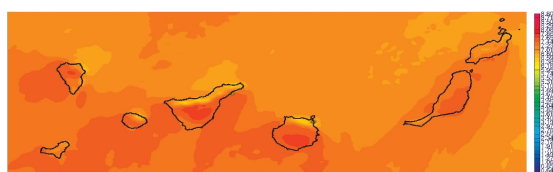
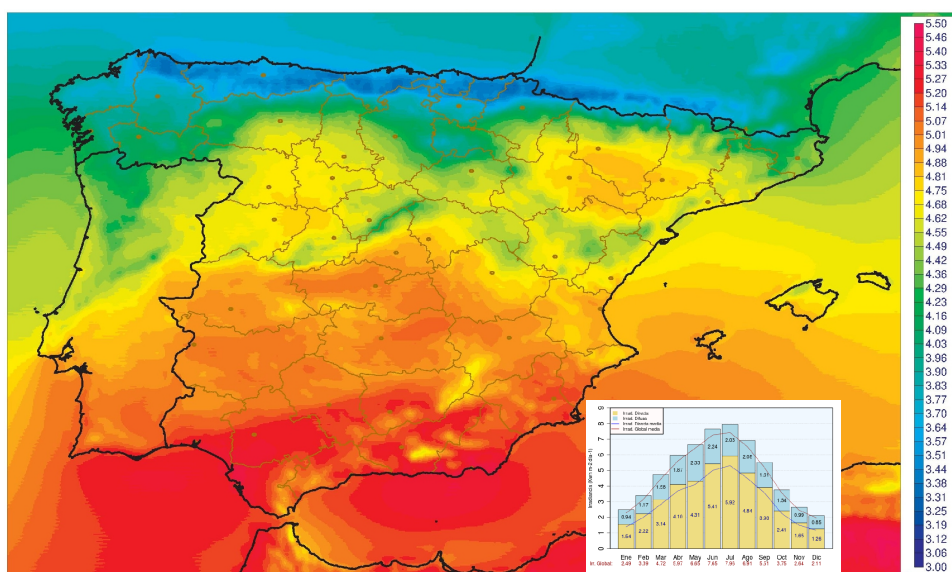


Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT



AUTORES:

JUAN MANUEL SANCHO ÁVILA

JESÚS RIESCO MARTÍN

CARLOS JIMÉNEZ ALONSO

M^a CARMEN SÁNCHEZ DE COS ESCUIN

JOSÉ MONTERO CADALSO

MARÍA LÓPEZ BARTOLOMÉ

Índice general

1. Introducción	5
1.1. Antecedentes y Objetivos.	5
1.2. Información contenida en el Atlas	5
2. Metodología	7
2.1. Datos utilizados: Proyecto CM-SAF	7
2.2. Algoritmo de obtención de valores de irradiancia.	8
2.3. Evaluación de la calidad de los datos de SIS y SID del CM-SAF frente a la red BSRN	12
2.4. La Red Radiométrica Nacional de AEMET	14
2.4.1. Descripción de la Red Radiométrica Nacional	14
2.4.2. Criterios de depuración de los datos radiométricos	15
2.4.3. Validación de valores de SIS y SID del CM-SAF frente a los datos de la Red Radiométrica Nacional (RRN)	17
2.4.3.1. Validación de la irradiancia global SIS frente a los datos de la RRN .	17
2.4.3.2. Validación de la irradiancia directa SID frente a los datos de la RRN .	26
2.5. Tratamiento de los datos: obtención de resultados	28
3. Mapas de Irradiancia Global y Directa en España	29
3.1. Mapas de campos medios de Irradiancia Global y Directa en España [1983-2005] . . .	29
3.2. Variabilidad en los campos de Irradiancia Global y Directa	65
4. Irradiancias Global, Directa y Difusa en las capitales de provincia [1983-2005]	94
4.1. Galicia	95
4.2. Asturias	96
4.3. Cantabria	97
4.4. País Vasco	98
4.5. Navarra	99
4.6. Aragón	100
4.7. Cataluña	101
4.8. Castilla León	102
4.9. La Rioja	104
4.10. Madrid	105
4.11. Castilla La Mancha	106
4.12. Comunidad Valenciana	107
4.13. Extremadura	108
4.14. Murcia	109
4.15. Andalucía	110
4.16. Islas Baleares	112
4.17. Canarias	113
4.18. Ceuta	114
4.19. Melilla	115
5. Tablas de valores medios y de percentiles de Irradiancias Global y Directa en las capitales de provincia [1983-2005]	130

6. Mapa del campo medio de Irradiancia Global en Europa y valores medios de Irradiancias Global, Directa y Difusa en las principales capitales europeas [1983-2005]	153
A. La Radiación Solar.	155
B. Software utilizado y tabla de conversión de unidades	157
C. Lista de Acrónimos	158

1. Introducción

1.1. Antecedentes y Objetivos.

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. Además, existen un gran número de aplicaciones de gran importancia social en el campo de la arquitectura para el diseño de edificaciones, así como en ingeniería o la agricultura, por citar solo algunos ejemplos. 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 (Font, 1984) y surge como complemento al Atlas Climático editado el año anterior (Font, 1983). El esfuerzo realizado en aquel entonces, con una red de radiómetros en superficie no suficientemente densa y 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. Desde entonces han surgido en España distintos atlas monográficos sobre radiación solar, fundamentalmente restringidos a ámbitos geográficos de Comunidades Autónomas. Como ejemplo de atlas basado en imágenes de satélite destaca el trabajo de Vázquez (2005) para Galicia, en el que se utilizan datos del Meteosat 6 de los años 2002, 2003 y 2004 y el método de estimación de irradiancias llamado Heliosat-2. Algún atlas abarca la Península y Baleares, como el de Vera et al. (2005), en el que se obtiene la irradiación solar a partir de un modelo estadístico que utiliza imágenes del instrumento AVHRR a bordo de los satélites meteorológicos operados por la organización norteamericana NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), conjuntamente con datos de irradiación solar procedentes de datos de superficie. Para su desarrollo se analizaron 5 años de datos (1998-2002) con la finalidad de ofrecer resultados climatológicos de tipo horario, diario, mensual y anual, con una reso-

lución espacial determinada por la resolución del satélite utilizado, en este caso alrededor de un kilómetro cuadrado en el punto nadir. Gran parte de la información de radiación solar disponible tiene como fuente de datos una red de estaciones situadas en superficie. Sin embargo paulatinamente se han ido introduciendo mediciones satelitales para generar diversos productos de radiación. Como referencias se pueden consultar diversos experimentos o proyectos, tales como ERBE de CERES (Barkstrom, 1989; Wielicki et al., 1996; Trenberth et al., 2009), GERB (Harries et al., 2005), ISCCP (Rossow et al., 2004) y SRB de GEWEX (Coughlan, 1996 y Gupta et al., 2006). También han surgido medidas a partir de cálculos con modelos (Qian et al., 2006). Como atlas o bases de datos de radiación que pueden considerarse como referencias mundiales, merece la pena citar el atlas ESRA - European Solar Radiation Atlas- (Scharmer et al., 2000), comercializado por la Escuela de Minas de París, así como el banco de datos National Solar Radiation Data Base de los Estados Unidos http://rredc.nrel.gov/solar/old_data/nsrdb/ y el World Radiation Data Center de la OMM en San Petersburgo <http://wrdc.mgo.rssi.ru>.

AEMET a través de este atlas nacional 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 Satellite Application Facilities) de la agencia para la explotación de los satélites meteorológicos europeos EUMETSAT, en su faceta de vigilancia del clima.

1.2. Información contenida en el Atlas

A lo largo de este Atlas 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 del 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, en adelante AEMET.

La radiación directa es la irradiancia que alcanza la superficie, en un plano horizontal, procedente únicamente del disco solar, mientras que la radiación difusa es la que incide igualmente en un plano horizontal, procedente en este caso del resto del cielo debido a los procesos de dispersión que se producen en la atmósfera. La radiación global sería la suma de ambas irradiancias. La densidad de energía solar radiante (o Irradiación solar), es la energía procedente del sol que llega a la unidad de superficie terrestre durante un tiempo determinado. Se suele expresar en kilojulios por metro cuadrado y día ($kJm^{-2}día^{-1}$) o en kilovatios-hora por metro cuadrado y día ($kWhm^{-2}día^{-1}$). Es precisamente en esta última unidad en la que se expresan los mapas, gráficos y tablas de este Atlas, representando la energía solar expresada en kWh recibida en un día en la unidad de superficie horizontal terrestre.

Es importante destacar que si bien los datos de irradiancia global y directa en plano horizontal proporcionados por este atlas son importantes para el desarrollo de plantas de energía solar, las medidas que se ofrecen en este trabajo no son directamente comparables con las obtenidas en dichas plantas si los captadores de energía solar no están dispuestos en planos horizontales. Si embargo, estos datos pueden ser útiles, por ejemplo, en la elección de los mejores emplazamientos para dichas instalaciones o para conocer la evolución media mensual o estacional de las irradiancias recibidas en las distintas regiones de nuestra geografía.

2. Metodología

2.1. Datos utilizados: Proyecto CM-SAF

En Noviembre de 1992, EUMETSAT, creó la red de centros especializados SAF (Satellite Application Facilities) <http://www.eumetsat.int/Home/Main/Satellites/GroundNetwork/ApplicationGroundSegment/SAFs/index.htm>, con el fin de obtener un mejor aprovechamiento de los datos procedentes de los satélites meteorológicos, mediante el desarrollo de algoritmos y software para la obtención de productos meteorológicos derivados que complementen los producidos y distribuidos por la central de EUMETSAT en Darmstadt. Cada uno de los centros SAF está especializado en un tipo de productos y liderado por un Servicio Meteorológico Nacional. Actualmente existen 7 proyectos SAF aprobados y en operación:

- SAF para el apoyo al Nowcasting y la Predicción a muy corto plazo.
- SAF para los Océanos y los Hielos Marinos.
- **SAF para el Control del Clima (CM-SAF).**
- SAF para la Predicción Numérica del Tiempo.
- SAF para el Análisis Superficial de Tierra.
- SAF para el Ozono y Control de la Química Atmosférica.
- SAF para la Meteorología GRAS¹.
- SAF para el apoyo a la Hidrología y la gestión del Agua.

Para la elaboración de este Atlas se han utilizado datos del **SAF para el control del Clima (Climate Monitoring-SAF; CM-SAF)**, liderado por el Servicio Meteorológico Alemán (Deutscher Wetterdienst; DWD). El CM-SAF fué creado

con el fin de generar y archivar de forma continua una serie de datos climatológicos con el objetivo de caracterizar el estado del clima y su variabilidad y analizar y diagnosticar parámetros climáticos para identificar y entender cambios en el sistema climático. Otro de los propósitos del CM-SAF es proporcionar datos de entrada para modelos climáticos con el fin de estudiar distintos procesos del sistema climático a escala europea y global y para la predicción climática. El estudio del clima terrestre obliga a la obtención de una base de datos climatológica a escala global y solo las observaciones obtenidas desde satélites meteorológicos pueden proporcionar este tipo de cobertura global con una alta resolución espacial y temporal. En particular los satélites pueden proporcionar los únicos datos disponibles sobre los océanos y zonas poco pobladas debido al escaso número de estaciones meteorológicas en superficie. Por otro lado, las series de datos procedentes de satélites disponibles en la actualidad empiezan a tener una cobertura temporal adecuada para su utilización en análisis y estudios climáticos. En concreto los datos de radiación utilizados en este trabajo comprenden un periodo de 23 años (1983-2005).

El CM-SAF proporciona datos climatológicos para algunas de las 44 variables climáticas definidas como Variables Climáticas Esenciales (Essential Climate Variables ; ESV) por el Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC) dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. En concreto las variables que proporciona el CM-SAF incluye parámetros nubosos, albedo superficial, flujos radiativos en superficie y en el techo de la atmósfera y humedad atmosférica (Schulz et. al., 2009). Para este Atlas se han utilizado los conjuntos de datos o datasets de irradiancia sobre una superficie horizontal correspondientes a los parámetros: SIS (Surface Incoming Solar radiation) y SID (Surface Incoming Direct radiation) (Ver Figura 2.1). Es importante señalar que existen dos categorías de datos disponibles que son denominados productos y datasets. Los productos son datos operativos validados utilizando estaciones en tierra y son pro-

¹GRAS SAF: Sistema de radio ocultación de satélites GPS para la obtención de perfiles verticales de presión, temperatura y humedad en la atmósfera.

porcionados en tiempo casi real, con precisión suficiente para la realización de estudios de variabilidad en escalas temporales diurnas y estacionales. Para estudios en los que se requieren evaluaciones de tendencias o para estudios de variabilidad interanual es necesario utilizar la categoría de datos denominada dataset. Los datasets son series de datos corregidos de errores debidos a cambios instrumentales en sucesivos satélites y otros efectos más sutiles como derivas en la respuestas espectrales de los instrumentos debido a la degradación de los sensores o pequeñas variaciones en las medidas debido a ligeros cambios en la órbita de los satélites. Además, con el fin de garantizar la homogeneidad de la serie de datos satelitales en los datasets, es necesario reevaluar los parámetros utilizando un único algoritmo de obtención. Los datasets para la realización de este trabajo corresponden, como se indicó anteriormente, a los parámetros SIS y SID. La variable SIS (Surface Incoming Solar radiation), que corresponde a la irradiancia solar global, se define como la irradiancia que incide sobre la superficie horizontal en la banda $0,2-4,0\mu m$. La variable SID (Surface Incoming Direct radiation), denominada irradiancia directa, se define como la irradiancia que incide sobre la superficie horizontal en la banda $0,2-4,0\mu m$ pero que procede directamente del disco solar. Estos datasets son proporcionados por el CM-SAF [<http://wui.cmsaf.eu/safira/action/viewHome>] desde febrero de 2011.

Los datasets de SIS y SID, que comprenden el período 1983-2005, han sido evaluados utilizando información procedente de los satélites Meteosat de primera generación (Meteosat-2 al Meteosat-7)². Estos satélites disponían del radiómetro MVI-RI (Meteosat Visible Infra-Red Imager) con 3 canales: un canal en banda ancha en el visible que cubre el rango $0,5-0,9\mu m$ y 2 canales en el infrarrojo en las bandas $5,7-7,1\mu m$ y $10,5-12,5\mu m$. La resolución en el punto sub-satélite de este radiómetro es de $2,5km$ en el visible y de $5km$ en los canales del infrarrojo.³ Los datos son proporcionados por

²No se han utilizado datos del satélite Meteosat-1 por no considerarse de suficiente calidad para la obtención de medidas de calidad

³Los satélites Meteosat Segunda Generación disponen del radiómetro SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and InfraRed Imager) y del instrumento GERB (Geostationary Earth Radiation Budget), que proporcionan información de muchos más canales que los satélites de Primera Generación. El CM-SAF ha desarrollado algoritmos para aprovechar la información adicional propor-

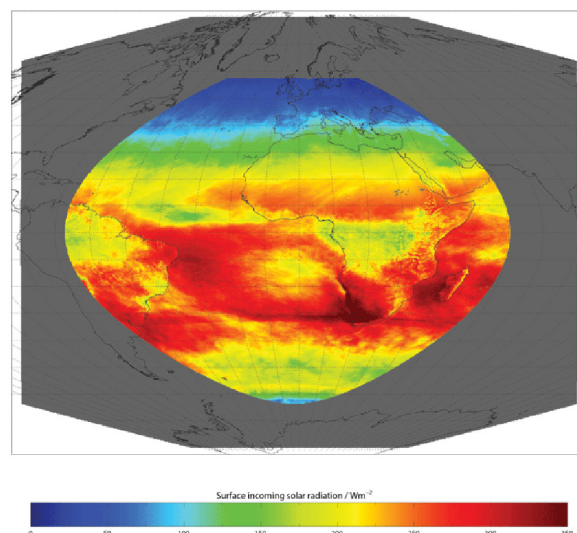


Figura 2.1.: Ejemplo de promedio mensual de irradiancia diaria (SIS del CM-SAF)

el CM-SAF en grids regulares en latitud-longitud de $0,03^\circ \times 0,03^\circ$ (aproximadamente $3 \times 3km$) (Ver Cuadro 2.1).

2.2. Algoritmo de obtención de valores de irradiancia.

El algoritmo utilizado para el cálculo de las variables SIS y SID a partir de los datos brutos satelitales se denomina MAGIC SOL, el cual es una combinación del algoritmo gnu-MAGIC (Mesoscale Atmospheric Global Irradiance Code) (Mueller et al, 2009) para el cálculo de la irradiancia en cielo despejado y el método Heliosat (Hammer et al., 2003), ampliamente extendido en la comunidad de energía solar y utilizado para calcular el albedo efectivo de las nubes (Effective Cloud Albedo; CAL) e incluir de este modo la influencia de éstas 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 nubes⁴. Únicamente son necesarios como datos de entrada el número de cuen-

cionada por estos instrumentos. Sin embargo estos algoritmos no pueden ser aplicados al radiómetro MVIRI de los satélites MFG.

⁴Los valores de radiancia calibradas no están disponibles para los satélites Meteosat primera generación.

SATÉLITE / INSTRUMENTO	CATEGORÍA	VARIABLES	RESOLUCIÓN	PERIODO	TIPO DE DATOS
MFG (Met. 2-7)/ MVIRI	Dataset	SIS, SID	$0,03^\circ \times 0,03^\circ (\sim 3 \times 3km)$	1983-2005	Medias. mens. de val. diarios

Cuadro 2.1.: Características de los datos

tas⁵ de las imágenes y utiliza un método de auto-calibración para el cálculo del albedo efectivo de las nubes sin necesidad de datos precisos de radiancias de manera que no influye la degradación de los sensores ni otras fuentes de error como la sustitución de los satélites en este cálculo. 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) es utilizada como entrada en el algoritmo MAGIC para obtener finalmente la irradiancia global (SIS) y directa (SID) en superficie.

A continuación se explica el método básico de cálculo de la irradiancia en superficie.

Albedo efectivo de las nubes; Effective Cloud Albedo (CAL)

Es una medida adimensional definida como la cantidad de radiancia reflejada por el cielo relativa a la radiancia reflejada para condiciones de cielo despejado y normalizada al máximo de radiancia reflejada por las nubes. Viene dado por la expresión:

$$CAL = \frac{R - R_{sfc}}{R_{max} - R_{sfc}}$$

donde R es la radiancia observada, R_{sfc} es la radiancia reflejada en condiciones de cielo despejado y R_{max} es una medida de la radiancia máxima por las nubes. Todas estas medidas son en número de cuentas.

Este parámetro adimensional es la información nubes básica necesaria para obtener la irradiancia solar en superficie con el algoritmo MAGIC SOL. El método utilizado para calcular CAL es el método Heliosat, descrito en Hammer et al., 2003 y Cano et al., 1986. Por lo tanto, el albedo efectivo de las nubes es la cantidad de energía reflejada

con respecto a la que se reflejaría con cielo despejado, normalizada a la máxima reflectividad de las nubes. Los datos de entrada para el cálculo de CAL proceden del canal de banda ancha en el visible ($0,5 - 0,9\mu m$) del instrumento MVIRI de los satélites MFG (Meteosat 2-7), utilizándose número de cuentas para cada pixel (no radiancias). El método original Heliosat ha sido modificado para incluir una autocalibración que corrige de cambios instrumentales y degradación de los sensores utilizando medidas de una región en el Océano Atlántico elegida por tener abundante nubosidad durante todo el año⁶. En cuanto a la precisión alcanzada en el cálculo de CAL, para el 90 % de los valores el sesgo (BIAS) es menor de 0.1 para valores medios mensuales de valores diarios.

Irradiancia global en superficie; Surface Incoming Radiation (SIS)

Se define como el flujo de irradiancia de onda corta en superficie que incide sobre la superficie horizontal en la banda $0,2 - 4,0\mu m$. También denominada irradiancia global en superficie.

El albedo efectivo de las nubes (CAL), está relacionado con la irradiancia en superficie (SIS) por medio del índice de cielo despejado (k), el cual se define como:

$$k = \frac{SIS}{SIS_{cls}}$$

donde SIS es la irradiancia incidente en superficie para unas condiciones de nubosidad determinadas y SIS_{cls} es la irradiancia incidente en superficie en condiciones de cielo despejado. El albedo efectivo de las nubes se relaciona con el índice de cielo despejado por la expresión:

$$k = 1 - CAL \quad \text{si } CAL \in [-0,2, 0,8]$$

Esta expresión viene dada por la Ley de Conservación de la Energía. Una vez determinado el valor

⁵Valor numérico bruto de salida digital del sensor que es proporcional a la energía radiativa incidente en cada pixel. No representa un valor calibrado de la medida dependiendo el valor máximo del número de bits disponibles para la determinación de los niveles discretos en cada pixel.

⁶La región utilizada se encuentra entre $15^\circ W$ y $0^\circ W$ y entre $58^\circ S$ y $48^\circ S$. Por esta zona del Atlántico Sur pasan frecuentemente sistemas frontales con gran nubosidad asociada, siendo por tanto una región adecuada para analizar la respuesta instrumental a la máxima reflectividad atmosférica debida a las nubes.

del índice de cielo despejado k , por su propia definición se puede obtener SIS con la expresión:

$$SIS = k \times SIS_{cls}$$

donde SIS_{cls} es la irradiancia en cielo despejado calculado mediante el algoritmo gnu-MAGIC (Mueller et al., 2004, 2009). En general, el valor de k se obtiene utilizando expresiones empíricas con el fin de corregir errores debidos a saturación del sensor en casos de alta reflectividad nubosa y ruido estadístico. Por lo tanto, el índice de cielo despejado, k según los valores de CAL viene dado por:

$$\begin{cases} CAL < -0,2 & k = 1,2 \\ CAL \in [-0,2, 0,8] & k = 1 - CAL \\ CAL \in [0,8, 1,1] & k = 2,067 - 3,667 \times CAL + 1,667 \times CAL^2 \\ CAL > 1,1 & k = 0,05 \end{cases}$$

Como se indicó anteriormente, la irradiancia incidente en superficie en cielo despejado SIS_{cls} es calculada usando el método gnu-MAGIC que se describirá más adelante. En cuanto a la precisión alcanzada en la estimación del SIS , para el 90 % de los valores medios mensuales de los valores diarios el valor absoluto del sesgo es menor⁷ de $10Wm^{-2}$.

Irradiancia directa en superficie; Direct Irradiance at Surface (SID)

Se define como la irradiancia de onda corta en superficie que incide sobre la superficie horizontal en la banda 0,2 – 4,0 μm , procedente directamente del disco solar sin sufrir ningún proceso de dispersión en la atmósfera.

Para el cálculo de SID para unas condiciones determinadas de nubosidad se utiliza la expresión de Mueller et. al (2009):

$$SID = SID_{cls}((1 - CAL) - 0,38 \cdot CAL)^{2,5}$$

donde SID_{cls} es la irradiancia directa en superficie en condiciones de cielo despejado calculada usando el método gnu-MAGIC y CAL es el albedo efectivo de las nubes. Esta fórmula es una adaptación del modelo de radiación difusa de Skartveith et al. (1998). Para valores de CAL mayores de 0.6 la irradiancia directa es cero, lo cual está de acuerdo con las observaciones. En cuanto a la

precisión alcanzada en la estimación del SID , para el 90 % de los valores medios mensuales de los valores diarios el valor absoluto del sesgo es menor de $15Wm^{-2}$.

Método gnu-MAGIC

Como se ha visto anteriormente, la determinación de la irradiancia directa y global de onda corta en superficie requiere el cálculo previo de los valores de dichas variables en condiciones de cielo despejado, es decir de las variables SIS_{cls} y SID_{cls} para la irradiancia global y directa respectivamente. Con este fin, se utiliza el método MAGIC (Mesoscale Atmospheric Irradiance Code), basado en cálculos realizados utilizando un modelo de transferencia radiativa (RTM) y tablas de consulta con datos previamente calculados para diferentes estados discretos de la atmósfera. Este algoritmo está descrito en detalle y su código fuente proporcionado en el link: <http://sourceforge.net/projects/gnu-magic>.

El método de cálculo está basado en el método de Pinker y Laslo (1992) y Mueller et al. (2004), cuyo esquema puede visualizarse en la Figura 2.2. El principio de conservación de la energía en una columna atmosférica nos permite estimar la transmisividad atmosférica en banda ancha a partir de la reflectividad en el techo de la atmósfera.

La idea básica del algoritmo de obtención de SIS es que existe una relación en la banda 0,2 – 4,0 μm entre la reflectividad (R) en el techo de la atmósfera, que se puede obtener directamente de las medidas registradas por los satélites, y la transmisividad atmosférica (T) o ratio entre la irradiancia en la superficie y la correspondiente en el techo de la atmósfera. Una vez conocida esta relación, es posible calcular T y la irradiancia en superficie, es decir el SIS . Por tanto, existen relaciones del tipo:

$$T = f_i(R) \quad (1)$$

donde R es la reflectividad en el techo de la atmósfera, T es la transmisividad atmosférica e $i = 1 \dots N$ representa a cada una de las diferentes condiciones superficie-atmósfera caracterizadas por los siguientes parámetros: albedo superficial, cantidad de gases absorbentes en la atmósfera (ozono, vapor de agua) y partículas difusoras (moléculas, aerosoles, gotas nubosas). Estas relaciones entre T y R se calculan previamente mediante un modelo de transferencia radiativa (Mayer and Kylling, 2005) y se obtienen previamente unas tablas (LUT, Look-Up Tables) que se utilizan posteriormente para el

⁷A este valor hay que añadir la incertidumbre de las medidas en las estaciones de referencia en tierra.

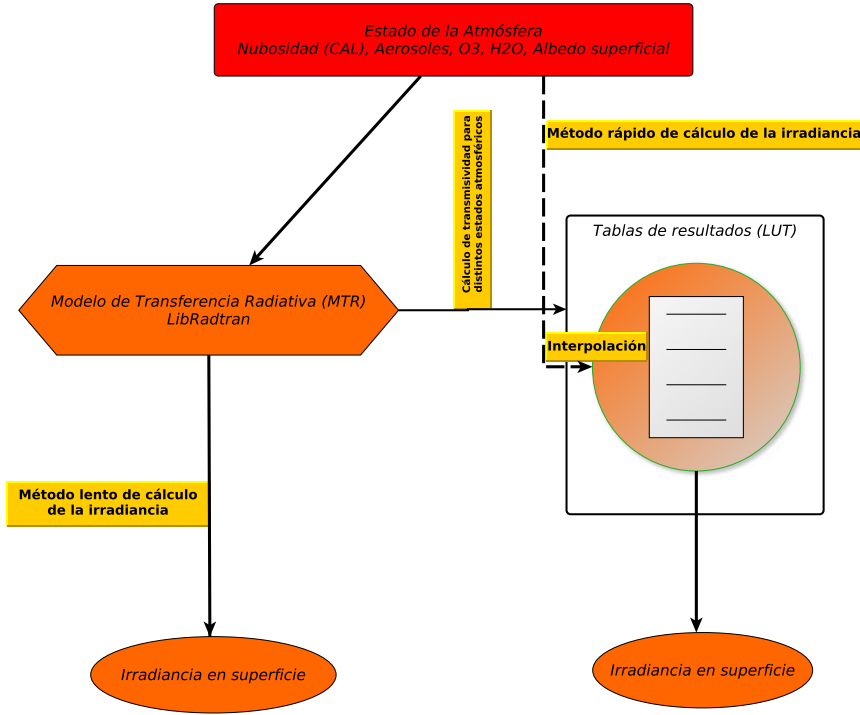


Figura 2.2.: Funcionamiento del método gnu-MAGIC para el cálculo de la irradiancia en superficie

cálculo de T en función de R para cada una de las condiciones de observación. La razón del uso de tablas calculadas previamente para el cálculo de la transmisividad atmosférica en lugar de realizar los cálculos directamente mediante el modelo de transferencia radiativa es exclusivamente para ahorrar tiempo computacional, ya que es enorme la cantidad de datos satelitales para producir series homogéneas de datos de alta calidad útiles para la realización de estudios climáticos. Hay que tener en cuenta que los cálculos se realizan en cada uno de los píxeles de las imágenes de reflectividad obtenidas por el satélite.

El siguiente paso es la obtención de R a partir de las medidas de albedo en el techo de la atmósfera obtenida por los radiómetros de los satélites. Finalmente se utilizan las tablas obtenidas previamente para las condiciones atmósfera-superficie que prevalecen en el momento de la medida para obtener T y con este valor se realiza la estimación de la irradiancia en superficie (SIS) mediante la expresión:

$$SIS = E_0 \cos(\Theta)T \quad (2)$$

donde E_0 es la irradiancia solar en la cima de la atmósfera (Constante Solar), Θ es el ángulo zenital y T la transmisividad atmosférica.

Para el cálculo de las tablas, el modelo de transferencia radiativa utilizado es el libRadtran (Mayer

and Kylling, 2005). Se han tenido en cuenta simetrías inherentes a la relación entre los diferentes estados atmosféricos y la transmisividad con el fin de identificar una serie de procesos linealmente independientes entre ellos y por lo tanto reducir el número de entradas en las tablas con el consiguiente ahorro adicional en tiempo de cálculo. Los procesos que pueden considerarse como linealmente dependientes se han tratado utilizando parametrizaciones para estimar su influencia en la transmisividad y por lo tanto en la irradiancia en superficie. Este es el caso del vapor de agua, el ozono y el albedo superficial para los que se han definido valores fijos en las tablas⁸ y posteriormente se han utilizado fórmulas de parametrización para tener en cuenta la influencia de sus variaciones en los valores de SIS (Schulz et al., 2009) y (Mueller et al., 2009).

