

T-7

## Escenarios de cambio climático y su impacto en el territorio

Juan José Guerrero Álvarez

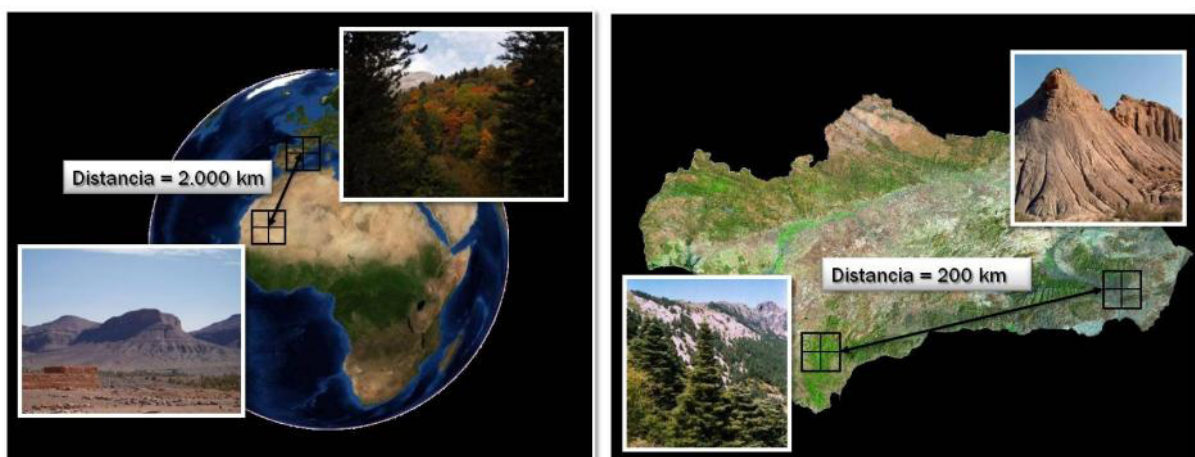
Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM). Agencia de Medio Ambiente y Agua de la Junta de Andalucía  
 jjguerrero@agenciamedioambienteyagua.es

Los *Escenarios Locales de Cambio Climático de Andalucía (ELCCA)* es un proyecto cuyo objetivo consiste en generar y proveer de información territorial sobre los efectos del cambio climático en Andalucía a escala local. A finales del siglo XX ya eran conocidas las implicaciones que el cambio climático iba a tener a nivel mundial, sin embargo, no era posible poder precisar sus efectos a nivel local, ya que la información generada es de poco detalle al estar resuelta a una resolución global donde únicamente pueden distinguirse las diferencias entre continentes y países. La principal herramienta de la que se dispone para la prospección del clima futuro son los *Modelos de Circulación General* o *MCGs*. Se trata de modelos físicos implementados en programas informáticos capaces de resolver numéricamente los sistemas de ecuaciones diferenciales que constituyen de la termodinámica atmosférica, y que aplicados a una malla tridimensional que representa el globo terráqueo, simulan la dinámica de los flujos de energía, masa y cantidad de movimiento que tienen lugar entre la atmósfera, continentes y océano. De su resolución mediante integración temporal, que requiere un alto coste computacional, se obtiene la evolución del estado de la atmósfera. Los primeros simuladores solo tenían

en cuenta la atmósfera y océanos, mientras que los actuales incorporan submodelos que simulan aspectos específicos como el ciclo del carbono, masas de hielo, bioquímica, la biogeología marina, etc. Por definición, estos requieren trabajar a escala planetaria, y el alto coste computacional no admite entrar en el detalle exigido por regiones como Andalucía, donde existe una variabilidad climática muy acusada.

Andalucía es una región rica y diversa. Buena parte de estos valores reside en su clima, caracterizado por un periodo estival donde todos los paisajes se zambullen en un periodo crítico de varios meses cálidos y sin precipitaciones. Se trata del Clima Mediterráneo, y esta región ha sabido reproducir las combinaciones más sorprendentes y variopintas de todos los climas del planeta en muy poco espacio, impregnado de un peculiar carácter a sus paisajes y paisanos. Desde los *bosques de Pinsapos*, un abeto mediterráneo que crece en la *Sierra de Grazalema* bajo una precipitación de más de 2 500 mm acumulados al año, hasta el *Desierto de Tabernas*, con precipitaciones menores de 200 mm, son un claro ejemplo del caleidoscopio climático andaluz.

Figura 1. Diversidad climática de Andalucía e importancia del clima local. En Andalucía, el clima mediterráneo adapta formas semejantes a climas muy distanciados del planeta. De izquierda a derecha: a nivel global y a 2 000 km de distancia, el desierto de montaña del Sahara y bosques de abetos y hayas del Pirineo; siguiente figura, a 200 km de distancia, bosques de pinsapo y quejigo y desierto de Tabernas



Solo el hecho de concentrar tal diversidad de climas y sus consecuentes paisajes, en tan poco espacio, da una primera medida de la importancia que conlleva en los estudios relacionados con el clima, afinar la escala de trabajo. De esta forma, si los climas son diversos también cabe esperar que las consecuencias del cambio climático también lo sean. Esta ha sido una premisa sustancial a la hora de abordar este proyecto, y de aquí su nombre: “Escenarios Locales de Cambio Climático de Andalucía”.

