

GUÍA DE ESCENARIOS REGIONALIZADOS DE CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE ESPAÑA

A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL IPCC-AR5

Pilar Amblar Francés
María Jesús Casado Calle
María Asunción Pastor Saavedra
Petra Ramos Calzado
Ernesto Rodríguez Camino



2017



Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización

Edita:

© Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente
Agencia Estatal de Meteorología
Madrid, 2017

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:
<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

NIPO: 014-17-010-8

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)
C/ Leonardo Prieto Castro, 8
28040 Madrid
<http://www.aemet.es/>



@Aemet_Esp



<https://www.facebook.com/AgenciaEstatalMeteorologia>

Índice

Resumen ejecutivo	1
1. Introducción	3
2. Metodología y datos.....	7
2.1. Nuevos escenarios de emisiones	7
2.2. Modelos climáticos globales	9
2.3. Regionalización climática	11
2.3.1. Regionalización estadística	13
2.3.1.1. Método de análogos	14
2.3.1.2. Método de regresión lineal múltiple	15
2.3.2. Regionalización dinámica	16
2.4. Bases de datos utilizadas	19
2.5. Limitaciones e incertidumbres de las proyecciones de cambio climático	20
2.6. Presentación y tratamiento de las proyecciones regionalizadas de cambio climático.....	22
3. Proyecciones regionalizadas de cambio climático sobre España	25
3.1. Cambios en los valores medios.....	26
3.1.1. Cambio en la temperatura máxima	27
3.1.2. Cambio en la temperatura mínima	37
3.1.3. Cambio en la precipitación	46

3.1.4. Cambio en la nubosidad	55
3.1.5. Cambio en la evapotranspiración real	58
3.1.6. Cambio en la escorrentía	61
3.1.7. Cambio en la velocidad media del viento a 10 metros.....	63
3.1.8. Cambio en la velocidad máxima del viento a 10 metros	66
3.2. Cambios en los índices de extremos	69
3.2.1. Índices extremos asociados a la temperatura máxima.....	70
3.2.1.1. Número de días cálidos.....	70
3.2.1.2. Duración de las olas de calor	72
3.2.2. Índices extremos asociados a la temperatura mínima	73
3.2.2.1. Número de noches cálidas	74
3.2.2.2. Número de días de heladas	75
3.2.3. Índices extremos asociados a la precipitación	77
3.2.3.1. Número de días de precipitación	77
3.2.3.2. Longitud del periodo seco	79
3.2.3.3. Precipitaciones intensas.....	80
4. Conclusiones.....	83
Agradecimientos.....	87
Referencias	89

Resumen Ejecutivo

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) constituye el marco para la coordinación entre administraciones públicas en las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático (PNACC 2006a). En el Primer Programa de Trabajo del PNACC (PNACC 2006b) se asignó al Instituto Nacional de Meteorología (INM), predecesor de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), la tarea de generar, revisar periódicamente y poner a disposición de la comunidad de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático escenarios climáticos regionales para el territorio español. El conocimiento detallado de las condiciones climáticas actuales y de las perspectivas climáticas en nuestro país son elementos imprescindibles para el desarrollo del PNACC y puede considerarse el sustrato sobre el que se levanta el Plan en su conjunto. Por tanto, las características relativas a su frecuencia de revisión y actualización y el grado de incertidumbre asociada a estos datos son factores clave en el desarrollo del plan. Además, la generación y actualización de los escenarios regionalizados de cambio climático para España es un mandato para AEMET tal y como se recoge en sus estatutos.

En el presente informe se resume la tercera entrega de la generación de proyecciones regionalizadas de cambio climático para España realizadas por AEMET mediante la utilización tanto de métodos estadísticos como dinámicos. Estas proyecciones se han obtenido a partir de los modelos globales participantes en el Quinto Informe de Evaluación (AR5) del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, de sus siglas en inglés) y del proyecto CORDEX (acrónimo inglés de *COordinated Regional Downscaling EXperiment*) para el uso en los diferentes sectores sensibles a las condiciones climáticas. Esta entrega forma parte del proceso continuo, iniciado en 2008, de revisión periódica y exhaustiva de las proyecciones regionales con todos los datos disponibles de modelos globales, observaciones y las mejores técnicas de regionalización.

Este informe tiene el carácter de documento de acompañamiento de los datos, en el que, además de una introducción a los métodos aplicados para la obtención de las proyecciones, se han incluido secciones dedicadas a la discusión de sus incertidumbres.

creciente e insostenible explotación de los recursos naturales (*Brundtland*, 1987). Previamente, en 1972, ya había tenido lugar en Estocolmo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Humano donde se tomó la iniciativa de crear el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) para coordinar las actividades relacionadas con el medio ambiente y asistir a los países en la implementación de políticas medioambientales adecuadas, así como a fomentar el desarrollo sostenible. A iniciativa del PNUMA y de la OMM, se creó en 1988 el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático con objeto de ofrecer una visión científica del conocimiento que existe sobre el cambio climático y sus principales impactos medioambientales y socio-económicos. Este grupo examina y evalúa toda la bibliografía científica, técnica y socio-económica reciente relativa al cambio climático que se produce a nivel mundial y elabora, entre otros documentos, los informes de evaluación, los cuales tienen un gran impacto sobre la sociedad a nivel mundial. Desde su creación, el IPCC ha elaborado cinco informes de evaluación con una cadencia aproximada de cuatro a seis años. Como consecuencia de estos informes, las negociaciones internacionales, realizadas en el seno de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (adoptada en 1992), han permitido alcanzar importantes acuerdos internacionales como el Protocolo de Kioto (1997), dirigido a la reducción de emisiones de seis gases de efecto invernadero, y el acuerdo de París (2015), que también se centra tanto en la reducción de gases de efecto invernadero como en otras herramientas para combatir el cambio climático.