Las tablas de consulta (LUT) para la obtención de la irradiancia se han calculado para 24 bandas espectrales diferentes entre $0,25\mu m$ y $3,6\mu m$ para varias concentraciones de aerosoles diferentes. Los parámetros de entrada en MAGIC son: la fecha, la hora, el ángulo cenital del Sol, latitud, longitud, albedo efectivo de las nubes (CAL), densidad

⁸ $15kgm^{-2}$ para el vapor de agua, 345UD para el ozono y 0,2 para el albedo superficial

de vapor de agua en columna, espesor óptico de aerosoles y albedo simple por difusión debido a aerosoles. Los resultados de salida del código MAGIC son las irradiancias global y directa en cielo despejado (SIS_{cls} y SID_{cls}).

Información de entrada del estado atmosférico en el Modelo de Transferencia Radiativa (RTM)

Aerosoles: Los aerosoles tienen un efecto importante en la irradiancia en superficie, ya que absorben y difunden radiación solar. Es necesario disponer de información tanto del tipo como de la profundidad óptica de aerosoles como datos de entrada en el modelo de transferencia radiativa. Para el cálculo de la irradiancia directa solo es importante la profundidad óptica de aerosoles (Aerosols Optical Depth; AOD), ya que este parámetro está directamente relacionado con la atenuación de la radiación directa. Sin embargo, para la determinación de la irradiancia global es importante disponer de información acerca del tipo de aerosoles debido a que este determina la relación entre la absorción y la difusión por partículas. También el parámetro de asimetría depende del tipo de aerosoles, y determina la relación entre la difusión hacia adelante y hacia atrás (forward y back-scattering), que es igualmente importante en la determinación de la irradiancia global en superficie. Los valores medios mensuales de aerosoles con una resolución de $1^\circ \times 1^\circ$ son obtenidos de la climatología de aerosoles de Kine et al. (2005), basados en el proyecto AEROCOM (Aerosol Comparisons between Observations and Models) <http://dataips1.ips1.jussieu.fr/AEROCOM/>. La utilización de valores climatológicos de aerosoles junto con los altos contrastes en las características del suelo en España, pueden inducir errores en la cuantificación de la irradiancia incidente que deben tenerse en consideración.

Vapor de Agua: El vapor de agua absorbe de forma importante en el rango de radiación de onda corta. La sensibilidad del vapor de agua en la irradiancia en superficie depende tanto del ángulo cenital como de la cantidad de vapor de agua en columna, siendo mucho más importante las variaciones del vapor de agua en la irradiancia en superficie cuando la atmósfera presenta bajos contenidos de humedad. Los valores mensuales de vapor de agua en columna con una resolución de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$

son obtenidos de los datos del reanálisis global del ECMWF (ERA-40 y ERA-Interim⁹) y posteriormente son interpolados a cada pixel. El hecho de que la resolución de los reanálisis del ERA-40 y ERA-Interim es muy inferior a 3km, unido a la orografía compleja característica de muchas zonas de España, la cual no está representada por los modelos numéricos, implica que existirán diferencias de los valores estimados de vapor de agua con respecto a los valores reales lo que supone una fuente de error a tener en cuenta en la estimación de la irradiancia en superficie.

Ozono: El ozono no absorbe de forma importante en el rango del canal de banda ancha en el visible del radiómetro MVIRI aunque es un importante absorbente en el UV. Los valores de ozono utilizados provienen de la climatología de Krämer et al., (2003). La sensibilidad de la irradiancia en superficie a variaciones de ozono de $\pm 100UD$ es solo de aproximadamente $1Wm^{-2}$, indicando que no es crítica la determinación precisa de la cantidad de ozono en los cálculos de irradiancia en superficie.

Otras limitaciones de los valores SIS y SID

En regiones en las cuales existe una alta reflectividad en cielo despejado debido, por ejemplo, a la existencia persistente de nieve en invierno en zonas de alta montaña, reduce el contraste entre situaciones de cielo nublado y cielo despejado conduciendo a una mayor incertidumbre en la estimación del CAL y por lo tanto en la determinación del SIS y SID. Esto puede ser una fuente de error igualmente en zonas con una alta reflectividad en superficie.

En algunos campos de SIS y SID aparecen líneas horizontales debido a diferentes estrategias de escaneo de los primeros satélites MFG.

2.3. Evaluación de la calidad de los datos de SIS y SID del CM-SAF frente a la red BSRN

El único método objetivo de evaluar de forma cuantitativa la precisión de los algoritmos que se

⁹Los datos de vapor de agua hasta 1989 son obtenidos del ERA-40 mientras que a partir de 1990 se utilizan datos del ERA-Interim

aplican a los datos brutos satelitales para el cálculo de los datos derivados de irradiancia incidente de onda corta en superficie, es mediante estudios de validación de dichos datos con medidas de irradiancia in-situ obtenidas en estaciones radiométricas en tierra.

El CM_SAF realiza validaciones para el seguimiento de la precisión y calidad de los datos producidos utilizando como referencia datos de la red BSRN (Baseline Surface Radiation Measurement), sin embargo existe una notoria escasez de estaciones radiométricas de referencia en superficie que lleven a cabo medidas de flujos radiativos de alta calidad que puedan ser utilizadas para realizar comparaciones y validaciones con los datos del CM-SAF. Por ejemplo, en el estudio de validación de CM-SAF de los datos de categoría dataset de SIS y SID en el período 1983-2005 no se ha utilizado ninguna estación localizada en España (CM-SAF, Validation Report, 2011). Con el fin de evaluar la calidad de los datos para España utilizados en la elaboración de este atlas se ha considerado necesario realizar una validación adicional utilizando como referencia estaciones de la Red Radiométrica Nacional de AEMET. En este apartado se muestran los resultados de la validación realizada por el CM-SAF frente a las estaciones BSRN, explicando en el apartado 2.4 los de la comparación realizada con las estaciones de AEMET.

En el Cuadro 2.2 se muestran las coordenadas geográficas de las 12 estaciones pertenecientes a la red de referencia BSRN que han sido utilizadas en la validación realizada por el CM-SAF utilizando datos mensuales en el período 1992-2005 (Posselt et. al., 2011). Las estaciones seleccionadas están en su mayoría en el hemisferio norte y cubren una amplia variedad de regiones climáticas, pero como se puede observar no hay ninguna localizada en la Península Ibérica.

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 mostrados en el Cuadro 2.3, en el que se muestran tanto el sesgo medio o BIAS, el valor medio de las desviaciones absolutas MAD, la desviación estándar SD y la resolución espacial de los datos. El CM-SAF, con el fin de cuantificar la calidad de los datos ha establecido unos objetivos de calidad mínimos que deben alcanzar dichos datos basados en el parámetro estadístico Mean Absolute Deviation

ESTACIÓN	PAIS	LAT.(°)	Lon.(°)
Bermuda	Bermuda	32.27	-64.67
Camborne	Reno Unido	50.22	-5.32
Carpentras	Francia	44.05	5.03
De Aar	Suráfrica	-30.67	23.99
Florianopolis	Brasil	-27.53	-48.52
Lerwick	Reino Unido	60.13	-1.18
Lindenberg	Alemania	52.21	14.12
Payerne	Suiza	46.81	6.94
Sede Boger	Israel	30.9	34.78
Solar Village	Arabia Saudita	24.91	46.41
Tamanrasset	Argelia	22.78	5.51
Toravere	Estonia	58.25	26.46

Cuadro 2.2.: Relación de las 12 estaciones pertenecientes a la red BSRN utilizadas en la validación de datos del CM-SAF.

(MAD) ¹⁰. En el caso de los promedios mensuales de SIS este criterio determina como objetivo que el MAD sea inferior a $10Wm^{-2}$, con un umbral para la aceptación de los datos de $15Wm^{-2}$. Como se observa en el Cuadro 2.3 el valor de MAD es de $7,76Wm^{-2}(0,19kWh.m^{-2}dia^{-1})$ siendo este valor claramente inferior al objetivo marcado por el CM-SAF. Existen otros conocidos datasets de valores mensuales de irradiancia en superficie de cobertura global como el obtenido por el proyecto ERAinterim (Berrisford et al., 2009) y por los proyectos GEWEX (Coughlan, 1996 y Gupta et. al., 2006) e ISCCP (Rossow et. al., 2004). El proyecto ERAInterim proporciona una serie de datos de irradiancia en superficie basada en un reanálisis utilizando el modelo del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (ECMWF, www.ecmwf.int) comprendiendo el período 1989 hasta el presente. La resolución de los datos es de $1^\circ \times 1^\circ$ siendo las salidas del modelo cada 6 horas promediadas mensualmente para su comparación con los datos de SIS entre los años 1989 y 2005. Los datasets de los proyectos ISCCP y GEWEX abarcan el período 1983-2005 y se basan en los mismos satélites geoestacionarios y polares, aunque difieren en los algoritmos de obtención de los valores radiativos en superficie y en la resolución espacial, siendo de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ en el caso de ISCCP y de $1^\circ \times 1^\circ$ para el dataset de GEWEX. En ambos casos, los datos

¹⁰El Mean Absolute Deviation (MAD) es la media de los valores absolutos de las diferencias entre las los datos SIS (y_k) y las observaciones en tierra (o_k) y BIAS es la media de estas diferencias:

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n |y_k - o_k| \text{ y } BIAS = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (y_k - o_k)$$

FUENTE DE DATOS	NO. DE MESES	BIAS(Wm^{-2})	MAD(Wm^{-2})	SD(Wm^{-2})	RESOLUCIÓN ESPACIAL
SIS (CM-SAF)	878	4.24	7.76	8.23	$0,03^{\circ} \times 0,03^{\circ}$
ERAinterim	878	5.48	10.41	12.15	$1^{\circ} \times 1^{\circ}$
GEWEX	878	-2.42	12.03	11.03	$1^{\circ} \times 1^{\circ}$
ISCCP	878	-0.02	11.56	11.25	$2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$

Cuadro 2.3.: Parámetros estadísticos de la comparación de distintas fuentes de datos radiométricos con las 12 estaciones BSRN.

diarios son promediados mensualmente para poder contrastarlos con los valores SIS. El resultado de las comparaciones mostrado en el Cuadro 2.3 indica que la calidad de los valores de irradiancia del CM-SAF es sensiblemente mayor que la alcanzada por el resto de los proyectos. Además es muy destacable la mayor resolución espacial ($0,03^{\circ} \times 0,03^{\circ}$) de los valores del CM-SAF.

En el caso de la irradiancia directa SID el objetivo de calidad fijado por el CM-SAF es que el MAD sea inferior a $15Wm^{-2}$ con un umbral para la aceptación de los datos en este caso de $20Wm^{-2}$. En el Cuadro 2.4 se muestran los parámetros estadísticos para las comparaciones del SID del CM-SAF frente a las estaciones de la red BSRN, observándose que el valor del MAD es de $11,00Wm^{-2}$ ($0,26kWh \cdot m^{-2}dia^{-1}$) cumpliendo el objetivo de calidad establecido.

En resumen y a la vista de estos resultados, es posible 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. Sin embargo, para caracterizar adecuadamente la calidad de los datos en la región española, es necesario reproducir un procedimiento similar de validación utilizando datos de estaciones radiométricas emplazadas en nuestra región de estudio. En el siguiente apartado se describe la red de estaciones radiométricas de AEMET así como la metodología y los resultados de las validaciones realizadas utilizando los datos de estas estaciones.

2.4. La Red Radiométrica Nacional de AEMET

2.4.1. Descripción de la Red Radiométrica Nacional

La medida sistemática de la irradiancia en superficie en España comenzó en los años 60, aunque no fue hasta principios de los 70 cuando siguiendo las directrices de la Organización Meteorológica

Mundial se creó el Centro Radiométrico Nacional. Hasta la década de los 90 no se puede hablar de una Red Radiométrica Nacional (RRN) propiamente dicha, si bien con muy pocas estaciones obteniendo únicamente datos de radiación global. Fue en los años 2005 y 2006 cuando se llevó a cabo el que podría considerarse el mayor proceso de actualización y modernización de la Red mediante la instalación de seguidores solares automáticos y nuevos sensores y adquisidores de datos, ampliándola a 25 estaciones radiométricas completas de medida de radiación en banda ancha. Desde entonces la evolución de los sensores y equipos ha sido constante tanto en su resolución espacial como temporal y espectral.

Actualmente la Red Radiométrica Nacional (RRN) está constituida por 59 puntos de medida (Figura 2.3). En las llamadas estaciones radiométricas principales de la RRN se llevan a cabo las medidas de las siguientes variables: irradiancia solar global, difusa y directa, ultravioleta B (UVB) e irradiancia infrarroja atmosférica y terrestre (Figura 2.4). Las estaciones radiométricas están equipadas para las medidas de irradiancia global y difusa con piranómetros Kipp-Zonen modelos CM-11 y CM-21, con un rango espectral de 305-2800 nm y con una incertidumbre de $\pm 2\%$. En el Cuadro 2.5 se muestra información relativa las especificaciones técnicas de los piranómetros CM-11 y CM-21.

La calibración de los piranómetros y pirheliómetros de la RRN se lleva a cabo por comparación al sol frente a patrones secundarios calibrados en el PMOD/WRC (Physikalisch - Meteorologisches Observatorium Davos, World Radiation Center) que trasladan la referencia radiométrica WRR (World Radiometric Reference) del grupo de mundial de normalización WSG (World Standard Group). La calibración de pirgeómetros se lleva a cabo por comparación al sol frente a patrones secundarios calibrados en el PMOD/WRC que trasladan la referencia del grupo de normalización de radiación infrarroja WISG (World Infrared Stan-

FUENTE DE DATOS	NO. DE MESES	BIAS(Wm^{-2})	MAD(Wm^{-2})	SD(Wm^{-2})	RESOLUCIÓN ESPACIAL
SID (CM-SAF)	805	0.89	11.00	15.67	$0,03^{\circ} \times 0,03^{\circ}$

Cuadro 2.4.: Parámetros estadísticos de la comparación de SID del CM-SAF con las 12 estaciones BSRN.

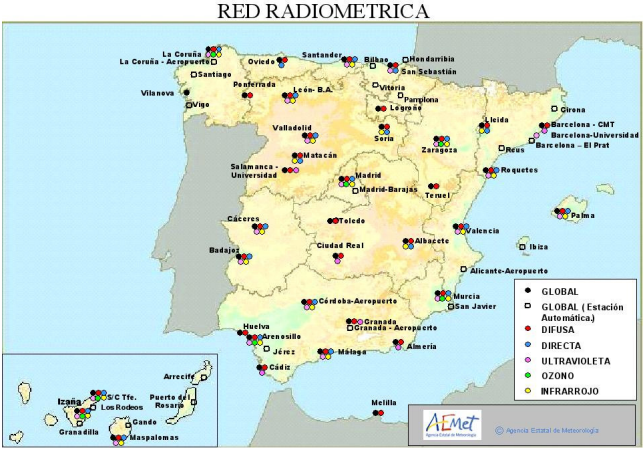


Figura 2.3.: Red Radiométrica Nacional (RRN) de AEMET

dard Group). El proceso de calibración conduce a la modificación, en su caso, de la constante del equipo o factor de calibración, es decir el factor de conversión de la señal en milivoltios a valores de irradiancia en W/m^2 .

Desde noviembre de 2006 la Red Radiometrica Nacional de AEMET opera bajo un Sistema de Gestión de Calidad (en adelante SGS) certificado con norma ISO 9001:2008. Este SGC obliga a operar bajo unos procedimientos generales y específicos de trabajo que inciden directamente sobre la calidad de los datos. Entre los más importantes:

- realización y control del mantenimiento preventivo y correctivo de las estaciones
- realización y control de planes de calibración bianuales de todos los sensores de la red
- control sobre la trazabilidad de las calibraciones
- realización y seguimiento de indicadores de datos

2.4.2. Criterios de depuración de los datos radiométricos

Además del proceso de calibración descrito anteriormente, los archivos de datos minutales son diariamente revisados y corregidos de posibles errores

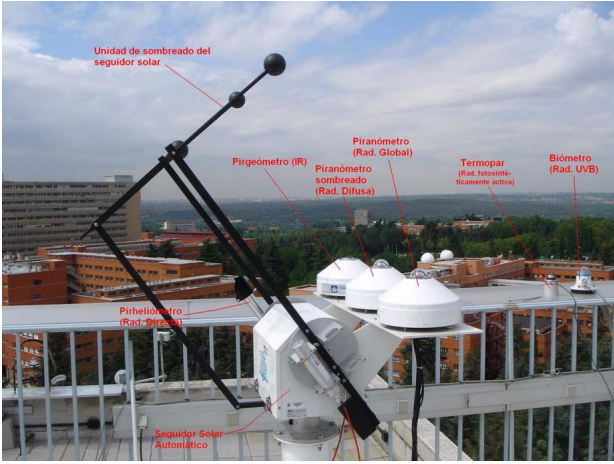


Figura 2.4.: Disposición de los sensores en una Estación Radiométrica completa de AEMET



Figura 2.5.: Los piranómetros y pirheliómetros son calibrados periódicamente frente a sensores patrón.

	CM-11	CM-21
Rango espectral	305-2800nm	305-2800nm
Tiempo de resp. (95 %)	12s	5s
Inestabilidad (cambio/año)	$\pm 0,50\%$	$\pm 0,50\%$
Desv. de lin. ($0 - 1000W/m^2$)	$\pm 0,60\%$	$\pm 0,20\%$
Depend. de sensib. con T	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$
Precisión est. val. diarios	$\pm 3\%$	$\pm 2\%$

Cuadro 2.5.: Especificaciones técnicas de los piranómetros Kipp-Zonen modelos CM11 y CM21 instalados en las estaciones radiométricas de AEMET.

instrumentales procedentes del sistema de adquisición, según los siguientes criterios:

- Eliminación de valores nocturnos conforme a las horas de orto y ocaso diarias.
- Eliminación de posibles offset de equipos.
- Eliminación de datos erróneos debidos a ruidos en las señales de los sensores.
- Eliminación de valores puntuales de datos de radiación difusa superior a los de radiación global.
- Eliminación de valores erróneos debidos a mal funcionamiento de los equipos (seguidor mal orientado, banda de sombra mal ubicada, cortes de energía, ventanas y domos sucios, nivelaciones erróneas, equipos descalibrados, ...)
- Validación de datos por comparación con datos de estaciones cercanas y otras variables meteorológicas (insolación, nubosidad, precipitación, ...).

Asimismo los archivos de datos horarios son validados antes de su ingestión en el Banco Nacional de Datos Climatológicos (BNDC) de AEMET, mediante la aplicación sucesiva de los siguientes controles de calidad:

- El total diario de radiación global GL_d , difusa DF_d y directa DT_d ha de ser igual a la suma de los valores horarios

$$GL_d = \sum_{i=1}^N GL_i ; DF_d = \sum_{i=1}^N DF_i ; DT_d = \sum_{i=1}^N DT_i$$

donde N= número de horas teóricas de insolación.

- La radiación global diaria GL_d no ha de superar el valor teórico estimado para el tope de la atmósfera en ese punto GL_{Od}

$$GL_d \leq GL_{Od}$$

- La radiación difusa horaria DF_i no ha de superar el valor de la radiación global horaria GL_i en cada hora.
- Los datos horarios de radiación global, directa y difusa han de ser consistentes:

$$GL_i = DF_i + \sin(\alpha)DT_i$$

donde α es la elevación solar.

- La radiación horaria global GL_i , difusa DF_i y directa DT_i no han de superar el valor máximo registrado en un día claro con alta transparencia atmosférica (efemérides de GL_{Ci} , DF_{Ci} y DT_{Ci})

$$GL_i \leq GL_{Ci} ; DF_i \leq DF_{Ci} ; DT_i \leq DT_{Ci}$$

Los datos calibrados y depurados son finalmente enviados a las bases de datos de AEMET y de la OMM (Centro Mundial de Datos de Radiación en San Petersburgo).

Previo a la utilización de los datos de radiación global en este atlas, se ha llevado a cabo una depuración de la serie histórica adoptando los criterios de calidad propuestos en el Atlas Europeo de Radiación Solar (European Solar Radiation Atlas, ESRA) desarrollado por la École de Minas de Paris en el año 2000 (Scharmer et. al., 2000).

Este atlas propone la validación de los datos de radiación realizando una serie de controles de coherencia temporal, coherencia espacial y autoconsistencia de los datos. En concreto, los criterios utilizados han sido los siguientes:

- El total de radiación global diario GL_d ha de ser igual a la suma de los valores horarios.

$$GL_d = \sum_{i=1}^N GL_i$$

donde N es el número de horas teóricas de insolación.

- La radiación global diaria GL_d no ha de superar el valor teórico estimado para el tope de la atmósfera en ese punto GL_{Od} .

$$GL_d \leq GL_{Od}$$

- La radiación global diaria GL_d no ha de superar el valor de la radiación máxima registrado en un día claro con alta transparencia atmosférica GL_{Cd} .

$$GL_d \leq GL_{Cd}$$

- La radiación global diaria G_d ha de superar un umbral mínimo. Este umbral se ha establecido en función de los valores de KT_d (índice de claridad atmosférica), definido como la razón:

$$KT_d = \frac{GL_d}{GL_{Od}}$$

El valor de KT_d mínimo se ha establecido a partir de los valores calculados en versiones anteriores del Atlas. Para Europa suroccidental el valor mínimo es $KT_{dmin} = 0,03$, valor que ha de registrarse en condiciones de cielo cubierto con nubosidad muy abundante y espesa.

- Comparación con los valores registrados en estaciones próximas:

El establecimiento de este criterio sólo es válido en el caso de redes de observación suficientemente densas. El método consiste en estimar la radiación global diaria para una estación determinada y para cada día, a partir de la que se ha registrado en otras estaciones que están a una distancia menor o igual a la distancia de referencia. El Atlas Europeo de Radiación Solar propone que esta distancia sea de 200 km. La radiación global estimada, G'_d , se calcula utilizando un método gravitatorio según la expresión:

$$G'_d = \frac{\sum_{i=1}^N (G_{di} W_i)}{\sum_{i=1}^N W_i}$$

donde

N es el número de estaciones en un círculo de radio 200 km alrededor de la estación en cuestión.

G_{di} es el valor de radiación medido en la estación vecina i .

$W_i = \left(\frac{1 - \frac{d_i}{R}}{\frac{d_i}{R}} \right)^2$ es el peso con el que contribuye a la estimación de la radiación global la estación vecina i y R es el radio de la Tierra (6.371 Km). Para el cálculo de la distancia efectiva entre la estación en cuestión y la estación i se ha adoptado la propuesta por Zelelnka & Lazic (1987):

$$d_i = \sqrt{(d_{hori})^2 + (\Delta h_i f)^2}$$

siendo:

d_{hori} la distancia horizontal entre la estación en cuestión y la estación vecina i .

Δh_i la diferencia de altitud entre la estación en cuestión y la estación vecina i .

f un factor de corrección igual a 0.1.

La distancia horizontal d_{hori} se calcula mediante la expresión $d_{hori} = R v_i$ donde v_i es el ángulo en radianes, tal que:

$$\cos v_i = (\sin \Phi_1 \sin \Phi_i) + (\cos \Phi_1 \cos \Phi_i \cos(\lambda_1 - \lambda_i))$$

siendo Φ_1 la latitud de la estación en cuestión, Φ_i la latitud de la estación vecina i . λ_1 la longitud

de la estación en cuestión y λ_i la longitud de la estación vecina i .

Este valor diario de G'_d se calcula para cada estación y para cada día, evaluándose mensualmente la diferencia $G_d - G'_d$ con la expresión:

$$\Delta G = \sum_{k=1}^{k=n^\circ \text{ días del mes}} (G_d - G'_d)_k$$

La evaluación del MBE (mean bias error) y del RMSE (root mean square error) de esta diferencia permite establecer el criterio de que un dato se considera dudoso si MBE es, en valor absoluto, superior a 10 % y si RMSE es superior al 30 %.

- Comparación con otras variables meteorológicas

La medida de la radiación solar está muy relacionada con la de otras variables meteorológicas. En el Atlas Europeo de Radiación Solar se establecen criterios de validación de los datos basados en esta relación. En el caso de la radiación solar diaria se acepta la relación de Angstrom entre la radiación solar global y la duración de la insolación con el objetivo de detectar errores en la medida de una de estas dos variables. El establecimiento de este criterio no se ha realizado en este trabajo.

2.4.3. Validación de valores de SIS y SID del CM-SAF frente a los datos de la Red Radiométrica Nacional (RRN)

2.4.3.1. Validación de la irradiancia global SIS frente a los datos de la RRN

Para la realización del estudio de validación de los datos mensuales de SIS frente a estaciones radiométricas de AEMET, se han seleccionado 29 estaciones de dicha red con datos ininterrumpidos durante el período 2003-2005, es decir, cubriendo los últimos 3 años de dataset de SIS del CM-SAF. También se ha tenido en cuenta como criterio de selección la adecuada cobertura de todo el territorio de estudio, siendo las estaciones seleccionadas representativas de las diferentes regiones climáticas con distintos regímenes de nubosidad de España. En el Cuadro 2.6 se muestran las coordenadas geográficas de las estaciones seleccionadas.

ESTACIÓN RADIOM.	INDIC.	LAT.(°)	LOÑ.(°)
Alicante	8019	38.28	-0.55
Almería	6325O	36.85	-2.36
Badajoz	4478G	38.88	-7.02
Barcelona	0201D	41.39	2.20
Bilbao	1082	43.3	-2.93
Ciudad Real	4121	38.98	-3.91
A Coruña	1387	43.36	-8.41
Fuerteventura	C249I	28.44	-13.86
Gando	C649I	27.92	-15.38
Girona	0367	41.90	2.75
Granada	5530E	37.18	-3.78
Ibiza	B954	38.88	1.37
Jerez de la Frontera	5960	36.75	-6.06
Lanzarote	C029O	28.95	-13.6
Logroño	9170	42.45	-2.33
Madrid-CRN	3194U	40.45	-3.72
Málaga	6156	36.71	-4.48
Murcia	7178I	38.00	-1.17
Oviedo	1249I	43.35	-5.86
Salamanca	2867	40.95	-5.50
San Javier	7031	37.78	-0.80
Santander	1111	43.48	-3.8
San Sebastián	1024E	43.30	-2.03
Santiago	1428	42.88	-8.41
Soria	2030	41.77	-2.5
Tenerife Sur	C429I	28.04	-16.56
Toledo	3260B	39.88	-4.05
Valladolid	2422	41.65	-4.77
Vilanova	1479I	42.58	-8.80

Cuadro 2.6.: Relación de las 29 estaciones pertenecientes a la Red Radiométrica Nacional utilizadas en la validación de datos del CM-SAF.

Realizando un estudio análogo al realizado por el CM-SAF en el que se utilizaron estaciones pertenecientes a la red BSRN y haciendo uso en este caso de datos de 25 estaciones radiométricas en la península y baleares y 4 estaciones canarias de la RRN, se han calculado los parámetros estadísticos, BIAS, MAD, SD y el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson (Ver Cuadro 2.7). En este cuadro también se muestran los resultados obtenidos seleccionando las estaciones radiométricas de Santander, Madrid y Murcia, con datos que abarcan un período de tiempo significativamente mayor que el utilizado en el caso de las 25 estaciones y comparable con el período total de datos utilizados en el Atlas (9 años en el caso de Santander y 14 años para Madrid y Murcia). También se ha obtenido la recta de correlación lineal de los datos de SIS frente a las medidas en tierra, así como las diferencias absolutas entre los valores, tanto para las 25 estaciones conjuntamente como para las estaciones de Madrid, Santander y Murcia y las 4 estaciones canarias (Ver Figuras 2.6 a 2.8). Los resultados obtenidos, para el conjunto de las 25 estaciones de la península y baleares, indi-

can un valor medio de las desviaciones absolutas de $12,23Wm^{-2}$ que representa una desviación media de los valores de 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 ($10Wm^{-2}$) pero es inferior al umbral establecido de aceptación de los datos ($15Wm^{-2}$). El sesgo o bias medio en las medidas SIS frente a los valores en tierra indica un error sistemático de $11,14Wm^{-2}$ o $0,26KWhm^{-2}dia^{-1}$. En cuanto a los resultados para las series de datos más largas de las estaciones de Santander, Madrid y Murcia, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- El coeficiente de correlación de Pearson de los datos mensuales de SIS frente a los datos de irradiancia en tierra para estas 3 estaciones es incluso mejor al calculado con los datos de las 25 estaciones a pesar de incrementarse significativamente el período de tiempo de estudio.
- El BIAS, MAD y SD aumenta hacia latitudes más bajas siendo mayor en Murcia seguido de Madrid y Santander, donde se registran los valores más bajos.
- Las diferencias absolutas entre el SIS y la irradiancia crece con el valor de la irradiancia incidente.
- La tendencia en las diferencias absolutas de SIS e irradiancia registradas en las estaciones en tierra también es mayor hacia el sur.
- La dispersión de los datos es mayor al aumentar la irradiancia global incidente.

Con el fin de caracterizar geográficamente y según la época del año el error en la estimación de la irradiancia global, se han elaborado mapas que muestran los valores plotados del MAD y BIAS obtenidos al comparar los valores de SIS con la irradiancia global de 29 estaciones radiométricas en la península y baleares. En la Figura 2.9 se muestran los valores para todo el periodo (2003-2005) de MAD y BIAS y en las Figuras 2.10 y 2.11 se muestran los valores de MAD para las cuatro estaciones del año.

