

## PRESENTACIÓN CONGRESO

---

### LA GENERACIÓN DE ESCENARIOS LOCALES DE CLIMA FUTURO ORIENTADOS A LA DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ÁMBITO FORESTAL.

Jaime Ribalaygua Batalla, Luis Torres Michelena, María del Carre Díaz  
Fundación para la investigación del clima

### INTRODUCCIÓN

Existe un consenso prácticamente unánime en la comunidad científica internacional que alerta sobre un cambio en el clima del planeta (von Storch y Stehr, 2006; von Storch, 2004). Esta comunidad está de acuerdo en que (IPCC, 2007):

- el calentamiento del sistema climático es inequívoco y ya evidente a partir de observaciones y registros que demuestran el aumento de la temperatura del aire y los océanos, la reducción de las masas de hielo y el aumento del nivel del mar
- se ha incrementado la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos
- el origen de la mayor parte de esos cambios reside muy probablemente en la actividad humana
- los cambios se intensificarán en el futuro, pudiendo llegar a ser mucho mayores si no reducimos de forma drástica la emisión de gases de efecto invernadero (GEI)
- los cambios en el sistema climático, de producirse en la magnitud prevista, alterarán fuertemente el funcionamiento de los sistemas naturales y sociales.

Por desgracia, no se trata de mensajes pesimistas, informaciones catastrofistas interesadas, o exageraciones. El mensaje es el que es. Los mensajeros (los investigadores y científicos) nos limitamos a transmitir ese mensaje tal y como se desprende de nuestros trabajos.

Ello se garantiza por cómo la ONU diseñó el órgano encargado de elaborar estas conclusiones, el IPCC (International Panel for Climate Change, [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)). Desde el principio se comprendió que el cambio climático podría ser fuente de disputas y conflictos de intereses entre países, y que había que definir una fórmula que impidiese la controversia en la interpretación de las conclusiones. Los Informes del IPCC son elaborados por varios miles de científicos, en base a investigaciones científicas publicadas en revistas de impacto y avaladas científicamente. Todos los países que integran la ONU pueden exigir la participación en las revisiones de los científicos que elijan. Y al

final, cada una de las frases del informe debe aprobarse, no por mayoría, sino por unanimidad.

Como resultado, los informes del IPCC son el "Mínimo Común Denominador" del conocimiento científico en la materia, aquello en lo que todos los científicos participantes están de acuerdo, y que ningún investigador ha sido capaz de rebatir de forma científica. Por supuesto, algunos de los investigadores participantes "van más allá", reflejando que los cambios pueden ser más drásticos y peligrosos. Son resultados científicos, pero como no tienen el respaldo unánime, no se incluyen en los informes.

Por tanto, a partir del 4º informe del IPCC presentado en 2007, la discusión sobre si hay cambio climático registrado, si su origen es humano, o si va a aumentar en el futuro, es ya obsoleta desde un punto de vista científico. Ahora el debate debe centrarse en cuáles van a ser los efectos de ese cambio, qué vamos a hacer para luchar contra esta problemática, y cuándo. Por ejemplo, el debate puede centrarse en si, como dice el Informe Stern del gobierno británico, el coste del cambio climático si no modificamos nuestra actitud actual será del 20% del PIB, y en cambio adoptar medidas mitigadoras y de adaptación costaría tan sólo el 1% del PIB; o si estos porcentajes no son correctos y deben modificarse.

### **La lucha contra el cambio climático**

Existen dos aproximaciones para luchar contra la problemática del cambio climático: la mitigación y la adaptación.

La mitigación tiene como objetivo minimizar en lo posible el cambio climático que se llegue a producir en el futuro, reduciendo lo máximo posible (obviamente sin llevarla por debajo de los niveles naturales) la concentración de GEI en la atmósfera. Este objetivo puede conseguirse mediante la reducción de las emisiones de estos GEI, o/y mediante su retirada de la atmósfera (fijación en sumideros, captura de carbono...)

La adaptación tiene como objetivo minimizar el impacto negativo del cambio climático que se llegue a producir (que ya en parte es inevitable). Para afrontar la adaptación es necesario disponer de escenarios del clima que se espera para el futuro, y con ellos evaluar el impacto que ese clima futuro tendría en las actividades afectadas. Por último, a partir de esos impactos, se deben diseñar políticas de adaptación que busquen minimizar los impactos negativos que se hayan identificado, y aprovechar al máximo los impactos positivos, que sin duda también aparecerán.

