

El CSIC y la AEMET, embarcados en el desarrollo de diez servicios climáticos

JAVIER FRÉGOLA MUR, PTI CLIMA Y SERVICIOS CLIMÁTICOS; CSIC
YOLANDA LUNA, ANA MORATA Y ESTEBAN RODRÍGUEZ; AEMET

La Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y la PTI-Clima del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) cooperan en un ambicioso proyecto que permitirá la puesta en marcha de un sistema de información climática regionalizada y diez servicios climáticos operativos al servicio de la sociedad



Personal técnico e investigador de la PTI-Clima y AEMET tras mantener una reunión sobre el estado del proyecto

Desde hace unos años, los servicios climáticos se han erigido como herramientas fundamentales no sólo para el estudio del clima desde un punto de vista científico, sino como base para la toma de decisiones en diferentes ámbitos de la sociedad, la economía o el medioambiente. Conscientes de la importancia y del valor que aportan estos servicios, dos instituciones especializadas en el estudio del clima y con experiencia en el desarrollo de estos productos están embarcadas en un proyecto común de gran envergadura.

Por una parte, la **Plataforma Temática Interdisciplinar para el clima y los servicios climáticos (PTI-Clima)** del Consejo Superior de Investigaciones Científicas busca avanzar en la investigación del clima y **facilitar servicios climáticos temáticos y sectoriales de referencia** en el marco de colaboraciones nacionales e internacionales. Por otra parte, la **Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)** es el organismo oficial que cuenta con el **mandato para el desarrollo y provisión de los servicios climáticos** a nivel nacional.

Fruto de esta sincronía nació el proyecto **"Desarrollo de servicios climáticos**

operacionales", un trabajo de investigación y desarrollo tecnológico que tiene como objetivo la elaboración de un **sistema de información climática regionalizada y la implantación de diez servicios climáticos temáticos**, expandiendo así la **oferta actual de AEMET**.

"En la actual situación de cambio climático resulta esencial contar con información climática de precisión, tanto en su monitorización como en las predicciones climáticas, así como en las proyecciones de escenarios climáticos. Sin embargo, para aprovechar todo el potencial que dicha información ofrece para la adaptación de los diferentes sectores, a corto y largo plazo, es necesario transformar la información de variables climáticas a indicadores y servicios específicos para cada sector, de manera que resulten útiles para la toma de decisiones" explica la Jefa del Departamento de Desarrollo y Aplicaciones de AEMET, Yolanda Luna, quien lidera este proyecto desde la Agencia junto a los investigadores Ana Morata y Esteban Rodríguez. "Tras la experiencia de desarrollo de servicios específicos, por ejemplo para el **sector hídrico**, y la co-

laboración entre AEMET y CSIC junto con la Oficina Española de Cambio Climático (OECC) y la Fundación Biodiversidad para la generación y mantenimiento de indicadores en el **Visor de escenarios de cambio climático de Adapteca**, esta colaboración permite dar un paso más en el desarrollo de productos y servicios climáticos", apunta Luna.

Uno de los servicios existentes procede de una **colaboración anterior entre la AEMET y el CSIC**. Según indica uno de los coordinadores de la PTI-Clima, Sergio Vicente, "partíamos de la experiencia del **monitor de sequía meteorológica**, una herramienta creada por el CSIC y transferida a la AEMET que aporta información en tiempo real del estado, duración y magnitud de la sequía meteorológica en España. El desarrollo de este servicio fue todo un éxito, y tenemos constancia de su utilización en diferentes ámbitos", apunta Vicente.

Ahora, ambos organismos han emprendido este nuevo reto **"multidisciplinar, ambicioso y con expectativas de consolidarse como referencia a nivel nacional"**, explica José Manuel Gutiérrez, coordinador de la PTI-Clima desde el Ins-

tituto de Física de Cantabria (IFCA-CSIC). Para llevar a cabo tal empresa, “el proyecto se apoya en la **experiencia previa adquirida por la Plataforma participando en iniciativas internacionales como el IPCC o Copernicus**, y cuenta con la ayuda de un amplio equipo cuyo grueso lo conforman investigadores y técnicos provenientes de los cinco centros del CSIC implicados en la PTI-Clima. Por ello, la coordinación con otras iniciativas es esencial y la comunicación debe ser constante para conseguir unos productos útiles para la sociedad”, señala Gutiérrez.

Desarrollo de software, productos, datos y rejillas

A lo largo de 2023 se ha llevado a cabo una intensa labor de **preproceso de los datos de observación meteorológica** a partir del Banco Nacional de Datos del Clima de AEMET. Esta información procede de miles de estaciones meteorológicas principales y auxiliares que gestiona AEMET a lo largo del territorio nacional.

