

# ATLAS DE RADIACIÓN SOLAR EN ESPAÑA UTILIZANDO DATOS DEL SAF DE CLIMA DE EUMETSAT

Juan Manuel Sancho Ávila, Jesús Riesco Martín, Carlos Jiménez Alonso,  
M<sup>a</sup> Carmen Sánchez de Cos Escuin, José Montero Cadalso y María López Bartolomé  
Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

## 1. INTRODUCCIÓN

La energía solar es una fuente de energía renovable, que está en auge en los últimos años al tratarse de un recurso inagotable y respetuoso con el medio ambiente. España por su posición y climatología es un país especialmente favorecido de cara al aprovechamiento de este tipo de energía. El objetivo de este atlas de radiación solar es precisamente cuantificar y presentar gráficamente, con suficiente resolución espacial, el promedio mensual y anual de la radiación solar que llega a la superficie terrestre en España. El anterior Atlas de Radiación Solar de AEMET, antiguo INM, data de 1984 y surge como complemento al Atlas Climático editado el año anterior. El esfuerzo realizado en aquel entonces, con una red de radiómetros en superficie no suficientemente densa con tecnologías muy diferentes a las disponibles hoy en día, quedó plasmado en una interesante obra que ha servido de importante referencia hasta la actualidad. AEMET, a través de este Atlas de radiación, trata de disponer de una referencia actualizada que cubra todo el territorio con una resolución adecuada, en la que queden patentes los valores medios anuales, estacionales y mensuales de la radiación solar que llega a superficie, considerada horizontal, a partir de productos satelitales obtenidos del CM-SAF (*Climate Monitoring Satellite Application Facilities*) de la Agencia para la explotación de los satélites meteorológicos europeos, EUMETSAT, en su faceta de vigilancia del clima.

A lo largo de este trabajo se recogen mapas, gráficos y tablas de valores medios mensuales, estacionales y anuales de las variables superficiales de radiación solar global, directa y difusa, en plano horizontal, con una resolución espacial de  $3 \times 3$  km utilizando datos satelitales mensuales para el período 1983-2005. Previamente, y para caracterizar el margen de error de estos productos, en este trabajo se presentan resultados de validaciones de los datos satelitales realizadas por el SAF de Clima y las llevadas a cabo con respecto a la Red Radiométrica Nacional en superficie con la que cuenta la Agencia Estatal de Meteorología.

El Atlas de Radiación puede descargarse de la página web externa de AEMET en el siguiente link: [http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas\\_radiacion\\_solar/atlas\\_de\\_radiacion\\_24042012.pdf](http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_radiacion_solar/atlas_de_radiacion_24042012.pdf)

## 2. METODOLOGÍA: DESCRIPCIÓN BREVE DEL MÉTODO

### 2.1. Fuente de datos y algoritmo utilizado

El CM-SAF (*Climate Monitoring-Satellite Application Facilities*) de EUMETSAT proporciona datos climatológicos de 44 variables, entre las que se encuentran el SIS (*Surface Incoming Solar radiation*) y el SID (*Surface Incoming Direct radiation*). Para la realización del atlas de radiación de España basado en datos de satélite se han utilizado *datasets* de la variable SIS, que corresponde a la irradiancia solar global, que es la irradiancia que incide sobre la superficie horizontal en la banda  $0,2\text{-}0,4 \mu\text{m}$ , y de la variable SID, que es la irradiancia solar directa, o sea la irradiancia que procede directamente del disco solar en la banda anteriormente citada. Se han utilizado *datasets* del período 1983-2005, empleando información procedente de los satélites Meteosat de primera generación (Meteosat-2 al Meteosat-7). Estos satélites disponían del radiómetro MVIRI (*Meteosat Visible Infra-Red Imager*) con 3 canales: un canal en banda ancha en el visible que cubre el rango  $0,5\text{-}0,9 \mu\text{m}$  y 2 canales en el infrarrojo en las bandas  $5,7\text{-}7,1 \mu\text{m}$  y  $10,5\text{-}12,5 \mu\text{m}$ . Los datos proporcionados por el SAF de Clima se presentan en *grids* regulares en latitud-longitud de  $0,03^\circ \times 0,03^\circ$  ( $3 \times 3$  km de resolución, aproximadamente). Con el fin de garantizar la homogeneidad de la serie de datos satelitales en dichos *datasets*, se han reevaluado ambos parámetros (SIS y SID) utilizando un único algoritmo de obtención, denominado MAGIC SOL, el cual es una combinación del algoritmo gnu-MAGIC (*Mesoscale Atmospheric Global Irradiance Code*), para el cálculo de la irradiancia

