

VISOR DE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO DE ADAPTECCA: CONSULTA INTERACTIVA Y ACCESO A ESCENARIOS-PNACC 2017

J.M. GUTIÉRREZ¹, E. RODRÍGUEZ², M.A. PASTOR², F.J. HERAS³, A. VELASCO³, M. SÁNCHEZ³, V. GUTIÉRREZ⁴, A. PONS⁴, M. GARCÍA-DÍEZ⁵,
D. SAN MARTÍN⁵

¹*Grupo de Meteorología. CSIC-Univ. de Cantabria.*

²*Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)*

³*Oficina Española de Cambio Climático (OECC)*

⁴*Fundación Biodiversidad*

⁵*PREDICTIA Intelligent Data Solutions*

gutierjm@ifca.unican.es

RESUMEN

Las proyecciones regionales de cambio climático son una información básica para realizar estudios de impacto y adaptación en distintos sectores socio-económicos. La recopilación y producción de estas proyecciones a nivel nacional es una tarea básica del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), a través de Escenarios-PNACC. La primera versión (2012) se basó en la información del IPCC-AR4 y en dos acciones estratégicas nacionales (ESCENA y ESTCENA). Recientemente, se ha llevado a cabo una actualización de estos escenarios regionales a partir de IPCC-AR5 y de los proyectos CORDEX y VALUE (con la participación de AEMET y CSIC-UC), que proporciona series diarias en rejilla y puntuales de distintas variables e índices para múltiples escenarios y modelos. En este trabajo se presenta la actualización Escenarios-PNACC 2017, así como el “visor de escenarios de cambio climático” desarrollado en el marco de la plataforma AdapteCCa para facilitar a los usuarios el análisis interactivo y el acceso a esta información (<http://escenarios.adaptecca.es>).

Palabras clave: Cambio climático, regionalización, AdapteCCa, PNACC.

ABSTRACT

Regional projections of climate change are key information to carry out impact and adaptation studies in different socio-economic sectors. The compilation and production of these projections at the national level is a basic task of the National Plan of Adaptation to Climate Change (PNACC), through Escenarios-PNACC. The first version (2012) was based on IPCC-AR3 information and two national strategic actions (ESCENA and ESTCENA). Recently, an update of these regional scenarios has been carried out from IPCC-AR5 and from the CORDEX and VALUE projects (with the participation of AEMET and CSIC-UC), providing daily gridded and point series of different variables and indices for multiple scenarios and models. This paper describes the update Escenarios-PNACC 2017, as well as the "viewer of climate change scenarios" developed within the framework of the AdapteCCa

platform to provide users with interactive analysis and access to this information (<http://escenarios.adaptecca.es>).

Key words: Regional climate projections, downscaling, AdapteCCa, PNACC.

1. INTRODUCCIÓN

Para poder estudiar el impacto del cambio climático en los distintos sectores socioeconómicos de interés para un país, y poder tomar medidas de adaptación adecuadas para paliar sus consecuencias, es necesario disponer de información sobre la evolución previsible del clima para las próximas décadas. Una herramienta básica para ello son las proyecciones de cambio climático, que son descripciones plausibles de la evolución futura del clima que se obtienen a partir de simulaciones con modelos climáticos (GCMs, del inglés Global Climate Models), forzados con distintos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero que caracterizan la concentración futura de estos gases durante las próximas décadas (Representative Concentration Parthways, RCPs; Moss y otros, 2010). Por ejemplo, para el último informe del IPCC (AR5) se utilizó un conjunto (*ensemble*) de proyecciones multi-modelo (más de 40 GCMs, con una resolución horizontal típica de 200 km) y multi-escenario (histórico, RCP 2.6, 4.5, 6.0, 8.5) para obtener proyecciones globales de cambio climático. Estas proyecciones constituyen el punto de partida para el proceso de regionalización (o downscaling), conducente a refinar la resolución de esta información sobre regiones geográficas específicas, de forma que tengan en cuenta la variabilidad regional y resulten adecuadas para poder analizar los posibles impactos del cambio climático a escala regional o local. Esta actividad de regionalización es una tarea clave en los distintos Planes Nacionales de Adaptación al Cambio Climático, como el PNACC en España.

