

## **LOS SERVICIOS CLIMÁTICOS Y METEOROLÓGICOS COMO HERRAMIENTA DE APOYO AL SECTOR AGRÍCOLA**

Emma GAITÁN<sup>1</sup> \*, Carlos PRADO-LÓPEZ<sup>1</sup>, Alberto MARTÍN<sup>1</sup>,  
Darío REDOLAT<sup>1</sup> and Robert MONJO<sup>1,2</sup>

*1 Climate Research Foundation (FIC), C/ Gran Vía, 22 (ddo), 7º, Madrid, Spain,*

*2 Department of Algebra, Geometry and Topology, Complutense University of  
Madrid, Plaza de las Ciencias 3, 28040 Madrid, Spain.*

**[\\*email: emma@ficlima.org](mailto:emma@ficlima.org)**

### **RESUMEN**

El sector agrícola español es uno de los más vulnerables a los fenómenos meteorológicos y climáticos adversos. Por un lado, a corto plazo, los fenómenos meteorológicos extremos como las olas de calor, las heladas o el granizo pueden suponer una gran amenaza para los cultivos y traducirse en pérdidas millonarias para el sector. Por otro lado, a largo plazo, los impactos del cambio climático suponen un gran reto para los agricultores y productores agrícolas que deben adaptar sus cultivos y técnicas de labranza a las nuevas condiciones climáticas. Para minimizar estos impactos, las sinergias entre diferentes proyectos permitieron desarrollar servicios climáticos/meteorológicos centrados en la agricultura. Por ejemplo, el proyecto "Climate Risk Information for Supporting ADaptation Planning and operation (CRISI-ADAPT II)" centrado en la implementación y validación en tiempo real de herramientas de planificación frente a fenómenos meteorológicos adversos o los proyectos "Impactos del cambio climático en el olivo (ICCO) y el viñedo español (VITICLIMA)", respectivamente, donde se analizaron las consecuencias que los cambios de temperatura y precipitación durante el siglo XXI tendrán en estos cultivos. Las proyecciones climáticas mostraron aumentos generales de entre 2 y 4 °C en la temperatura y ligeros cambios en la cantidad de precipitación acumulada anualmente, pero eventos más concentrados en el tiempo. Estas alteraciones tienen una gran repercusión en las condiciones en las que deben crecer los diferentes cultivos. El seguimiento de esta información es un valor añadido que puede marcar la diferencia entre el éxito o el fracaso de la planificación de las explotaciones.

**Palabras clave:** Predicción estacional, CMIP6, eventos extremos, downscaling estadístico, cultivos

### **ABSTRACT**

The Spanish agricultural sector is one of the most vulnerable to adverse weather and climate events. On the one hand, in the short term, extreme weather events such as heat waves, frost or hail can be a major threat to crops and translate into millions of dollars in losses for the sector. On the other hand, in the long term, the impacts of climate change pose a major challenge for farmers and agricultural producers who need to adapt their crops and tillage techniques to the new climatic conditions. To

minimize these impacts, synergies among different projects led to climate/meteorological services focused on agriculture. For instance, the project entitled “*Climate Risk Information for SupportIng ADaptation Planning and operation (CRISI-ADAPT II)*” focused on real-time implementation and validation of severe weather planning tools or the projects “*Impacts of Climate Change on Spanish Olive Tree (ICCO) and Vineyards (VITICLIMA)*”, respectively, where the consequences of the changes in temperature and precipitation during the 21<sup>st</sup> will have on these crops were analysed. Climate projections showed general increases about 2-4°C in temperature and slight changes in the amount of precipitation accumulated annually but more concentrated precipitation events over time. These changes have a major impact on the conditions under which different crops have to grow. Monitoring such information is an added value that can make the difference between the success and failure of farm planning.