En España, en paralelo con el aumento de la sensibilidad social por los temas medioambientales, se creó en 1992 la Comisión Nacional del Clima con el principal objetivo de promover la investigación sobre el cambio climático. Posteriormente, en 1998, se creó el Consejo Nacional del Clima y se regularon sus funciones, composición y régimen de funcionamiento. Este mismo año, la Unión Europea firmó el Protocolo de Kioto, que entró en vigor en 2005. Como consecuencia de ello, se aprobó la ley 1/2005, que regula el régimen del comercio de derechos de emisión de los GEI, y, en ella, se crea la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático. Esta Comisión está dirigida a la aplicación del comercio de emisiones y al cumplimiento de las obligaciones internacionales y comunitarias de información inherentes a éste. Entre los ámbitos específicos, se encuentra el seguimiento del cambio climático y adaptación a sus efectos. En 2006, se tenía ya elaborado el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático y se aprobó por la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático y el Consejo Nacional del Clima, junto con el Primer Programa de Trabajo, en julio de 2006. Finalmente, fue adoptado por el Consejo de Ministros en octubre de 2006. En este Primer Plan de Trabajo, se estableció, entre las primeras actividades, la generación de proyecciones regionalizadas de cambio climático para el territorio español y se nombra al Instituto Nacional de Meteorología (INM), predecesor de AEMET, como el organismo encargado de llevar a cabo esta actividad.

Desde la aprobación del PNACC, AEMET ha ido poniendo a disposición de los usuarios un amplio conjunto de proyecciones regionalizadas de cambio climático. Para su obtención, se han aplicado técnicas de regionalización a las proyecciones generadas

por los modelos climáticos globales con el objetivo de aumentar su resolución espacial (Brunet *et al.*, 2008).

El primer conjunto de proyecciones publicadas fueron realizadas a partir de los modelos utilizados por el IPCC para la elaboración de su Tercer Informe de Evaluación (TAR). Estas proyecciones también incluyeron, además de las proyecciones regionalizadas con métodos estadísticos, las proyecciones correspondientes a la regionalización dinámica obtenidas por el proyecto europeo PRUDENCE (acrónimo de *Prediction of Regional Scenarios and Uncertainties for Defining Climate Change Risks and Effects*), financiado por el 5º programa marco de la Unión Europea para la energía, el medioambiente y el desarrollo sostenible. A partir de esta información, AEMET publicó un primer informe titulado 'Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España' (Brunet *et al.*, 2008).

El segundo conjunto de proyecciones publicadas por AEMET se basaron en los datos de los modelos globales utilizados por el IPCC para la elaboración de su Cuarto Informe de Evaluación (AR4). En esta ocasión se publicaron en la página web de AEMET, (<http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio-climat/>), tanto resultados gráficos como datos numéricos diarios y agregados mensualmente. Al igual que en el caso anterior, también se incluyeron las adaptaciones realizadas de los resultados obtenidos en el proyecto europeo ENSEMBLES. Este proyecto fue la continuación del proyecto PRUDENCE y fue financiado por la Unión Europea dentro de su sexto programa marco. Apoyándose en estos datos, AEMET publicó el segundo informe 'Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR4' (Morata-Gasca, 2014). También se incluyeron en la página web de AEMET todas las proyecciones realizadas por los proyectos nacionales ESCENA (generación de escenarios de cambio climático regionalizados con métodos dinámicos) y ESTCENA (generación de escenarios de cambio climático regionalizados con métodos estadísticos) financiados por el Ministerio de Medio Ambiente.

Este documento constituye el tercer informe publicado por AEMET y se basa, como en los informes anteriores, en: a) la aplicación de métodos estadísticos de regionalización a las salidas de los modelos climáticos del proyecto CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project) utilizados por el IPCC en su Quinto Informe de Evaluación (IPCC, 2013); y b) el uso de proyecciones regionalizadas dinámicamente, procedentes del proyecto CORDEX, también utilizadas, aunque incipientemente, por el IPCC-AR5. La nueva generación de modelos globales pertenece mayoritariamente a la categoría de los llamados modelos del sistema Tierra (ESM, de sus siglas en inglés) que incluyen, en su versión estándar, la simulación del ciclo del carbono, aerosoles, química y vegetación dinámica (véase el Capítulo 9 del WGI IPCC 2013).

En este informe, al igual que en los anteriores, se ha puesto 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 irá asociada con alta incertidumbre y, por lo tanto, con estimaciones de menor fiabilidad (IPCC, 2013).

Este informe describe, en el capítulo 2, la metodología, los nuevos escenarios de emisiones, los modelos climáticos globales del AR5, los datos observacionales e incertidumbres asociadas y la presentación y tratamiento de las proyecciones regionalizadas. En el capítulo 3 se aborda el análisis de los resultados mediante gráficos de evolución, distribuciones espaciales y cambios posibles en los extremos climáticos asociados a las variables de interés. Las conclusiones se consideran en el capítulo 4. Contrariamente a los informes precedentes, este informe no muestra de manera exhaustiva distintos gráficos de las variables meteorológicas seleccionadas ya que estos últimos están disponibles en el portal de internet:

http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat

El presente informe, como se ha indicado en el Resumen Ejecutivo, está pensado para proporcionar un análisis e interpretación de los datos.