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

El PNACC constituye el marco de referencia para la integración de las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en España, así como para coordinar acciones entre las Administraciones Públicas. Fue concebido desde su inicio como un proceso continuo y acumulativo de generación de conocimientos y de creación y fortalecimiento de capacidades. La Oficina Española de Cambio Climático (OECC) es la unidad responsable de la coordinación, gestión y seguimiento de la implementación del Plan.

Aprobado en el año 2006, el PNACC se desarrolla a través de programas de trabajo sucesivos, que concretan las actividades a llevar a cabo en cada etapa. En la actualidad se encuentra en pleno desarrollo el Tercer Programa de Trabajo, que comprende el periodo 2014-2020. El Programa se estructura en torno a 4 grandes ejes: 1) la evaluación sectorial de impactos, vulnerabilidad y adaptación, 2) la integración de la adaptación en la normativa sectorial, 3) la movilización de actores clave y 4) el seguimiento y evaluación. La generación de escenarios regionalizados de cambio climático se contempla como un elemento transversal básico del PNACC.

1.2. AdapteCCa

La Plataforma de Intercambio y Consulta de Información sobre Adaptación al Cambio Climático en España (AdapteCCa, <http://www.adaptecca.es>), fue creada en 2013 a partir de una iniciativa conjunta de la OECC, la Fundación Biodiversidad y las unidades responsables en materia de adaptación al cambio climático de las Comunidades Autónomas. AdapteCCa surge como respuesta ante la necesidad de generar un espacio común de información y de intercambio de conocimiento y experiencias en materia de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el ámbito territorial de España. AdapteCCa se diseñó buscando la máxima sinergia con la plataforma europea de adaptación Climate-ADAPT, lanzada en 2012 por la Comisión Europea y la Agencia Europea de Medio Ambiente. En la actualidad, AdapteCCa es un espacio para la gestión del conocimiento consolidado que, sin embargo, se encuentra en plena evolución. En el marco del proyecto europeo LIFE SHARA (<http://lifeshara.com>) “Sharing Awareness and Governance of Adaptation to Climate Change” se están acometiendo mejoras de diseño y estructura, ampliación de contenidos (por ejemplo, con la incorporación de un módulo de casos prácticos o un banco de imágenes), ampliación de las funcionalidades existentes (por ejemplo, con la mejora del buscador documental) o la creación de otras nuevas (módulos para la creación de grupos de trabajo o para la celebración de webinars). En esta serie de mejoras previstas para AdapteCCa en el marco del proyecto LIFE y del PNACC, se prevé la actualización y mejora del visor de los escenarios de cambio climático, herramienta clave de la plataforma cuyas características se describen más adelante.

1.3. Escenarios-PNACC

La iniciativa Escenarios-PNACC recopila la información climática regional para España, tanto del clima actual (1971-2000), como de distintos escenarios futuros de cambio climático para las próximas décadas (contemplando un futuro próximo: 2011-2040, medio: 2041-2070, y lejano: 2071-2100). El objetivo principal de esta iniciativa es revisar y armonizar las distintas fuentes de información, para ponerlas a disposición de la comunidad de impactos y adaptación al cambio climático en el marco del PNACC, tratando de facilitar el acceso a la misma así como las buenas prácticas de uso. En Escenarios-PNACC se aborda el problema de la forma más amplia posible, considerando tanto técnicas dinámicas como estadísticas de regionalización. La regionalización dinámica se basa en el uso de modelos climáticos regionales (RCM, del inglés Regional Climate Model), con resoluciones típicas de decenas de kilómetros, los cuales se “anidan” a un modelo global en la zona de interés, resolviendo las ecuaciones de la atmósfera a una mayor resolución e incluyendo procesos regionales que los GCMs no contemplan. Por otro lado, las técnicas de regionalización estadística establecen relaciones empíricas entre los valores de los modelos globales (predictores) y los valores observados de las variables de interés en las localidades en las que se desea obtener las proyecciones. Estas técnicas son menos costosas computacionalmente que la regionalización dinámica, por lo que es posible realizar un gran número de proyecciones con diferentes métodos y distintos GCM y escenarios. Sin embargo, es necesario validar adecuadamente estas técnicas para garantizar que las proyecciones obtenidas no