Se aprecia, confirmando lo observado anteriormente, que considerando todo el periodo, los valores de MAD y BIAS son muy similares y que los valores máximos se dan en el sureste peninsular, observándose un claro gradiente de MAD y BIAS

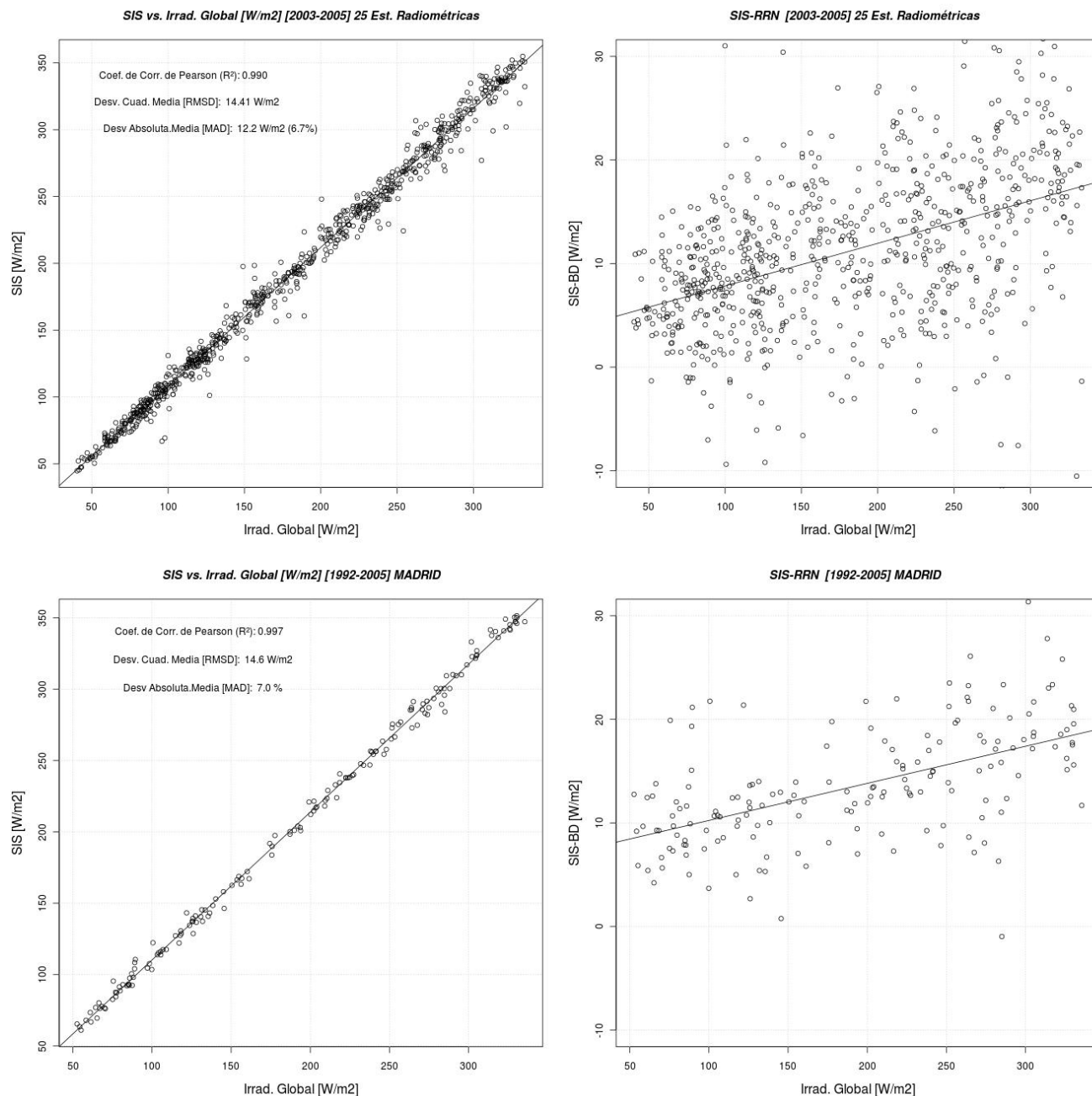


Figura 2.6.: Rectas de regresión de los datos mensuales SIS frente a los datos de irradiancia solar global y de las diferencias absolutas para las 25 estaciones radiométricas peninsulares del Cuadro 2.6 y para la estación de Madrid.

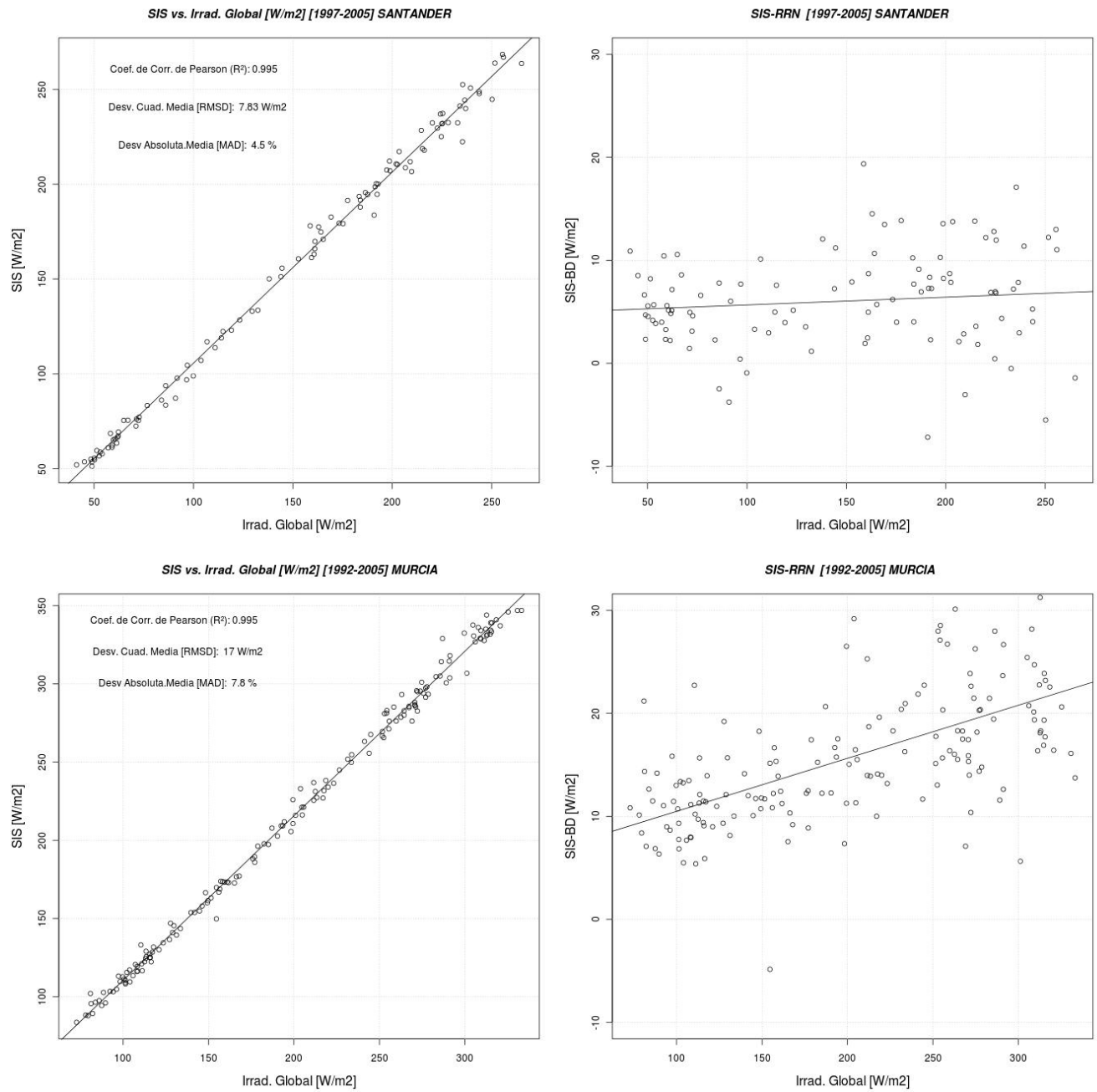


Figura 2.7.: Rectas de regresión de los datos mensuales SIS frente a los datos de irradiancia solar global y de las diferencias absolutas para las estaciones de Santander y Murcia.

FUENTE DE DATOS [AÑOS]	Meses	BIAS(Wm^{-2})	Bias(%)	MAD(Wm^{-2})	MAD(%)	SD(Wm^{-2})	C.Pearson (R^2)
25 ESTAC. RAD. [03-05]	770	11.14	6.2	12.23	6.7	14.41	0.990
Santander [97-05]	105	6.03	4.1	6.75	4.5	7.83	0.995
Madrid [92-05]	167	13.52	7.0	13.53	7.0	14.62	0.997
Murcia [92-05]	168	15.65	7.8	15.71	7.8	17.00	0.995
4 ESTAC. RAD. CANARIAS [03-05]	77	16.24	7.84	16.47	7.9	19.36	0.976

Cuadro 2.7.: Parámetros estadísticos de la comparación de distintas fuentes de datos radiométricos con las estaciones de la RRN de AEMET.

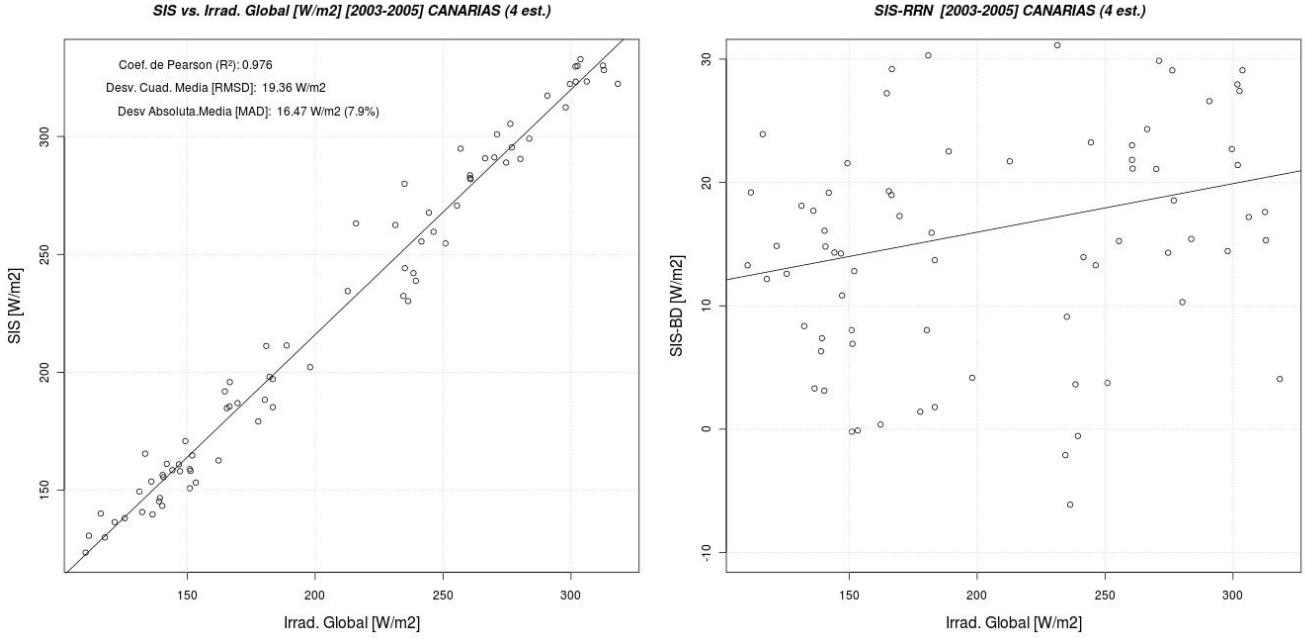


Figura 2.8.: Rectas de regresión de los datos mensuales SIS frente a los datos de irradiancia solar global y de las diferencias absolutas para las estaciones radiométricas en Tenerife-Sur (Aep), Lanzarote, Fuerteventura y Gando (Gran Canaria).

en la dirección noroeste-sureste. También es destacable los valores bajos de los errores en el Valle del Ebro y los relativamente altos en Castilla León. A lo largo del año y por orden creciente de los valores de MAD, es en primavera y verano cuando las diferencias entre los valores satelitales y los obtenidos en tierra son menores, seguidos del invierno, siendo finalmente en otoño cuando se dan los valores máximos de MAD sobre todo en el sureste de la península, intensificándose el gradiente noreste-sureste de MAD mencionado anteriormente. Los valores máximos en el sureste peninsular en otoño pueden explicarse por la suma de varios factores, entre los que se encuentran los errores asociados a la estimación de la cobertura nubosa (algoritmo de obtención del albedo efectivo de las nubes; CAL) y las incertidumbres propias de los métodos de estimación del vapor de agua atmosférico y cantidad de aerosoles en suspensión.

Los errores en la estimación del vapor de agua en columna debido a la baja resolución de los reanálisis del ERA-40 y ERA-Interim y a la complicada orografía característica de muchas zonas de España, no representada con suficiente resolución por los modelos numéricos, puede dar lugar a incertidumbres importantes en la estimación de los valores de SIS, sobre todo en regiones y épocas del año donde la variabilidad de vapor de agua y su gradiente es mayor (sureste peninsular en verano y otoño). Se estima que la sensibilidad del vapor de agua en el cálculo de SIS es mayor en situaciones atmosféricas con bajo contenido de vapor de agua con diferencias del orden de $20Wm^{-2}$ para variaciones de solo $5mm$ en el contenido de vapor de agua en columna (Müller et. al., 2011). Por otra parte, la estimación de los valores medios mensuales de aerosoles a partir de la climatología de aerosoles de Kine et al. (2005) con una resolución

de $1^\circ \times 1^\circ$, parece tener también una incidencia a tener en cuenta en el error en la estimación del SIS, sobre todo en regiones como el sureste peninsular que en verano se ven más afectadas por masas de aire procedentes del continente africano con alta carga de aerosoles. Por ejemplo, una incertidumbre típica de 0.1 en el espesor óptico de aerosoles (para un valor de 0.2) puede dar lugar a incertidumbres de 10 W m^{-2} para un ángulo cenital de 60° o de 20 W m^{-2} para un ángulo cenital de 0° (Müller et. al., 2011). Los altos valores de MAD en verano y otoño en el sureste de la península (Figuras 2.10 y 2.11) son coherentes con una posible infravaloración de la cantidad de vapor de agua y/o la cantidad de aerosoles con la consiguiente sobreestimación observada en el valor del SIS, aunque como se indicó anteriormente, las incertidumbres asociadas a la estimación de la nubosidad probablemente juegue un papel igualmente importante en la explicación de estas diferencias.

En cuanto al invierno, las mayores diferencias se dan en el noroeste peninsular, muy probablemente debido a la mayor nubosidad y a las nieblas persistentes propias de esta época del año en dicha región y a la incertidumbre asociada a su estimación.

Entre las recomendaciones de mejoras futuras del algoritmo de obtención de SIS que se plantean en el Informe de Validaciones del CM-SAF (Poselt et. al., 2011) se incluyen tanto el aumento de la resolución espacial y temporal de los campos de vapor de agua como la sustitución de la climatología de aerosoles por campos de datos observacionales que ofrezcan campos más adecuados de estos importantes absorbentes.

En cualquier caso, los resultados se pueden considerar satisfactorios con una estimación de las diferencias de las medidas de SIS frente a los valores en tierra de aproximadamente un 6.7% y reafirman la conveniencia del uso de los datos SIS para la realización de estudios de campos medios de radiación sobre España. Posteriores estudios de validaciones con datos del 2006, muestran una mayor coincidencia de los datos in-situ con las medidas satelitales (Sancho et. al 2011).

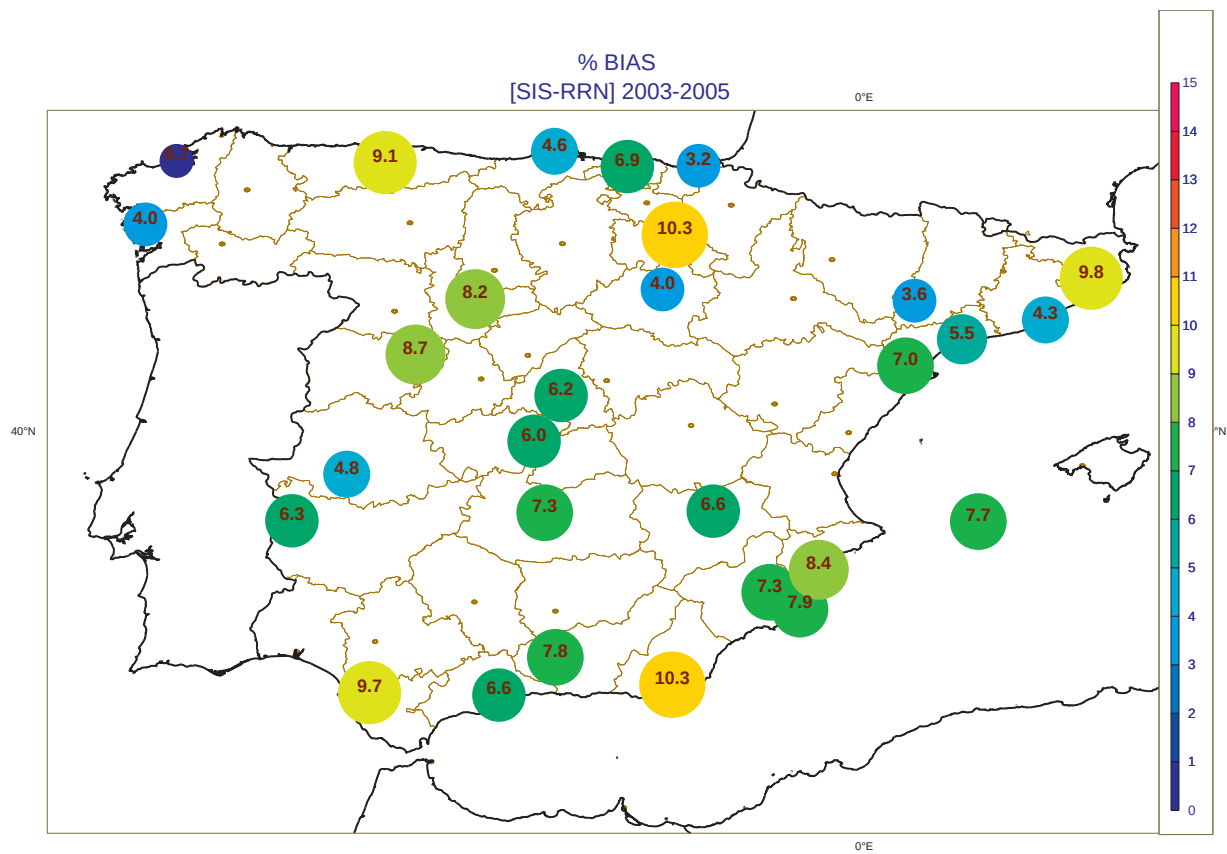
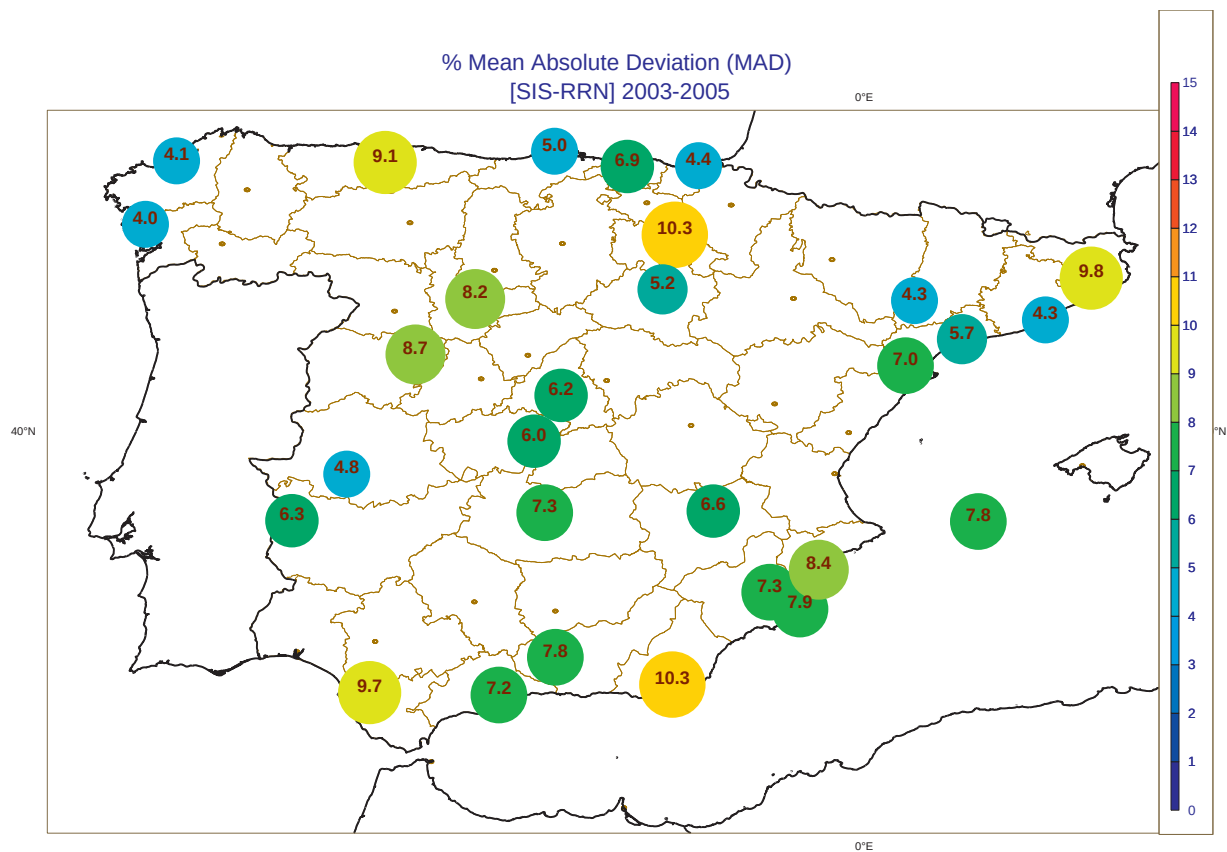


Figura 2.9.: Mean Absolute Deviation (MAD) y BIAS para 29 Estaciones Radiométricas durante el período 2003-2005

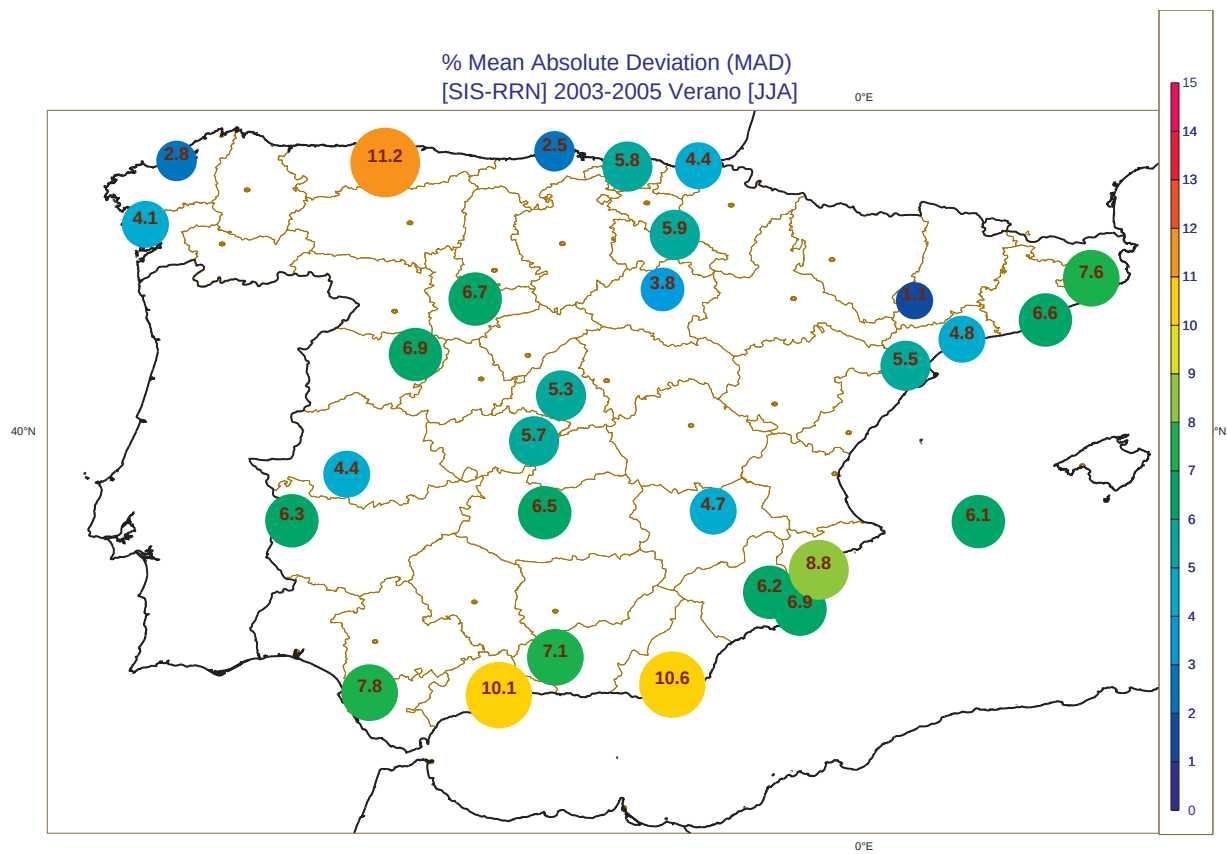
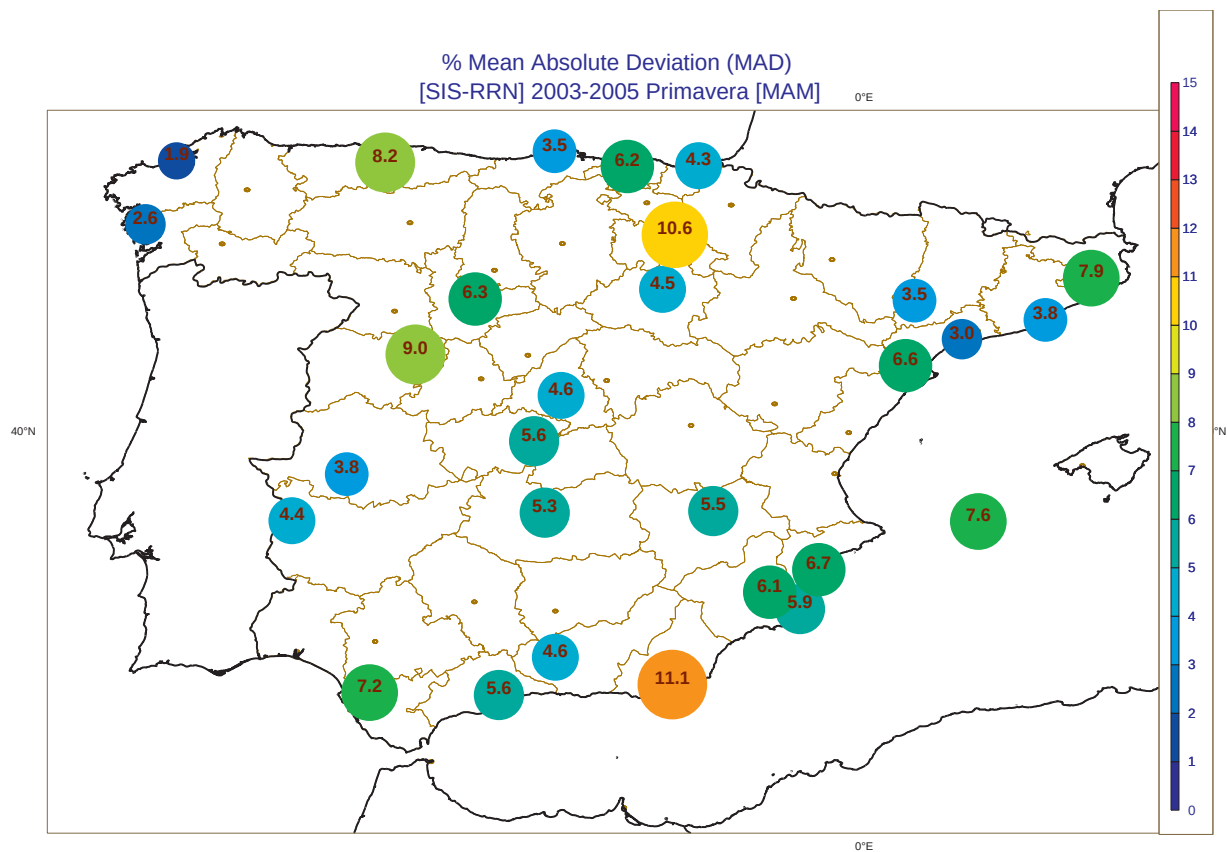


Figura 2.10.: Mean Absolute Deviation (MAD) para Primavera (MAM) y Verano (JJA) (29 Estaciones Radiométricas)

