

# Servicios climáticos para una energía eólica asequible

por Marta Terrado<sup>1</sup>, Nube González-Reviriego<sup>1</sup>, Llorenç Lledó<sup>1</sup>, Verónica Torralba<sup>1</sup>, Albert Soret<sup>1</sup> y Francisco J. Doblas-Reyes<sup>1,2</sup>

Las energías renovables son fundamentales en el esfuerzo global de transición hacia economías con menores emisiones de carbono que respalden los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas. Actualmente el sector energético es causante de más de dos tercios de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (Consejo Mundial de Energía Eólica, 2016). Por consiguiente, la transición global hacia un futuro con bajas emisiones de carbono conlleva un cambio fundamental e integral en todo el sector energético (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) y Organismo Internacional de Energía, 2016).

La energía renovable proviene de fuentes naturales como la luz solar, el viento, la lluvia, las mareas, las plantas y el calor geotérmico. Todas estas fuentes ofrecen beneficios ambientales, económicos y de seguridad energética pero también conllevan grandes desafíos. En particular, la generación y la planificación operativa de la energía renovable se ven muy afectadas por el tiempo y el clima, que causan amplias variaciones tanto en el suministro de la energía como en la demanda. Por esta razón, el Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC) lidera los esfuerzos internacionales para mejorar la calidad, la cantidad y la aplicación de información y predicciones climáticas para apoyar la toma de decisiones de los productores de energía renovable (Hewitt y otros, 2012).

La iniciativa del MMSC, encabezada por la OMM, coordina los esfuerzos de las Naciones Unidas, los gobiernos y las organizaciones para desarrollar información climática con base científica para diversos sectores sensibles al clima. Busca incorporar la información y las predicciones climáticas en la planificación, la política y la práctica socioeconómicas. La iniciativa tiene cinco componentes: plataformas de interfaz de usuario; sistemas de información de servicios

climáticos; observaciones y vigilancia; investigación, modelización y predicción; y desarrollo de capacidad. El MMSC proporciona una hoja de ruta para el desarrollo de servicios climáticos fáciles de usar que puedan contribuir a lograr un sistema energético más ecológico y eficiente (OMM, 2017).

La energía eólica ha liderado el reciente crecimiento de la capacidad basada en energías renovables, y se espera que continúe siendo la mayor fuente de energía renovable hasta el año 2030 (Consejo Mundial de la Energía Eólica, 2016). Sin embargo, la mayor expansión de la producción de energía eólica requerirá, en particular, mejores predicciones climáticas que estimen con mayor acierto los cambios en la velocidad del viento para las próximas estaciones, años y décadas; algo que resulta crucial para prever los suministros de energía eólica, lo que, a su vez, es necesario para facilitar la integración a gran escala de la energía eólica en el sistema energético más amplio.

Para atender las necesidades del sector de las energías renovables, el grupo de Servicios del Sistema Terrestre del Centro Nacional de Supercomputación de Barcelona (BSC) aplica su conocimiento científico del sistema de la Tierra y su experiencia en predicción del clima para ofrecer servicios climáticos orientados a la toma de decisiones. El objetivo es impulsar prácticas y decisiones climáticamente inteligentes en el sector eólico que mejoren considerablemente su capacidad de adaptación a los fenómenos meteorológicos extremos y a la variabilidad del clima y el cambio climático, y que respalden toda la cadena de operaciones durante el ciclo de vida completo de un parque eólico.

## Predicciones climáticas estacionales

Para gestionar de manera eficiente la energía, es esencial pronosticar la variabilidad de los recursos eólicos en diferentes escalas de tiempo (figura 1). Tradicionalmente, los usuarios de la energía eólica han utilizado las predicciones del tiempo desde unas horas hasta unos días vista porque los vientos próximos a la superficie y, por lo tanto, la producción de energía eólica, dependen en gran medida de las fluctuaciones de la velocidad del viento a corto plazo. Sin embargo, para orientar las inversiones y la selección de

<sup>1</sup> Grupo de Servicios del Sistema Terrestre, Departamento de Ciencias de la Tierra, Barcelona Supercomputing Center/Centro Nacional de Supercomputación de Barcelona (BSC-CNS) (España)

<sup>2</sup> Institución Catalana de Investigación y Estudios Avanzados (ICREA) (España)

