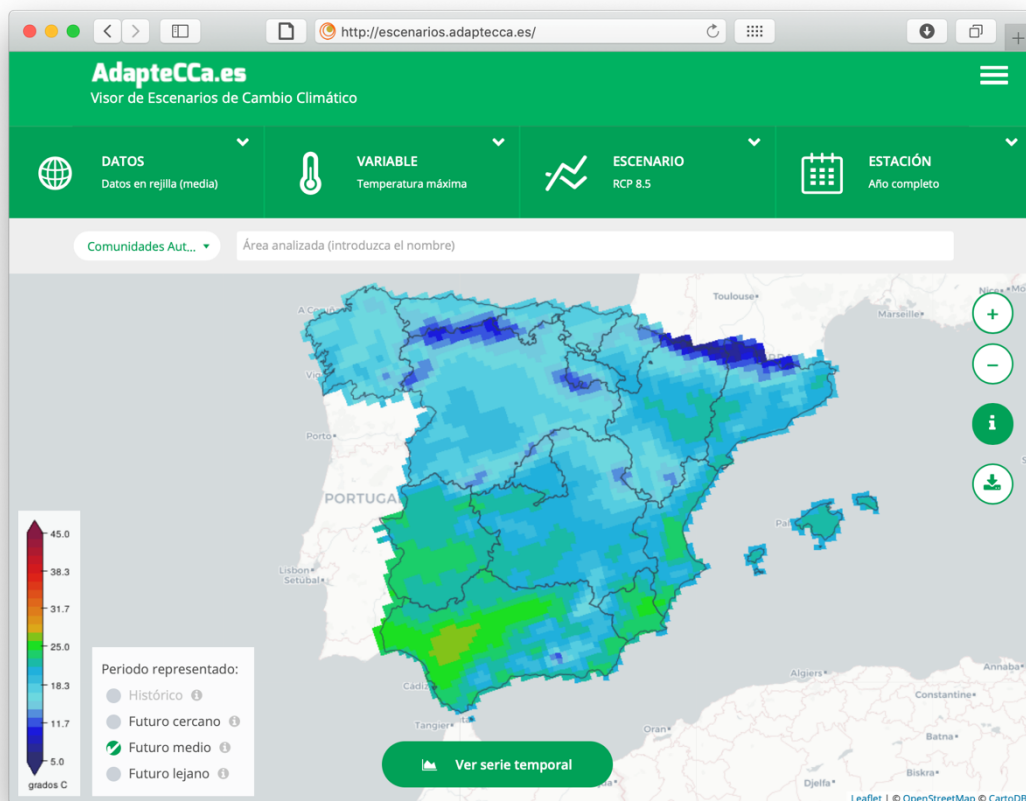


VISOR DE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

GUÍA BÁSICA PARA EL CORRECTO USO DE LAS PROYECCIONES REGIONALES DE CAMBIO CLIMÁTICO A ESCALA DE DATO DIARIO

Versión 1.0
9 de diciembre de 2021



ÍNDICE

1. Analiza los datos en términos estadísticos y sobre un periodo de tiempo suficientemente largo.....
2. Ten en cuenta la resolución espacial de la información y las particularidades geográficas del área de estudio.....
3. Corrige los sesgos.....
4. Usa un "ensemble" multimodelo en lugar de un único modelo.....
5. Elige una técnica de regionalización adecuada para tus propósitos.....
6. Caracteriza adecuadamente la incertidumbre:.....

Este documento contiene un breve resumen con una serie de recomendaciones básicas para el buen uso de los datos a escala diaria. Para más detalle, consulta:

<https://escenarios.adaptecca.es/doc/pnacc.pdf?v=2020a>

1. Analiza los datos en términos estadísticos y sobre un periodo de tiempo suficientemente largo

Las proyecciones climáticas no están "sincronizadas" con la realidad. Esto significa que no guardan una relación día-día o año-año con la misma. Sin embargo, sus propiedades estadísticas, en periodos de tiempo largos, sí que guardan correspondencia con el período correspondiente. Por lo tanto, estos datos nunca se deberán utilizar para analizar un año aislado, sino para estudiar periodos largos (idealmente 30 años), y en términos estadísticos (promedios, tendencias, percentiles, frecuencia de superación de umbrales, etc.).