Ambas aproximaciones son igualmente importantes, y el IPCC urge a actuar en ellas de forma enérgica e inmediata. Sin embargo, hasta hace no mucho se ha dado más importancia a la mitigación, que ha centrado ya desde hace años el interés de iniciativas, como el Protocolo de Kyoto (1997). A medida que ha ido aumentando la certidumbre sobre lo inevitable de un cierto

calentamiento (incluso si redujéramos a cero las emisiones, causado por las efectuadas en el pasado), la adaptación ha ido ganando protagonismo. Por ejemplo, en la 13ª Conferencia de Naciones Unidas sobre Cambio Climático celebrada en Bali en diciembre de 2007 se ha acordado la creación del Fondo de Adaptación al Cambio Climático, que aunque ya se había planteado en Kyoto, no se había consolidado todavía. Por cierto que otra de las medidas estrella aprobadas en Bali contempla ayudas a los países en desarrollo a cambio de mantener sus masas forestales.

Desde hace algunos años, los científicos han suministrado escenarios de clima futuro, pero no eran muy útiles para la evaluación de impactos, y por tanto para diseñar medidas de adaptación, muchas veces por su escasa resolución espacial, o/y porque mantenían todavía muchas incertidumbres. Es sólo desde hace uno o dos años que los investigadores hemos conseguido generar escenarios climáticos utilizables para la evaluación de impactos: con mucha menor incertidumbre, con especificidad local, y abarcando la primera mitad del siglo XXI (no sólo para finales de este siglo), que son la resolución espacial y el alcance temporal que se requieren para planificar medidas de adaptación.

Ahora es imprescindible que los investigadores de los diferentes sectores afectados (forestal, biodiversidad, recursos hídricos, agrícola, erosión, energía, turismo, salud, transporte...) comiencen lo antes posible a utilizar estos escenarios para evaluar el impacto del cambio climático en esos sectores, y que a partir de esa evaluación se diseñen las políticas de adaptación necesarias.

### **La importancia del ámbito forestal**

El ámbito forestal tiene un papel fundamental en la problemática del cambio climático, por el efecto mitigador de los ecosistemas forestales, que son sumideros de carbono. Esta relevancia no está todo lo reconocida (y mucho menos todo lo valorada económicamente) que debiera. Los profesionales forestales tenemos una oportunidad para dinamizar nuestro sector en el contexto actual de cambio climático, y como toda oportunidad, supone también un reto que pondrá a prueba nuestra capacidad y nuestra habilidad. Ojalá seamos capaces de aprovecharla.

Existen varios aspectos relevantes a tener en cuenta, que debemos conseguir que se incluyan en las estrategias de lucha contra el cambio climático (nacionales o autonómicas, que por ahora apenas hacen referencia a lo forestal). Por un lado, es necesario maximizar en lo posible el efecto mitigador del monte, y por otro lado, es necesario garantizarlo (junto con el resto de valores del monte) para el futuro.

Hay a su vez tres aspectos relacionados con maximizar la mitigación: incrementar en lo posible la captación de carbono (en la vegetación, suelo, productos forestales...), minimizar la deforestación (incendios forestales,

cambios de uso, plagas...), y optimizar el aprovechamiento energético de la biomasa.

Para garantizar el efecto mitigador para el futuro, es necesario diseñar políticas de adaptación eficaces, previa evaluación del impacto del clima futuro como se ha dicho. Si el cambio climático deteriora los ecosistemas forestales como indican los estudios preliminares existentes, lo que podría ser una parte de la solución al problema del cambio climático se convertiría en un agravamiento del mismo (hay que tener en cuenta que el 20% de las emisiones planetarias actuales se deben a la deforestación). Y ello añadido a la gravedad del efecto de ese deterioro en el resto de valores que el monte aporta a la sociedad (ocio, producción, biodiversidad, regulación hídrica y de la erosión, cinegéticos, paisajísticos...)

Tenemos que conseguir que estos aspectos se incluyan en las estrategias contra el cambio climático, y que se dediquen los recursos necesarios para abordarlos adecuadamente.

Es necesario realizar un diagnóstico detallado de la situación de partida: inventario de sumideros de carbono, de emisiones por incendios y deforestación, estado fitosanitario, caracterización energética de biomasas, evaluación de la capacidad de fijación de GEI de los diferentes ecosistemas forestales, redes actuales de toma de datos, implicaciones relativas al Protocolo de Kyoto...

Teniendo en cuenta que el papel mitigador actual es "espontáneo" (no obedece a una gestión forestal orientada a él), hay que incluir en las estrategias medidas orientadas a maximizar ese papel mitigador: investigación para maximizar la fijación de carbono (selvicultura del carbono, fijación en suelos, "filtros verdes" - ya existen técnicas para capturar CO<sub>2</sub> de la atmósfera, y se requieren otras que permitan su fijación a gran escala; debe buscarse alguna relacionada con los ecosistemas forestales-, fijación en productos forestales y fomento de su utilización, etc.), investigación relacionada con la deforestación, los incendios y las plagas (optimización del combate, recuperación de zonas quemadas maximizando su efecto sumidero...), investigación orientada a optimizar el aprovechamiento energético de la biomasa, etc.