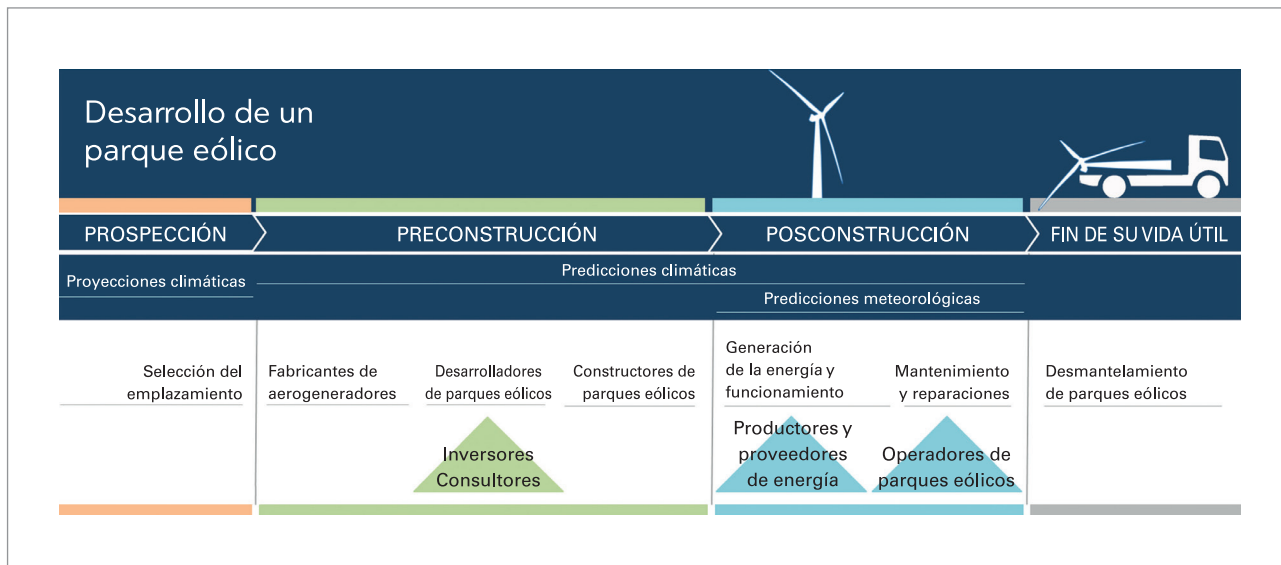


Figura 1. Etapas del desarrollo de un parque eólico, actores involucrados en cada etapa y horizontes temporales de la información climática utilizada. Mientras las predicciones meteorológicas se limitan a dos semanas, las climáticas se extienden a más largo plazo en el futuro, desde estaciones hasta décadas, y las proyecciones climáticas aún a más largo plazo, desde décadas hasta siglos.

emplazamientos de parques eólicos a plazos más largos, del orden de algunas décadas, la industria eólica está cada vez más interesada en las proyecciones climáticas a largo plazo.

Para cubrir la falta de información del período que va desde un mes hasta una década en el futuro, el sector de la energía eólica asume actualmente que las condiciones futuras serán similares a las del pasado. Este enfoque hace que sea imposible anticipar eventos que, aparentemente, nunca han ocurrido antes. Afortunadamente, para superar esta limitación, cada vez es más posible la utilización de predicciones estacionales probabilísticas que ofrecen información adicional para aplicaciones de energía eólica (Clark y otros, 2017; Torralba y otros, 2017).

El alcance de las predicciones estacionales va de un mes a poco más de un año en el futuro. Estas predicciones son probabilísticas y ofrecen información sobre la probabilidad de ocurrencia de determinados resultados en lugar de un único "sí" o "no" de la predicción determinista. Las predicciones de viento estacional pueden usarse para obtener la probabilidad de que la velocidad del viento estacional sea superior, cercana o inferior a la normal. Estas categorías se obtienen dividiendo la distribución en terciles (tercios iguales), pero también se podrían definir otras categorías (por ejemplo, utilizando quintiles o quintas partes) si respaldan

mejor las decisiones requeridas (por ejemplo, si lo que interesa es estudiar las velocidades extremas del viento). Para evaluar si estas predicciones satisfacen los requisitos de los usuarios, su calidad debe ser examinada utilizando diversas medidas de verificación. Los resultados proporcionan a los usuarios de energía eólica una guía para saber si las predicciones estacionales pueden orientar mejor los enfoques que están utilizando actualmente.