**Key words:** Short and Seasonal forecast, CMIP6, extreme events, statistical downscaling, crops

## 1. INTRODUCCIÓN

El sector agrícola español es uno de los más vulnerables frente a los fenómenos meteorológicos adversos y los eventos climáticos. Durante los últimos años se ha reportado por parte de los productores agrícolas problemas relacionados con el impacto del cambio climático y la aparición de fenómenos meteorológicos cada vez más intensos y virulentos, tales como, adelantos en las fechas de floración y otras etapas fenológicas, aumento de plagas y enfermedades, cultivos quemados o inundados, daños por granizo, altas temperaturas y escasez de agua, etc. Estos fenómenos afectan al sector agrícola de diversas maneras, por un lado, eventos extremos como temperaturas muy elevadas o granizo, dañan el cultivo, reportando pérdidas millonarias; por otro lado, el aumento de las temperaturas y las alteraciones en el régimen pluviométrico, modifican los periodos fenológicos clásicos lo que obliga a los agricultores a planificar la gestión de las fincas en base a las nuevas condiciones fenológicas si quieren mantener la calidad de sus cultivos.

El cambio climático es una realidad y sus consecuencias son palpables en el sector agrícola. Las primeras conclusiones presentadas por El sexto informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC6, por sus siglas en inglés) (IPCC, 2021a y b) centradas en las bases físicas del clima y del cambio climático, presentan una realidad indiscutible: la emergencia climática que vive el planeta está directamente ligada con la actividad humana, siendo uno de sus principales precursores. No hay ninguna región del Planeta que no se haya visto afectada, en mayor o menor medida, por efectos relacionados con el cambio climático como deshielo, subida del nivel del mar o eventos meteorológicos extremos, entre otros (IPCC, 2021a, IPCC, 2021b).

El cambio climático supone una serie de riesgos que afectan al desarrollo y la economía de todos los países del mundo, y que en las últimas décadas se han visto golpeados por los eventos meteorológicos extremos asociados al cambio climático. Se espera que en las próximas décadas la temperatura (tanto máxima como mínima) ascienda en todo el territorio español entre 2 y 4 °C y que se produzcan ligeros cambios en la cantidad de precipitación acumulada anualmente, aunque con eventos de precipitación más concentrados en el tiempo, así como fenómenos extremos cada vez más intensos. Es decir, eventos tales como olas de calor, sequías, precipitaciones extremas etc se producirán de forma más recurrente aumentándose considerablemente el riesgo socio-económico asociado a su presencia.

Para evaluar y/o estimar el riesgo climático y/o meteorológico es necesario definirlo en función del grado de afectación que los impactos climáticos y/o meteorológicos tengan en el sector objeto de evaluación y/o estimación. En este sentido, es necesario tener en cuenta que el sector agrícola español es uno de los más vulnerables al cambio climático y que el impacto del cambio climático no afecta de la misma manera a todas las regiones homogéneamente, ni a todos los sistemas de producción vegetal por igual. Por ello, hay que evaluar estos impactos a escala local. Para estimar el riesgo climático es necesario disponer de información climática proyectada a escala local (evolución futura de las variables meteorológicas básicas, como temperatura y precipitación), analizar el impacto que dichas proyecciones suponen para el sector agrícola (mediante indicadores agroclimáticos o modelos de simulación de especies) e identificar los posibles riesgos que podrán tener lugar en las próximas décadas. Para estimar el riesgo meteorológico es necesario hacer un seguimiento a tiempo real de los fenómenos adversos que se prevén a corto y medio plazo y que tienen un impacto directo en el cultivo sobre el que se está haciendo el seguimiento.

La comunidad científica está haciendo grandes esfuerzos para desarrollar herramientas que sean de utilidad para minimizar los impactos negativos y potenciar los impactos positivos. Las sinergias entre diferentes proyectos han dado lugar a servicios climáticos/meteorológicos centrados en la agricultura. Por ejemplo, el proyecto "Climate Risk Information for SupportIng ADaptation Planning and operation (CRISI-ADAPT II)" tuvo como objetivo el seguimiento de la planificación de la adaptación a través de la implementación y validación en tiempo real de los riesgos naturales relacionados con el clima predicción a corto plazo y estacional o los proyectos "Impactos del cambio climático en el olivo español" e "Impactos del cambio climático en el viñedo español" donde se analizaron las consecuencias que los cambios de temperatura y precipitación durante el 21 tendrán en estos cultivos. Ambos proyectos ponen de manifiesto la necesidad de trabajar simultáneamente a corto-medio y largo plazo.