Hay que prestar especial atención en las estrategias a la adaptación, con objeto de garantizar para el futuro el papel mitigador, y el resto de aportaciones del monte a la sociedad: cuantificar sensibilidad y vulnerabilidad de ecosistemas y especies, evaluación de impactos del clima futuro (en la distribución de especies y su evolución -desplazamientos, necesidad de corredores...-, en el papel mitigador, en la problemática de incendios y plagas...), definición de políticas y actuaciones encaminadas a minimizar impactos negativos, disminuir vulnerabilidad, aumentar resiliencia, análisis de posibles impactos positivos, sustitución / combinación de especies para optimizar los beneficios ecológicos, económicos y sociales, etc.

Las estrategias deben contemplar a su vez la monitorización y seguimiento: establecimiento de redes de toma de datos (variables meteorológicas, fitoclimáticas, fitosanitarias, selvícolas, edáficas, litológicas, de biodiversidad, de fijación de carbono...), gestión de la información, análisis de datos y de su evolución, implicaciones de esa evolución en las políticas diseñadas, etc.

Por último, se deben incluir en las estrategias aspectos relacionados con la gestión económica: implicaciones en el Protocolo de Kyoto, valorización del papel mitigador, procedimientos administrativos, certificación, financiación, implicaciones económicas de la biomasa y los productos forestales, creación de empleo, desarrollo rural...

A continuación se describe brevemente cómo se generan los escenarios de clima futuro.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

La principal herramienta para simular el clima de las próximas décadas son los denominados Modelos de Circulación General (MCGs). Estos modelos (Huebener et al., 2007) simulan flujos de energía, masa y cantidad de movimiento entre los puntos de una retícula tridimensional que se extiende por la atmósfera, los océanos y las capas superiores de la litosfera y criosfera (ver figura 1). Mediante la integración temporal de estos flujos, se obtienen evoluciones simuladas de los estados atmosféricos.

Los MCGs más avanzados inician sus simulaciones en el siglo XIX con los forzamientos radiativos de la era preindustrial, y van modificando dichos forzamientos según los registros o estimas de las concentraciones históricas de GEI y aerosoles. Cuando la integración alcanza el presente y se interna en el futuro, las concentraciones de estos agentes se estiman en función de previsiones de la actividad humana (desarrollo económico, políticas energéticas y forestales...).

Estos MCGs muestran una capacidad notable para reproducir las principales características de la circulación general atmosférica (células de Hadley, cinturones extratropicales de borrascas...), pero si se analizan sus resultados a menor escala (escala regional), su funcionamiento difiere en general al observado, al menos para variables de superficie (Trigo y Palutikof, 2001).

Existen varias razones para explicar estas limitaciones (von Storch, 1994), derivadas de la insuficiente resolución espacial de estos modelos, que actualmente es de unos 2º o 3º de latitud x longitud. Una de las más importantes es la insuficientemente detallada descripción de la topografía (cordilleras, líneas de costa, etc.), y por tanto, de los forzamientos que ésta

misma ejerce sobre el clima, de extraordinaria importancia a escala regional (ver figura 2).

Por otra parte, en la mayor parte de los estudios de evaluación de impactos se requieren escenarios climáticos con resolución local y además de variables cercanas a la superficie terrestre (temperatura a 2 m, precipitación...). Se hace por tanto necesario extraer de la información más fiable aportada por las simulaciones de los MCGs (configuraciones de baja resolución preferentemente de atmósfera libre) la información requerida por los modelos de impacto (información de alta resolución -local-, en superficie). Este proceso se denomina "downscaling".

### **Aproximaciones de "downscaling"**

La bibliografía (Murphy, 1999) apunta dos posibles aproximaciones al problema:

- 1) Aproximaciones estadísticas ("downscaling" estadístico) (Goodess et al., 2007; Gutiérrez et al., 2004). Se obtienen relaciones empíricas entre variables a gran escala (predictores), y las variables de las que queremos obtener la predicción (predictandos: precipitación, temperatura...). Los escenarios se construyen aplicando esas relaciones a los campos de gran escala generados por los MCGs.
- 2) Aproximaciones por modelización dinámica ("downscaling" dinámico) (Déqué et al., 2005). Consiste en incrementar la resolución del modelo sobre el territorio de interés, bien mediante una técnica de "zoom" de la propia rejilla del MCG, bien mediante el anidamiento de un Modelo Regional del Clima (MRC), en las condiciones de contorno suministradas por el MCG.

Ambas aproximaciones tienen limitaciones, pero aportan una valiosa información.

La metodología de downscaling de la Fundación para la Investigación del Clima (ver figura 3) es estadística. En un primer paso se seleccionan de un banco de datos de referencia del pasado, las situaciones atmosféricas de baja resolución más parecidas a la del día problema. En un segundo paso se realiza, entre la población de días análogos seleccionados, una regresión lineal múltiple con selección automática de predictores, y se aplica esa regresión a los valores de los predictores (p.ej. configuraciones simuladas por el MCG) del día problema, para estimar el valor del predictando (p.ej. temperatura) en dicho día.