La principal deficiencia de las predicciones estacionales radica en los errores sistemáticos resultantes de la incapacidad de los modelos de circulación global de reproducir todos los procesos relevantes responsables de la variabilidad climática (Doblas-Reyes y otros, 2013). Por consiguiente, las predicciones estacionales requieren que se realicen ajustes de sesgo para minimizar los errores de predicción y así generar información útil. Varios métodos estadísticos de vanguardia se centran en la corrección de estas predicciones. Entre ellos se incluyen la representación gráfica de cuantiles (Themeßl y otros, 2012), el método de calibración (Doblas-Reyes y otros, 2005) y técnicas simples que solo ajustan el sesgo medio (Leung y otros, 1999). Estos métodos producirán predicciones estacionales cuyas propiedades estadísticas son similares a las de las referencias de observación subyacentes, lo que permite al negocio energético integrar fácilmente las predicciones estacionales corregidas de sesgo en sus modelos (Torralba y otros, 2017).

## Lo que dicen los productores de energía

*“Conocer de antemano la disponibilidad de energía renovable hace posible optimizar su gestión a medio y largo plazo, así como racionalizar otros recursos relacionados, como las centrales eléctricas que usan combustibles fósiles o la gestión del agua para el riego o el suministro de agua potable. En este contexto, el acceso a predicciones estacionales precisas y fiables de fuentes de energía renovables es esencial en muchos procesos de toma de decisiones, como i) las operaciones y estrategias de gestión y la asignación de recursos para una programación óptima de tareas, ii) la gestión de la red teniendo en cuenta el suministro y la demanda de energías renovables, y iii) la cuantificación de los efectos de la interconexión y los cambios de los índices climáticos a largo plazo y sus consecuencias para la producción de energía renovable.”*



**Daniel Cabezón,**  
EDP Renovables (EDPR),  
España

*“Las compañías energéticas tienen un gran interés en la predicción del viento estacional para mejorar la eficiencia energética. Como una de las mayores compañías de energía en Alemania y Europa, generamos, comercializamos, transportamos y vendemos energía con especial atención en el negocio de la electricidad y el gas, así como en los servicios relacionados con la energía y el medio ambiente. Actualmente, nuestra empresa gestiona una cartera de 4,3 GW de capacidad eólica (más de 280 parques eólicos por toda Alemania que comprenden 3,5 GW en tierra y 0,85 GW marítimos) y está situada entre los 10 proveedores directos más importantes de Alemania. Para incrementar continuamente la cuota de la energía eólica renovable en la cesta energética, los productores y los*

*gestores deben obtener predictibilidad y confianza en las predicciones. Para ayudar a resolver este problema, actualmente se están explorando servicios innovadores para mejorar la gestión de la variabilidad del viento.”*

*“Es esencial mejorar la calidad de la predicción para: i) reducir la necesidad de encontrar un equilibrio entre el suministro y la demanda de energía, ii) reducir las fluctuaciones adversas en la generación de energía, lo que modifica la denominada lista de orden de mérito\* de la central eléctrica, y iii) aumentar la rentabilidad comercial. El uso de información climática estacional fiable puede influir en los responsables de la toma de decisiones de los parques eólicos, por ejemplo, afectando al plan de mantenimiento o minimizando el riesgo del volumen de producción eólica. De hecho, al ganar confianza en las predicciones estacionales, los participantes en el mercado aumentarán el volumen de las actividades de cobertura y la liquidez en los mercados de electricidad relevantes. Por lo tanto, las predicciones de vientos estacionales suponen una valiosa ventaja para los operadores del mercado, los gestores de parques eólicos, los aseguradores del riesgo o los reaseguradores, mejorando la cadena de valor añadido de la industria eólica. Las predicciones estacionales de viento tienen el potencial de promover nuevas prácticas, y la empresa Energie Baden-Württemberg (EnBW AG) está considerando la puesta en marcha de esta información para estrategias de cobertura a medio plazo.”*



**Matthias Piot,**  
EnBW AG,  
Alemania

\* Procedimiento que clasifica las centrales eléctricas en orden creciente de los costes variables y selecciona las más económicas para satisfacer la demanda.