2. Ten en cuenta la resolución espacial de la información y las particularidades geográficas del área de estudio

En el Visor de Escenarios de cambio climático de AdapteCCa se han incluido proyecciones en rejilla (Euro-CORDEX), a partir de modelos numéricos de alta resolución (~11 km) que cubren la península ibérica y Baleares. Si, por ejemplo, dos municipios están muy próximos, es probable que correspondan al mismo punto de la rejilla del modelo, y que, por este motivo, sus datos sean iguales.

Además, es muy importante conocer que la rejilla observacional que se utiliza en el visor se obtiene por una interpolación “más o menos inteligente” a partir de los datos observacionales. En consecuencia, donde no hay datos observacionales próximos la rejilla observacional puede proporcionar valores extraños o no fácilmente explicables. Las observaciones tienen lagunas que por supuesto no se contemplan en la rejilla. Si la observación más próxima a un punto de rejilla determinado se interrumpe por cualquier razón, el algoritmo que genera la rejilla pasa a utilizar información observacional más alejada para ese punto y esto puede dar lugar a rupturas de homogeneidad, es decir, saltos en el clima no atribuibles a razones meteorológicas. Además, las observaciones suelen distribuirse principalmente en zonas habitadas, por ejemplo, en zonas de montaña las observaciones se suelen tomar en los valles y no en los picos que los delimitan. Esto hace que los puntos de rejilla situados sobre alta montaña muestren sesgos debidos a que las observaciones no son representativas de las condiciones de alta montaña. Lo mismo sucede con otros puntos con contrastes climatológicos fuertes como los que hay entre mar-tierra, zonas urbanas-no urbanas, zonas agrícolas-forestales, etc.

3. Corrige los sesgos

Tanto los modelos climáticos como las técnicas de regionalización pueden tener sesgos sistemáticos que conviene conocer y corregir. Existen distintas técnicas de corrección de sesgos posibles, y cada una de ellas puede ser más adecuada para un determinado propósito. Se pueden consultar algunos aspectos a tener en cuenta de las distintas técnicas de corrección de sesgos, por ejemplo, en [IPCC AR6-WG1 Chapter 10 \(linking global to regional climate change; en particular páginas 63-65\)](#). El software de uso libre `climate4R` (<https://github.com/SantanderMetGroup/climate4R>) incorpora un amplio abanico de técnicas de corrección de sesgos posibles.

Como los modelos climáticos regionales (Modelos CORDEX) pueden tener sesgos sistemáticos, estos datos están también disponibles con corrección

de sesgos en el Visor de Escenarios de Cambio Climático de AdapteCCa (Modelos CORDEX ajustados).

Para **CMIP5**:

- los modelos CORDEX han sido ajustados (*Datos en rejilla ajustados (EUROCORDEX)* en el Visor) mediante la técnica de Empirical Quantile Mapping (método EQM en [Gutiérrez y otros 2019](#), que proporciona una validación e intercomparación del método con otras técnicas estándar).

4. Usa un "ensemble" multimodelo en lugar de un único modelo

Es recomendable analizar conjuntamente un elevado número de modelos climáticos, de forma que la señal de cambio sea más robusta que la de un único modelo, y además se pueda cuantificar la incertidumbre, dada por el grado de acuerdo/desacuerdo entre los distintos modelos.