### **Incertidumbres asociadas a la simulación climática**

Existen distintos tipos de incertidumbre que afectan a toda simulación climática:

- Incertidumbre en la evolución de los forzamientos radiativo (GEI y aerosoles), dependiendo del modelo de desarrollo económico, energético y social. Esta incertidumbre se considera integrando el MCG varias veces, cada una de ellas con una evolución del forzamiento diferente (una continuista del actual esquema socioeconómico, otra en la que se disminuye fuertemente el consumo de combustibles fósiles...)
- Incertidumbre en la capacidad del MCG de simular el clima futuro. Se considera trabajando con futuros climáticos generados por varios MCGs.
- Incertidumbre por la variabilidad interna del sistema climático. Aún con el mismo forzamiento radiativo el clima presenta variaciones debido a su dinámica no-lineal. Se considera trabajando con diversas salidas del mismo MCG con el mismo forzamiento, pero variando las condiciones iniciales (simulaciones en "ensemble").
- Para el downscaling estadístico, incertidumbre en la estacionaridad de las relaciones estadísticas empleadas. Esta incertidumbre se intenta de disminuir buscando relaciones que consideren de forma eficaz la mayor parte de las relaciones físicas causa / efecto existentes entre predictores y predictandos.

Es muy importante considerar estas incertidumbres y tratar de cuantificarlas en los escenarios de clima futuro. La comunidad científica ha asumido esta necesidad, que está presente en todas los proyectos recientes (Hewitt, 2005). En este nuevo contexto, el downscaling estadístico toma mayor relevancia, ya que su bajo coste computacional permite aplicarlo a multitud de salidas de MCGs (diferentes MCGs, diferentes escenarios de emisiones, y diferentes miembros "ensemble")

## RESULTADOS

La capacidad de una metodología de downscaling se evalúa a través del denominado proceso de verificación, que consiste en aplicar aquella a campos atmosféricos de baja resolución "observados" (llamados "análisis atmosféricos"), y comprobar que se simulan adecuadamente los efectos en superficie de alta resolución observados. La verificación de esta metodología (en su versión más evolucionada) ha sido realizada con éxito en varias ocasiones (Goodess et al., 2007). La figura 4 muestra, por ejemplo, la verificación realizada en el marco de la primera fase del Programa Nacional de Generación de Escenarios Climáticos Regionales (ver [www.inm.es](http://www.inm.es), noticias). Los resultados de esta verificación son excelentes para temperatura (con errores menores a 0,1°C), y claramente peores para precipitación (con errores entorno al 15% de infraestima).

Una vez verificada con éxito la metodología, se ha aplicado a diferentes salidas de MCGs. Para consultar los resultados completos, tanto gráficos y mapas como las series de valores diarios simulados para cada observatorio,

debe acudir al portal del INM. A continuación se ofrece un resumen de esos resultados.

La tabla 1 muestra el aumento de la temperatura (promedio de todos los observatorios, en este caso andaluces, pero con resultados similares para el conjunto nacional) simulado para cada década, para dos escenarios de emisiones (A2, sin apenas cambios sobre la situación actual, y B2, con una cierta reducción de emisiones). Puede verse que la máxima se incrementaría por encima de los 2°C en la década del 2040, y que reducir emisiones (B2) tiene un efecto claro (a principios de siglo da más calentamiento porque también contempla una mayor redistribución de la riqueza, que aumentaría a corto plazo las emisiones de los países en desarrollo).

Pero esta información promedio para todos los observatorios, siendo importante, es insuficiente, como se ha dicho, para planificar actuaciones, que exige disponer de información para el punto del territorio en el que actuar. La figura 5 muestra el escenario previsto para el periodo 2041-2070 obtenido por downscaling de la salida del MCG canadiense CGCM2 para el escenario de emisiones A2, para temperatura máxima de enero y de julio. Se muestra el cambio simulado en °C con respecto al periodo de referencia 1961-1990. En esta figura se observan las conclusiones más importantes de los escenarios generados:

1. Existe una gran heterogeneidad espacial, de forma que observatorios muy próximos presentan cambios notablemente diferentes, lo que justifica la utilidad y necesidad del downscaling.
2. Los calentamientos simulados son mayores para las zonas de interior que para las costas, y para las zonas de montaña con respecto a las zonas de menor altitud
3. Existe una gran heterogeneidad intraanual, siendo los calentamientos simulados para verano mucho mayores que los de invierno.

La figura 6 muestra la misma información, para julio de 2071-2100, con calentamientos superiores a los 8°C. No obstante hay que resaltar que el clima simulado para tan avanzado el siglo es tan diferente al actual, que es posible que la metodología esté fuera de su rango de aplicabilidad.