Para ofrecer información específicamente adaptada para la toma de decisiones se pueden generar predicciones estacionales del factor de capacidad, un indicador ampliamente utilizado que permite comparaciones equitativas entre parques eólicos de diferentes tamaños. Durante un período de tiempo, da idea del porcentaje de energía generada con respecto al máximo alcanzable si el parque estuviera operando

todo el tiempo a pleno rendimiento. En este sentido, el factor de capacidad de un parque eólico mide la idoneidad de las condiciones atmosféricas para producir energía durante un determinado período de tiempo. El factor de capacidad se calcula utilizando las curvas de potencia proporcionadas por el fabricante que relacionan la velocidad del viento con la potencia de salida de una turbina específica.



Figura 2. Estructura de la Iniciativa de servicios climáticos basada en el Marco Mundial para los Servicios Climáticos

## La Iniciativa de servicios climáticos del grupo de Servicios del Sistema Terrestre

La Iniciativa de servicios climáticos del grupo de Servicios del Sistema Terrestre (en adelante, "la Iniciativa") para las energías renovables se centra en el suministro de información climática útil y manejable para el sector de la energía eólica a escalas de tiempo subestacional, estacional y decenal. El objetivo principal de esta Iniciativa es proveer al sector de la energía renovable de servicios climáticos que ayuden a los usuarios a comprender y gestionar los riesgos y oportunidades relacionados con el clima. Esta Iniciativa está liderada por el BSC y ha sido desarrollada por investigadores del clima y la energía junto con socios industriales, aprovechando las lecciones fundamentales aprendidas de proyectos anteriores de servicios climáticos (CLIM-RUN<sup>3</sup>, SPECS<sup>4</sup>, EUPORIAS<sup>5</sup> y RESILIENCE<sup>6</sup>).

<sup>3</sup> Información local del clima en la región mediterránea – Respondiendo a las necesidades del usuario (CLIM-RUN), <http://www.climrun.eu/>

<sup>4</sup> Predicción climática estacional a decenal para la mejora de los servicios climáticos europeos (SPECS), <http://specs-fp7.eu/>

<sup>5</sup> Provisión europea de evaluaciones de impactos regionales a escalas estacional y decenal (EUPORIAS), <http://www.euporias.eu/>

<sup>6</sup> Fortalecimiento de la red europea de energía mediante servicios climáticos (RESILIENCE)

Los proveedores de servicios climáticos deben comprender y caracterizar la cadena de valor de los usuarios potenciales y los impactos que los servicios climáticos pueden tener en sus decisiones en cada eslabón de la cadena. Para conseguirlo llevar a cabo, la Iniciativa abarca la mayoría de los componentes del MMSC (figura 2):

- i) una plataforma de interfaz de usuario, con la página web del grupo de Servicios funcionando como un espacio en línea donde los interesados pueden definir sus necesidades y aportar retroalimentación para garantizar que los productos finales satisfagan sus requisitos;
- ii) un sistema de información de servicios climáticos alojado en la página web del grupo de Servicios ([www.bsc.es/ess/wind-energy](http://www.bsc.es/ess/wind-energy)), que funciona como una plataforma en línea para generar y distribuir productos climáticos para la energía renovable y materiales de comunicación destinados a facilitar la toma de decisiones;
- iii) la investigación, modelización y predicción que, como la Iniciativa, se sustenta en investigaciones punteras en climatología y predicción climática a diferentes escalas espaciales y temporales, permitiendo al BSC impulsar los servicios climáticos y las aplicaciones en materia de energías renovables; y
- iv) el desarrollo de capacidad, que abarca los cinco componentes del MMSC, impulsado por el equipo multidisciplinario del grupo de Servicios compuesto por climatólogos, expertos en energías renovables, científicos sociales y comunicadores, y que aprovecha la infraestructura de grandes datos y las instalaciones de

supercomputación proporcionadas por el BSC permitiendo que esta Iniciativa desarrolle servicios climáticos eficaces y oportunos.