En el Visor de Escenarios de Cambio Climático de AdapteCCa están disponibles las proyecciones climáticas ofrecidas por los diferentes modelos para las variables básicas: Temperatura mínima, Temperatura máxima, Precipitación y Evapotranspiración potencial. Debido al gran número de proyecciones climáticas disponibles en la actualidad, en ocasiones es necesario efectuar una selección representativa de las mismas para poder realizar estudios de impacto. La elección de las proyecciones climáticas que van a ser utilizadas es muy relevante porque condiciona los resultados de los análisis del impacto.

Los métodos para la selección de proyecciones representativas y, por lo tanto, la generación de sub-ensembles, son de dos tipos principales:

1. Basados en la evaluación de los modelos, tratando de elegir aquellos que mejor representen el clima regional (para el análisis particular en el que se vaya a aplicar):
 Para este primer tipo se dispone de simulaciones de "evaluación", donde los valores de contorno para los modelos regionales y los predictores para los métodos estadísticos son tomados de un reanálisis (que representa una reproducción fidedigna del tiempo observado). Basado en estas simulaciones hay varios estudios científicos que analizan los RCMs disponibles de CORDEX y los métodos estadísticos aquí utilizados (VALUE) para la Península Ibérica. Además de las simulaciones de "evaluación", que proporcionan información sobre el valor intrínseco de los modelos, es necesario también evaluar las simulaciones/proyecciones forzadas por modelos climáticos (GCMs), y todo ello considerando métricas relevantes para el problema que se esté estudiando, por lo que estas metodologías resultan complicadas, más allá de permitir descartar algunos modelos que se comporten de forma claramente anómala (teniendo en cuenta que los resultados de la

evaluación del período histórico no tienen por qué ser representativos de los del futuro).

2. Basados en representar adecuadamente la incertidumbre del ensemble. Esta segunda metodología es más simple y segura en el sentido de que garantiza que el ensemble que se elige es representativo del rango de incertidumbre total. Lo más habitual es utilizar modelos que muestren todo el rango de incertidumbre disponible. Esto es lo que hicieron, por ejemplo, en CORDEX-CORE y en ISI-MIP3. Como resumen, lo ideal sería seleccionar un subconjunto que fuese representativo de la variabilidad completa del ensemble, para no sesgar los resultados por una u otra opción.

[EURO-CORDEX Guidelines - Version1.1 - 2021.02 \(PDF\)](#)

En cualquier caso, a la hora de seleccionar o eliminar algún modelo es clave definir una métrica relevante para la aplicación que se quiere desarrollar (recursos hídricos, agricultura...). Por ejemplo, puede ser útil analizar el comportamiento de unas variables sólo durante unos meses determinados, y el comportamiento del resto del año no tener tanta importancia, o ser más importante que se reproduzca bien la presencia de valores extremos y no tanto la evolución del valor medio.

5. Elige una técnica de regionalización adecuada para tus propósitos

Las distintas técnicas de regionalización tienen sus particularidades y conviene conocerlas para saber qué técnica puede ser más adecuada para los diferentes propósitos.

Existen dos fuentes principales de información climática regional. Por una parte, la información proveniente de modelos climáticos regionales (por ejemplo, CORDEX) se proporciona en rejillas regulares que cubren toda la región estudio con una resolución dada (~10 km en Euro-CORDEX). Por otra parte, los métodos de regionalización estadística proporcionan información puntual en una serie de puntos o localidades predefinidas en los que los métodos han sido calibrados y aplicados.

Los datos en rejilla tienen una mayor cobertura espacial, pero no son representativos de un punto o localidad particular que pueda ser de interés para un estudio, sino del promedio del área que abarca cada punto de rejilla. Esta característica resulta especialmente problemática en regiones de orografía compleja, donde un mismo punto de rejilla puede comprender una gran variabilidad geográfica que escapa a estos datos *promedio* de rejilla. Un problema adicional es que los datos proporcionados por los modelos climáticos (globales y regionales) suelen incluir sesgos/desviaciones sistemáticas cuando se comparan con valores históricos observados en una zona de interés. Por ello, la representatividad de los datos de rejilla ha de ser cuidadosamente analizada en cada caso, considerando la aplicación de técnicas de post-proceso en aquellos casos en los que la resolución o los sesgos pueden comprometer su aplicación directa.