Estos resultados son coherentes con los obtenidos por otras metodologías de downscaling y con otros MCGs, como se detalla en el informe del portal del INM.

## **CONCLUSIONES**

El cambio climático es ya un factor que no podemos eludir considerar en la gestión forestal, ni en ninguna otra actividad que se planifique para el futuro más allá de una o dos décadas. Todos los Planes Generales de Ordenación Forestal deben considerar el cambio climático como uno de los principales



factores a tener en cuenta. Ya no se pueden, por ejemplo, seleccionar especies para una plantación a partir de observaciones de los últimos años, sino que debe utilizarse también información (que ya está disponible) del clima que se espera para cuando esas plantas alcancen la madurez, que por desgracia, parece que va a ser muy diferente al actual.

La importancia del ámbito forestal en el cambio climático supone una oportunidad de dinamización del sector que debemos saber aprovechar. Debemos conseguir recursos para maximizar el papel mitigador del monte, y a la vez es necesario diseñar tareas de adaptación, para que los ecosistemas forestales mantengan sus importantes aportaciones socioeconómicas, entre ellas ese papel mitigador.

Desde hace poco hay escenarios de clima futuro a escala local disponibles, para todo el siglo XXI, y con la suficiente robustez como para utilizarlos en evaluación de impactos. Ahora resulta imprescindible y urgente que los especialistas de los diferentes sectores afectados (uno de los más importantes es el forestal/biodiversidad) comiencen a utilizar esos escenarios para evaluar el impacto del cambio climático en dichos sectores, y que con esa información se diseñen políticas de adaptación.

Los escenarios disponibles mantienen mayores incertidumbres para precipitación, pero son muy robustos para temperatura, al menos para las primeras 5 o 7 décadas. Es necesario utilizar esa información local, que muestra calentamientos muy importantes ya para mitad de siglo y con grandes diferencias de unos puntos a otros, para planificar la gestión forestal de cada punto del territorio.