en cielo despejado, y el método Heliosat, ampliamente extendido en la comunidad de energía solar y empleado para calcular el albedo efectivo de las nubes (*Effective Cloud Albedo*; CAL) e incluir de este modo la influencia de estas en la irradiancia en superficie. Una característica importante del método Heliosat es que no requiere radiancias previamente calibradas del satélite para realizar el cálculo del albedo efectivo de las nubes. Únicamente es necesario como dato de entrada, el número de cuentas de las imágenes, y utiliza un método de autocalibración para el cálculo del albedo efectivo de las nubes sin necesidad de datos precisos de radiancias, de manera que no influye en este cálculo la degradación de los sensores ni otras fuentes de error como la sustitución de los satélites. El albedo efectivo de las nubes calculado de esta manera, junto con información sobre el estado de la atmósfera en cielo despejado (vapor de agua, aerosoles, ozono) son utilizados como entrada en el algoritmo MAGIC para obtener finalmente la irradiancia global (SIS) y directa (SID) en superficie.

## 2.2. Evaluación de la calidad de los datos SIS y SID

El SAF de Clima realiza validaciones para el seguimiento de la precisión y calidad de los datos generados, utilizando como referencia los de la red BSRN (*Baseline Surface Radiation Measurement*). El CM-SAF llevó a cabo la comparación de los promedios mensuales de los valores diarios de SIS con los correspondientes registrados en las estaciones en tierra obteniendo los parámetros estadísticos sesgo medio (BIAS), valor medio de las desviaciones absolutas (MAD) y desviación estándar (SD). A la luz de los resultados, se puede afirmar que los datos de SIS y SID procedentes del CM-SAF se pueden considerar los más precisos y con mayor resolución espacial de los disponibles actualmente con una cobertura global.

Para caracterizar adecuadamente la calidad de los datos en territorio español, es necesario reproducir un procedimiento similar de validación utilizando datos de la Red Radiométrica Nacional (RRN) de AEMET. Para ello se han seleccionado 29 estaciones de dicha red con datos ininterrumpidos durante el período 2003-2005, procurando una representatividad de las diferentes regiones climáticas con distintos regímenes de nubosidad en España.

Los resultados obtenidos, para el conjunto de las 25 estaciones de la Península y Baleares, indican un valor medio de las desviaciones absolutas de  $12,23 \text{ W m}^{-2}$  que representa una desviación media del SIS con respecto a las medidas en tierra, del 6,7 %. Este valor es algo superior al marcado como objetivo de calidad por el CM-SAF ( $10 \text{ W m}^{-2}$ ) pero es inferior al umbral establecido de aceptación de los datos ( $15 \text{ W m}^{-2}$ ). El sesgo o bias medio en las medidas de SIS frente a los valores en tierra indica un error sistemático de  $11,14 \text{ W m}^{-2}$  ( $0,26 \text{ kW h m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ).

## 3. MAPAS DE IRRADIANCIA GLOBAL Y DIRECTA EN ESPAÑA

En la Figura 3.1 se muestra el campo medio de irradiancia global (SIS) diaria para España considerando todo el período 1983-2005. También se han calculado campos medios de irradiancia directa y promedios estacionales (no incluidos en este artículo). En este mapa, el flujo radiativo está expresado en  $\text{kW h m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ , por lo que para determinar la energía incidente durante un periodo basta multiplicar los valores indicados por el número de días en ese periodo.