Durante este tiempo, y a partir del trabajo que se venía realizando en AEMET para precipitación y temperatura, se ha puesto a punto una metodología para la **corrección y reconstrucción de las series de un conjunto más amplio de variables meteorológicas** importantes para el desarrollo de los diferentes servicios (temperatura del aire, temperatura de punto de rocío, precipitación, humedad relativa, viento y radiación). Así, el flujo de trabajo ha consistido en varias fases: selección de un conjunto de estaciones principales y auxiliares, control de calidad, detección y corrección de inhomogeneidades, y relleno de datos faltantes.

Como resultado del proceso anterior se han obtenido conjuntos de series climáticas completas cubriendo todo el periodo (1961-2023) y con una cobertura espacial adecuada para el desarrollo de servicios climáticos sobre todo el territorio. Estos datos han sido la base para la generación de rejillas a escala diaria de todas las variables. Para ello, se ha establecido una malla con una distribución regular de los puntos en coordenadas geográficas, con una equidistancia entre puntos de 0.025 grados (2.5 km) de longitud y latitud.

“Se ha llevado a cabo una validación exhaustiva de las rejillas diarias, mostrando una notable calidad en la representación espacial y en la variabilidad temporal

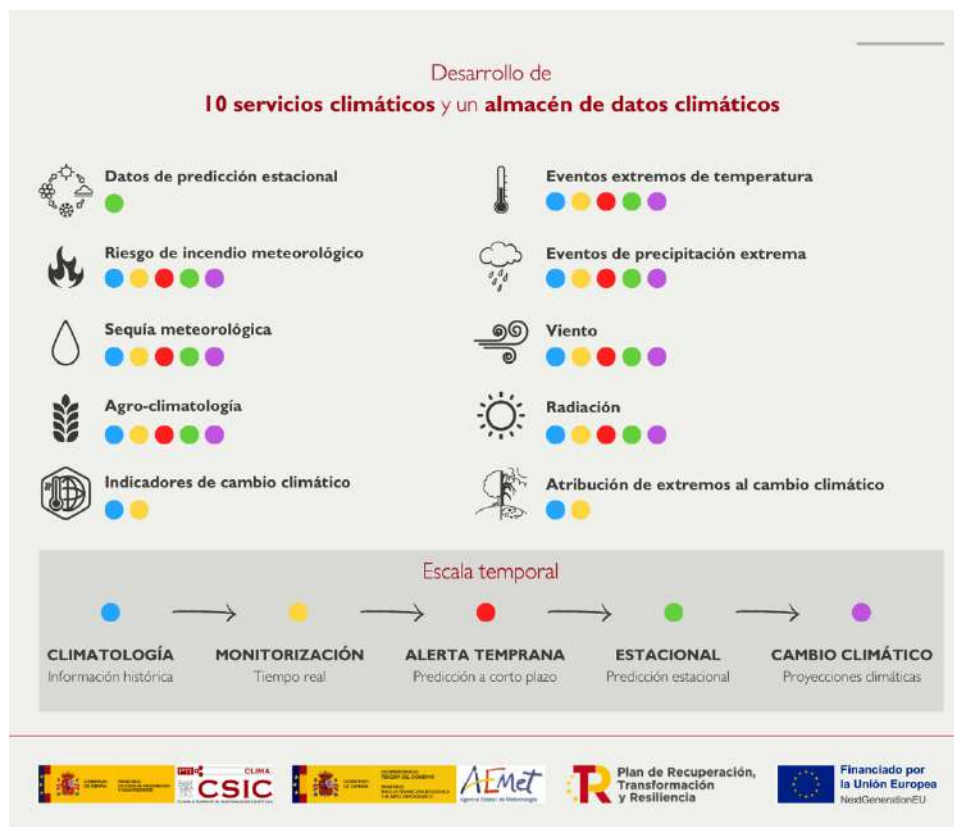


Figura 1. Infografía que representa la relación de los diez servicios climáticos desarrollados en el proyecto junto a las escalas temporales que cubrirán

cuando se comparan con otros productos existentes. En cualquier caso, el proceso no se considera definitivo, sino susceptible de sucesivas mejoras que se irán implementando en las siguientes fases del proyecto”, matiza Gutiérrez.

Hasta el momento, el trabajo ha permitido desarrollar una **base de datos con series climáticas completas desde 1961 hasta la actualidad**. Estos datos, ubicados en un repositorio de información climática regionalizada, son los que en gran medida nutrirán los futuros servicios climáticos.