están contaminadas por artefactos estadísticos (métodos o predictores inadecuados, problemas de extrapolación, etc.; véase Gutiérrez y otros 2018).

El primer conjunto de datos (Escenarios-PNACC 2012) se basó en las proyecciones globales del clima del cuarto informe del IPCC (AR4), a partir de los escenarios de emisiones B1, A1B y A2. Estas proyecciones globales sirvieron de base para distintos estudios de regionalización aplicando modelos climáticos regionales (ENSEMBLES, a escala europea y ESCENA, a escala nacional, ambos con una resolución de ~20km; Fernández y otros, 2012) y técnicas estadísticas de regionalización (AEMET y ESTCENA, con información puntual para un subconjunto de estaciones/localidades de AEMET; Gutiérrez y otros 2012). La información de estos proyectos se puso a disposición pública a través de AEMET (datos mensuales) y de servidores específicos de ESCENA y ESTCENA (dato diario).

2. ESCENARIOS-PNACC 2017

Recientemente se ha llevado a cabo una actualización de Escenarios-PNACC a partir del último informe del IPCC (AR5 - CMIP5, <http://www.ipcc.ch/report/ar5>) y de los nuevos proyectos de regionalización dinámica (EURO-CORDEX, Jacob y otros, 2013) y estadística (AEMET y VALUE, Amblar y otros 2017, Gutiérrez y otros 2018). Las nuevas proyecciones globales se basan en una nueva generación de escenarios de emisiones (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 Y RCP8.5) y las nuevas proyecciones regionales de EURO-CORDEX alcanzan una resolución de ~10km, y proporcionan, entre otros, datos consistentes de temperatura mínima/máxima, precipitación, velocidad del viento y humedad relativa, aunque se restringen principalmente a los escenarios RCP4.5 y RCP8.5; esta información está accesible a través del Earth System Grid Federation (ESGF, <http://cordex.org/data-access/esgf>), usando los siguientes criterios de filtrado: *Project=CORDEX, Domain=EUR-11*), pero su descarga es compleja y requiere experiencia previa con formatos de datos climáticos. Las proyecciones estadísticas han sido generadas para la misma red de localidades de Escenarios-PNACC 2012, y proporcionan únicamente datos de temperatura y precipitación; estos datos están accesibles a través de AEMET y del grupo de Meteorología de Santander (CSIC-UC). Los datos de Escenarios-PNACC cubren España peninsular y Baleares, pero no las Islas Canarias, ya que no están incluidas en el dominio de Euro-CORDEX.

Adicionalmente, se consideran dos fuentes de datos diarios que son utilizadas como referencia para los datos anteriores: la red de estaciones de AEMET utilizada para la calibración de las técnicas de regionalización estadística y la rejilla de observaciones Spain02_v5 (basada en la misma rejilla de EURO-CORDEX; Herrera y otros, 2016), en ambos casos para temperatura mínima, máxima y precipitación.

Estas fuentes de información que conforman Escenarios-PNACC 2017 (Fernández y otros 2018) se han integrado en el “visor de escenarios de cambio climático de AdapteCCa”, que permite visualizar y descargar los datos, facilitando su uso.

3. EL VISOR DE ESCENARIOS DE ADAPTECCA

El visor de escenarios es una iniciativa de la OECC, la Fundación Biodiversidad y la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), que cuenta también con la colaboración del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC, por medio del IFCA). El visor ha sido financiado inicialmente por el proyecto LIFE SHARA (2016-2021).