Por otra parte, los datos puntuales son representativos de las localidades para las cuales se dispone de información. El problema es que puede no existir ninguna localidad cercana/representativa para un estudio dado. Si se dispone de información histórica en el punto o puntos de interés (por ejemplo, la serie histórica de precipitaciones en la cabecera de una cuenca para un estudio de hidrología) sería posible aplicar las técnicas estadísticas en estos puntos, para regionalizar las proyecciones globales de cambio climático; sin embargo, esta tarea resulta compleja y requiere la colaboración con algún grupo especializado. Algunos proyectos (como VALUE) han tratado de facilitar esta tarea, haciendo públicos los métodos (por ejemplo, el paquete `downscaleR` de regionalización estadística para R; [climate4r](#)) y los datos necesarios para realizar estas proyecciones. Estas características hacen que para cada estudio particular resulte más adecuado un tipo de datos u otro.

Además, las técnicas de regionalización estadísticas pueden tener comportamientos muy distintos entre sí.

Para **CMIP5**:

- los métodos de regionalización estadística utilizados (ANÁLOGOS y SDSM) tienen comportamientos bastante similares, tanto para temperatura como para precipitación. Ambos dan buenos resultados para temperatura, mientras que para precipitación simulan bien los valores promedios/acumulados, pero subestiman la varianza de forma importante. Esto resulta en una sobreestimación de la ocurrencia de precipitación y una subestimación de las precipitaciones intensas. Para más detalle consultar [Hernanz y otros 2021](#), en el cual el método SDSM se corresponde con REG (temperatura) / REG-EXP (precipitación) y el método de ANÁLOGOS se corresponde con ANA (temperatura) / ANA-LOC-N (precipitación). También se puede consultar una evaluación más exhaustiva, en el marco del proyecto VALUE, de numerosos métodos estadísticos, en [Gutiérrez y otros 2019](#) y [Hertig y otros 2019](#).

6. Caracteriza adecuadamente la incertidumbre:

Las proyecciones climáticas o estimaciones de la evolución futura del clima de la Tierra en escalas temporales decadales y seculares vienen afectadas por diferentes fuentes de incertidumbre, que pueden agruparse en tres categorías principales:

1. *Incertidumbre asociada al escenario socioeconómico futuro*: Esta incertidumbre está asociada a las inciertas emisiones y concentraciones futuras de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) y aerosoles: surge del rango de posibles concentraciones futuras de los GEI y aerosoles en la atmósfera, debido a los ritmos de emisión por las actividades humanas y a sus complejas interacciones con la biosfera y la hidrosfera. La incertidumbre del escenario se considera mediante el uso de los RCP. Hasta aproximadamente 2030, las concentraciones de los GEI en los varios RCP difieren sólo

marginalmente y, en consecuencia, la incertidumbre del escenario es pequeña. Su contribución relativa a la incertidumbre total se incrementa en las décadas futuras, convirtiéndose en la fuente dominante de incertidumbre para la temperatura para el final del siglo XXI.

2. *Incetidumbre asociada a la modelización*: es una incertidumbre resultante de las limitaciones en: a) nuestra comprensión del sistema climático, b) nuestra habilidad para simularlo y c) los modelos climáticos que, aunque basados en las mismas leyes físicas, utilizan diferentes aproximaciones, hecho que da lugar a diferencias en la simulación. Mientras que la incertidumbre de los modelos se incrementa a lo largo del siglo XXI, su contribución relativa a la incertidumbre total generalmente muestra un pico o meseta alrededor de la mitad del siglo.
3. *Incetidumbre asociada a la variabilidad natural*: surge de la variabilidad climática interna (p. ej., el estado de El Niño/Oscilación del Sur (ENSO)) y de los mecanismos de forzamientos externos naturales incluyendo las futuras erupciones volcánicas y los cambios en la radiación solar incidente. La importancia relativa de la incertidumbre de la variabilidad interna generalmente decrece con el tiempo a medida que la incertidumbre debida al escenario o a la modelización aumenta.