Sistema de información climática regionalizada

Siguiendo el modelo y la experiencia previa de iniciativas como Copernicus (el Climate Data Store), el proyecto está desarrollando un **almacén de datos climáticos** que reúna y actualice los datos siguiendo principios FAIR que permitan su reproducibilidad y reutilización proporcionando diferentes servicios de acceso a los mismos que den soporte al desarrollo de servicios climáticos.

La versión final operativa del almacén de datos climáticos cubrirá las necesidades de los distintos servicios y propor-

cionará un **completo catálogo de productos en abierto**, así como recursos de cálculo virtuales que extiendan y potencien las opciones de exportación de datos y promuevan la reproducibilidad y reusabilidad de la información.

Servicios climáticos

Los servicios climáticos que se están desarrollando **abarcán diferentes temáticas y se materializarán en visores interactivos** en los que será posible desplegar una selección de capas y descargar los datos climáticos a diferentes escalas geográficas y temporales con eficiencia y sencillez.

Las escalas temporales cubiertas (ver figura 1) van **desde la climatología histórica hasta las proyecciones a futuro**, pasando por la monitorización en tiempo real, la alerta temprana y la predicción estacional. En la mayoría de los visores será posible navegar temporalmente a escala diaria, mensual y estacional, pudiendo identificar desde el año 1961 la información climática de interés o los eventos particulares como olas de frío y calor.

En cuanto a la escala geográfica, se pondrá el foco en aportar información a escalas espaciales agregadas de municipio,

El CSIC y la AEMET, embarcados en el desarrollo de diez servicios climáticos

provincia y comunidad autónoma, además de la rejilla de 0.025 grados (2.5 km).

A continuación, se enumeran los diez servicios climáticos que se están desarrollando junto con una breve descripción de sus objetivos y funcionalidades principales.

1. Predicción climática estacional

Este servicio tiene como objetivo **visualizar las predicciones estacionales** basadas en conjuntos (*ensembles*) de modelos acoplados atmósfera-océano, como los proporcionados por Copernicus, junto con métodos empíricos desarrollados por la AEMET y la PTI-Clima, así como la cuantificación de su incertidumbre en base a distintas medidas de validación.

El ámbito geográfico de este servicio es la *Mediterranean Climate Outlook Forum* (MedCOF) y el territorio nacional, y se estudiará la aplicación de métodos de regionalización que permitan proyectar las predicciones a las rejillas observacionales desarrolladas.

2. Riesgo meteorológico de incendios forestales

El servicio ofrecerá información del riesgo de incendio basado en distintos índices meteorológicos (incluyendo el *Fire Weather Index*), siendo alimentado por información climática y predicciones a distintos alcances temporales. Contará con un **sistema de vigilancia con información en tiempo real, lo que permitirá realizar el seguimiento del riesgo.**

También se contempla el desarrollo de un sistema de predicción estacional e información estática correspondiente al riesgo de ocurrencia de incendios forestales en escenarios climáticos futuros.

3. Sequía meteorológica

Permitirá mejorar la **predicción de sequías a escalas que van de la semanal a la estacional**, que ya está en funcionamiento en AEMET. Para ello, se basará en el Índice Estandarizado de Evapotranspiración y Precipitación (SPEI) y aportará niveles de confianza en las predicciones basados en la validación de los productos de predicción estacional mediante la comparación con las series históricas. Además, incluirá la predicción de fenómenos de sequía repentina (*flash droughts*).

4. Agroclimatología

Se trata de un sistema de información basado en **índices de relevancia para los cultivos más importantes**, utilizando datos en tiempo real de las redes de observación meteorológica e información histórica. Los valores se calcularán mediante la comparación entre la serie de datos histórica para un periodo de referencia, que deberá determinarse con el fin de poder evaluar la anomalía que corresponde a cada situación.

En suma, contará con un **sistema de vigilancia agrometeorológica** con información en tiempo real del estado de los diferentes índices, permitiendo un seguimiento continuo de las condiciones agrometeorológicas. Ello permitirá contar con un **sistema de alerta e identificación**

de eventos agroclimáticos adversos, con predicción a corto plazo (días) y a medio plazo (estacional).

5. Indicadores de cambio climático

Este servicio lleva a cabo una evaluación del proceso de **cambio climático observado en España desde el año 1961 actualizada cada año**. Funcionará a través de una amplia batería de índices climáticos a partir de datos de observaciones en rejilla y escenarios futuros de cambio climático. Contendrá índices basados en datos de temperatura, precipitación, velocidad del viento, e índices de carácter bioclimático o que informan sobre la continentalidad/aridez. Todos ellos son **útiles para diferentes sectores de actividad**, incluyendo agricultura, reducción del riesgo de desastres, energía, salud, agua y otros sectores socioeconómicos como el turismo o el sector del seguro.