## GRÁFICOS Y TABLAS

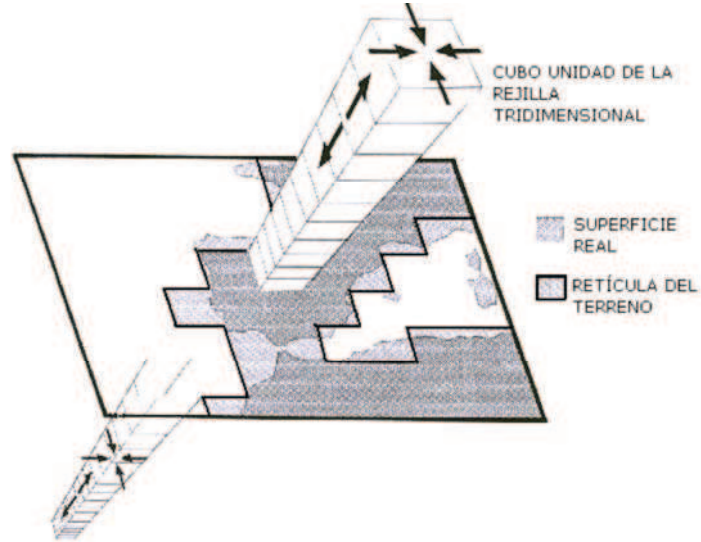


Figura 1: Rejilla tridimensional de un Modelo de Circulación General

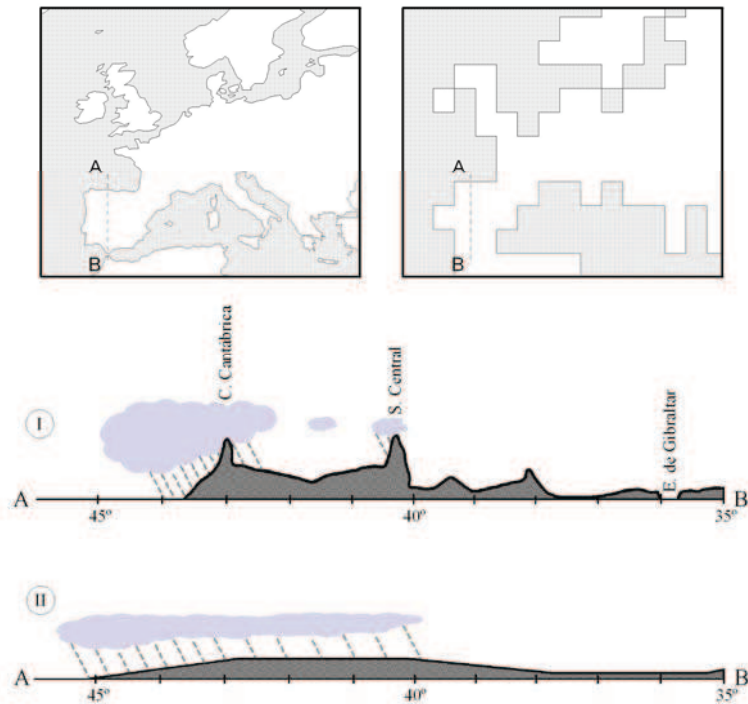


Figura 2: Distribución tierra mar en la realidad, y en la retícula de un MCG, y perfiles transversales de España siguiendo la dirección norte-sur representada por las líneas de puntos A-B. La compleja topografía de la Península (perfil I), condiciona fuertemente el clima. Se representa el reparto de precipitación asociado a vientos del noroeste. El efecto de la topografía desaparece drásticamente en el esquema del Modelo de Predicción Numérica (perfil II).

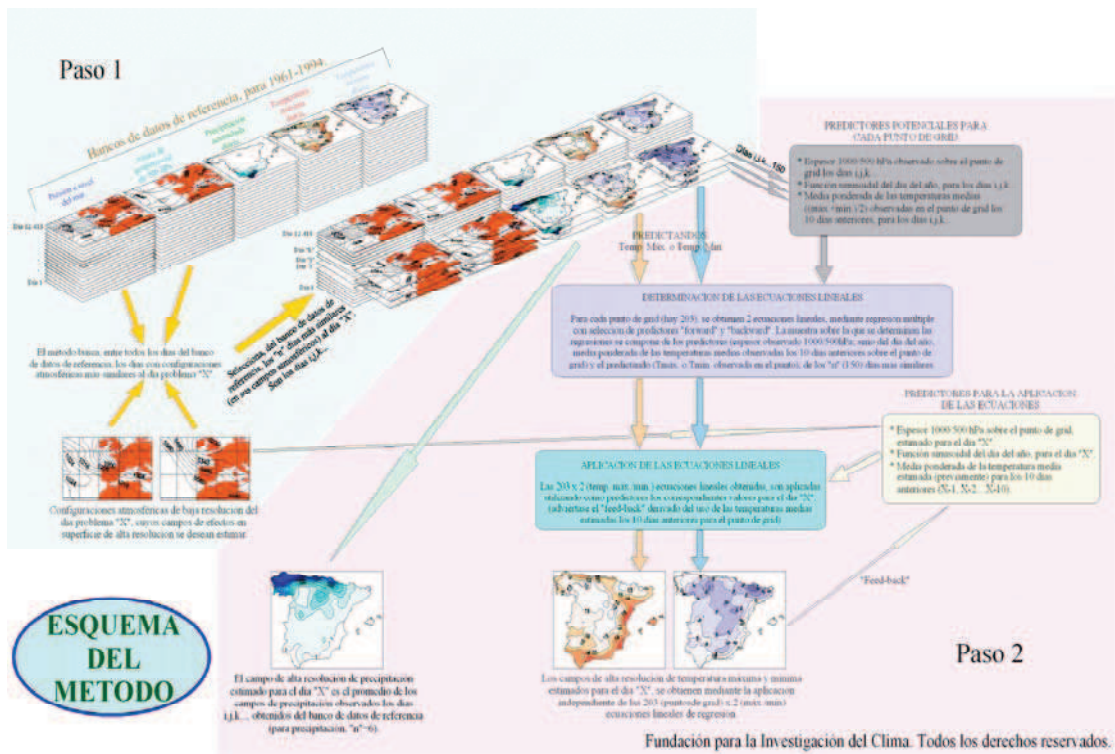


Figura 3: Esquema de la metodología de downscaling estadístico de la Fundación para la Investigación del Clima