La Figura 1 muestra la ventana principal del visor, que ofrece y permite interactuar con la climatología de las variables originales (y de distintos índices climáticos definidos a partir de ellas; Sec. 3.1) para un período histórico de referencia que caracteriza el clima actual (1971-2000), así como para tres períodos futuros (cercano: 2011-2040, medio: 2041-2070 y lejano: 2071-2100) para dos escenarios futuros de emisión (RCP4.5 y RCP8.5). El visor permite analizar anual o estacionalmente la información, considerando todo el año, o una estación del año en particular (por ejemplo, verano). Esta información climática espacial se proporciona en forma de mapas, representativos del promedio de los 30 años correspondientes, en forma de rejilla regular (11km) o de valores puntuales en las localidades consideradas en Escenarios-PNACC 2017, según el tipo de datos que se elijan. Sin embargo, también se puede analizar el carácter temporal de la información (series temporales de valores anuales/estacionales) agregada para una región geográfica concreta; el visor ofrece distintas opciones de selección políticas (e.g. provincias o comunidades), y físicas (e.g. cuencas hidrográficas, o zonas LIC).

Además el visor también permite descargar los datos diarios correspondientes a un punto de rejilla o una estación individual (o agregados en una región geográfica) en un formato de fácil lectura, facilitando su acceso y su uso. Nótese que, en su versión actual, el visor no permite descargar la información diaria para un conjunto de puntos de rejilla o estaciones en una región particular, ya que el volumen de información involucrada podría ser demasiado elevado para una descarga online. Actualmente, la única opción es descargar la información punto a punto, lo cual sólo es adecuado para estudios locales.

3.1. Variables e índices

El visor se alimenta de la información de Escenarios-PNACC 2017 descrita en la Sección 2 y proporciona información sobre las variables básicas dadas en Escenarios-PNACC (precipitación, temperatura máxima y mínima, velocidad del viento y humedad relativa), así como de una serie de índices climáticos relevantes para distintos sectores de impactos (ver Tabla 1), que se calculan a partir de las variables básicas.

3.2. Uso del visor: Ejemplo ilustrativo

A continuación, se expone un caso de estudio utilizando uno de los índices del visor relevantes para el sector eléctrico: los grados-día de refrigeración (GDR de ahora en adelante; *cooling degree days* en inglés; Spinoni y otros 2015), que es una medida de la necesidad de refrigeración activa y, por tanto, del consumo energético de sistemas como el aire acondicionado. Este índice utiliza las temperaturas máxima, mínima y media diarias para estimar la fracción del día que ha superado la temperatura umbral de referencia (en este caso, se ha escogido una temperatura umbral de 26°C). Nótese que este índice depende de un umbral absoluto y, por tanto,

cualquier sesgo en los datos puede conllevar asociado una sub- o sobre-estimación del mismo. Este puede ser el caso, por ejemplo, de los RCMs (datos en rejilla, de Euro-CORDEX), ya que estos presentan normalmente un sesgo sistemático cuando se comparan con las observaciones. Por lo tanto, en estudios que requieran valores reales de GDR en una localidad concreta, sería más aconsejable utilizar los datos puntuales (de métodos estadísticos, calibrados para la localidad concreta), o utilizar datos de RCMs con sesgo corregido (postprocesados con técnicas de corrección de sesgos, *bias correction* en inglés). Este último tipo de datos no se proporciona en la versión actual del visor, pero ya hay un proyecto en marcha para incluir esta información en una nueva versión.