## **2. HERRAMIENTAS METEOROLÓGICAS/CLIMÁTICAS**

El objetivo de los proyectos presentados en este estudio es poner de manifiesto la necesidad de utilizar la información meteorológica y climática como una herramienta de apoyo en la toma de decisiones. Por un lado, disponer de información a corto plazo,

permite planear las tareas diarias optimizando recursos como el riego o el sombreado y priorizando tareas de laboreo. Por otro lado, disponer de información climática a largo plazo permite que los productores agrícolas se vayan adaptando a las nuevas condiciones climáticas adoptando nuevas técnicas de laboreo e inversión en nuevos cultivos.

Se han definidos dos herramientas de apoyo meteorológico y climático: “Monitoring Extreme Events MEET” y “Climate Risk Information Tool, CRIT”. Como se aprecia en la figura 1, dentro del MEET se han integrado las predicciones meteorológicas que engloban desde el Nowcasting hasta la predicción estacional. Dentro del CRIT se incluye desde la predicción estacional hasta las proyecciones climáticas.

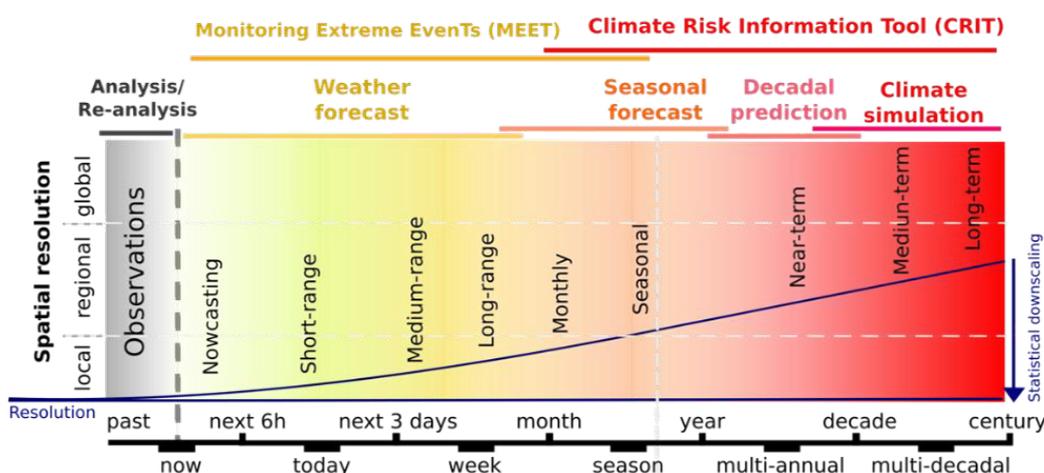


Fig.1 Escalas temporales usadas en las herramientas meteorológicas y climáticas

Además de un seguimiento a todas las escalas temporales, es muy importante que los servicios meteorológicos/climáticos trabajen a escala local y que se definan en función del cultivo al que se le quiera hacer el seguimiento.

## 2.1. Herramientas meteorológicas

Dentro del proyecto CRISI-ADPAT II se ha desarrollado un sistema MEET que permite seguir la adaptación frente a fenómenos adversos climáticos basado en un seguimiento y validación en tiempo real de la predicción meteorológica. Un valor añadido que presentan los servicios meteorológicos es que trabajan a escala local (considerando las características microclimáticas de cada localidad) y se definen en función del cultivo al que se le va a hacer el seguimiento, ya que cada cultivo demanda sus propias necesidades térmicas e hídricas.



*Fig.2. Ejemplo de sistema MEET desarrollado dentro del proyecto CRISI-ADAPT II*

La metodología empleada para la estimación meteorológica se ha hecho empleando correcciones lineares y geométrica. En función de la variable a simular, se ha empleado el método que mejores resultados mostraba en cada caso de estudio. En el caso de la predicción a corto plazo, para cada punto se genera una predicción meteorológica a 7 días vista (fig.2), no solo de las principales variables meteorológicas sino también, de todas las variables derivadas (como días con temperatura superior a un umbral o días con precipitaciones superiores a una cantidad) que puedan ser de utilidad para el caso en seguimiento.