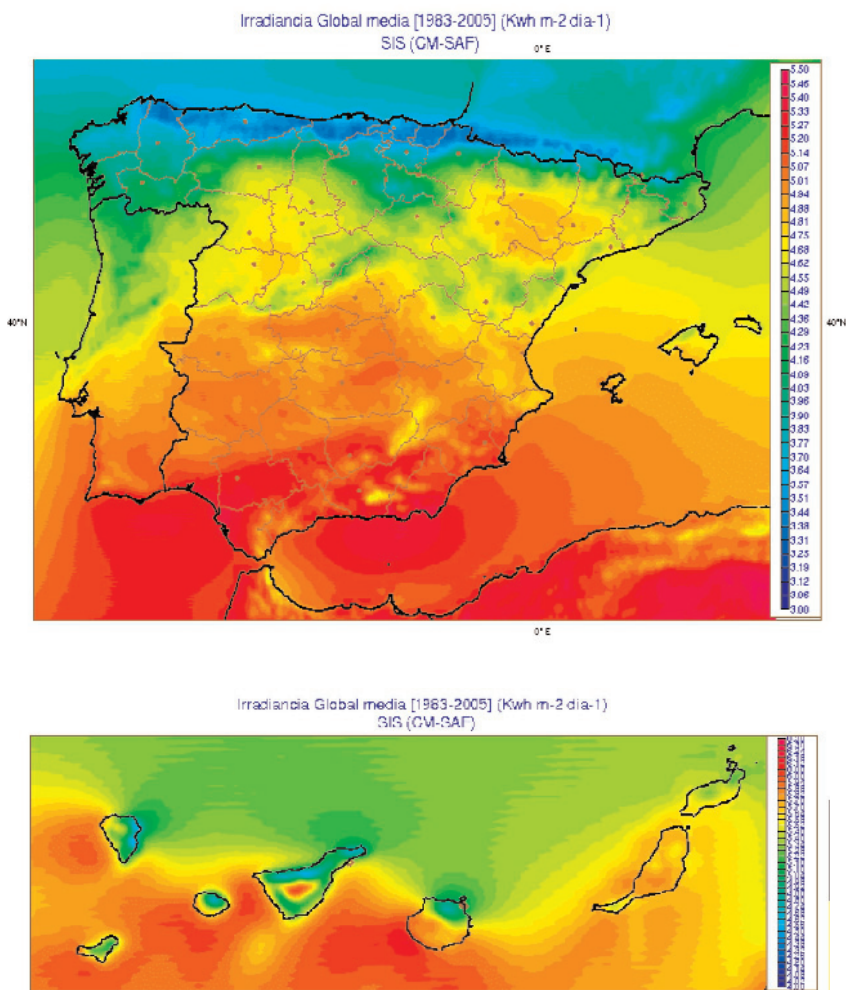


Figura 3.1. Campos medios de irradiancia global (SIS) para España [1983-2005]

#### 4. IRRADIANCIAS GLOBAL, DIRECTA Y DIFUSA EN CAPITALES DE PROVINCIA

En el Atlas se pueden observar los ciclos anuales medios interpolados a las posiciones geográficas de las capitales de provincia mostrándose en la Figura 4.1 los resultados para Málaga. Se indican las irradiancias directa (barras amarillas) y difusa (barras azules) junto con los valores medios mensuales de irradiancia global (línea granate) y directa (línea azul), calculados estos últimos considerando para cada mes todos los valores satelitales en cada uno de los píxeles de tamaño  $3 \times 3$  km en la región correspondiente (área de la Península y área de Canarias). Los cálculos se refieren al período 1983-2005.

El mes de julio es, en general, el mes en el que se registran los valores máximos de irradiancia global y directa y en diciembre se registran los valores mínimos.

Como norma general la radiación difusa representa aproximadamente un tercio de la radiación global en cada localización, con la excepción de las regiones del norte peninsular y Canarias, donde la fracción que representa la irradiancia difusa en la irradiancia global es obviamente más importante debido a la existencia de mayor nubosidad.