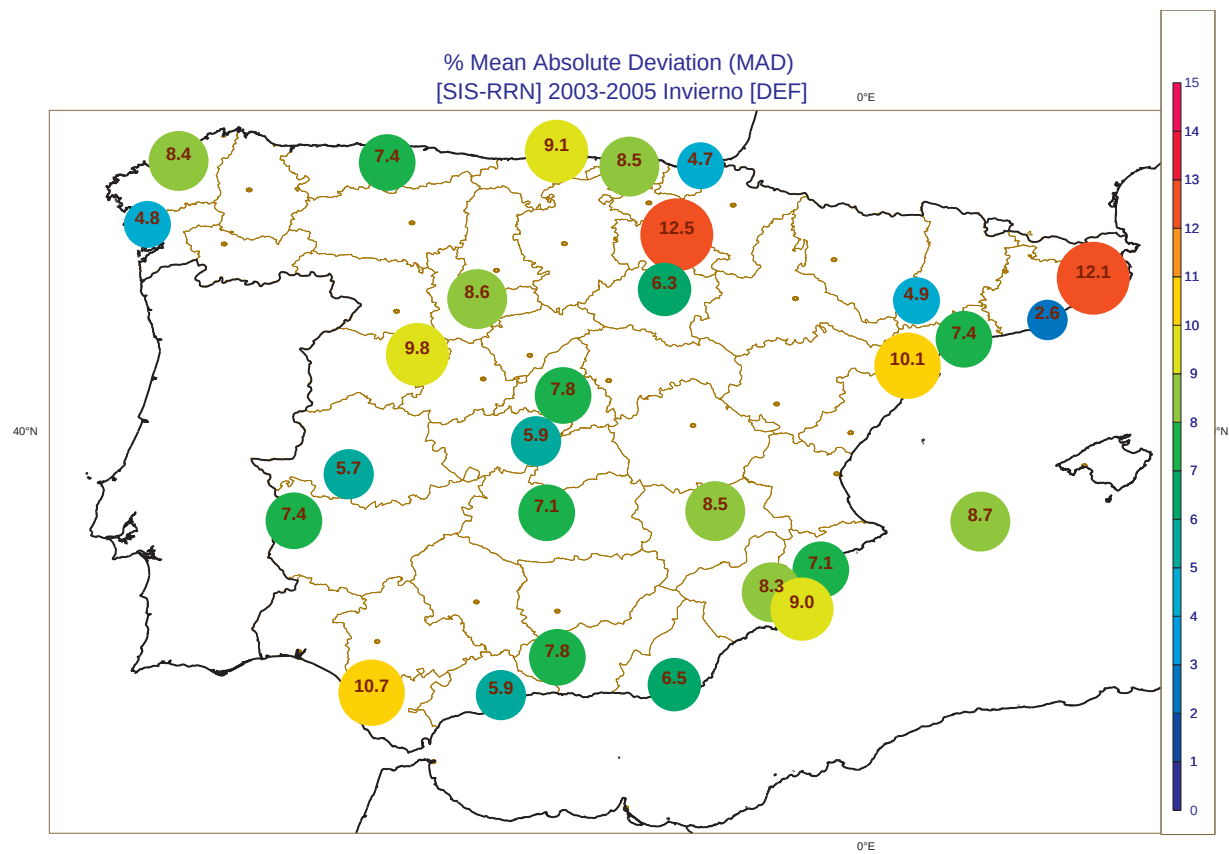
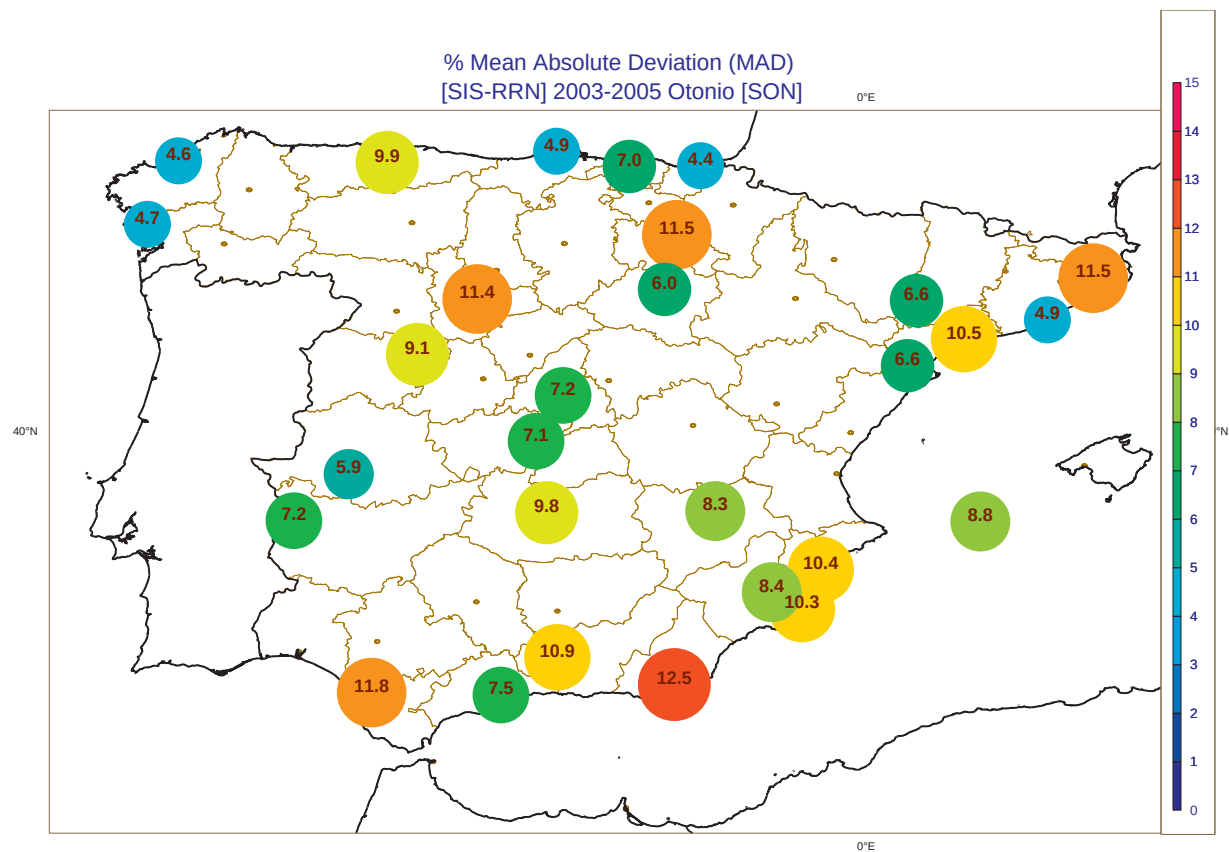


Figura 2.11.: Mean Absolute Deviation (MAD) para Otoño (SON) e Invierno (DEF) (29 Estaciones Radiométricas)

2.4.3.2. Validación de la irradiancia directa SID frente a los datos de la RRN

Se ha realizado también la comparación de las medidas de irradiancia directa del SID del CM-SAF con los valores de las estaciones de Madrid y Murcia en el período 1992-2005. Para ello, primero se han evaluado los valores de irradiancia directa en plano horizontal a partir de los valores de los pirheliómetros CH1 de Kipp&Zonen instalados en ambas estaciones. Los resultados se muestran en el Cuadro 2.8 y en la Figura 2.12. En el caso de la estación de Madrid el valor de MAD es de $13,28Wm^{-2}$ siendo menor que el objetivo de calidad fijado por el CM-SAF ($15Wm^{-2}$). Para la estación de Murcia el MAD es $21,97Wm^{-2}$, superando ligeramente el valor umbral de aceptación de los datos establecido por el CM-SAF ($20Wm^{-2}$). Los valores de MAD y BIAS son de nuevo muy similares, lo cual parece confirmar que los altos valores de MAD son coherentes con una posible sobreestimación observada en el valor del SID debido a la infravaloración de la cantidad de vapor de agua y/o la cantidad de aerosoles como se observó en el caso de la irradiancia global. Sin embargo, como ya se indicó anteriormente, el error debido a la estimación de la cobertura nubosa también puede ser un factor importante en la explicación de estas diferencias.

FUENTE DE DATOS	AÑOS	Meses	BIAS(Wm^{-2})	Bias(%)	MAD(Wm^{-2})	MAD(%)	SD(Wm^{-2})	C.Pearson (R^2)
Madrid	[92-05]	159	12.90	10.07	13.28	10.4	15.90	0.984
Murcia	[92-05]	165	21.94	17.17	21.97	17.2	25.1	0.964

Cuadro 2.8.: Parámetros estadísticos de la comparación de la irradiancia directa (SID) con 2 estaciones de la RRN de AEMET.

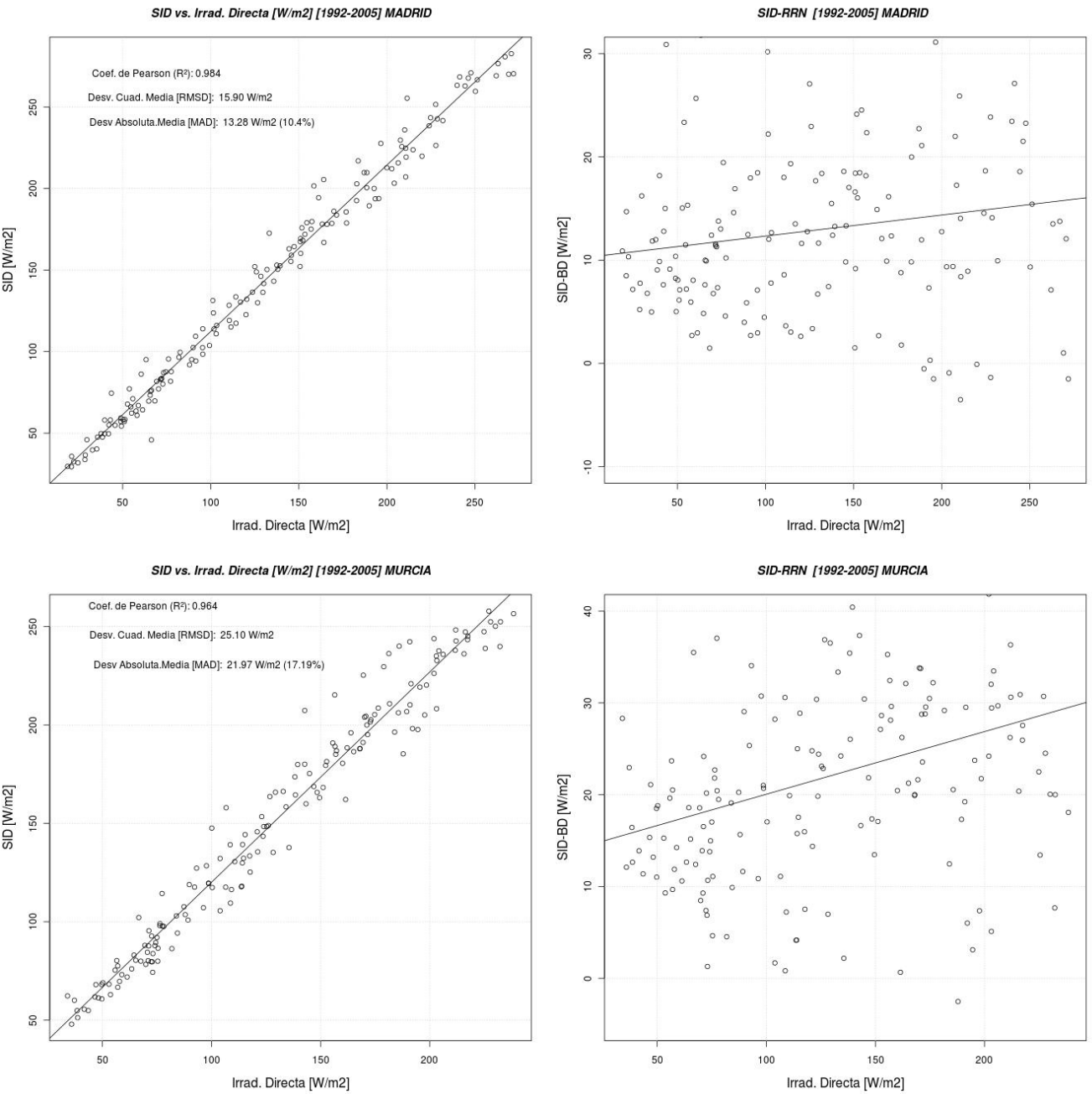


Figura 2.12.: Rectas de regresión de los datos mensuales SID frente a los datos de irradiancia solar directa y de las diferencias absolutas para las estaciones de Madrid y Murcia.

2.5. Tratamiento de los datos: obtención de resultados

Como se mencionó anteriormente, los datos utilizados para la elaboración de este atlas han sido proporcionados por el proyecto SAF de Clima de EUMETSAT comprendiendo el período 1983-2005. En concreto se han seleccionado los promedios mensuales de los valores diarios de las variables correspondientes a la irradiancia global y directa en onda corta sobre una superficie horizontal (SIS, y SID). Los campos medios totales así como los medios mensuales de irradiancia global y directa para todo el período disponible se han evaluado utilizando principalmente el software CDO (Climate Data Operators) desarrollado en el Instituto Max Planck (Schulzweida et al., 2011) y son mostrados usando el software de visualización gráfica MAGICS, desarrollado y proporcionado por el ECMWF (ECMWF, 2011). Posteriormente se ha obtenido la irradiancia difusa (flujo radiativo de onda corta que no proviene directamente del disco solar) por simple sustracción de la irradiancia directa de la irradiancia global, es decir $DIF = SIS - SID$. Las gráficas de evolución anual media de la irradiancia global, directa y difusa para las capitales de provincia se han realizado utilizando el paquete gráfico y estadístico R (<http://www.r-project.org/>).

En cuanto al tratamiento de los datos erróneos en los píxeles de los campos mensuales en el cálculo de los promedios se han calculado los valores medios con los datos válidos para cada pixel. Es decir, si en un pixel de un campo para un mes dado existe un valor erróneo, este valor no se ha considerado en la media y se ha obtenido el promedio prescindiendo de él en la muestra total.

3. Mapas de Irradiancia Global y Directa en España

3.1. Mapas de campos medios de Irradiancia Global y Directa en España [1983-2005]

En las siguientes figuras se muestran los campos medios de irradiancia global (SIS) y directa (SID) para la región peninsular, Islas Baleares y las Islas Canarias tanto en sus valores medios totales considerando todo el período 1983-2005 en las primeras 2 gráficas, como los campos medios estacionales y para cada uno de los meses del año en las siguientes. En estos mapas, el flujo radiativo está expresado en $kWh \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$, por lo que para determinar la energía incidente durante un periodo basta multiplicar los valores indicados por el número de días en ese periodo.

Con respecto a los campos medios totales, son destacables las siguientes características generales en cuanto a la irradiancia incidente en España:

- Existe un **marcado gradiente latitudinal** de irradiancia global y directa en la península Ibérica con valores máximos en Andalucía y Murcia, mínimos en la costa norte de Galicia, norte de la cordillera Cantábrica, País Vasco y la Rioja y valores intermedios en el centro peninsular.
- Dicho gradiente radiativo hacia el Sur **se acentúa de forma importante en las cadenas montañosas** con orientación predominante Este-Oeste. Es el caso llamativo de la Cordillera Cantábrica y Pirineos, registrándose los contrastes radiativos más acusados de la península entre las regiones de la cordillera Cantábrica y Pirineos y norte de estas con las situadas al sur de dichas alineaciones montañosas.
- La **meseta Norte recibe menor cantidad de radiación que la meseta Sur** con un importante gradiente en el Sistema Central. Es destacable, sin embargo un máximo secunda-

rio de irradiancia al norte de Ávila y nordeste de Salamanca.

- El **Valle del Ebro** registra también valores de irradiancia relativamente altos.
- Asimismo es relevante el **importante aumento en la irradiancia observado hacia el sur de Sierra Morena y Sistema Bético**, con los valores máximos peninsulares registrados en las zonas costeras del golfo de Cádiz, valle del Guadalquivir y las provincias orientales andaluzas. La cantidad de radiación disminuye únicamente en los sistemas orográficos en Cádiz, oeste de la provincia de Málaga, Sierra Nevada y Sierra de Cazorla.
- La **cantidad de radiación está modulada por los sistemas montañosos** debido a la existencia de nubes orográficas de cierta persistencia, siendo la radiación recibida menor en estas regiones con la excepción de las zonas altas en las islas de La Palma y Tenerife en donde la radiación en superficie es mayor por ser la altitud superior a la altura de la inversión del alisio y por tanto del llamado 'mar de nubes'.
- En la **costa mediterránea existe un nítido contraste norte-sur** más acusado en la Comunidad Valenciana y costa norte de Cataluña.
- En las **Islas Baleares el aumento radiativo sigue la dirección Nordeste-Suroeste** con valores de irradiancia media mayores en Ibiza y menores en Menorca y obviamente en la Sierra de Tramontana de Mallorca.
- En las **Islas Canarias se registran los mayores valores de irradiancia con contrastes acusados debido a la nubosidad orográfica** estancada al norte y este de las islas, asociada a los vientos alisios del Nordeste. Por otra parte, el gradiente de radiación sigue la dirección Nordeste-Suroeste. Es reseñable un

aumento respecto a la Península Ibérica de la fracción de la radiación difusa en la irradiancia global debido a la mencionada abundancia en las islas, de nubosidad asociada a la inversión del alisio y a la frecuente presencia de aerosoles en suspensión de origen sahariano.

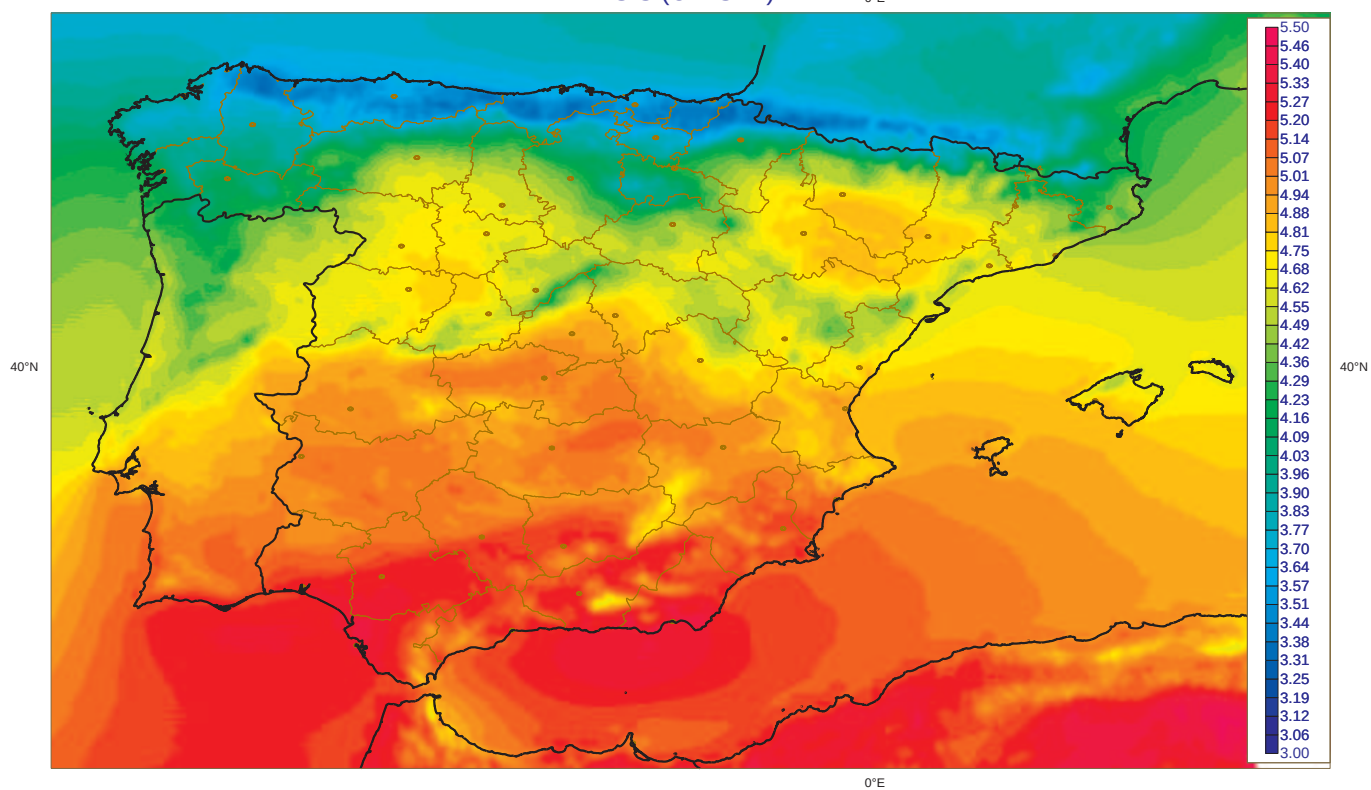
En cuanto a la dependencia estacional del flujo radiativo incidente se observan las siguientes características:

- El **gradiente latitudinal** observado en la irradiancia global y directa es **más importante durante los meses de verano que en invierno**. Esta característica ya fue observada por Inocencio Font en el “Atlas de la Radiación Solar en España” (Font, 1984). Además este gradiente es más acusado en la mitad norte peninsular que en la mitad sur, sobre todo en verano cuando en el sur peninsular apenas existe ese contraste. El marcado gradiente radiativo Norte-Sur delimitado por la cordillera Cantábrica es una de las características fundamentales a reseñar durante todo el año. Un ejemplo llamativo es el mes de Julio, con valores radiativos muy similares en toda la península con la excepción de la baja irradiancia presente en la cornisa Cantábrica.
- Los **valores mínimos de radiación se registran durante todo el año en la zona que comprende el norte de Galicia, Cantabria, Asturias y País Vasco**, especialmente en el norte de Galicia y País Vasco durante los meses de Diciembre a Febrero.
- Un rasgo notable es que **durante la primavera, existe un máximo de energía radiativa al nordeste del mar de Alborán**, siendo las provincias del sudeste peninsular las que reciben mayor cantidad de radiación. Sin embargo, **este máximo se va desplazando lentamente hacia el oeste** a medida que nos acercamos al verano, de manera que en el mes de Mayo se puede apreciar la existencia de otro máximo en el golfo de Cádiz con valores importantes de radiación también en el suroeste peninsular. Ya en el mes de Junio el máximo radiativo más marcado pasa a ser el situado en el Suroeste peninsular, registrándose los valores máximos de irradiancia en Huelva, Cádiz y Suroeste de Sevilla. Durante los meses de Julio y Agosto este máximo

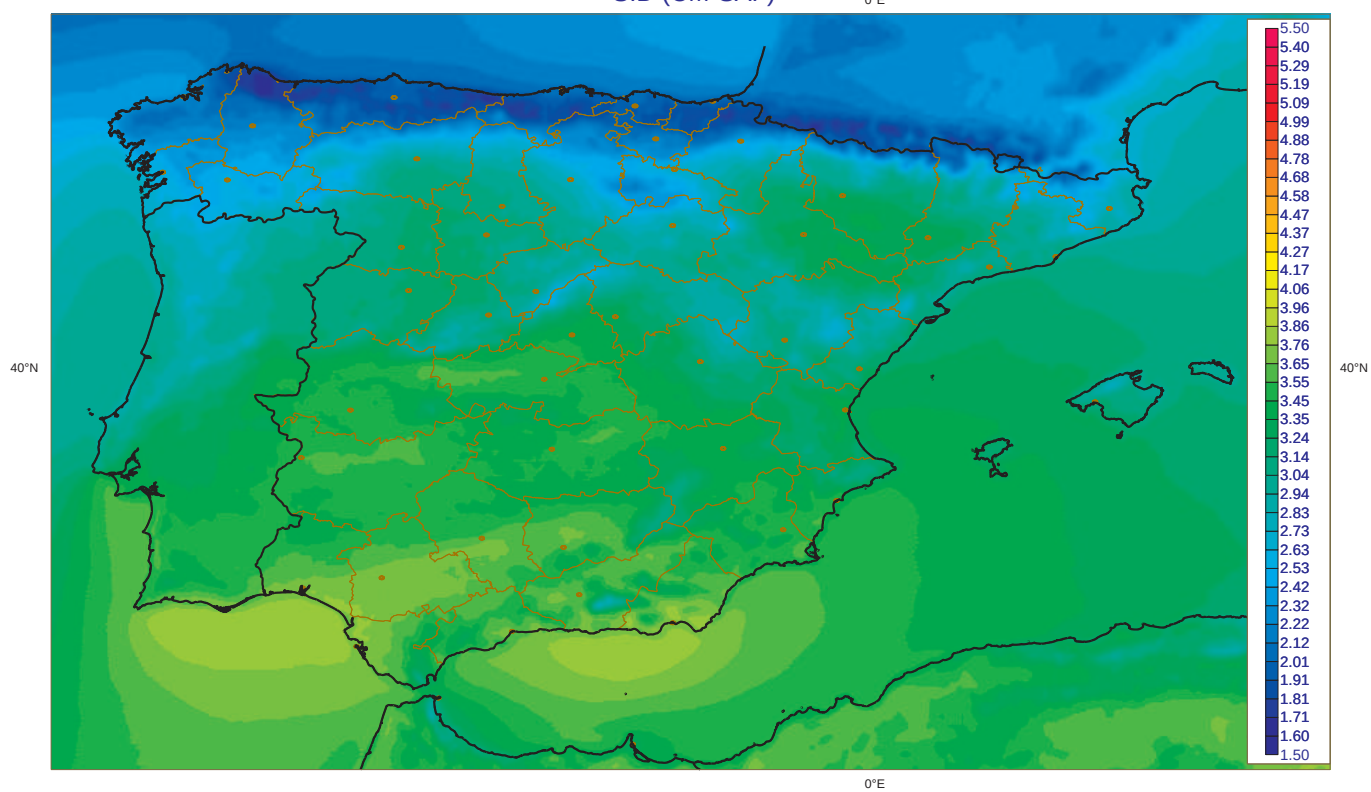
en el Suroeste se extiende de forma muy importante hacia el Norte, siendo los valores máximos los recibidos en Extremadura y norte de Toledo. Esta característica se aprecia claramente en el mapa de irradiancia directa de Julio. Hasta el mes de Septiembre el máximo radiativo se mantiene al Suroeste peninsular y es en el mes de Octubre, cuando la situación se reequilibra y la distribución radiativa vuelve a ser simétrica. De hecho, en la figura que muestra la radiación recibida ordenada en orden decreciente para las distintas capitales de provincia, se evidencia que durante los meses de Julio y Agosto las ciudades de Cáceres, Badajoz, Huelva y Cádiz reciben más cantidad de irradiancia global que Almería y Murcia.

- En las **Islas Canarias el gradiente observado en la dirección Nordeste-Suroeste se acentúa durante los meses de verano**, apareciendo de Junio a Agosto, **un mínimo de irradiancia al norte de la península de Anaga en Tenerife y al Norte de Gran Canaria**.