## **2.2. Herramientas climáticas**

Las herramientas tipo CRIT permiten a los productores agrícolas disponer de información climática futura a escala local. Esta información supone un punto de partida para que el sector agrícola se adapte al impacto del cambio climático y a los riesgos asociados al mismo. Un ejemplo de estas herramientas, son las que se han generado dentro de los proyectos VITCLIMA e ICCO. En ambos proyectos se ha generado escenarios de clima futuro a escala local de aquellos indicadores agroclimáticos que puedan ser de utilidad para la vid y el olivo, respectivamente.

Los escenarios de clima futuro permiten definir como serán las características climáticas de la región y si mantendrán su idoneidad para seguir manteniendo el cultivo actual o si por ende se deberán cambiar el tipo de cultivo y/o las técnicas de laboro y mantenimiento de las fincas, en el caso de querer mantener las características actuales.

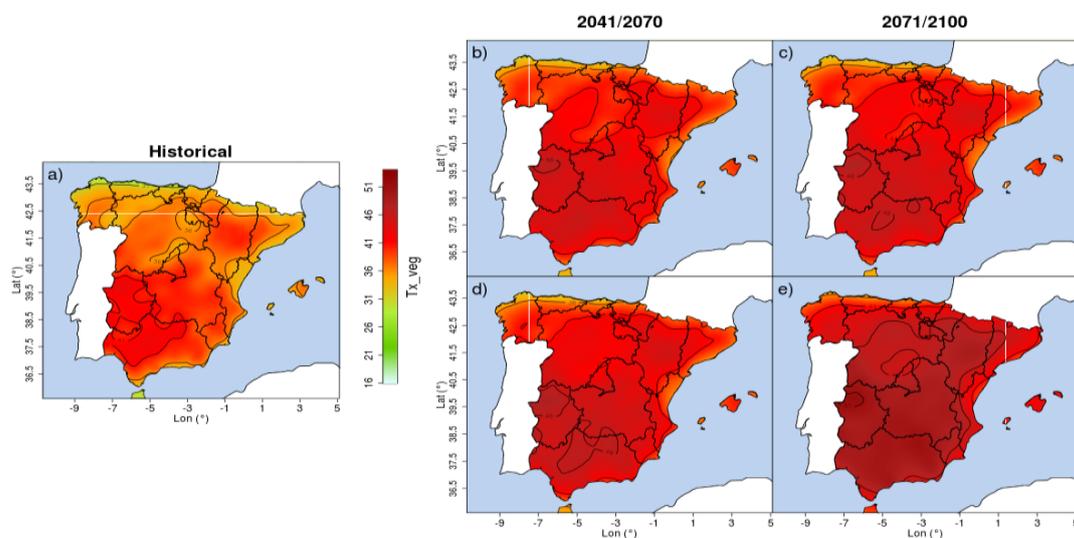
Para generar las proyecciones climáticas se ha utilizado una metodología de regionalización estadística en dos pasos desarrollada por la Fundación para la Investigación del Clima (Ribalaygua et al. 2013a). En términos generales, la metodología sigue el siguiente esquema: se selecciona un día problema “X”, cuyos campos atmosféricos (geopotenciales, temperaturas a distintos niveles de presión...) de baja resolución son conocidos (mediante las salidas de los Modelos Climáticos Globales para el día “X”). A partir de esos campos conocidos, se pretende estimar el valor de las variables meteorológicas en superficie (temperaturas máxima y mínima, precipitación...) para el día “X” en un punto concreto del territorio (observatorio).

En total se ha trabajado con un conjunto de nueve modelos climáticos (todos ellos Earth System Models, ESM) que pertenecen al CMIP5 (Taylor et al., 2012) y que fueron proporcionados por el Programa de Diagnóstico e Intercomparación de Modelos Climáticos (PCMDI) (tabla 1). El número de modelos elegidos se limitó a la disponibilidad de datos con frecuencias temporales diarias. Para generar los campos predictores de los modelos, se tomaron los valores diarios de varios campos de interés a gran escala (es decir, la altura geopotencial, la humedad específica y el viento) en diferentes niveles de presión. Se han seleccionado dos escenarios de entre los Representative Concentration Pathway (RCP) disponibles (Moss et al, 2010), concretamente el escenario RCP8.5 "alto" y el escenario RCP4.5 "intermedio", ambos correspondientes a diferentes rangos posibles de forzamiento radiativo alcanzados en el año 2100 con respecto a los valores de la era preindustrial (4,5 y 8,5 W/m<sup>2</sup> respectivamente) así como el experimento Historical (representación del pasado).