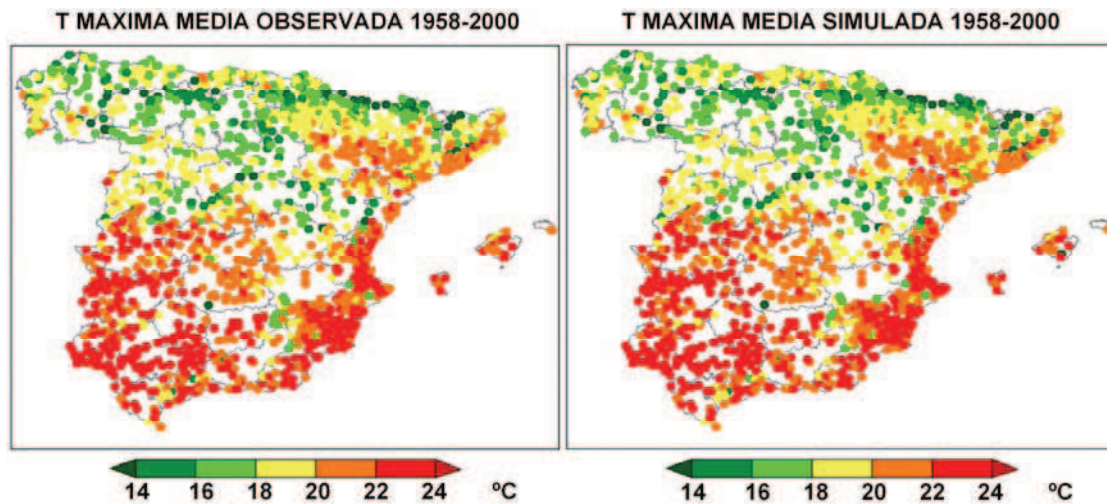


Figura 4: La verificación de la metodología ofrece excelentes resultados para temperatura: comparación entre los valores observados y simulados de la media anual de temperatura máxima del periodo 1958-2000

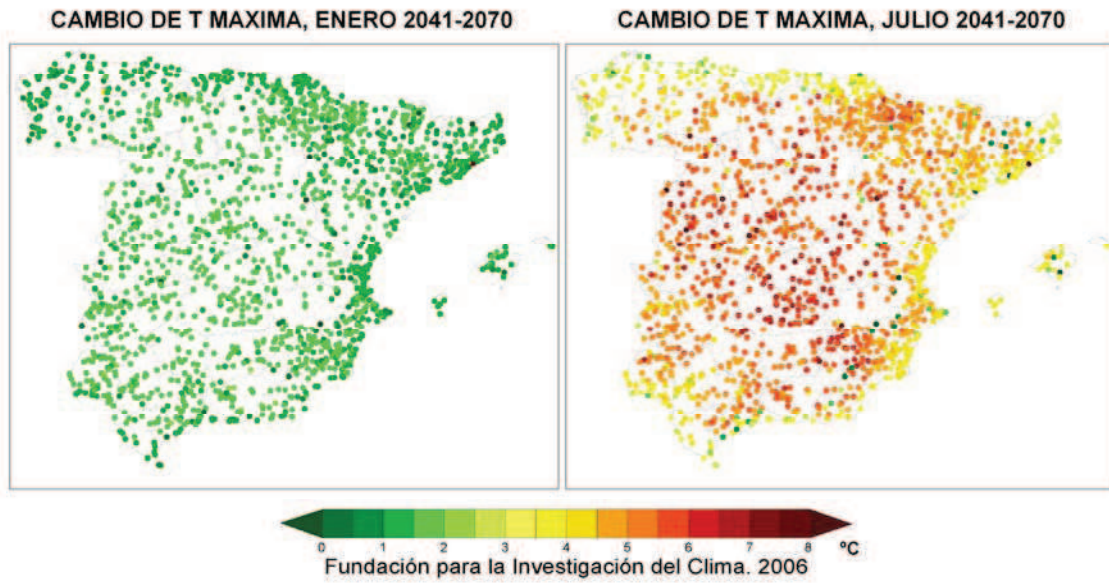


Figura 5: Escenario previsto para el periodo 2041-2070, MCG canadiense CGCM2 para el escenario de emisiones A2, para temperatura máxima de enero y de julio. Se muestra el cambio simulado en °C con respecto al periodo de referencia 1961-1990.

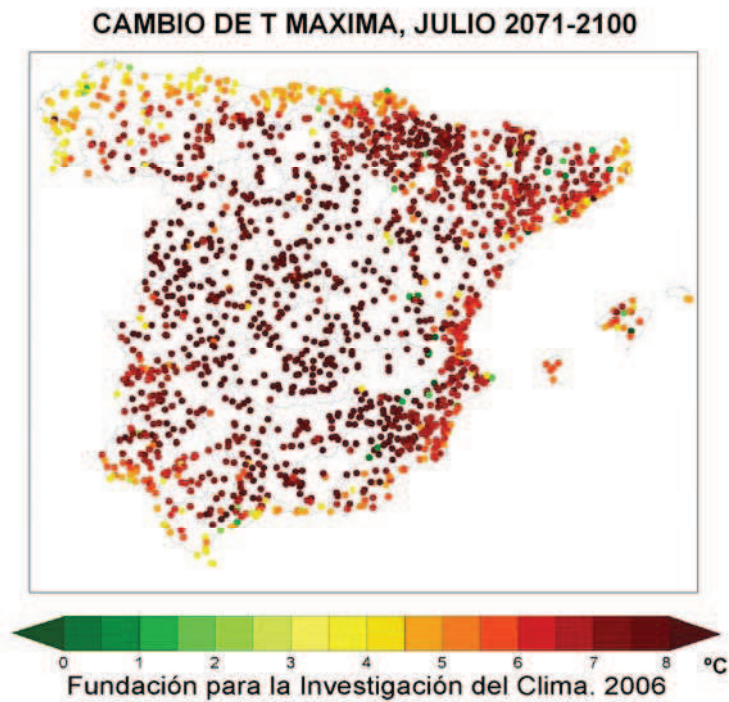


Figura 6: Escenario previsto para el periodo 2071-2100, MCG canadiense CGCM2 para el escenario de emisiones A2, para temperatura máxima de julio. Se muestra el cambio simulado en °C con respecto al periodo de referencia 1961-1990.