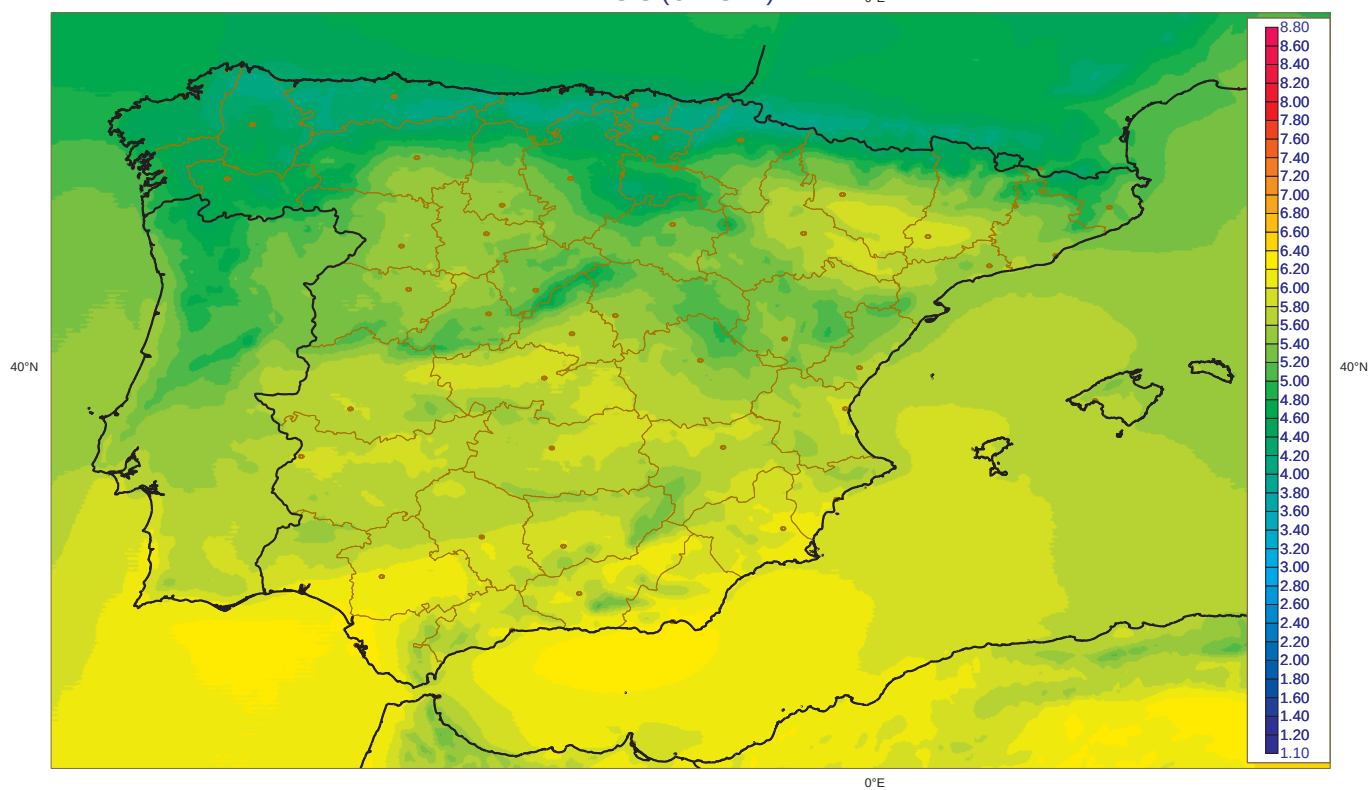
Irradiancia Global media [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



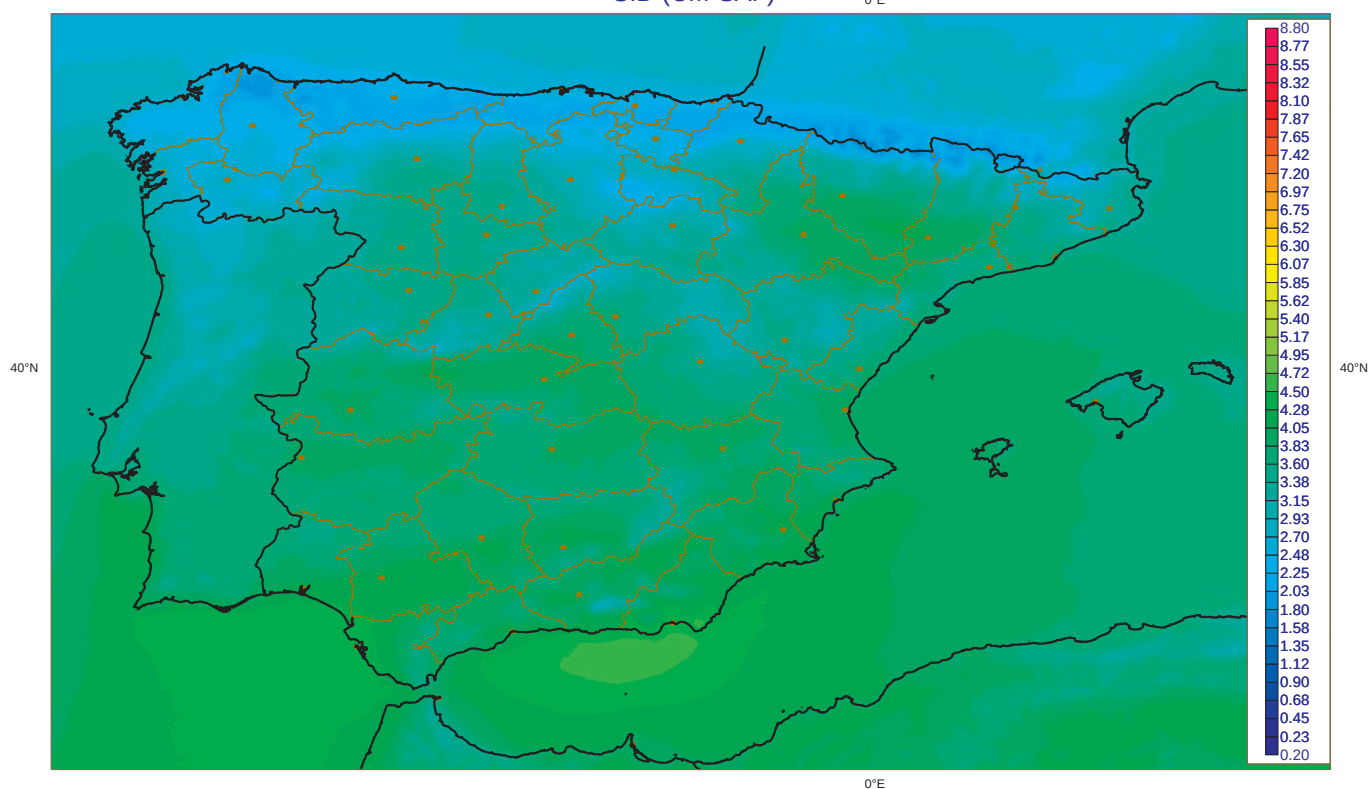
Irradiancia Directa media [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



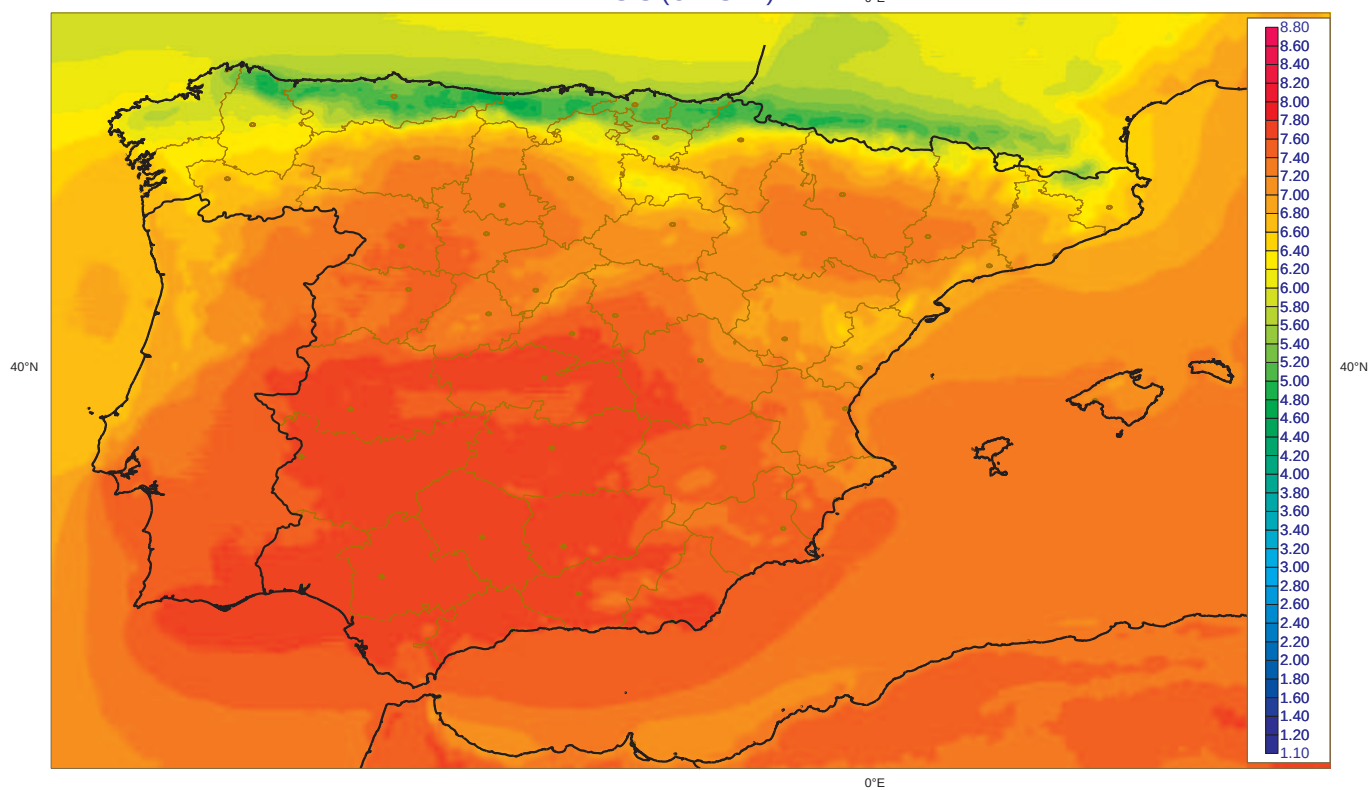
Irradiancia Global media en Primavera (Mar, Abr, May)[1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



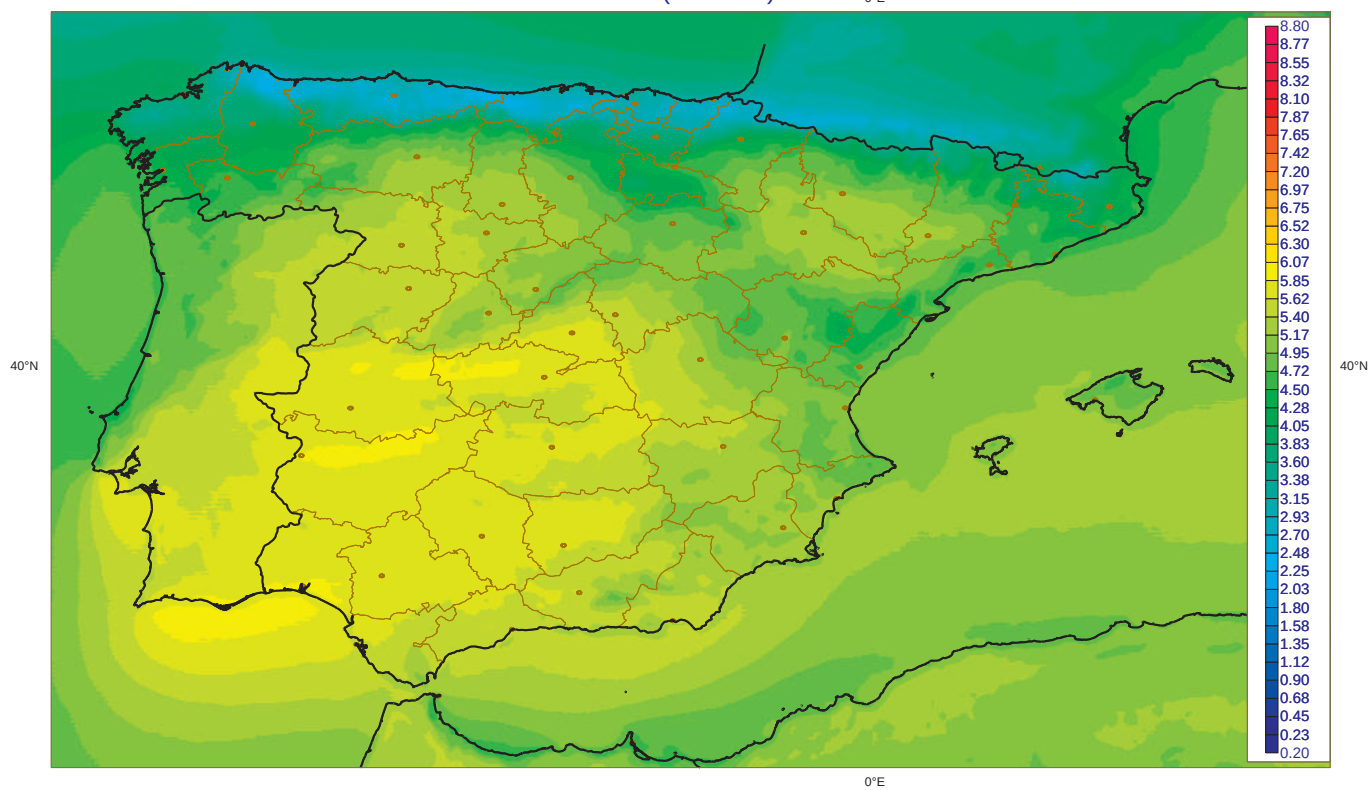
Irradiancia Directa media en Primavera (Mar, Abr, May)[1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



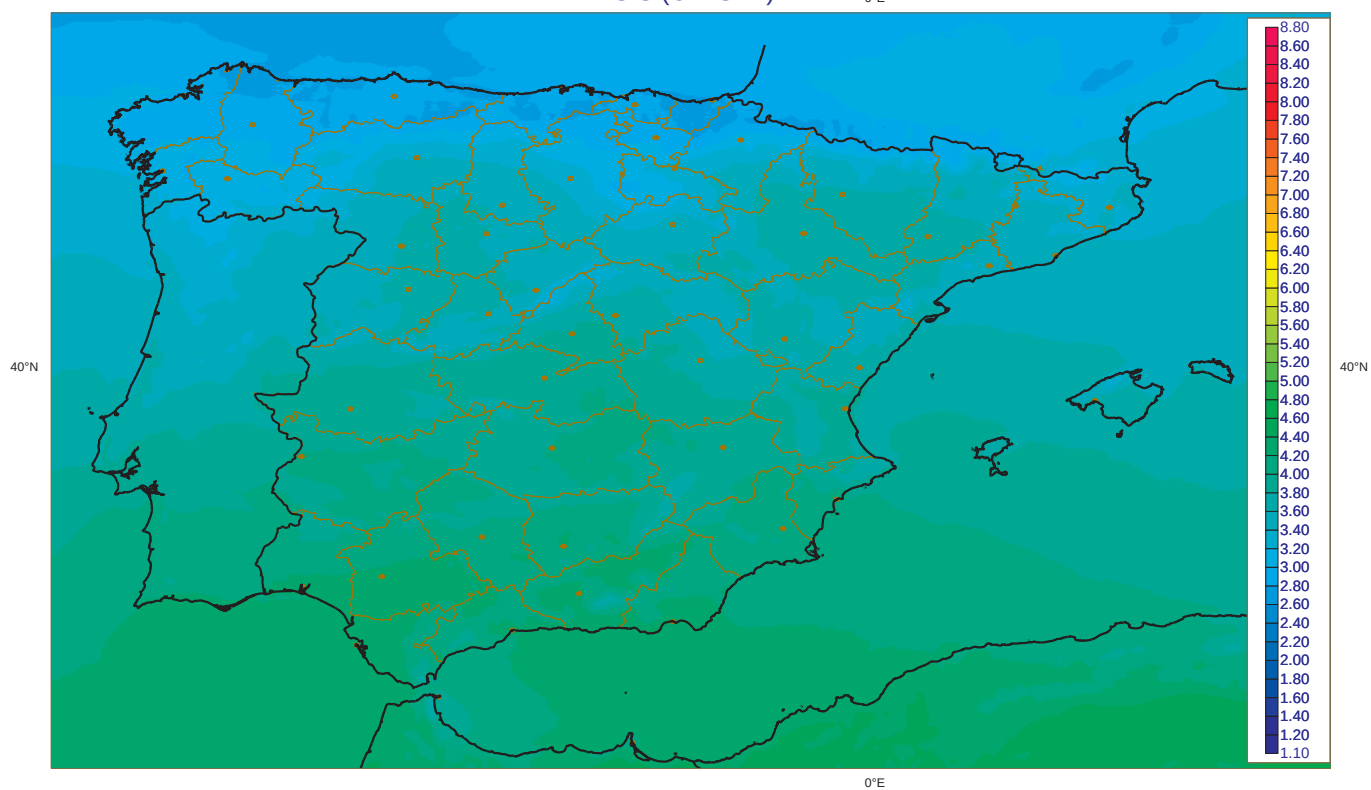
Irradiancia Global media en Verano (Jun, Jul, Ago)[1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



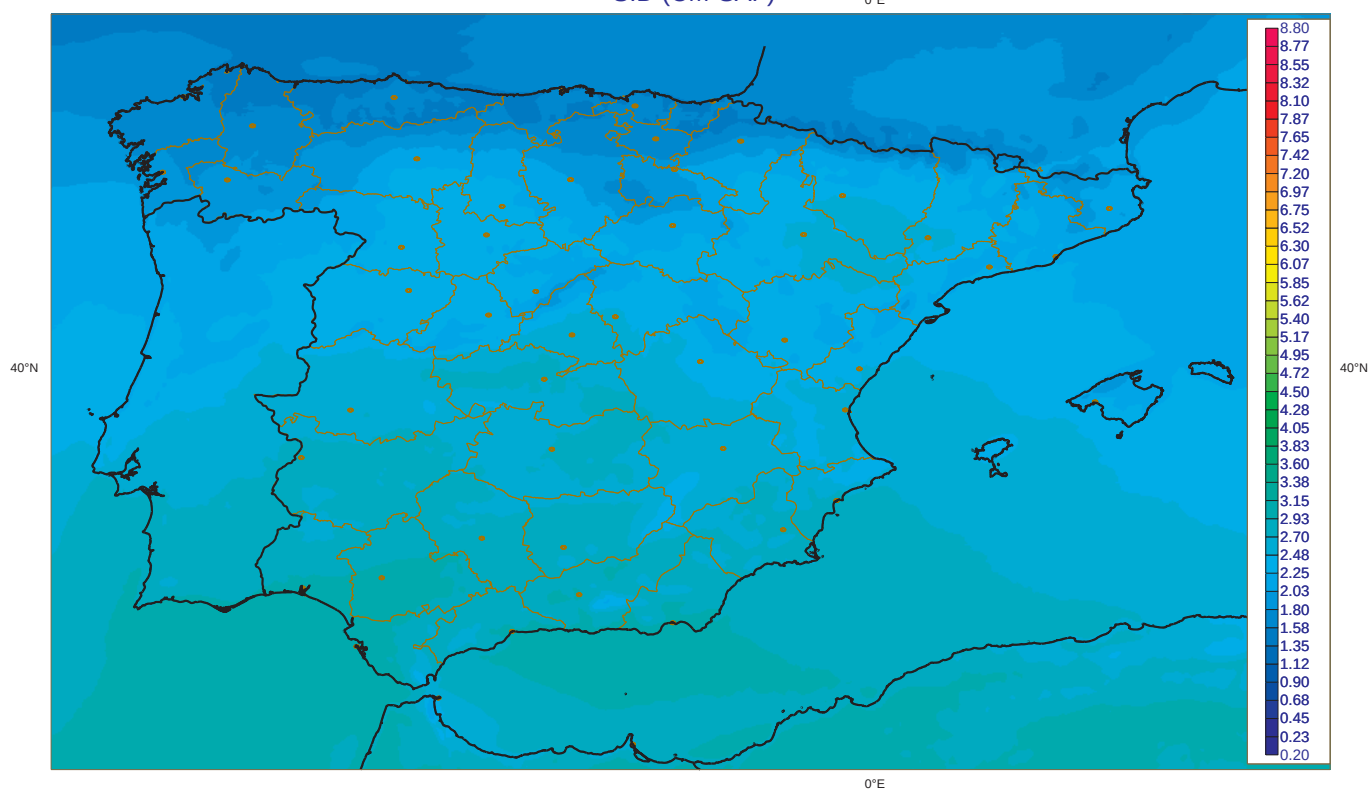
Irradiancia Directa media en Verano (Jun, Jul, Ago)[1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



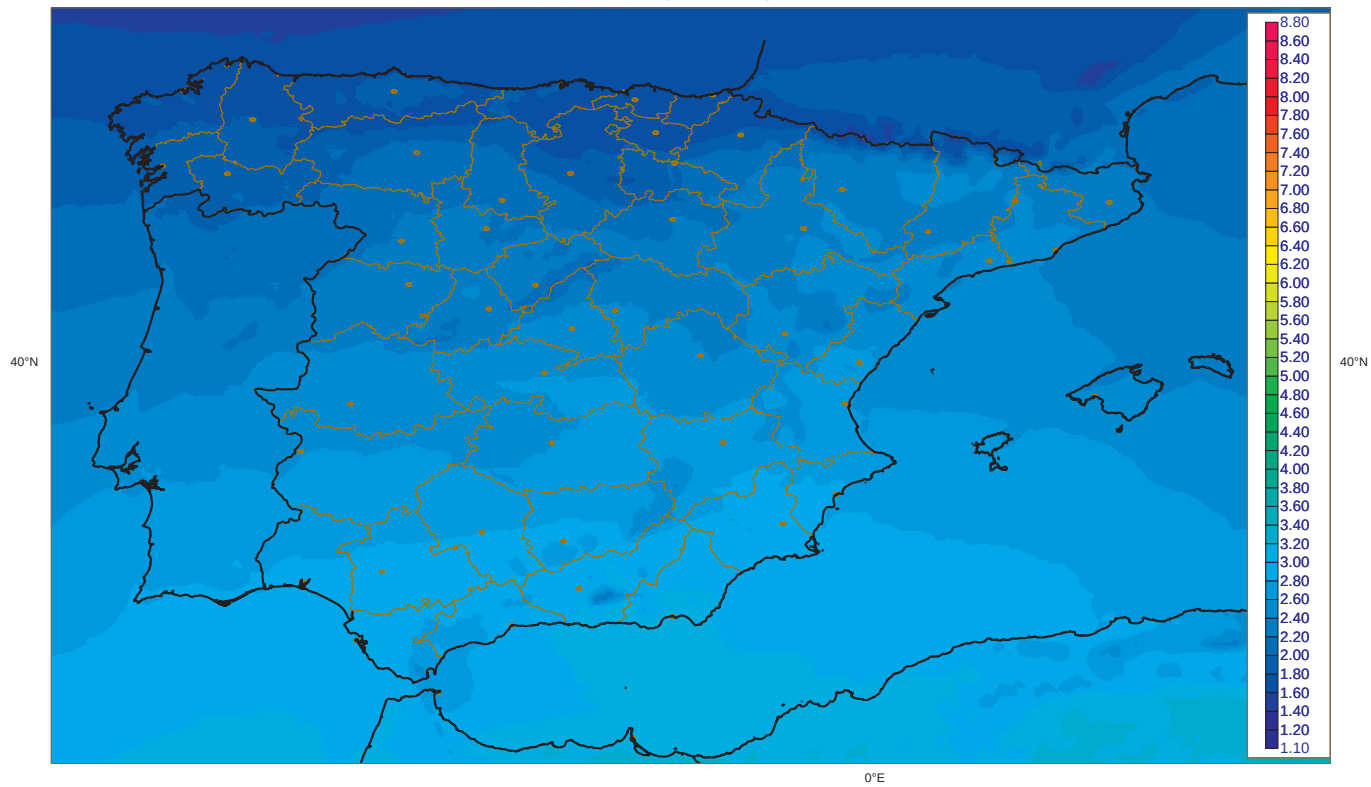
Irradiancia Global media en Otono (Sep, Oct, Nov)[1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



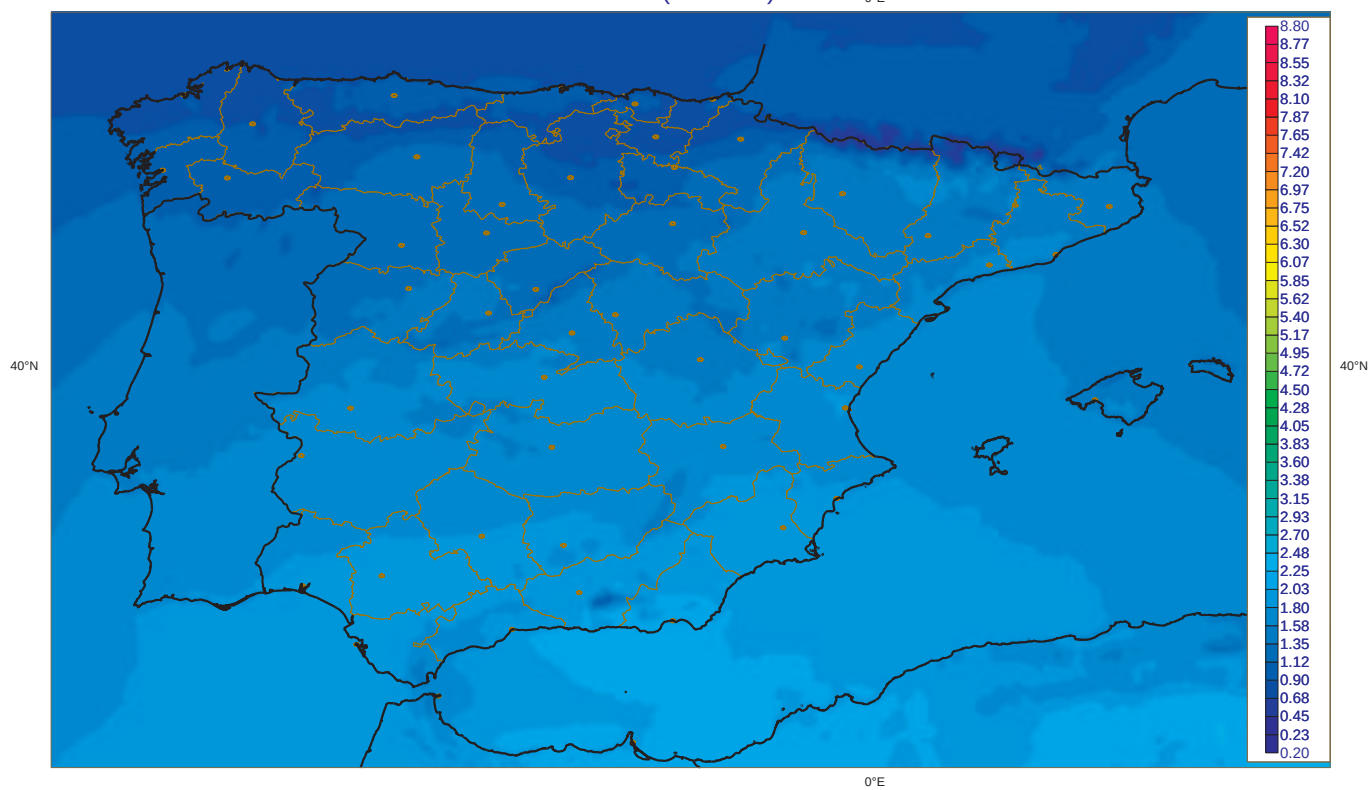
Irradiancia Directa media en Otono (Sep, Oct, Nov)[1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



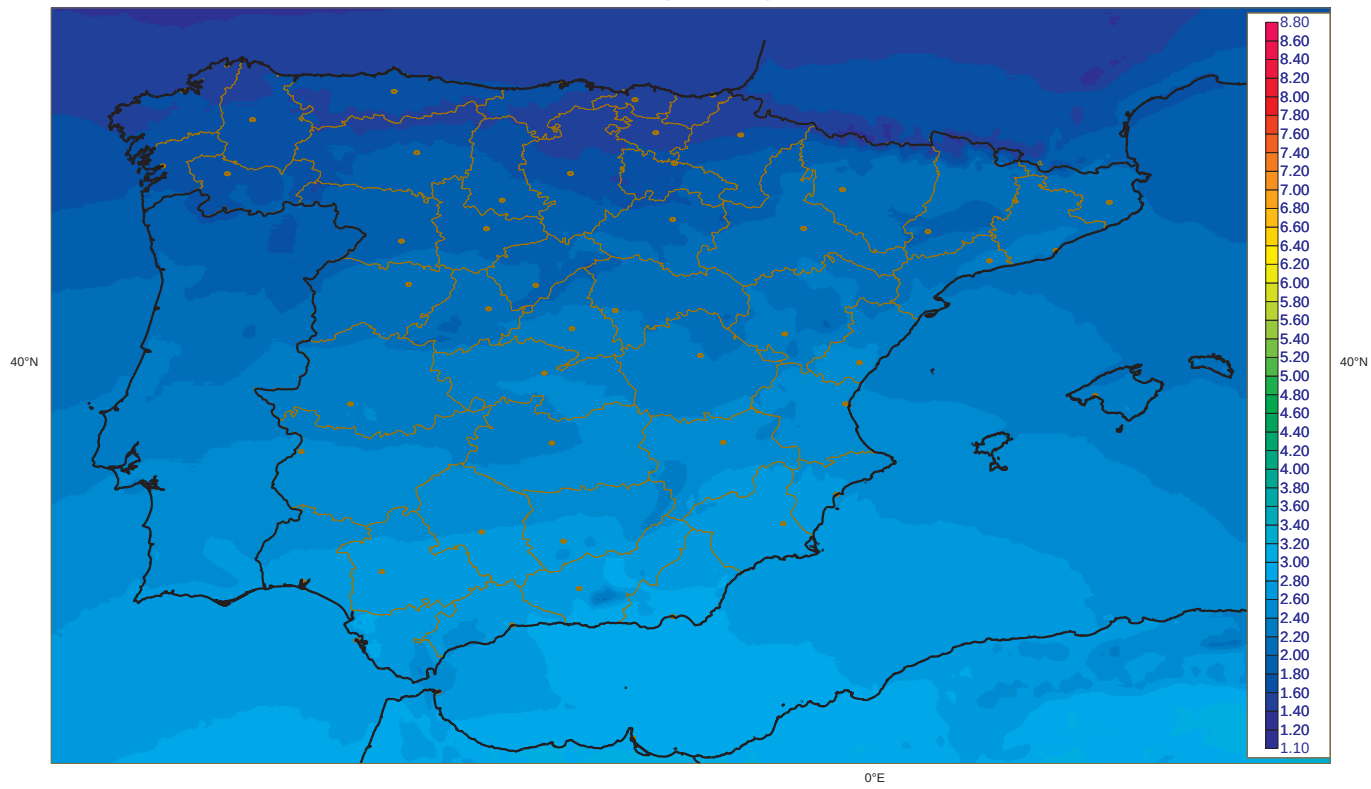
Irradiancia Global media en Invierno (Dic, Ene, Feb)[1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



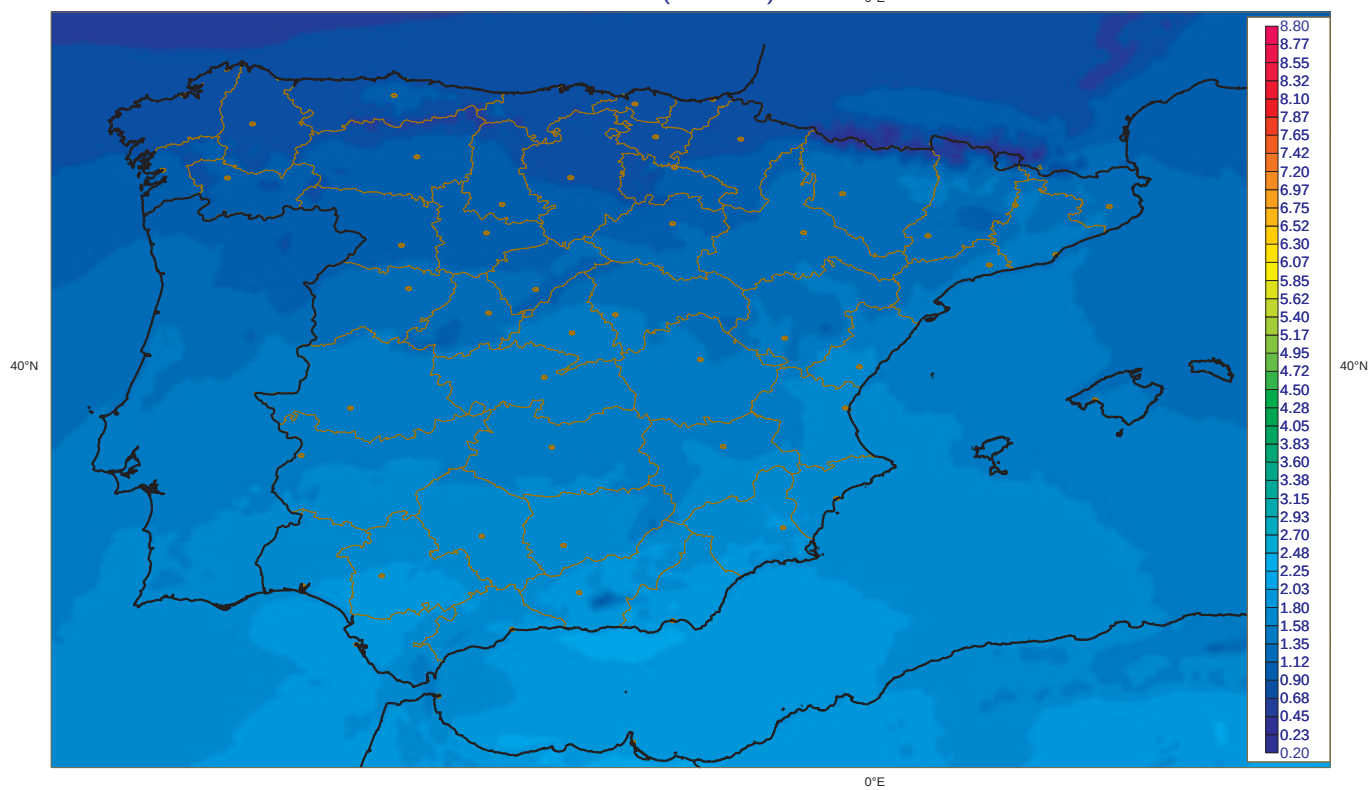
Irradiancia Directa media en Invierno (Dic, Ene, Feb)[1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