# MAPAS CLIMATOLÓGICOS DE USO AGRÍCOLA EN CASTILLA Y LEÓN

*Nieves Garrido del Pozo*

Jefa de la Unidad de Estudios y Desarrollos de la Delegación Territorial de AEMET en Castilla y León

*Diego Cubero Jiménez*

Ingeniero de Telecomunicación, Programa de becas de formación de AEMET

## 1. INTRODUCCIÓN

De todos es bien sabida la estrecha relación entre la meteorología y la agricultura, de cómo los fenómenos adversos pueden malograr las cosechas, o estas pueden beneficiarse de las buenas condiciones climáticas. Pero, sobre todo, hay que tener en cuenta los beneficios que produce un buen conocimiento del clima en la planificación de las tareas agrícolas.

Si la sociedad actual pretende utilizar los recursos de una forma sostenible, es imprescindible evaluarlos de manera cuantitativa y gestionarlos adecuadamente. El clima no es una excepción. La radiación solar, la precipitación, la temperatura, junto con la nutrición mineral y la gestión, son fundamentales para contar con un potencial primario en la producción agrícola. La información meteorológica basada tanto en la observación de datos como en el análisis climático de los mismos, ayuda a los agricultores a planificar sus actividades.

Dentro de este entorno y teniendo en cuenta que la agricultura es uno de los pilares más importantes de la economía de Castilla y León, se han desarrollado, en colaboración con el ITACyL (Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León), productos tanto climatológicos como de predicción que actualmente ya son de uso público.

Durante este año 2012 se espera publicar un atlas agroclimático de difusión *on-line*, con la inclusión de algunos mapas específicos que ayudan a la toma de decisiones a la hora de elegir determinados cultivos, periodos de siembra o recogida, elección de grano, etc., dentro del cual están los mapas que se explican a continuación.

## 2. MAPA DE AYUDA A LA ELECCIÓN DE TIPO DE GRANO DE MAÍZ EN FUNCIÓN DEL PROMEDIO DE LOS GRADOS-DÍA ACUMULADOS

En Castilla y León el cultivo de maíz es uno de los más importantes de regadío, en la actualidad es la primera comunidad de España en este cultivo (en el año 2011 se puso a la cabeza de España generando el 28 % del maíz nacional, siendo la provincia de León la mayor en tierras cultivadas seguida de la de Zamora y Salamanca). En apoyo a este tipo de cultivo se ha elaborado un mapa agroclimático que relaciona las variables medias climatológicas con los distintos tipos de grano de maíz.

Gracias a los programas de mejora de la Unión Europea, los agricultores tienen una amplia oferta de variedad de semillas de maíz. El objetivo es determinar cuál de ellas va a aportar un mejor rendimiento y calidad de cosecha, sin un aumento de costes y mejorando su competitividad. Todo esto está estrechamente relacionado con las condiciones agroclimáticas.

El maíz es una planta con una gran superficie foliar que se traduce en una gran capacidad para la fotosíntesis pero también para la evapotranspiración, por eso es una planta muy sensible a las altas temperaturas y a la falta de humedad del suelo. Requiere bastante incidencia de luz solar (en los climas húmedos el rendimiento es más bajo). Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 °C y los 20 °C.

La planta llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 6 °C y a partir de los 30 °C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de entre 20 °C y 32 °C. Es un cultivo exigente en agua, del orden de unos 5 l/m<sup>2</sup> al día y tan solo en zonas del norte de España y Pirineos se puede cultivar de secano, de manera que en Castilla y León el maíz ha de ser de regadío.

La variedad de maíz se define por su ciclo vegetativo (ciclo FAO) que determina el número de días transcurridos desde el nacimiento hasta alcanzar la madurez fisiológica, cuando el grano contiene el máximo de materia seca acumulable. La humedad del grano en ese momento es del 28 % al 30 % mientras que la madurez agronómica es cuando el grano puede ser cultivado (humedad entre 14 % y 18 %).