También contribuyen a la incertidumbre las distintas técnicas de regionalización, encargadas de aumentar la resolución espacial de las proyecciones climáticas generadas por los modelos globales.

A fecha de hoy, la demanda más acuciante de la sociedad para los estudios de impacto se restringe a los primeros decenios del siglo XXI. Para este periodo, la relación señal de cambio climático/ruido emergente es más débil que la que existe a finales del siglo XXI. La cuantificación de las incertidumbres constituye, por tanto, una necesidad para que las evaluaciones de impactos puedan ser realmente útiles en las decisiones a tomar por los gestores y políticos.

El escenario de emisión es la principal fuente de incertidumbre en la segunda mitad del siglo. Por ello, es necesario analizar varios escenarios (al menos dos, por ejemplo RCP4.5 y RCP8.5, para obtener una horquilla de resultados) para caracterizar adecuadamente la incertidumbre y tener una representación plausible del clima futuro. Hasta mediados de siglo, la incertidumbre que aportan los distintos modelos es similar o incluso superior a la de los escenarios, sobre todo a nivel regional, por lo que algunos estudios se basan en un único escenario. Sin embargo, existe una gran variabilidad de resultados dependiendo de la variable considerada y la región de interés, por lo que un tratamiento adecuado de la incertidumbre ha de considerar siempre los resultados de distintos escenarios para poder caracterizar el clima futuro.

Referencias

EURO-CORDEX community. Guidance for EURO-CORDEX climate projections data use. Version1.1 - 2021.02.

https://www.euro-cordex.net/imperia/md/content/csc/cordex/guidance_for_euro-cordex_climate_projections_data_use_2021-02_1_.pdf

Gutiérrez, J. M., Maraun, D., Widman, M., Huth, R., Hertig, E., Benestad, R., Roessler, O., Wibig, J., Wilcke, R., Kotlarski, S., San Martín, D., Herrera, S., Bedia, J., Casanueva, A., Manzanás, R., Iturbide, M., Vrac, M., Dubrovsky, Ribalaygua, J., Portoles, J., Raty, O., Raisanen, J., Hingray, B., Raynaud, D., Casado, M. J., Ramos, P., Zerener, T., Turco, M., Bosshard, T., Stepanek, P., Bartholy, J., Pongracz, R., Keller, D. E., Fischer, A. M., Cardoso, R. M., Soares, P. M. M., Czernecki, B., and Page, C. (2019): An intercomparison of a large ensemble of statistical downscaling methods over Europe: Results from the VALUE perfect predictor cross-validation experiment, *Int. J. Climatol.*, 39, 3750–3785, <https://doi.org/10.1002/joc.5462>.

Hernanz, A., García-Valero, J. A., Domínguez, M., Ramos-Calzado, P., Pastor-Saavedra, M. A. and Rodríguez-Camino, E. (2021). Evaluation of statistical downscaling methods for climate change projections over Spain: present conditions with perfect predictors. *Int J Climatol.* <https://doi.org/10.1002/joc.7271>

Hertig, E., Maraun, D., Bartholy, J., Pongracz, R., Vrac, M., Mares, I., Gutiérrez, J. M., Wibig, J., Casanueva, A., and Soares, P. M. M. (2019): Comparison of statistical downscaling methods with respect to extreme events over Europe: Validation results from the perfect predictor experiment of the COST Action VALUE, *Int. J. Climatol.*, 39, 3846–3867, <https://doi.org/10.1002/joc.5469>

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.