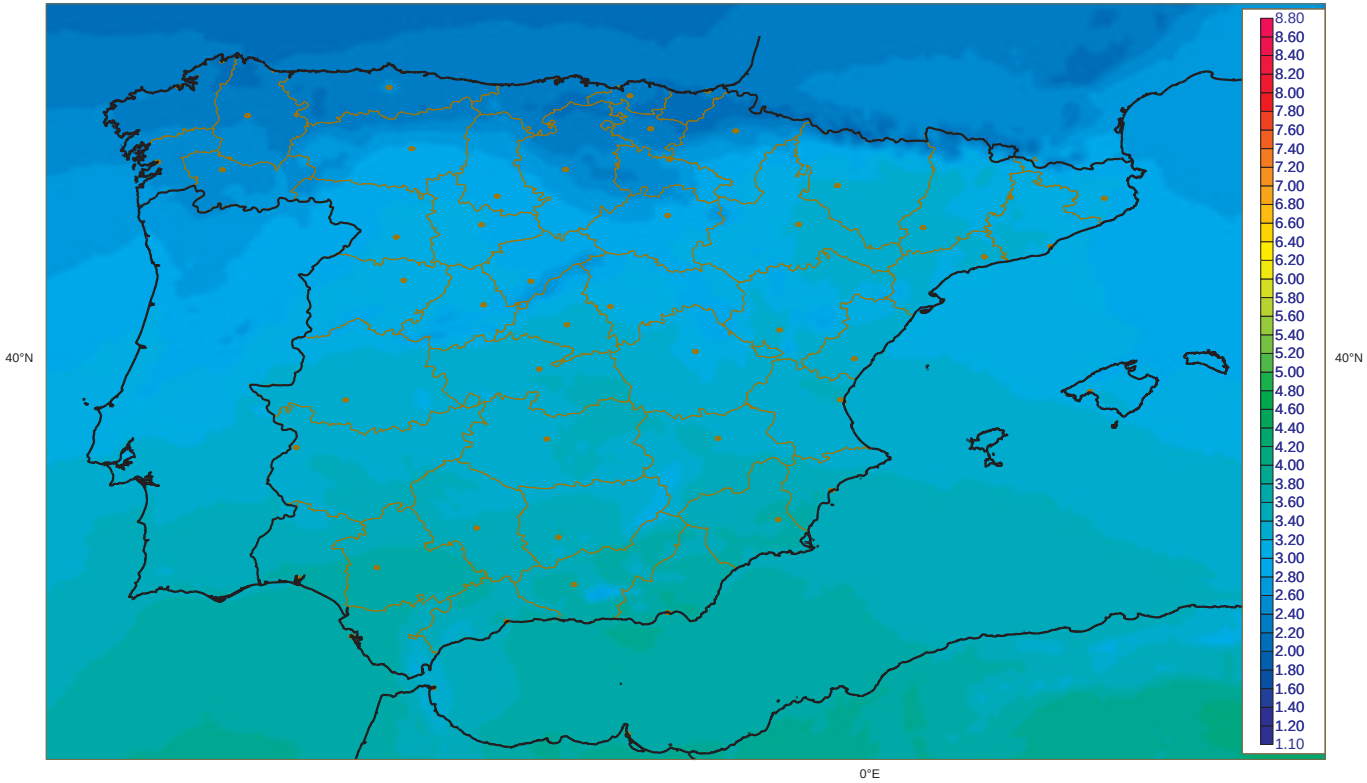
Irradiancia Global media
Enero [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



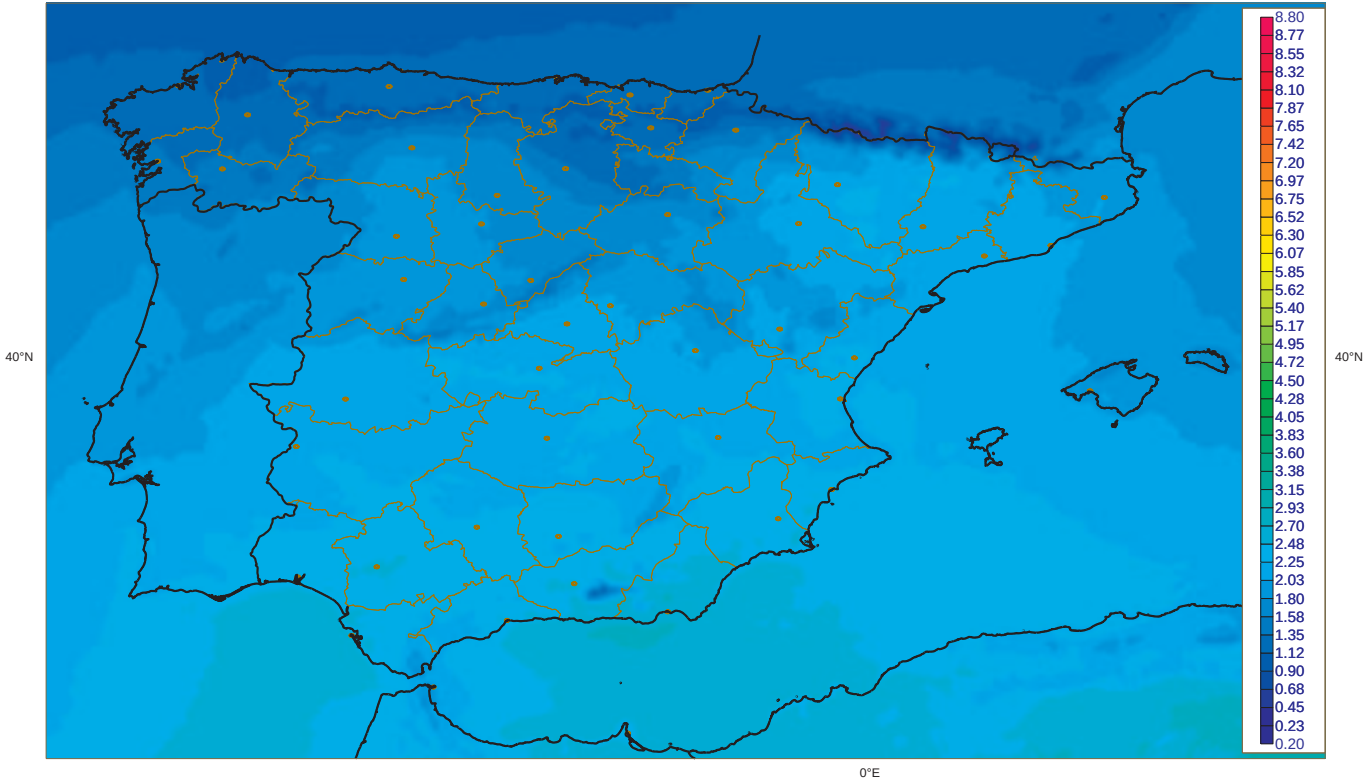
Irradiancia Directa media
Enero [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



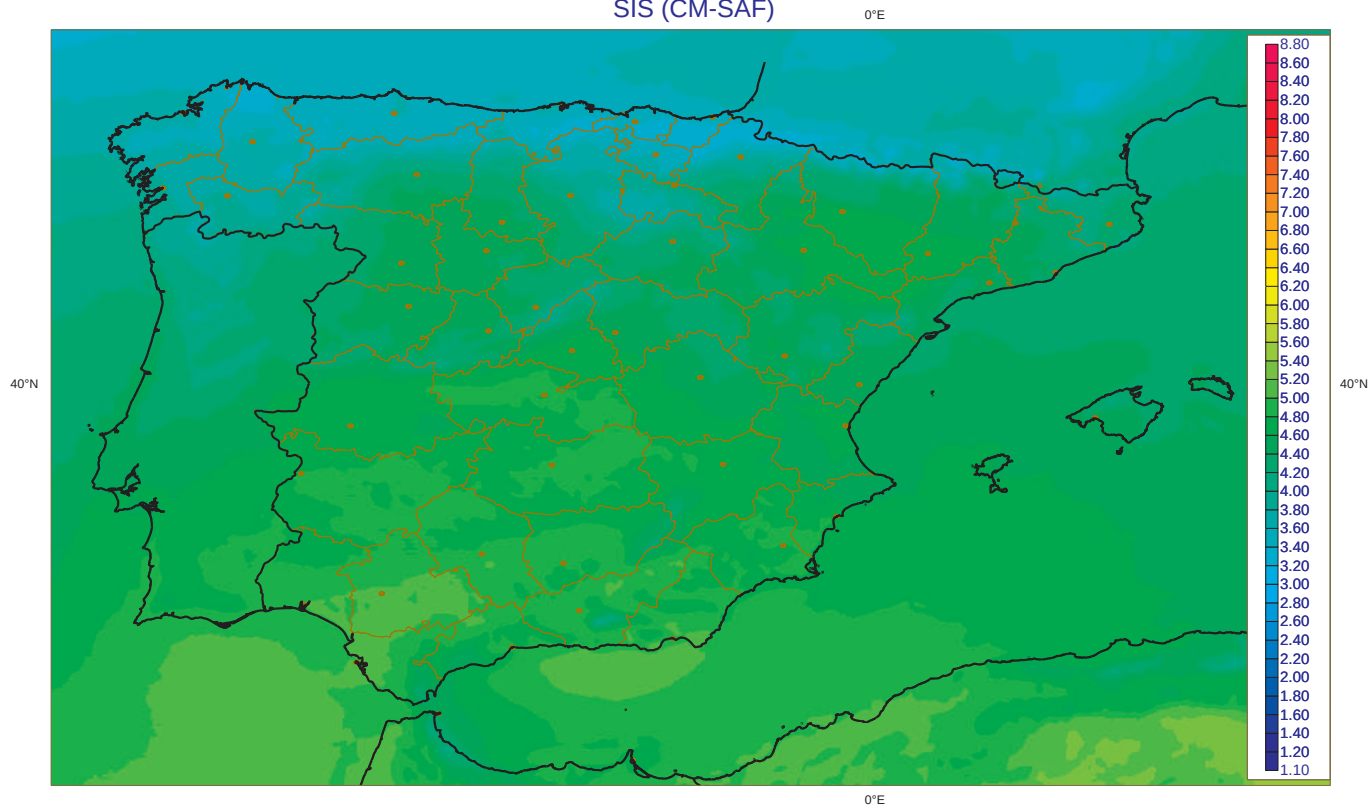
Irradiancia Global media
Febrero [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



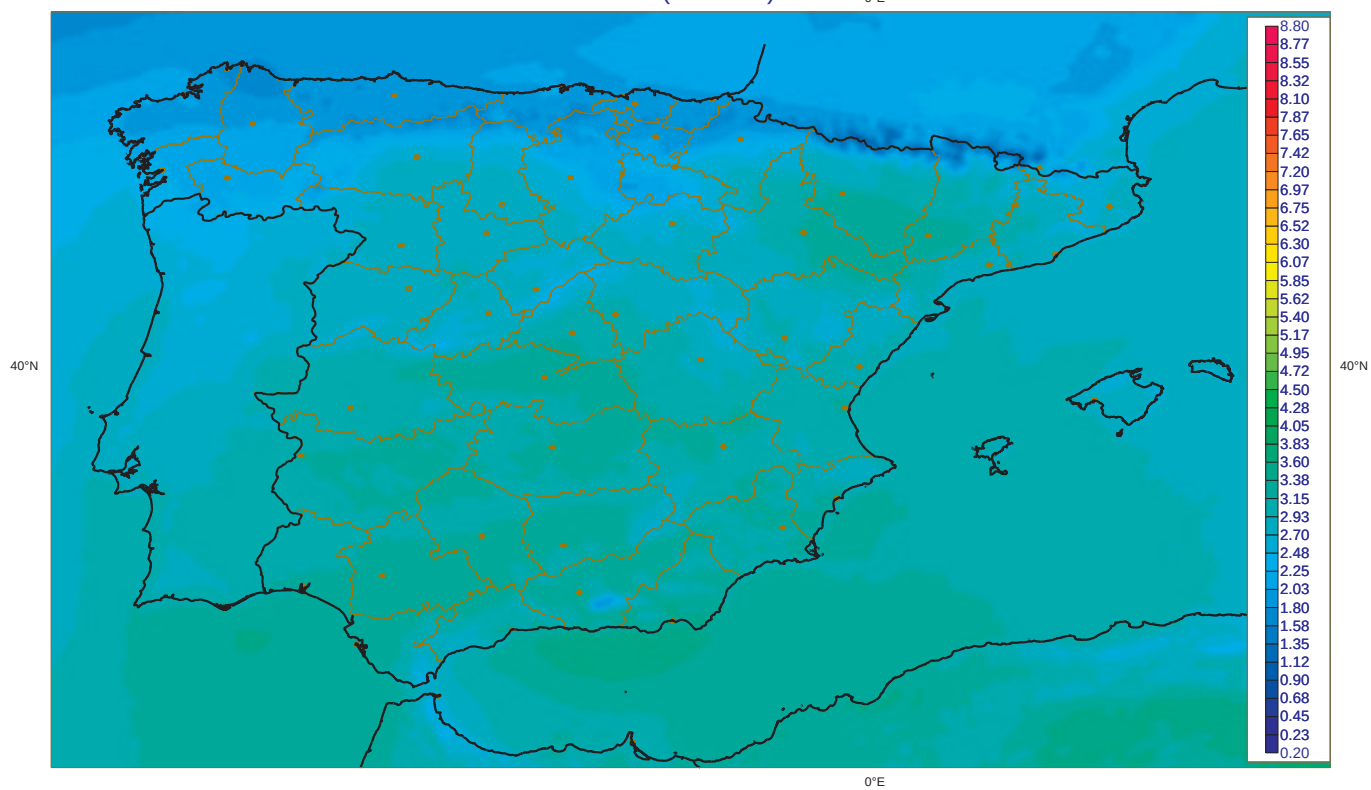
Irradiancia Directa media
Febrero [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



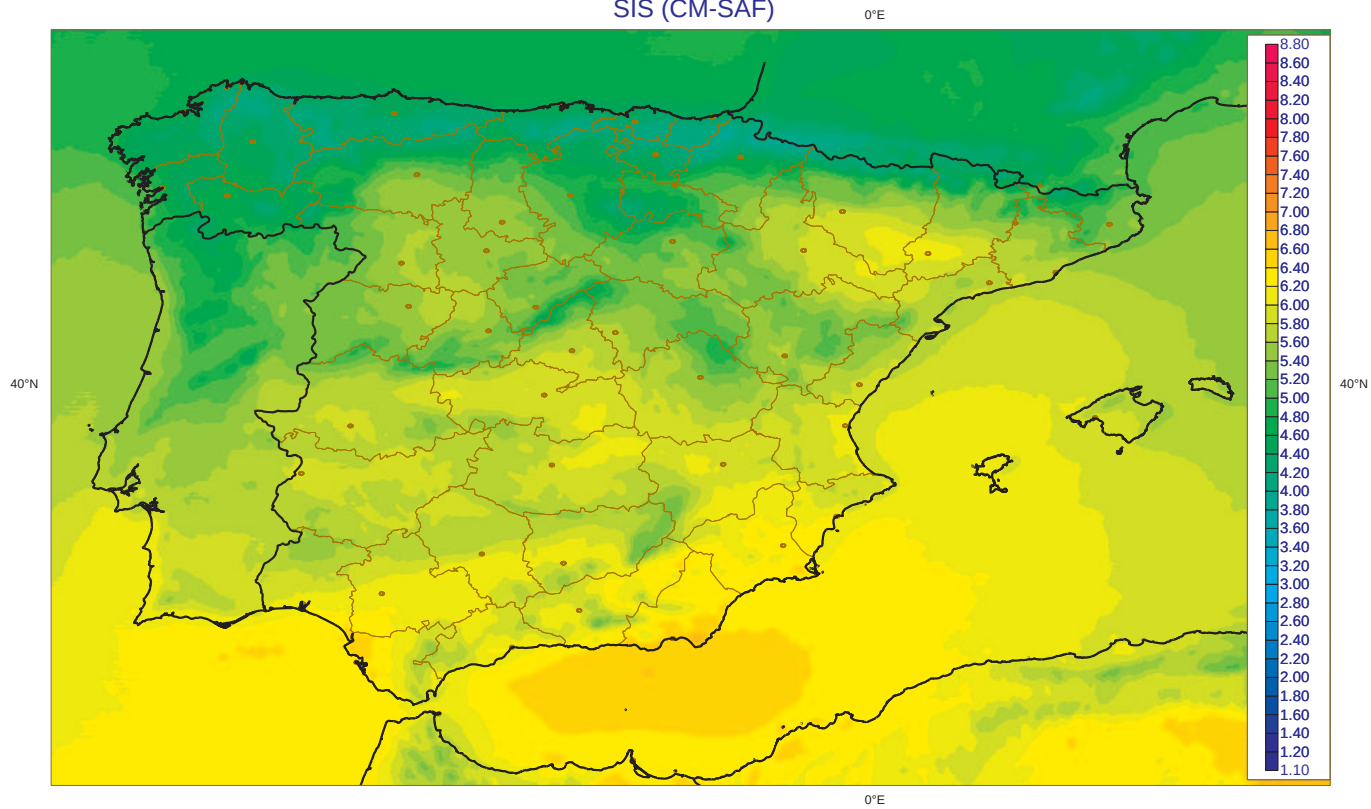
Irradiancia Global media
Marzo [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



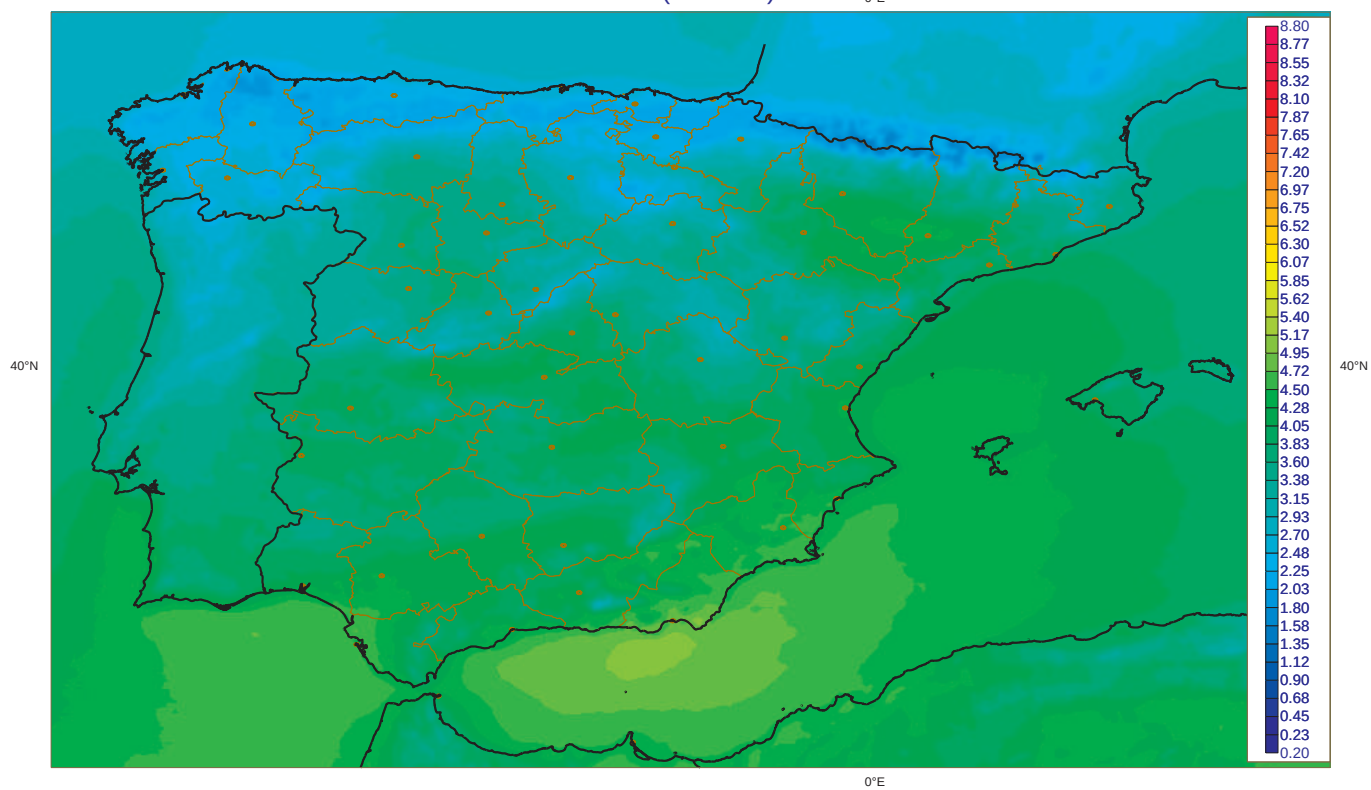
Irradiancia Directa media
Marzo [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



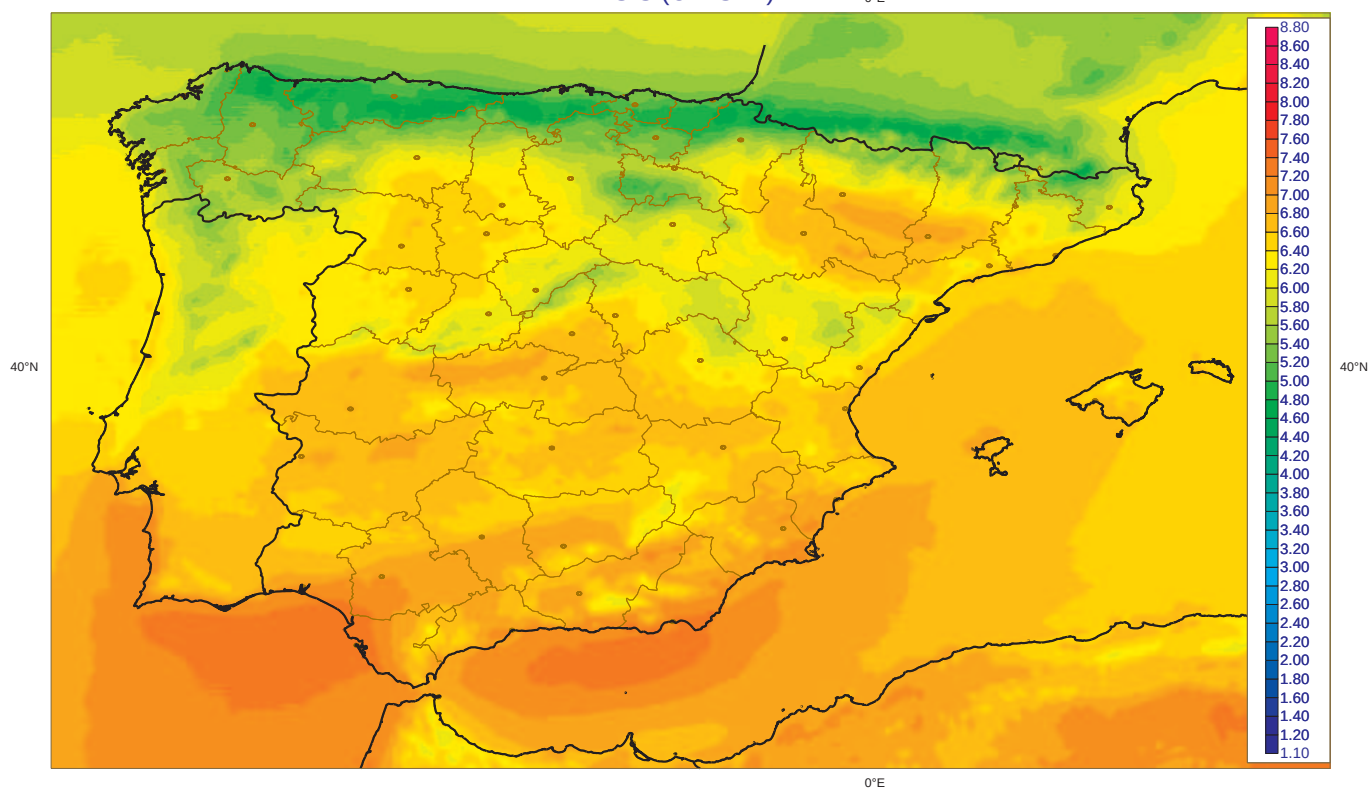
Irradiancia Global media
Abril [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



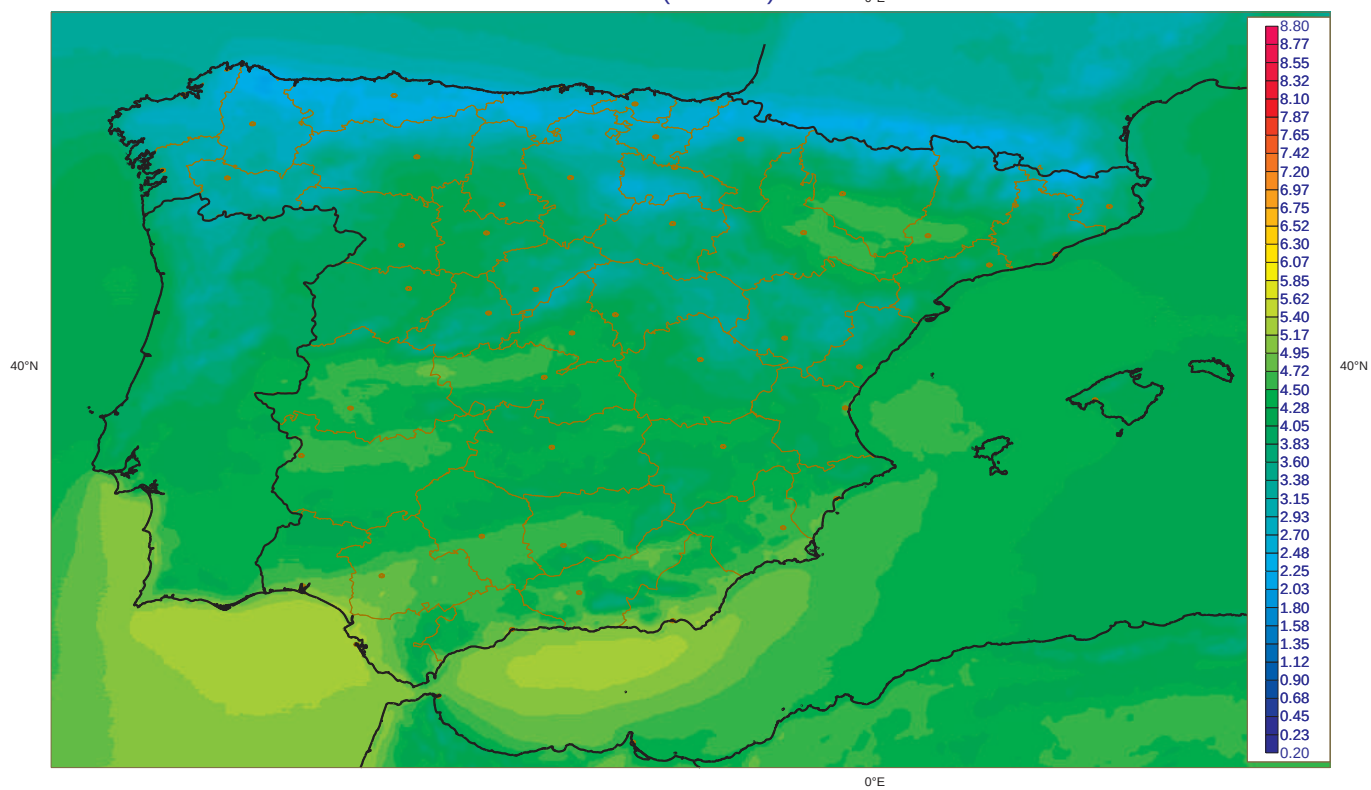
Irradiancia Directa media
Abril [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