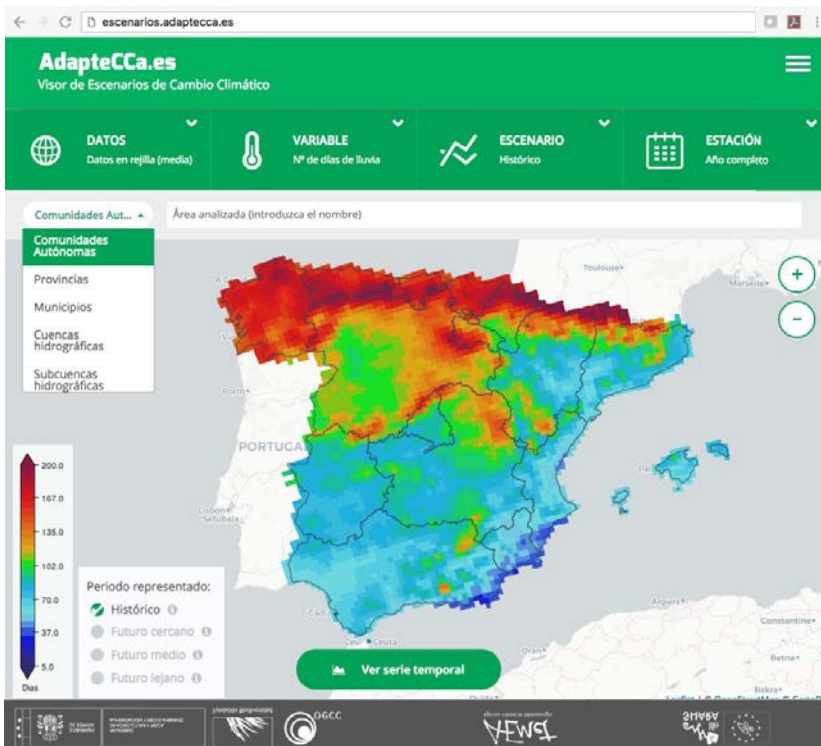


Fig. 1: Ventana principal del visor de escenarios de cambio climático de AdapteCCa (mostrando el número de días de lluvia en el período histórico).

Cód.	Variable	Descripción	T	U
T1	Temp. mínima	Temperatura del aire a 2 metros sobre el suelo, mínima diaria	O	°C
T2	Temp. máxima	Temperatura del aire a 2 metros sobre el suelo, máxima diaria	O	°C
T3	P5 de la temp. mínima diaria	Valor bajo el cual se encuentran el 5% de las temperaturas mínimas de un periodo de tiempo	I	°C
T4	P95 de la temp. máxima diaria	Valor bajo el cual se encuentran el 95% de las temperaturas máximas de un periodo de tiempo	I	°C
T5	Días con temp. mínima < 0°C	Número de días cuya temperatura mínima se encuentra por debajo de los 0°C	I	Días
T6	Días con temp. mínima > 20°C	Número de días cuya temperatura mínima se encuentra por encima de 20°C	I	Días
T7	Noches cálidas	Número de días cuya temperatura mínima supera el Percentil 90 de un periodo de referencia (P90)	I	Días
T8	Días cálidos	Número de días con temp. máxima superior a P90.	I	Días
T9	Duración de olas de calor	Duración máxima de una ola de calor (5 o más días consecutivos con temp. máxima superior a P90)	I	Días
T10	Grados-días de refrigeración	“Cooling degree days”, según la fórmula de Spinoni et al (2015), utilizando un umbral de 26°C	I	°C x día
T11	Grados-días de calefacción	“Heating degree days”, según la fórmula de Spinoni et al (2015), utilizando un umbral de 18°C	I	°C x día
P1	Precipitación	Precipitación acumulada en un día, en cualquiera de sus formas (lluvia, nieve, granizo, etc.)	O	mm/día
P2	Nº de días secos	Número de días con precipitación inferior a 1 mm	I	Días
P3	P95 de precipitación	Valor bajo el cual se encuentran el 95% de los valores de precipitación diaria	I	mm/día
P4	Precipitación máxima en 24h	Valor más alto de precipitación diaria	I	mm/día
P5	Máximo nº de días secos	Número máximo de “días secos” (< 1mm) consecutivos.	I	Días
P6	Nº días de lluvia	Número de días con precipitación >= 1 mm	I	Días
V1	Velocidad del viento	Velocidad del viento a 10 m sobre el suelo, media diaria	O	m/s
V2	Velocidad máxima viento	Velocidad del viento a 10 m sobre el suelo, máxima diaria	O	m/s
H1	Humedad relativa	Humedad relativa a 2 m sobre el suelo, media diaria	O	%

Tabla 1: Variables e índices accesibles desde el visor. La columna Tipo (T) indica si es una variable original (O), o un índice derivado (I). La primera columna indica el código, organizado por grupos de variables (T: temperatura, P: precipitación, V: viento y H: humedad). La última columna muestra las unidades (U).