La página web del grupo de Servicios invita a los usuarios a opinar para garantizar que los resultados se adaptan a sus necesidades. A continuación se muestran ejemplos de los materiales específicos disponibles en ella:

**fichas informativas** que explican los conceptos climáticos que pueden ser difíciles de entender para los no especialistas, tales como el concepto de predicción probabilística, las escalas temporales asociadas con la ciencia del clima, la evaluación de la calidad (habilidad y exactitud) y la fiabilidad de las predicciones climáticas;

**boletines estacionales de predicción del clima** de inviernos anteriores que comparan las predicciones con las observaciones con el fin de involucrar a los interesados en el uso de los pronósticos climáticos estacionales como herramienta adicional para orientar su toma de decisiones;

**estudios de casos** correspondientes a determinados eventos del pasado de interés para los socios industriales, para los cuales se muestra una comparación entre las predicciones climáticas y lo que realmente sucedió con el fin de estimar el valor añadido del uso de predicciones estacionales en lugar de los enfoques de predicción actuales basados en las observaciones históricas; y

material de investigación dirigido a audiencias especializadas, como **notas técnicas, publicaciones científicas y un repositorio de imágenes.**

El producto más conocido proporcionado por la Iniciativa es el **prototipo RESILIENCE** para el viento. Se trata de una interfaz interactiva de servicios climáticos que la industria eólica puede utilizar para explorar las predicciones probabilísticas de velocidad del viento para la próxima estación (figura 3). Se diseñó y desarrolló bajo el auspicio de los proyectos EUPORIAS y CLIM4ENERGY<sup>7</sup> para apoyar a propietarios de parques eólicos, operadores y proveedores de energía que necesitan entender cómo variará el viento en los próximos meses a fin de anticipar ingresos, planificar operaciones de mantenimiento o prever los precios de la energía.

La aplicación web <http://www.bsc.es/ess/resilience> permite detectar patrones globales de anomalías en las condiciones futuras del viento y profundizar en predicciones detalladas a escala regional. La interfaz de usuario muestra un mapa

temático con datos de predicción de viento visualizados en símbolos lineales para alrededor de 100 000 puntos de cuadrícula que abarcan el globo. Se codifican a la vez los valores previstos de la velocidad del viento y la calidad de la predicción estimada. Cuando se hace clic en un punto, un panel muestra información específica del lugar sobre observaciones pasadas, predicciones individuales y probabilidades de condiciones de viento por encima de lo normal, normales o por debajo de lo normal. La versión actual del prototipo RESILIENCE únicamente incluye predicciones estacionales de la velocidad del viento, pero también estarán disponibles en un futuro cercano las predicciones estacionales del factor de capacidad.

La **aplicación Weather Roulette**<sup>8</sup> ha sido desarrollada para ilustrar el valor añadido del uso de estas predicciones probabilísticas. Traduce el rendimiento de las predicciones estacionales para la velocidad del viento en conceptos comunes tales como la tasa de interés y la rentabilidad de la inversión, que aportan más información a la industria eólica.

## Hacia un futuro sostenible y bajo en emisiones de carbono

El avance de la puesta en marcha de los servicios climáticos contribuirá a una participación mucho mayor de las fuentes de energía limpia en el sector energético. La Iniciativa de servicios climáticos del grupo de Servicios puede proporcionar un marco adecuado para apoyar esta transformación, que se logrará mediante la identificación de elementos fundamentales que coincidan con las necesidades de la industria energética y usando un lenguaje común y un esquema de clasificación que refleje las diversas formas en que la industria aplica la información climática. Esto acercará a la comunidad investigadora y al sector privado y garantizará la colaboración en el desarrollo de servicios climáticos que apoyen a los interesados en la energía. El grupo de Servicios debería permitir a los actores interesados en el sector energético la adquisición de un acceso más amplio al conocimiento especializado, la información, las herramientas y las políticas energéticas pertinentes sobre el clima, que les permita mejorar la planificación, la formulación de políticas y las actividades operativas.

El siguiente paso para la Iniciativa será el de fomentar la transición de un sistema de predicción preoperativa mundial (el actual prototipo RESILIENCE) a un sistema totalmente operativo, algo que se desarrollará en el marco del proyecto

<sup>7</sup> CLIM4ENERGY, <http://clim4energy.climate.copernicus.eu/>

<sup>8</sup> Weather Roulette, <https://play.google.com/store/apps/details?id=es.predictia.weatherroulette&hl=es>