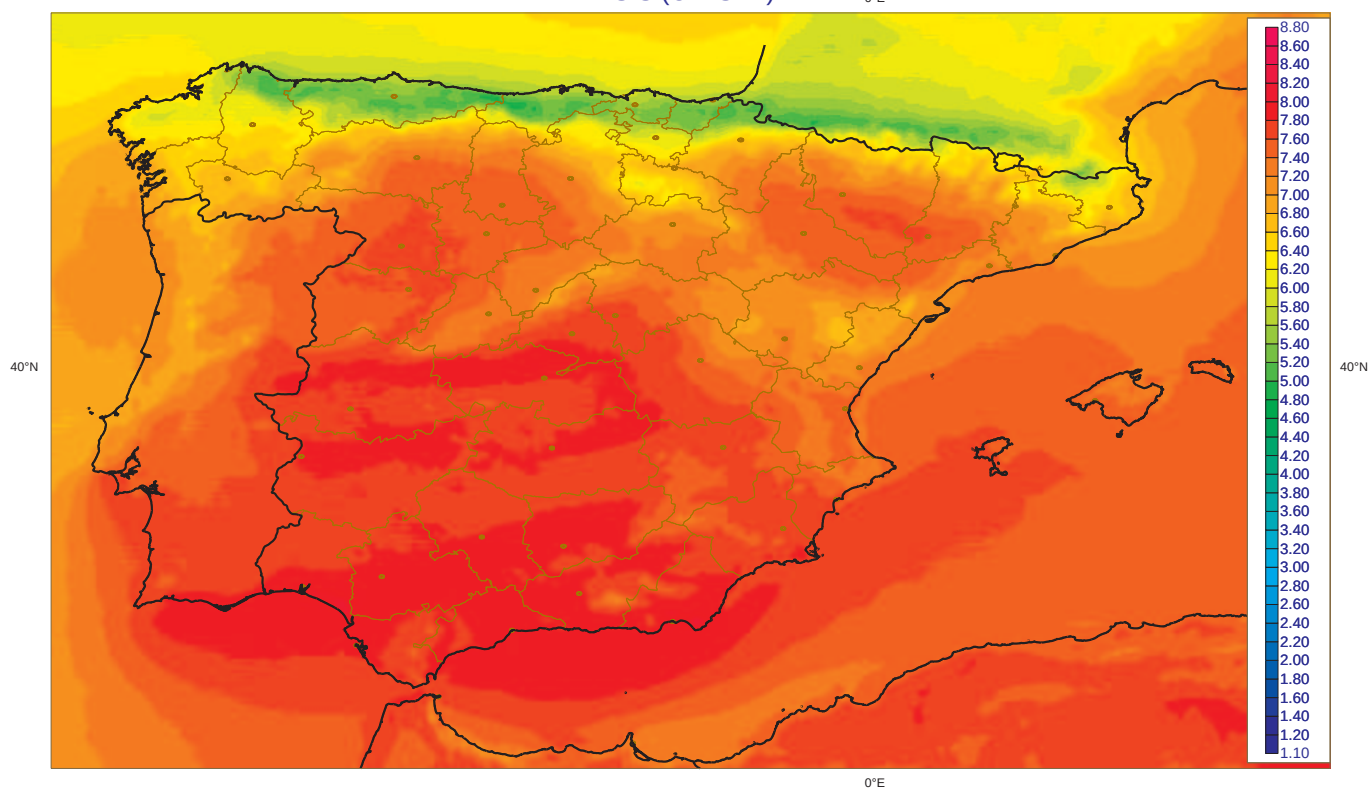
Irradiancia Global media
Mayo [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



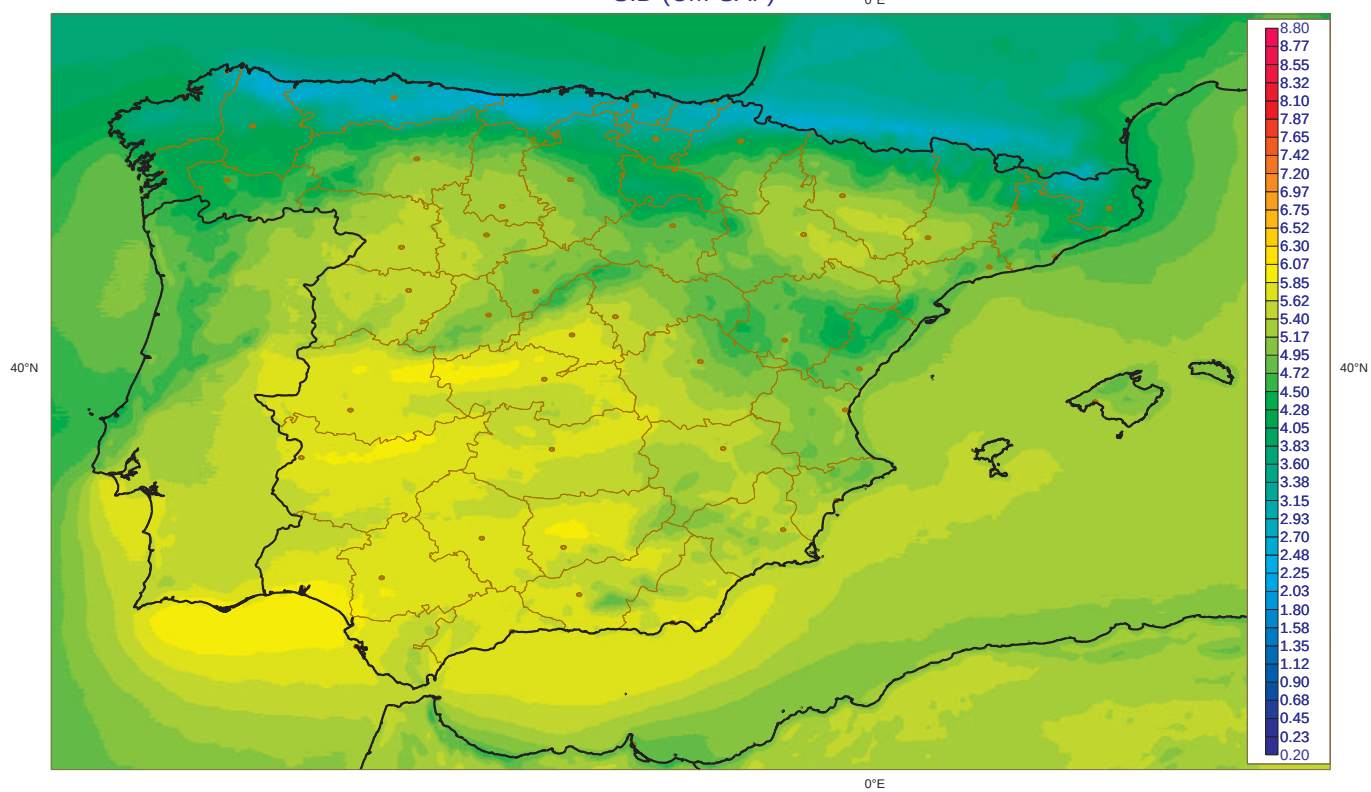
Irradiancia Directa media
Mayo [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



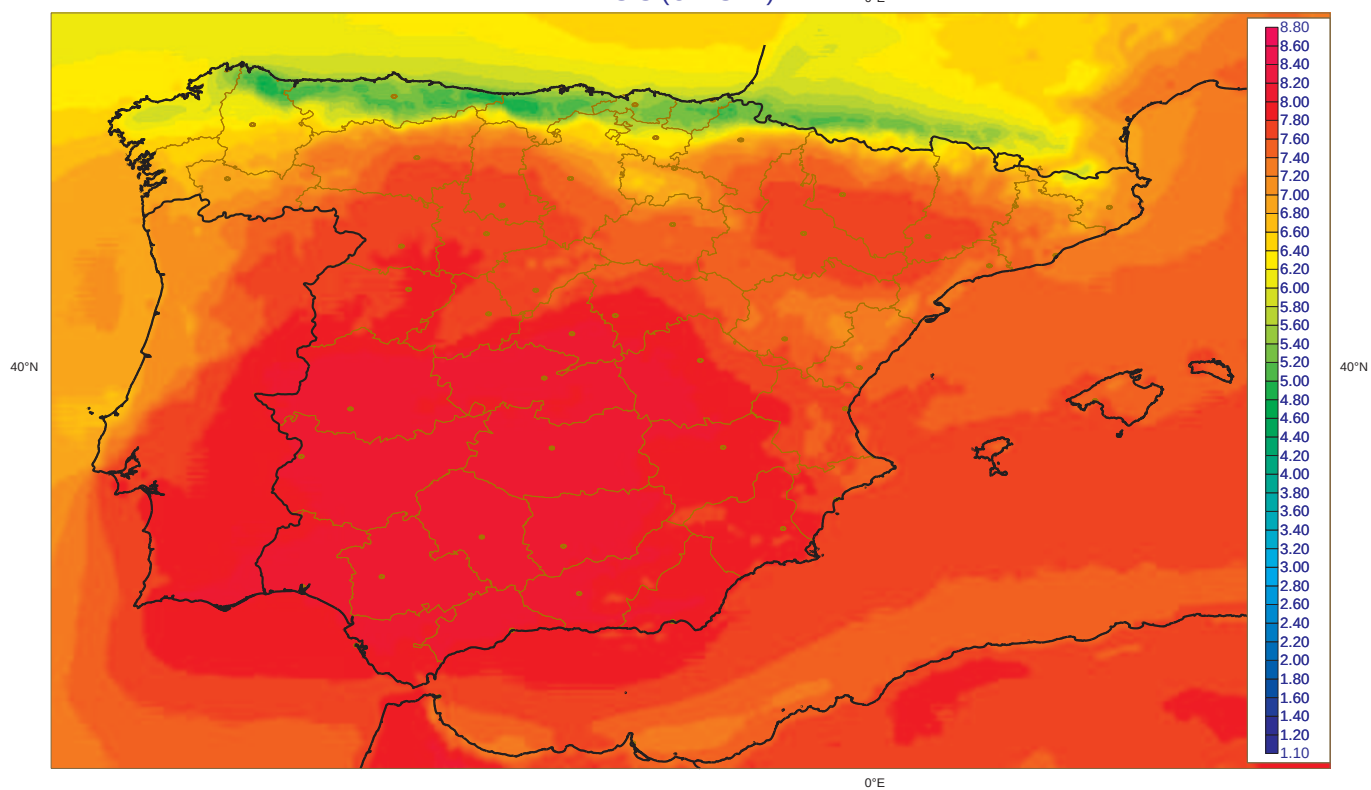
Irradiancia Global media
Junio [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



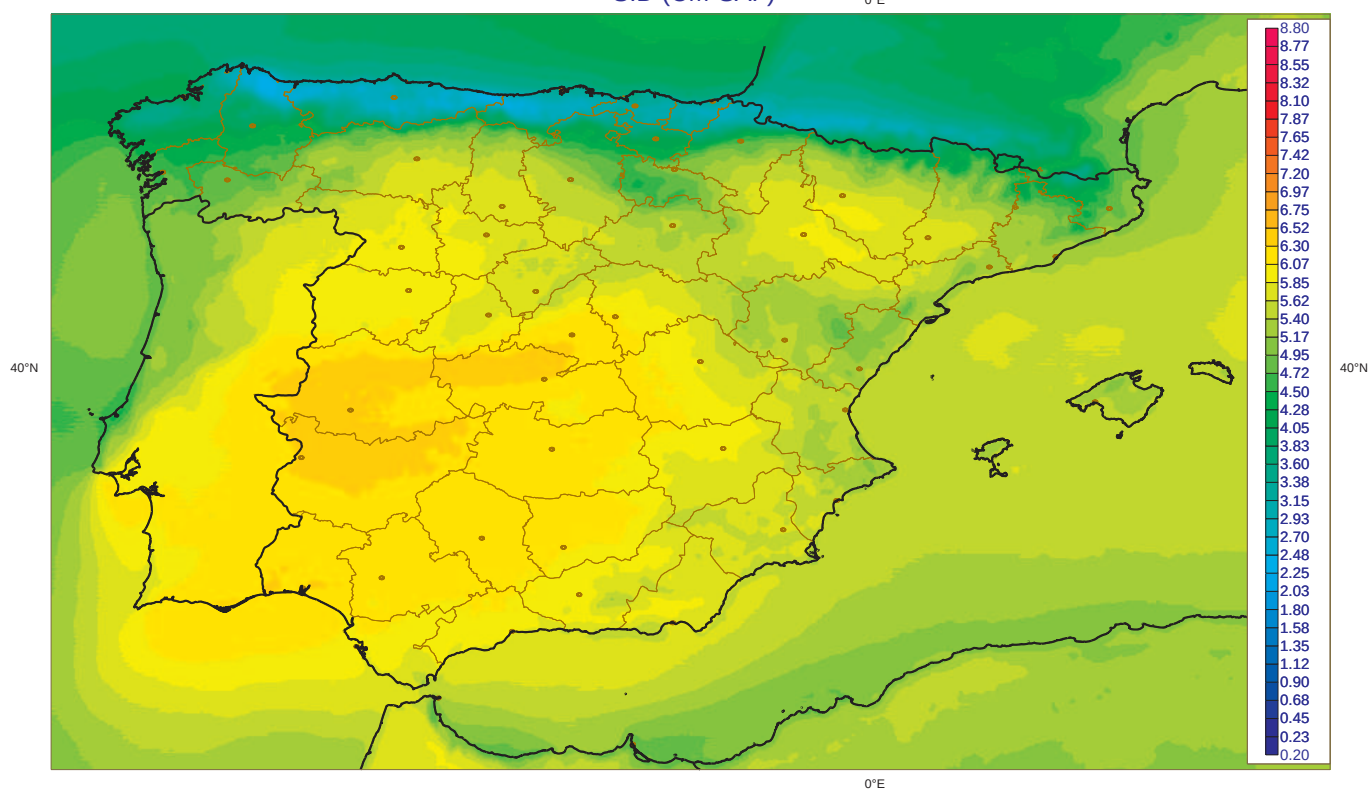
Irradiancia Directa media
Junio [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



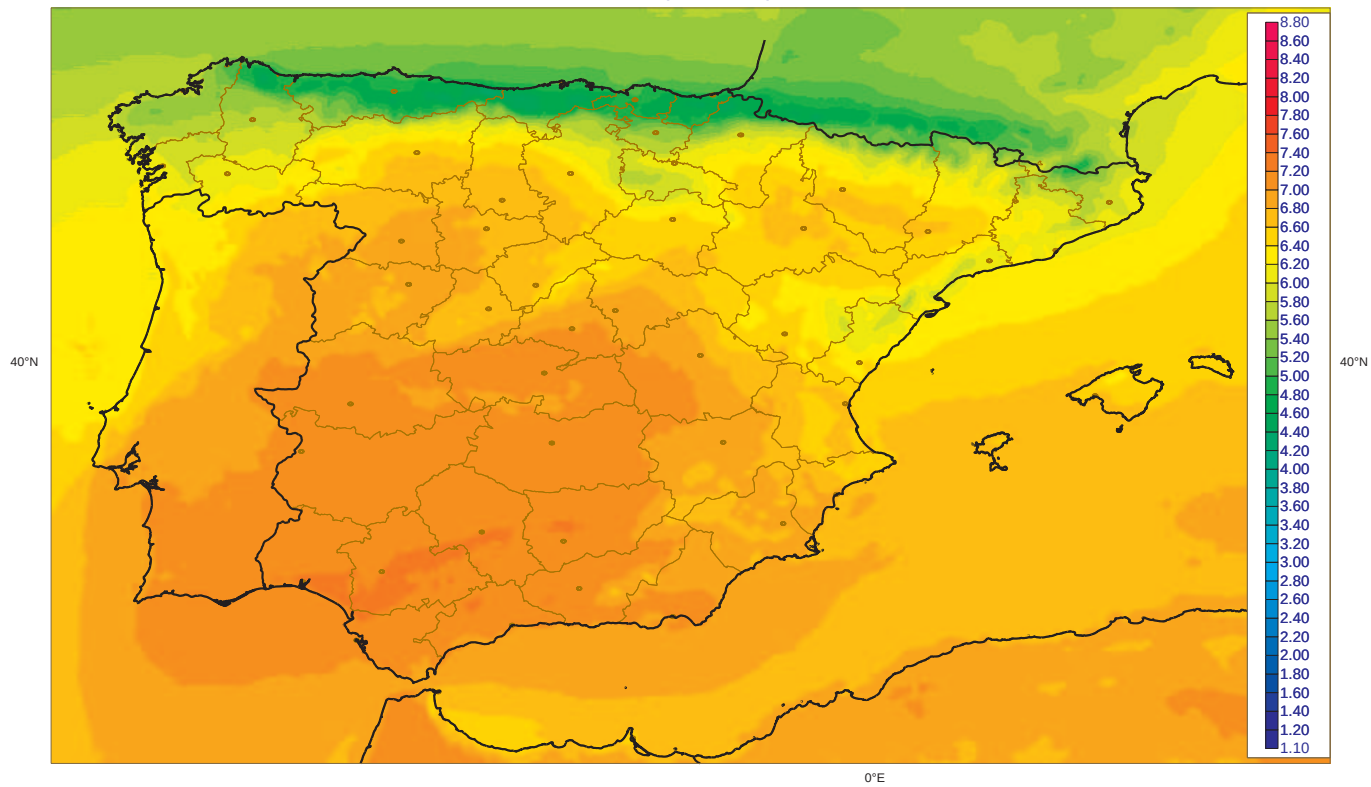
Irradiancia Global media
 Julio [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
 SIS (CM-SAF)



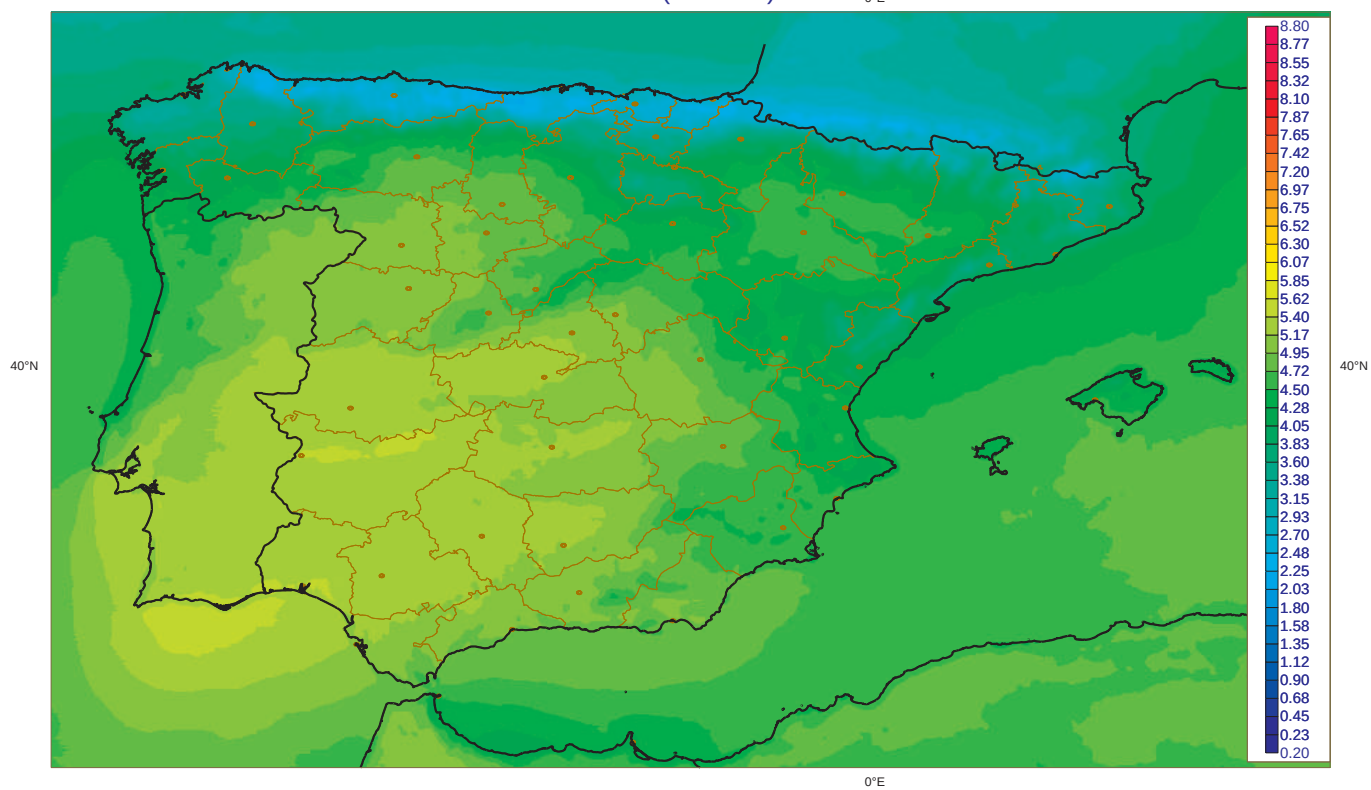
Irradiancia Directa media
 Julio [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
 SID (CM-SAF)



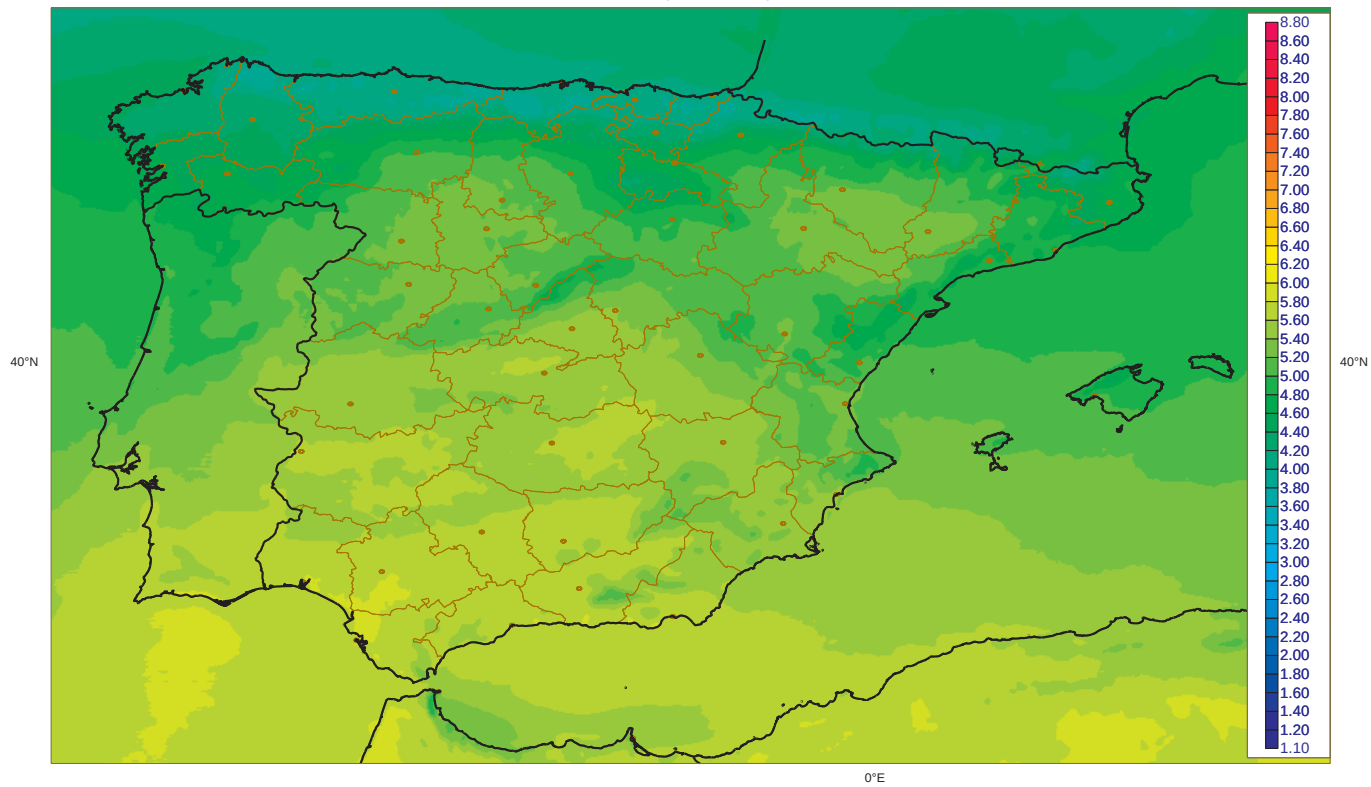
Irradiancia Global media
Agosto [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



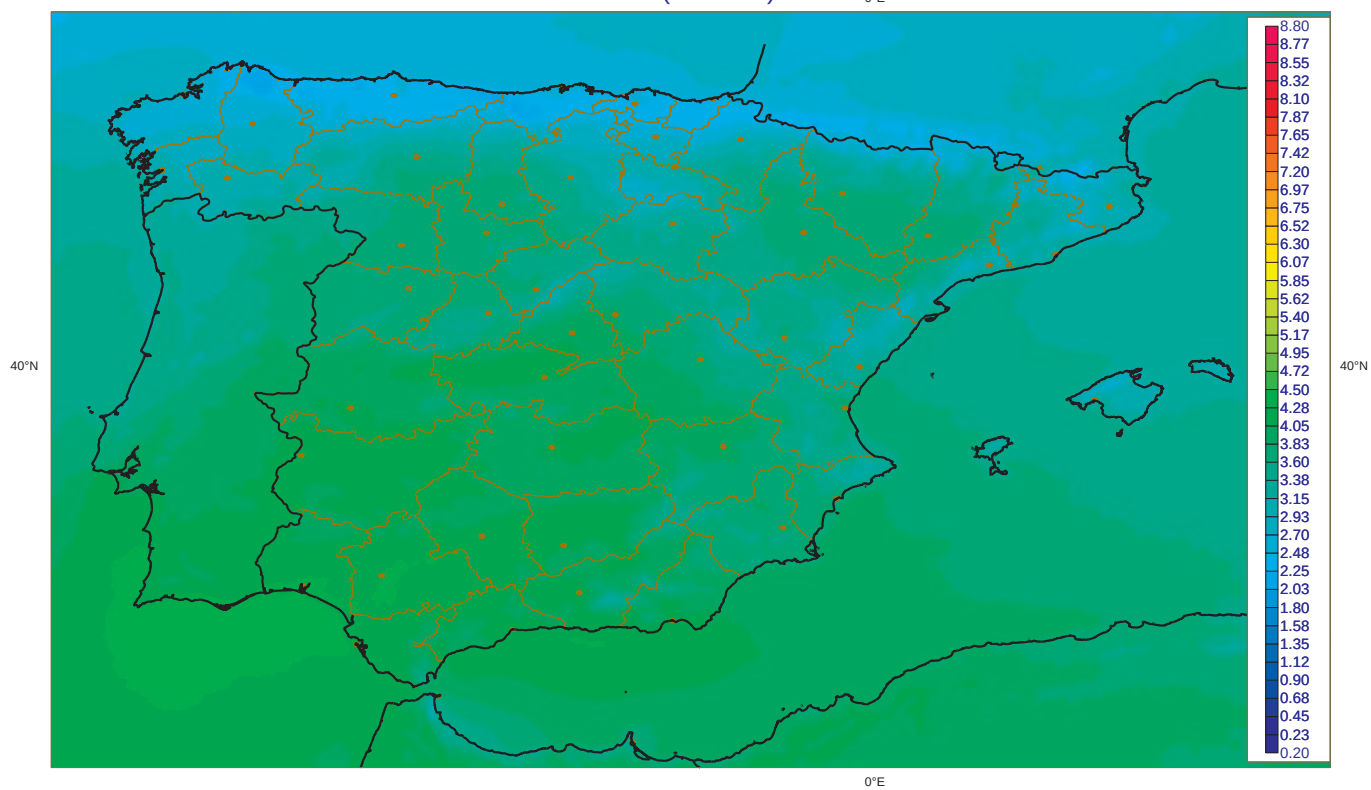
Irradiancia Directa media
Agosto [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



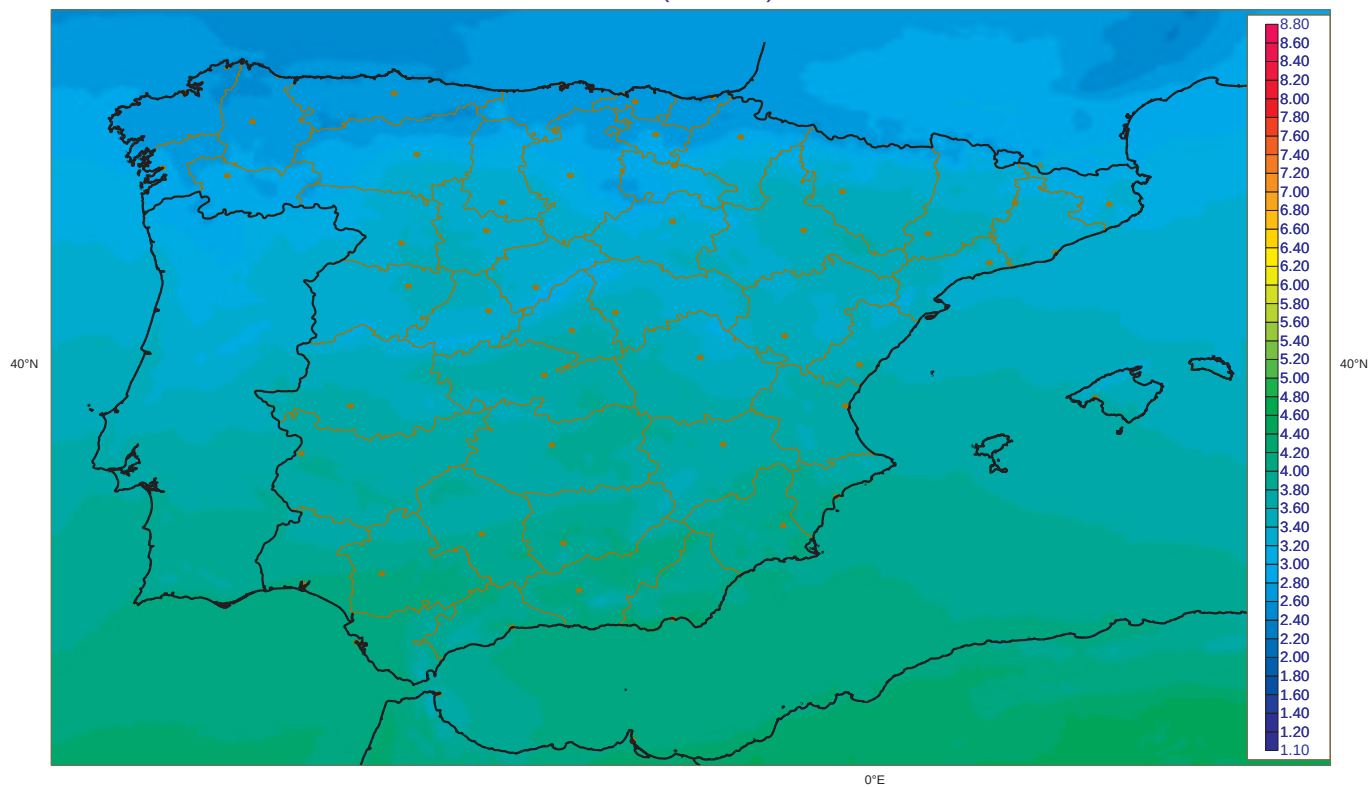
Irradiancia Global media
 Septiembre [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
 SIS (CM-SAF) 0°E