En la figura 2-A1 se muestra la climatología del periodo histórico (1971-2000) de acuerdo con los datos en rejilla (media multimodelo). En esta figura pueden verse

los patrones espaciales típicos de las temperaturas en España, con valores máximos de hasta 350 grados-día en el valle del Guadalquivir. Estos valores contrastan con los relativamente bajos que se dan en las zonas de montaña, Galicia y Cantábrico. Escogiendo el escenario de futuro RCP8.5, el más pesimista, es posible visualizar la subida generalizada de los GDR que se proyecta ya incluso para el futuro medio (2041-2070, Fig. 2-A2). De acuerdo con estos modelos, zonas como la Comunidad Madrid alcanzarán los 250 grados-día en promedio en este período. Las figuras 2-B1-2 muestran las mismas climatologías para las proyecciones puntuales. El visor permite compararlas con facilidad, observándose un alto grado de coherencia espacial, aunque con diferencias locales que pueden ser debidas a dos factores: 1) los sesgos sistemáticos de las proyecciones en rejilla (comentados anteriormente) y 2) que las estaciones no tienen por qué ser representativas del área promedio que representan los datos en rejilla (particularmente en regiones de orografía compleja, para estaciones en fondo de valle o en altura). Este es el caso, por ejemplo, de la localidad Talamanca del Jarama (Madrid), marcada con un círculo en la Figura 2, donde el valor puntual difiere del valor en rejilla. Estas diferencias se pueden analizar con más detalle utilizando otra funcionalidad del visor: la visualización de series temporales para una región dada (en este caso para el municipio de Talamanca del Jarama, caracterizado respectivamente por un punto de rejilla y por el valor puntual de esta localidad, que que se encuentra entre las localidades con datos de AEMET del visor). El visor permite seleccionar regiones de interés predefinidas (comunidades, provincias, municipios, cuencas hidrográficas, etc.; véase Figura 1, parte superior izquierda).

Las figuras 2-C1-C2 y 2-D1-D2 muestran las series temporales correspondientes a Talamanca del Jarama para los datos de rejilla y puntuales, respectivamente, para el período histórico y para los tres períodos (cercano, medio y lejano) del siglo XXI (se ha sombreado el período medio que se corresponde con las Figuras 2-A2 y 2-B2, respectivamente). Estas figuras muestran las series anuales correspondientes al GDR para todos los modelos disponibles (con el embudo de incertidumbre que generan), así como la media anual del conjunto, indicada por la curva azul gruesa. Los valores puntuales proyectan cerca de 600 grados día para finales de siglo, mientras que las de rejilla alcanzan los 400. En la Figura 2-C1 también se muestran los datos de la rejilla observacional (Spain02_v5), en negro. Nótese que en este caso los valores observacionales en el período histórico son también superiores a los valores de los modelos, lo que apunta a que en este caso los modelos presentan un sesgo frío sistemático. Estos valores observados se corresponden mejor con los datos puntuales (Figura 2-D1), por lo que estos serían más apropiados para un estudio local.

El problema de la información puntual es que sólo está disponible para un conjunto de localidades dado, donde se dispone de observaciones históricas de suficiente calidad. Si un usuario tuviese datos de otra localidad de interés para su estudio, tendría que ponerse en contacto con grupo de regionalización estadística para poder obtener proyecciones calibradas para su serie.