Los MCGs presentan una capacidad notable para simular la circulación general atmosférica y los fenómenos asociados a ella. El problema surge cuando se quiere trabajar a escalas menores, donde los fenómenos locales no son recogidos correctamente y las variables, especialmente en superficie, no se aproximan a los valores observados. Estas limitaciones se deben, en gran parte a dos razones: la primera, a que la resolución de cálculo de los MCGs no recoge correctamente la topografía específica de cada región y por tanto omiten ciertos fenómenos locales de gran importancia; y en segundo lugar, a que al parametrizar ciertos fenómenos se está suponiendo que estos se comportan de igual manera en todas las regiones cuando no tiene por qué ser así. Se hace por tanto necesario extraer, de la información más fiable aportada por los MCGs (información de baja resolución, y preferentemente de atmósfera libre), la información requerida por los modelos de impacto (información de alta resolución o local, y en superficie). Ese proceso se denomina “Downscaling” o Regionalización.

Con el nombre de “Downscaling” se engloban un conjunto de metodologías que permiten precisar los efectos a escala local, a partir de unas condiciones meteorológicas generales en todo el planeta. En todos los casos, dichas metodologías llevan inherentes una serie de incertidumbres acumuladas desde los mismos MCGs: la evolución futura de la sociedad, como población, distribución de riqueza, transmisión tecnológica, etc., emisiones de GEI, los factores considerados en el MCG, las técnicas de regionalización, etc. Sin embargo, estas simulaciones del clima futuro son lo suficientemente robustas como para ser utilizadas en planificación y definición de políticas relativas a cualquier actividad humana que se proyecte hacia el futuro más de una década (gestión forestal, planificación hidrológica, urbanística, agrícola, turística, etc.).

Por otra parte, el progreso científico y tecnológico está permitiendo reducir la incertidumbre de cada una de estas fases. De aquí la importancia que conlleva la actualización periódica de los escenarios de cambio climático. Este hecho es tan crucial que la propia Organización de las Naciones Unidas (ONU) organiza y planifica su actualización por medio del *International Panel for Climate Change*, (IPCC, [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 obligatoriamente publicadas en revistas de impacto y avalados 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 y recogen aquello en lo que todos los científicos implicados en el estudio del cambio climático están de acuerdo y que ningún investigador ha sido capaz de rebatir con argumentos científicos. Algunos de los investigadores participantes “van más allá”, reflejando que los cambios pueden ser más drásticos y peligrosos: son también resultados científicos, pero como no tienen el respaldo unánime, no se incluyen en los informes.

Los *ELCC de Andalucía* son un programa de actualización de los diferentes *Informes del IPCC* llevado a cabo por la *Red de Información Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (REDIAM)*, mejorando continuamente la calidad y variedad de información hasta el punto de ofrecer hoy en día más de 100 variables de distribución territorial proyectadas hasta el 2100. Actualmente ha sido finalizado en el *Quinto Informe de Evaluación (AR5, Assessment Report 5) del IPCC finalizado en 2014 (IPCC, 2014)*, mientras que el *6º Informe* ya está disponible en red para su descarga y visualización, a falta de finalizar la síntesis de los resultados. Toda la información aquí contenida permite diseñar las políticas locales de adaptación al cambio climático, tanto a nivel medioambiental, como económico y social.

## REFERENCIAS

1. Bentsen et al, 2019. NCC or ESM2-MM model output prepared for CMIP6 ScenarioMIP. Version YYYYMMDD[1]. Earth System Grid Federation. DOI: 10.22033/ESGF/CMIP6.608.
2. Bi Daohua et al, 2020. Configuration and spin-up of ACCESS-CM2, the new generation Australian Community Climate and Earth System Simulator Coupled Model. *Journal of Southern Hemisphere Earth Systems Science* 70, 225-251. <https://doi.org/10.1071/ES19040>.
3. Cherchi et al, 2019. Global Mean Climate and Main Patterns of Variability in the CMCCM2 Coupled Model. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 11(1), 185-209.
4. EC-Earth Consortium (EC-Earth), 2019: EC-Earth-Consortium ECEarth3-Veg model output prepared for CMIP6 Scenario MIP. Earth System Grid Federation. DOI:10.22033/ESGF/CMIP6.727.
5. Eyring et al, 2016: Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization, *Geosci. Model Dev.*, 9, 1937-1958, DOI:10.5194/gmd-9-1937-2016.

6. Good P et al, 2019. MOHC UKESM1.0-LL model output prepared for CMIP6 ScenarioMIP ssp245. 1].Earth System Grid Federation. DOI:10.22033/ESGF/CMIP6.6339.
7. Gutierrez et al, 2013: Reassessing statistical downscaling techniques for their robust application under climate change conditions. *J. Climate*, 26, 171–188, DOI: 10.1175/JCLI-D-11-00687.1.50/52.
8. Meinshausen et al, 2019: The SSP greenhouse gas concentrations and their extensions to 2500, *Geosci. Model Dev. Discuss.*, <https://doi.org/10.5194/gmd-2019-222>, in review, 2019.
9. Patz JA. et al, 2005. Impact of regional climate change on human health. *Nature* 438, 310–7.
10. Riahi et al, 2017: The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview, *Global Environmental Change*, Volume 42, 2017, Pages 153-168, ISSN 0959-3780.
11. Ribalaygua J et al, 2013: Description and validation of a two-step analogue/regression downscaling method. *Theoretical and Applied Climatology* 114: 253-269. DOI 10.1007/s00704-013-0836-x.
12. Seferian R. (2019). CNRM-CERFACS CNRM-ESM2-1 model output prepared for CMIP6 AerChemMIP hist-1950HC. Version YYYYMMDD[1].Earth System Grid Federation. DOI:10.22033/ESGF/CMIP6.4041.