Climatic Model	Resolution	Research Center
<b>GFDL-ESM2M</b>	2 <sup>o</sup> x2,5 <sup>o</sup> daily	<u>National Oceanic and Atmospheric Administration</u> (NOAA), E.E.U.U.
<b>CanESM2</b>	2,8 <sup>o</sup> x2,8 <sup>o</sup> daily	Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis (CC-CMA), Canadá.
<b>CNRM-CM5</b>	1,4 <sup>o</sup> x1,4 <sup>o</sup> daily	CNRM (Centre National de Recherches Meteorologiques), Meteo-France, Francia.
<b>BCC-CSM1-1</b>	1,4 <sup>o</sup> x1,4 <sup>o</sup> daily	Beijing Climate Center (BCC), China Meteorological Administration, China.
<b>HADGEM2-CC</b>	1,87 <sup>o</sup> x1,25 <sup>o</sup> daily	Met Office Hadley Center, United Kingdom.
<b>MIROC-ESM-CHEM</b>	2,8 <sup>o</sup> x2,8 <sup>o</sup> daily	Japan Agency for marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Atmosphere and Ocean Research Institute (AORI), and National Institute for Environmental Studies (NIES), Japan.
<b>MPI-ESM-MR</b>	1,8 <sup>o</sup> x1,8 <sup>o</sup> daily	Max-Planck Institute for Meteorology (MPI-M), Germany.
<b>MRI-CGCM3</b>	1,2 <sup>o</sup> x1,2 <sup>o</sup> daily	Meteorological Research Institute (MRI), Japan.
<b>NorESM1-M</b>	2,5 <sup>o</sup> x1,9 <sup>o</sup> daily	Norwegian Climate Centre (NCC), Norway.

Tabla 1. Listado de modelos climáticos pertenecientes al Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 CMIP5 usados en el estudio.

En la figura 3 se muestra un ejemplo de indicadores climáticos calculados dentro del desarrollo de herramientas CRIT. En este ejemplo, se muestra la evolución futura de un indicador bioclimático de interés vitícola, la temperatura máxima del periodo de maduración, en base al RCP4.5 y RCP8.5. Como se aprecia la temperatura máxima durante este periodo irá en aumento de forma progresiva durante las próximas décadas, lo que implicará que el sector vitícola deberá tener en cuenta esta información para poder garantizar la calidad de la uva en términos de acidez, color y azúcar, por ejemplo.



*Fig.3. Representación geográfica de los valores esperados de temperatura máxima durante el periodo vegetativo (abril a octubre) para los periodos 2041-2070 y 2071-2100. Se representan ambos escenarios de emisiones: RCP4.5 (figuras b y c) y RCP8.5 (figuras d y e). La figura 5a representa los valores correspondientes al periodo Historical (1976-2005).*

### 3. CONCLUSIONES

La amenaza del cambio climático es una realidad. Numerosas investigaciones y estudios ponen de manifiesto como los efectos causados por el incremento de las temperaturas, las variaciones pluviométricas y los eventos meteorológicos extremos cada vez más frecuentes están repercutiendo sobre el sector agrícola. Ante esta evidencia es necesario llevar a cabo acciones que mitiguen el cambio climático junto con medidas de adaptación frente al mismo. Y estas acciones deben realizarse desde el minuto cero, actuando frente al cambio climático ya registrado y preparándose para afrontar el clima futuro.

Los servicios meteorológicos (MEET) y climáticos (CRIT) son una herramienta de gran utilidad para el sector agrícola. Por un lado, permiten hacer frente a fenómenos adversos meteorológicos a corto plazo que afectan la producción del año en curso y

por otro, permiten ir adaptando los cultivos a las nuevas condiciones climáticas que se espera que ocurran en las próximas décadas y que requieren de una mayor inversión.

#### **4. REFERENCIAS**

IPCC, 2021a: 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

IPCC, 2021b: Summary for Policymakers. In: 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.

Ribalaygua, J., Rosa Pino, M., Portoles, J., Roldan, E., Gaitan, E., Chinarro, D., et al., 2013. Climate change scenarios for temperature and precipitation in Aragon (Spain). *Sci. Total Environ.* 463, 1015–1030.