3.3. Aspectos técnicos del desarrollo del visor

El visor ha sido diseñado siguiendo una arquitectura modular y escalable que permita incluir fácilmente nueva información (como nuevos índices climáticos) o

funcionalidades. Para implementar las funcionalidades descritas anteriormente, el visor cuenta con varios módulos específicos que se apoyan en base de datos PostgreSQL con soporte para datos espaciales mediante el módulo PostGIS:

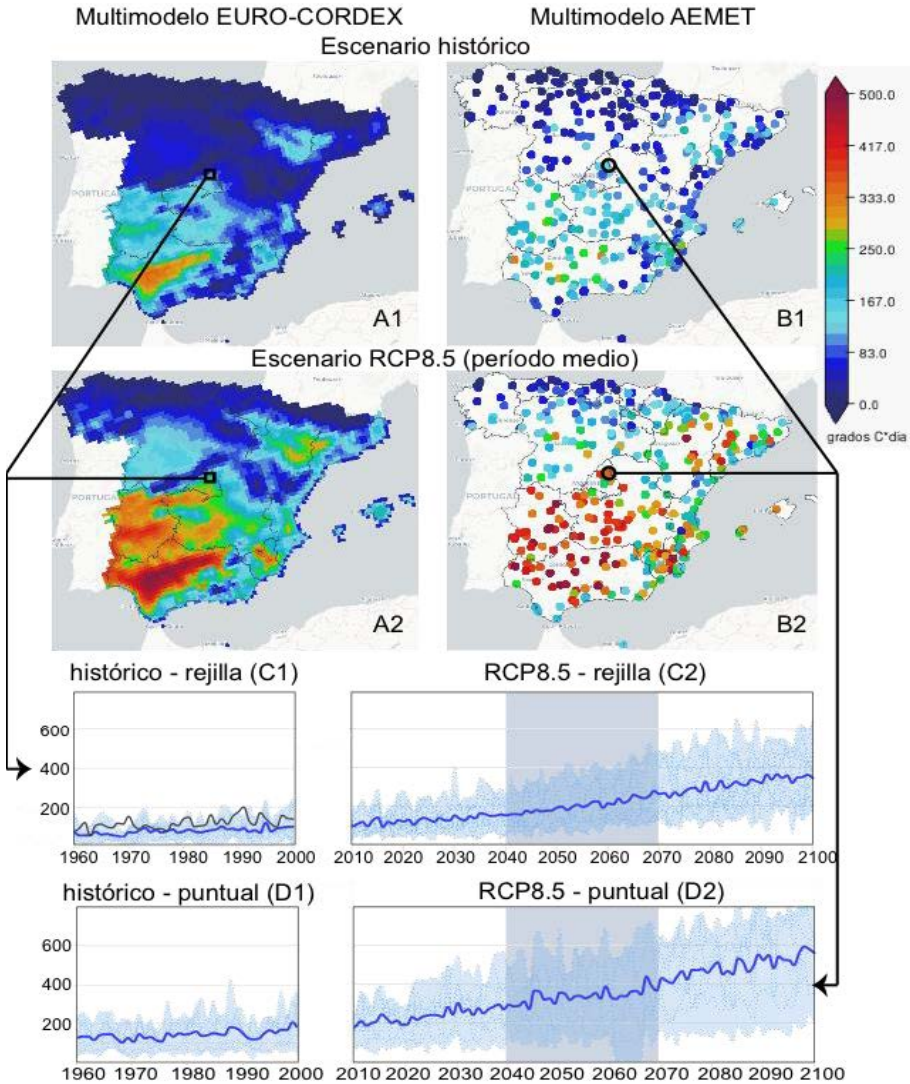


Fig. 2: Ejemplo de uso del visor (véase el texto para una descripción).