6. Eventos extremos de temperatura

Consistirá en un sistema de **información de olas de frío y calor** a partir de datos de temperatura en rejilla obtenidos de la información histórica y en tiempo real a través de las redes de observación meteorológica. Además, se incorporarán otras funcionalidades y atributos del evento, como la duración de los episodios, los valores de temperatura acumulados, o los periodos de retorno asociados a distintos umbrales térmicos. El usuario podrá visualizar la extensión del territorio afectado por condiciones locales de ola de frío y calor, de acuerdo a las definiciones empleadas para la generación de los catálogos de olas de frío y calor nacionales de la AEMET, que siguen las directrices de la OMM.

7. Eventos de precipitación extrema

El servicio contendrá datos pluviométricos fundamentalmente enfocados a visualizar situaciones de **precipitación intensa desde un punto de vista del riesgo**. Para ello, el sistema integrará datos en tiempo real de las redes de observación meteorológica y de información histórica, propor-



El monitor de sequía fue desarrollado por la AEMET y el CSIC en un proyecto anterior



Celebración de la jornada "Servicios Climáticos para la adaptación al cambio climático de la agricultura", en la sede de la Fundación Biodiversidad.

cionando información sobre los periodos de retorno asociados a los eventos.

8. Viento

Este servicio ofrecerá un sistema de **visualización de la velocidad media diaria del viento** a partir de observaciones históricas en rejilla. A partir de este producto es posible calcular diferentes indicadores, por ejemplo el índice de sequías de viento (*wind droughts*), para evaluar el viento en su condición tanto de **recurso energético como de riesgo climático**. El sistema también proporcionará información sobre extremos, dirección del viento, e incluirá un atlas de viento a muy alta resolución a partir de simulaciones.

9. Radiación

En este caso, se incluirán climatologías e índices de radiación para, a partir de información en tiempo real de las redes de observación meteorológica y la predicción a corto plazo, plantear un **sistema de vigilancia del estado de la radiación**, permitiendo un seguimiento a tiempo real útil tanto desde el punto de vista de la **salud humana como para la producción eléctrica**.

10. Atribución de extremos al cambio climático

Por último, el servicio de atribución de extremos meteorológicos al cambio climático pretende desarrollar un sistema basado en información histórica y méto-

dos estadísticos que permita contextualizar eventos extremos en el clima actual, pasado y futuro. El servicio se centrará inicialmente en extremos térmicos. Con esta herramienta será posible obtener información de la **magnitud o frecuencia de un determinado evento en el clima actual y compararlo con distintos escenarios, incluyendo el clima pre-industrial y el clima futuro**. Por lo tanto, permitirá cuantificar en qué medida el calentamiento global ha alterado la intensidad o la probabilidad de eventos históricos y visualizar sus cambios futuros para diferentes umbrales de calentamiento global.

Servicios orientados a la sociedad

Todas estas herramientas están concebidas para que diferentes tipos de usuarios como **empresas, administraciones o particulares puedan consultarlas y basarse en ellas para la toma de decisiones**. Por ello, y para asegurarse de que los servicios estén correctamente orientados a su aplicación final, es importante contar con la opinión de los actores más interesados en su utilización.

En este sentido, recientemente tuvo lugar el seminario científico-técnico "**Servicios climáticos para la adaptación al cambio climático de la agricultura**", una jornada organizada por la Fundación Biodiversidad (FB), la Oficina Española de Cambio Climático (OECC), la AEMET y la PTI

Clima, en la que usuarios y proveedores de servicios discutieron posibles mejoras del servicio climático de agro-climatología.

El objetivo de esta jornada de trabajo fue fortalecer la colaboración entre el sector agroalimentario y los proveedores de servicios climáticos para **garantizar que estos servicios se adapten mejor a las necesidades del sector**. Los talleres participativos se enfocaron en las necesidades de información climática del sector agroalimentario, el diseño de interfaces de usuario, herramientas y aplicaciones.

Para el investigador de la PTI-Clima Santiago Beguería, uno de los coordinadores de esta actividad, la información y el *feedback* generado "servirá como base para el diseño de servicios climáticos más centrados en el usuario final, garantizando su relevancia y utilidad para los diferentes sectores de actividad". La jornada fue un éxito en participación y sirvió para demostrar que los asistentes, provenientes de diferentes ámbitos y sectores, muestran un gran interés y valoran la creación de nuevas herramientas adaptadas a sus demandas.

El proyecto "Desarrollo de Servicios climáticos operacionales" está financiado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) y la Comisión Europea - NextGenerationEU (Reglamento UE 2020/2094) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de la UE.