums (eds). Cambridge University Press, UK.
- IPCC (1996). “Climate Change 1995: The science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”. Houghton J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callender, N. Harris, A. Kattenberg, K. Maskell (eds). Cambridge University Press, UK.

- IPCC (2001). "Climate Change 2001: The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change". Houghton J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, C.A. Johnson (eds). Cambridge University Press, UK.
- IPCC (2007). "Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change". Solomon S, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller (eds) Cambridge University Press, UK.
- Klein-Tank A.M.G., J.B. Wijngaard, G.P. Können, R. Böhm, G. Demarée, A. Gocheva, M. Miletta, S. Pashiardis, L. Hejkrlik, C. Kern-Hansen, R. Heino, P. Bessemoulin, G. Müller-Westermeier, M. Tzanakou, S. Szalai, T. Pálsdóttir, D. Fitzgerald, S. Rubin, M. Capaldo, M. Maugeri, A. Leitass, A. Bukantis, R. Aberfeld, A.F.V. van Engelen, E. Forland, M. Miletus, F. Coelho, C. Mares, V. Razuvaev, E. Nieplova, T.A. Cegnar, J. López, B. Dahlström, A. Moberg, W. Kirchhofer, A. Ceylan, O. Pachaliuk, L.V. Alexander, P. Petrovic (2002). "Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. *International Journal of Climatology*", 22, 1441-1453.
- Rodríguez-Puebla C., A.H. Encinas, S. Nieto y J. Garmendia (1998). "Spatial and temporal patterns of annual precipitation variability over the Iberian Peninsula". *International Journal of Climatology*, 18, 299-316.
- Van Ulden A.P. y G.J. Van Oldenbourgh (2006). "Large-scale atmospheric circulation biases and changes in global climate model simulations and their importance for climate change in Central Europe". *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 863-881.