1. Un módulo encargado de la descarga y postproceso de proyecciones climáticas, que obtiene los datos de diferentes fuentes (AEMET o ESGF) y realiza diversas transformaciones (conversión de calendarios y unidades, reproyección

geográfica, etc.); también calcula los diferentes índices climáticos considerados en la aplicación. Estas operaciones se realizan para tres escalas temporales (diaria, anual y periodos climáticos de referencia) y para diversas desagregaciones (estaciones del año y año completo). Es también el encargado de precalcular los datos de anomalías y anomalías relativas. Como resultado, se obtiene un conjunto de ficheros NetCDF optimizados para permitir la generación de productos en tiempo real. Estos ficheros siguen la convención CF así como algunos requisitos adicionales establecidos por el software ADAGUC (Groot y otros 2008). Este módulo está desarrollado en el lenguaje python y utiliza la librería xarray.

2. Un servidor WMS (Web Map Service) basado en ADAGUC, que permite generar y visualizar geográficamente el contenido de ficheros NetCDF. Este sistema destaca por su rapidez y el soporte a los formatos de datos más utilizados en climatología que en muchas ocasiones no son compatibles con las aplicaciones tradicionales de Sistemas de Información Geográfica.

3. Un módulo *backend* que habilita diversos servicios para el acceso a la información, incluyendo funcionalidades como el filtrado espacial de los datos a partir de polígonos arbitrarios. Estos servicios de acceso a la información se han optimizado para trabajar en tiempo real, pero también es posible la gestión de procesos en segundo plano para la realización de tareas complejas. Este módulo, desarrollado en el lenguaje Java, cuenta con una arquitectura en capas implementada con diversos componentes del framework Spring. Complementariamente, se ha habilitado un sistema de cache para las consultas más frecuentes.

4. Un módulo *frontend* que permite visualizar la información generada mediante los distintos módulos antes descritos. Este módulo ha sido diseñado como una Single Page Application intentando maximizar la usabilidad. Se hace uso de diversas librerías JavaScript como Leaflet, jQuery o HighCharts.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los grupos participantes en CORDEX por proporcionar sus datos y a ESGF por albergar y dar acceso a esta información. La versión inicial del visor ha sido financiada por LIFE SHARA (LIFE15 GIC/ES/000033). JMG agradece el soporte del proyecto MULTI-SDM, (MINECO/FEDER, CGL2015- 66583-R).

REFERENCIAS

Amblar P. y otros (2017). Guía de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático sobre España a Partir de los Resultados del IPCC-Ar5. Publicaciones de la AEMET.
https://www.aemet.es/documentos/es/conocerlas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/Guia_escenarios_AR5/Guia_escenarios_AR5.pdf

- Fernández, J. y otros (2012) "Escenarios-PNACC 2012: Resultados de regionalización dinámica. En "Cambio climático: Extremos e Impactos". Publicaciones de la AEC, A, n8, 63-72. <http://www.meteo.unican.es/node/73108>
- Fernández, J. y otros (2017) "Regional Climate Projections over Spain: Atmosphere. Future Climate Projections", CLIVAR Exchanges 73:45-52. Disponible en <http://www.clivar.org/documents/exchanges-73>
- Groot, N.E. y otros (2008) Atmospheric Data Access for the Geospatial User Community (ADAGUC). The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B7. <https://doi.org/10.5167/uzh-77687>
- Gutiérrez, J.M. y otros (2012): Escenarios-PNACC 2012: Resultados de Regionalización Estadística. En "Cambio climático: Extremos e Impactos". Publicaciones de la AEC, A, n8, 125-134. <http://www.meteo.unican.es/node/73082>
- Gutiérrez JM, Maraun D, Widmann M, y otros (2018). An intercomparison of a large ensemble of statistical downscaling methods over Europe: Results from the VALUE perfect predictor cross-validation experiment. *International Journal of Climatology*. <https://doi.org/10.1002/joc.5462>
- Jacob, D., y otros (2014): EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, 14(2):563-578.
- Moss, R. y otros (2010) The next generation of scenarios for climate change research and Assessment, *Nature*, 463, 747-756.
- Spinoni, J., Vogt, J. and Barbosa, P. (2015), European degree-day climatologies and trends for the period 1951–2011. *Int. J. Climatol.*, 35: 25–36. [doi:10.1002/joc.3959](https://doi.org/10.1002/joc.3959)