DECADA	T MAX		T MIN	
	A2	B2	A2	B2
<b>2011-2020</b>	<b>0.95</b>	<b>1.21</b>	<b>0.75</b>	<b>0.99</b>
<b>2021-2030</b>	<b>1.59</b>	<b>1.55</b>	<b>1.20</b>	<b>1.09</b>
<b>2031-2040</b>	<b>1.79</b>	<b>1.77</b>	<b>1.40</b>	<b>1.40</b>
<b>2041-2050</b>	<b>2.05</b>	<b>1.97</b>	<b>1.57</b>	<b>1.50</b>
<b>2051-2060</b>	<b>2.75</b>	<b>2.48</b>	<b>2.11</b>	<b>1.89</b>
<b>2061-2070</b>	<b>3.50</b>	<b>2.39</b>	<b>2.61</b>	<b>1.83</b>
<b>2071-2080</b>	<b>3.84</b>	<b>2.74</b>	<b>2.87</b>	<b>2.05</b>
<b>2081-2090</b>	<b>4.59</b>	<b>3.13</b>	<b>3.43</b>	<b>2.39</b>
<b>2091-2100</b>	<b>5.28</b>	<b>3.15</b>	<b>3.85</b>	<b>2.40</b>

Tabla 1: Aumento de la temperatura (promedio de todos los observatorios andaluces) simulado para cada década, para dos escenarios de emisiones (A2, sin apenas cambios sobre la situación actual, y B2, con una cierta reducción de emisiones).

## BIBLIOGRAFÍA

- Déqué, M., R.G. Jones, M. Wild, F. Giorgi, J.H. Christensen, D.C. Hassell, P.L. Vidale, B. Rockel, D. Jacob, E. Kjellström, M. de Castro, F. Kucharski and B. van den Hurk, 2005: Global high resolution versus Limited Area Model climate change projections over Europe: quantifying confidence level from PRUDENCE results. *Clim. Dyn.*, 25(6), 653-670.
- Goodess, C.M., Anagnostopoulou, C., Bárdossy, A., Frei, C., Harpham, C., Haylock, M.R., Hundechea, Y., Maheras, P., Ribalaygua, J., Schmidli, J., Schmith, T., Tolika, K., Tomozeiu, R. and Wilby, R.L., 2007: An intercomparison of statistical downscaling methods for Europe and European regions – assessing their performance with respect to extreme temperature and precipitation events. *Climatic Change*, submitted.
- Gutiérrez, J.M., R. Cano, A.S. Cofiño, and C. Sordo, 2004: "Redes Probabilísticas y Neuronales en las Ciencias Atmosféricas", Monografías del Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, ISBN: 84-8320-281-6
- Hewitt, C.D., 2005: The ENSEMBLES Project: Providing ensemble-based predictions of climate changes and their impacts. Published article appears in the EGGS newsletter, 13, 22-25. <http://www.the-eggs.org/?issueSel=24>
- Huebener, H., Cubasch, U., Langematz, U., Spanghel, T., Nierhorster, F., Fast, I. and Kunze, M., 2007: "Ensemble climate simulations using a fully coupled ocean-troposphere-stratosphere General Circulation Model (GCM)". *Phil. Trans. R. Soc. A* 365. (doi:10.1098/rsta.2007.2078)
- IPCC, 2007: "Climate Change 2007, Fourth Assessment Report of the IPCC - The Physical Science Basis (contribution of Working Group I); Impacts, Adaptation and Vulnerability (contribution of Working Group II); Mitigation of Climate Change (contribution of Working Group III); The Synthesis Report", Cambridge University Press.
- Murphy, J., 1999: *An evaluation of statistical and dynamical techniques for downscaling local climate*, *Journal of Climate*, 12, 2256-2284.
- Trigo, R.M. and Palutikof, J.P., 2001: 'Precipitation scenarios over Iberia: A comparison between direct GCM output and different downscaling techniques', *Journal of Climate*, 14, 4422-4446.
- von Storch, H., 1994: *Inconsistencies at the Interface of Climate Impact Studies and Global Climate Research*. Report 122, Max-Planck-Institut für Meteorologie.
- von Storch, H., 2004: A global problem - Global Change and the Earth System: A Planet under Pressure (Buchbesprechung). *Nature*. Vol. 429 (2004) 6989, 244 - 245.
- von Storch, H. and N. Stehr, 2006: Anthropogenic climate change - a reason for concern since the 18th century and earlier. *Geogr. Ann.*, 88 A (2): 107-113.