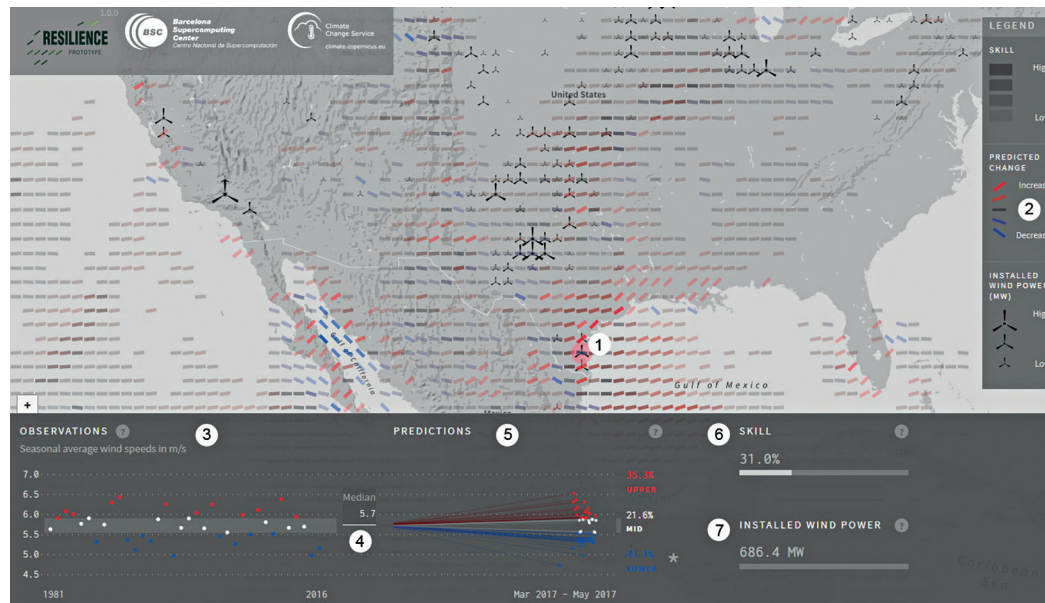


Figura 3. Herramienta de visualización de datos del prototipo RESILIENCE y resultados para la estación pronosticada (marzo a mayo de 2017): 1) región geográfica seleccionada; 2) cambio previsto en la velocidad del viento; 3) media estacional de la velocidad del viento en la región geográfica seleccionada en los últimos 36 años, basada en el reanálisis atmosférico ERA-Interim; 4) mediana de la velocidad del viento en los últimos 36 años basada en ERA-Interim; 5) predicción del viento para la próxima estación (el porcentaje de simulaciones en cada uno de los terciles da la probabilidad de condiciones de velocidad del viento más bajas, iguales o más altas de lo normal); 6) habilidad o medida del acierto del sistema de predicción en los últimos 36 años en la región seleccionada; 7) energía eólica instalada actualmente en la región seleccionada.

europeo S2S4E<sup>9</sup>. Las predicciones de la velocidad del viento proporcionadas por el sistema operativo se actualizarán todos los meses, integrando una combinación de predicciones probabilísticas subestacionales y estacionales. Esto constituye un reto no solo para la investigación, sino también para la comunicación y la visualización, ya que la complejidad de la interpretación aumenta a expensas de tener una visión más completa de la variación de la velocidad del viento. Además, una evaluación de la calidad de la predicción conducirá a mejorar regularmente las herramientas que respaldan la toma de decisiones para la industria eólica.

El S2S4E desarrollará también servicios climáticos similares para otros sectores de energía renovable, como la energía solar y la energía hidroeléctrica. La integración de fuentes renovables adicionales tiene el potencial de aumentar aún más la proporción de energía limpia en la combinación energética total, avanzando de esta manera en la transición

mundial hacia un futuro con bajas emisiones de carbono y la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Tener servicios climáticos fiables para diversos sectores de energía renovable mejorará la eficiencia y reducirá el riesgo asociado a las amenazas climáticas que afectan y continuarán afectando el sector de la energía debido al futuro cambio climático.

## Agradecimientos

La investigación que ha conducido a los resultados aquí descritos ha recibido fondos de Clim4Energy para el contrato del Servicio de cambio climático de Copernicus ejecutado por el Centro europeo de predicción meteorológica a medio plazo en nombre de la Comisión Europea y el proyecto de colaboración europeo S2S4E de H2020.

<sup>9</sup> Predicción subestacional a estacional para la energía

Las referencias están disponibles en la versión en línea