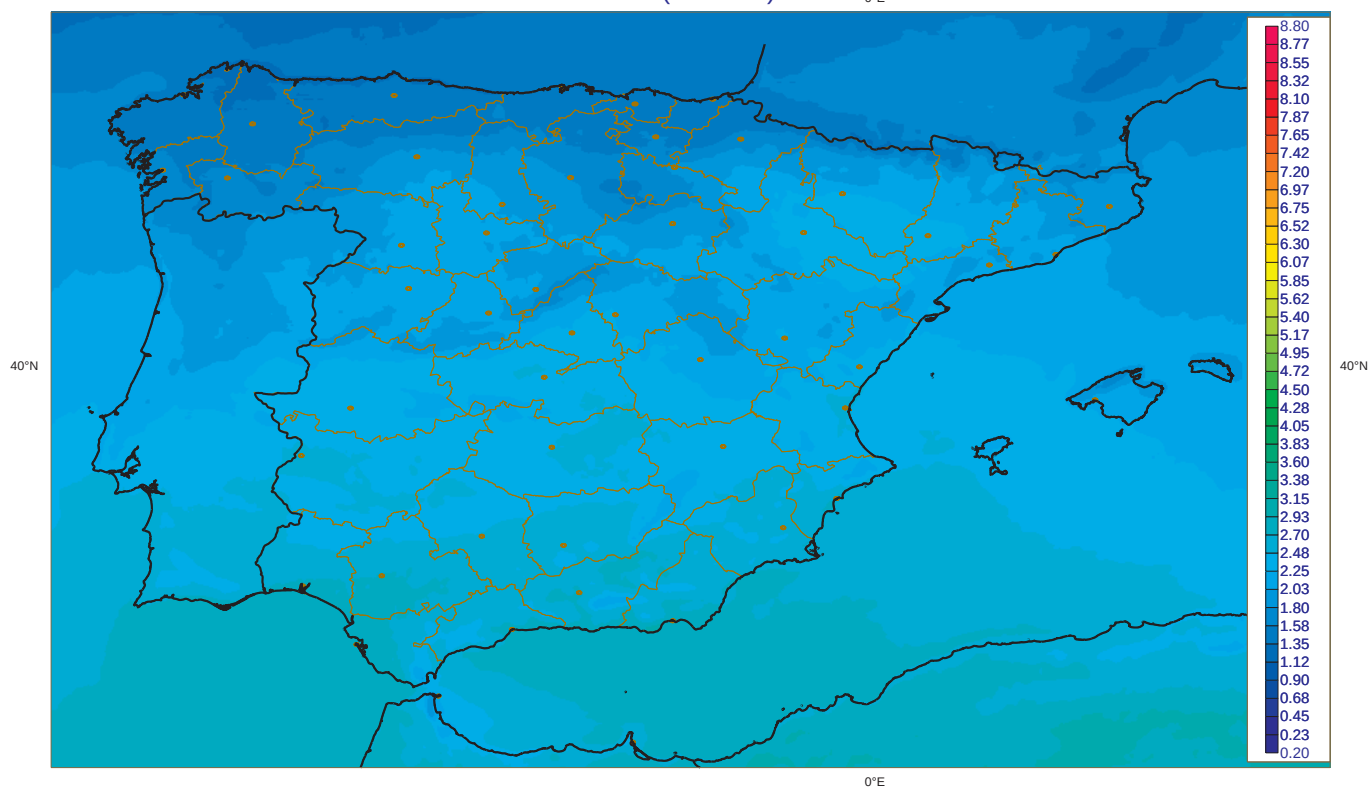
Irradiancia Directa media
 Septiembre [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
 SID (CM-SAF) 0°E



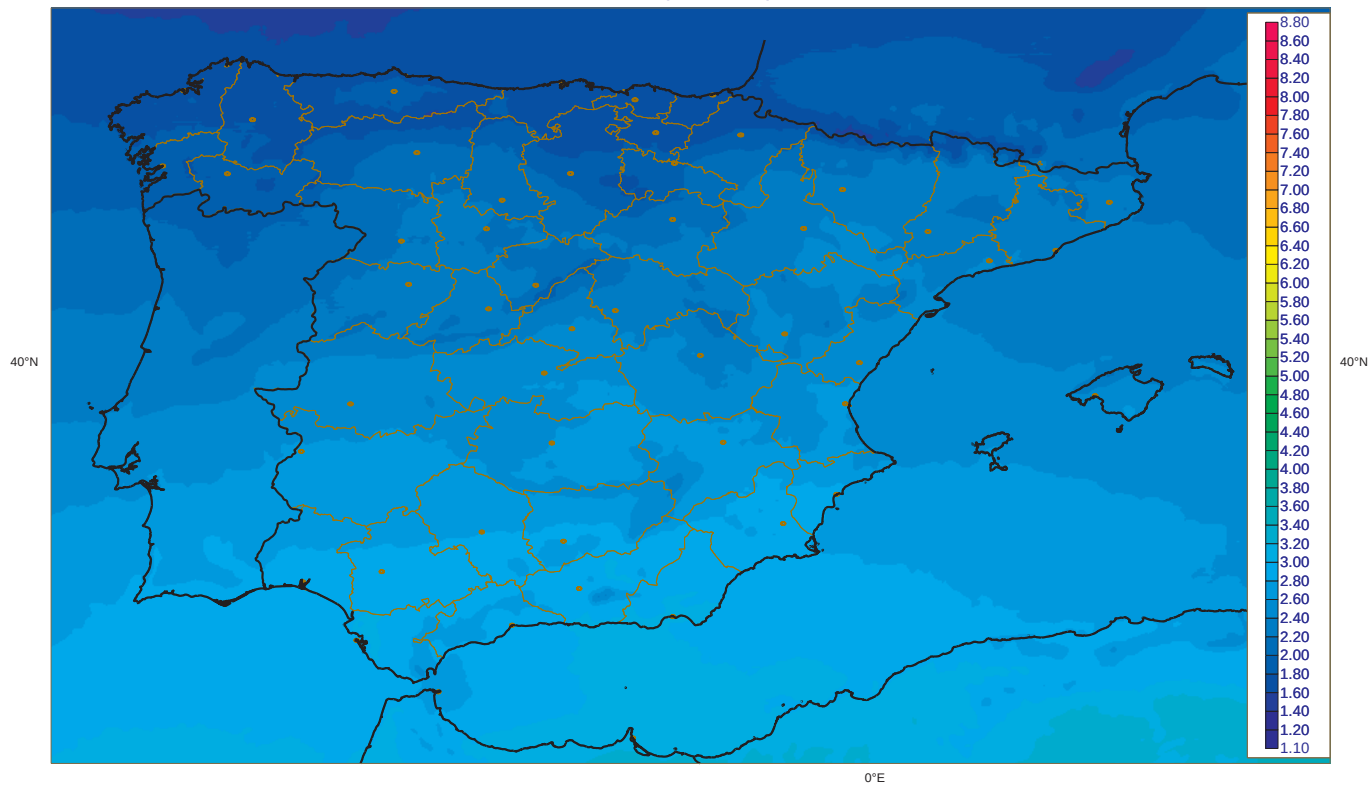
Irradiancia Global media
 Octubre [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
 SIS (CM-SAF) 0°E



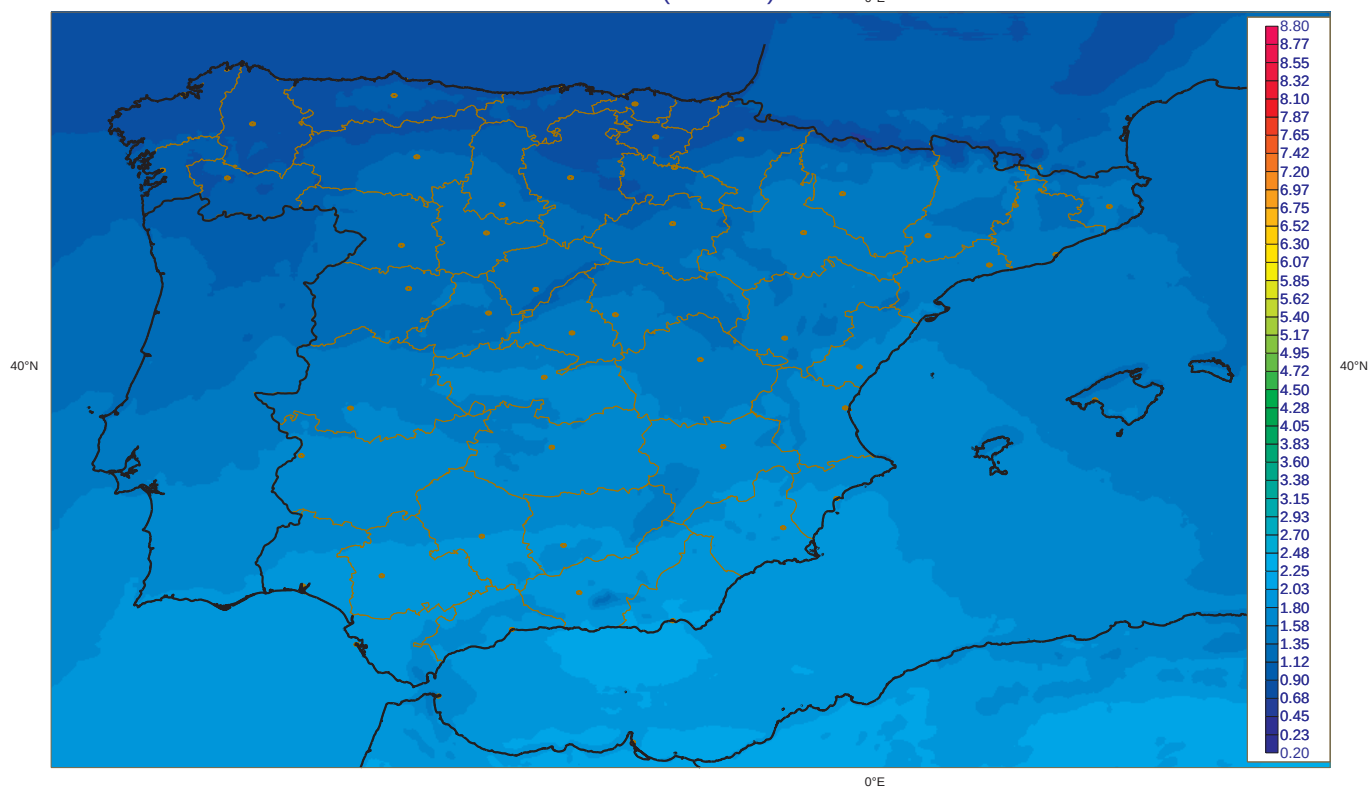
Irradiancia Directa media
 Octubre [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
 SID (CM-SAF) 0°E



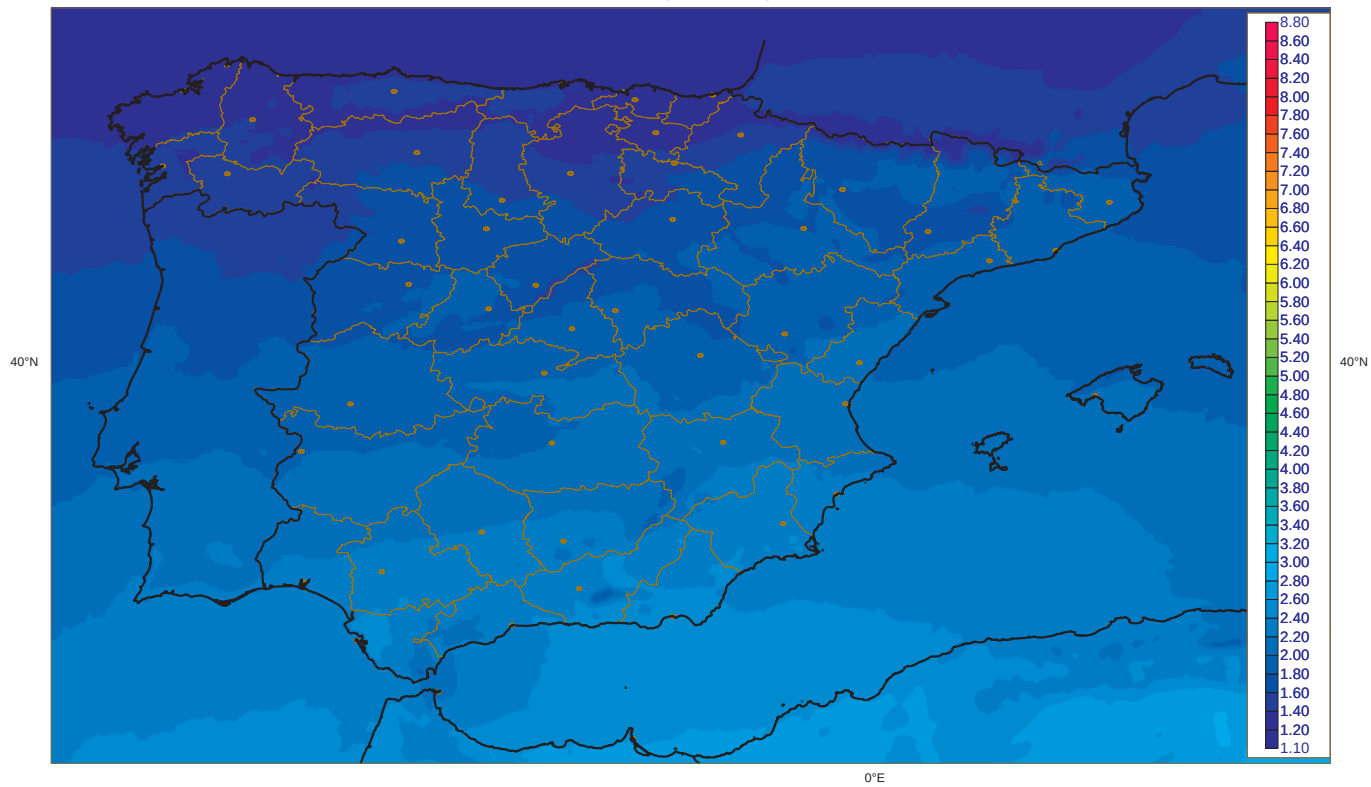
Irradiancia Global media
Noviembre [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



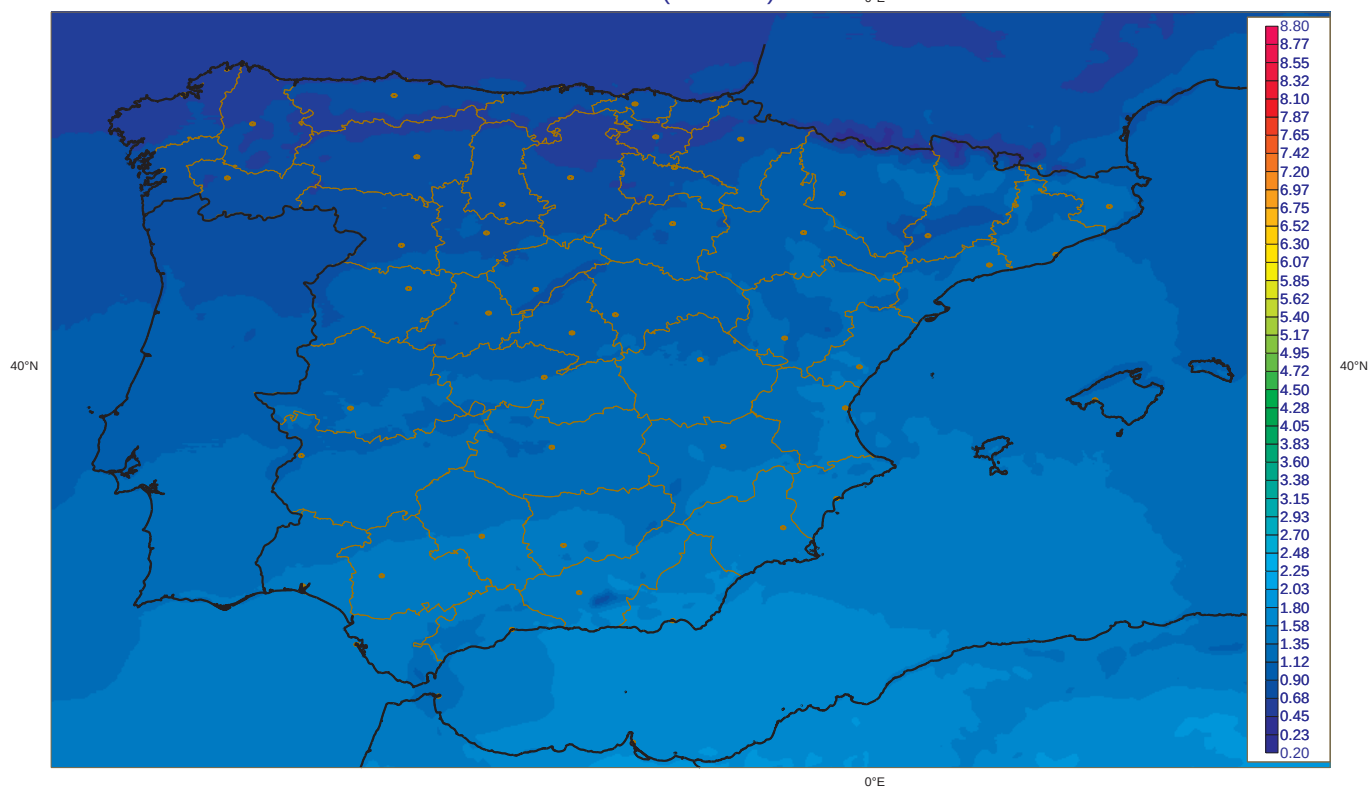
Irradiancia Directa media
Noviembre [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



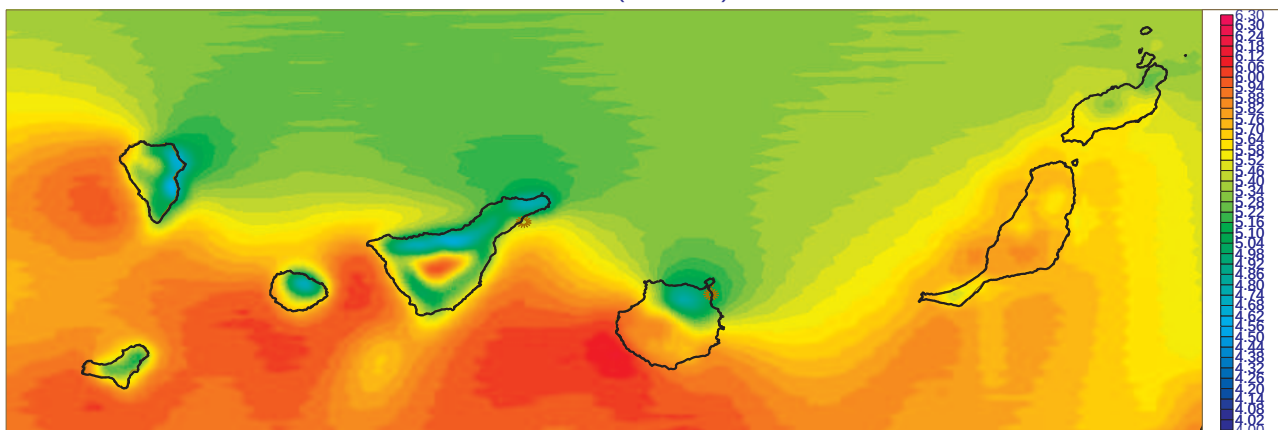
Irradiancia Global media
Diciembre [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



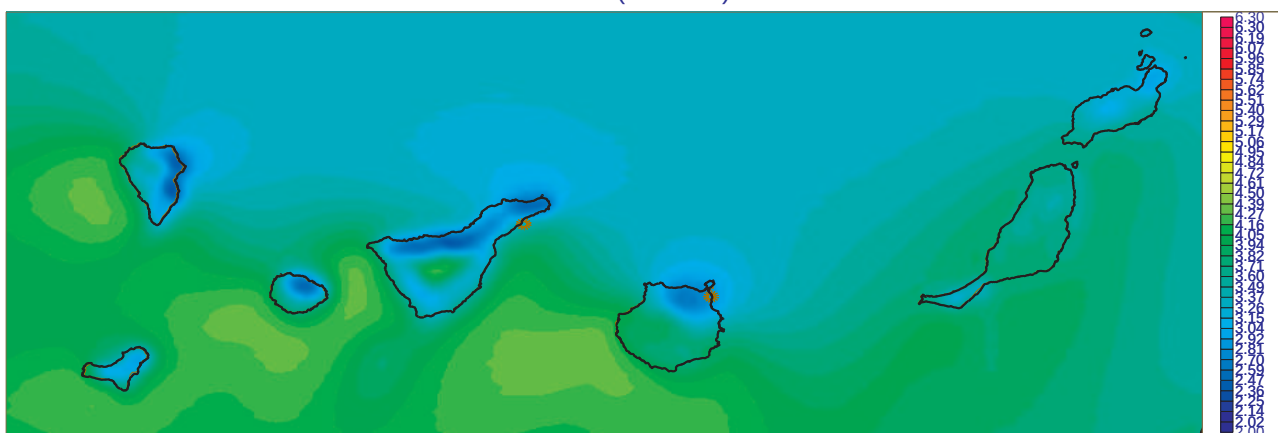
Irradiancia Directa media
Diciembre [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



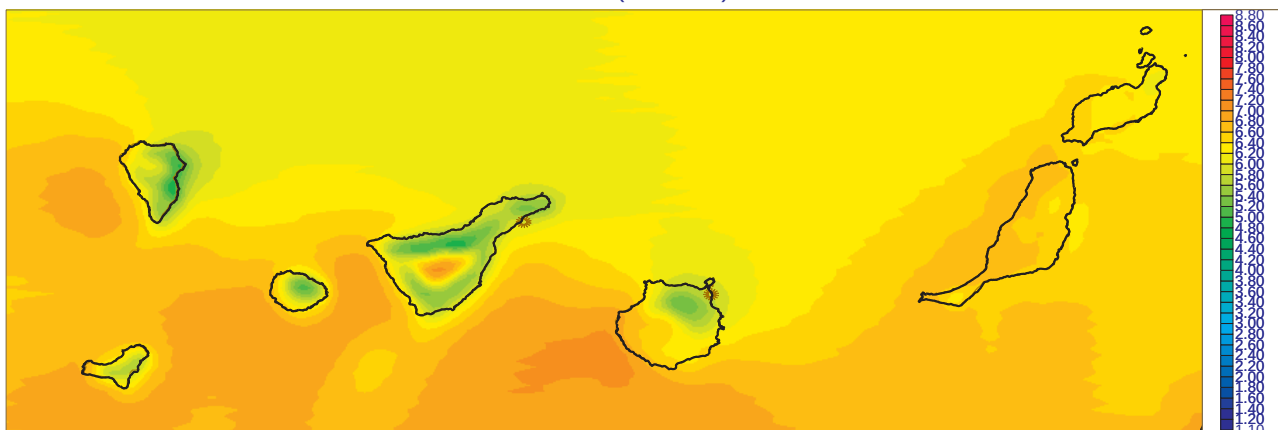
Irradiancia Global media [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



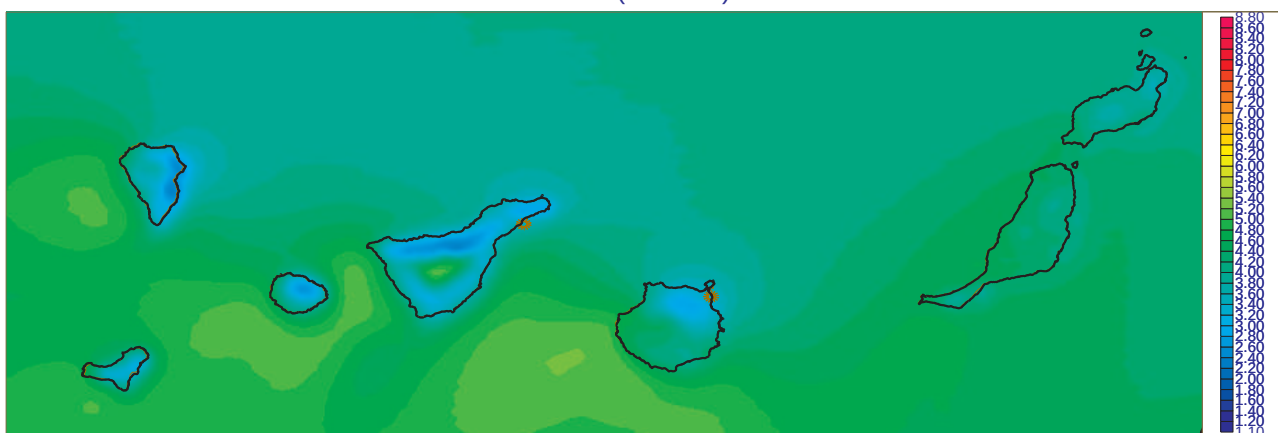
Irradiancia Directa media [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



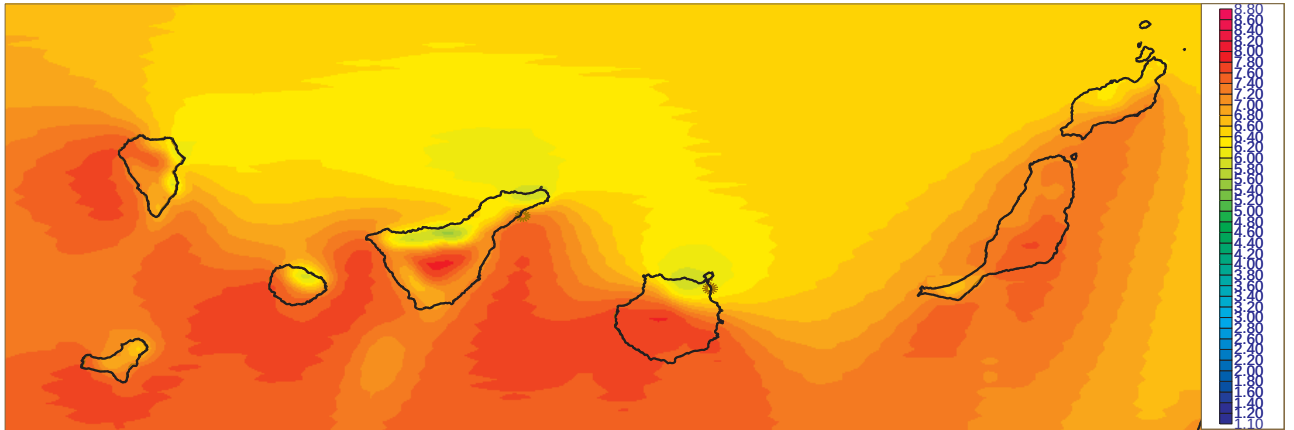
Irradiancia Global media en Primavera (Mar, Abr, May)[1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



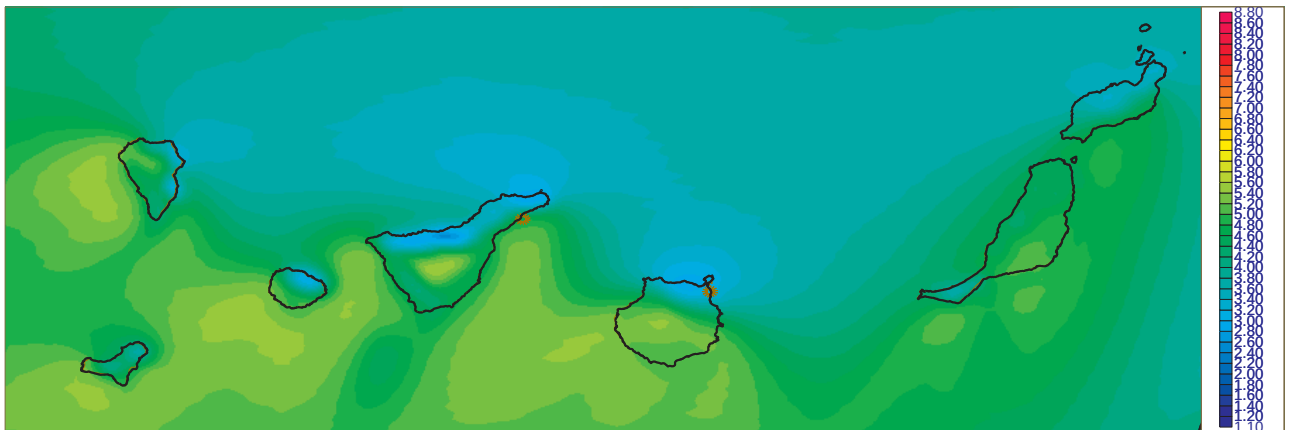
Irradiancia Directa media en Primavera (Mar, Abr, May)[1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



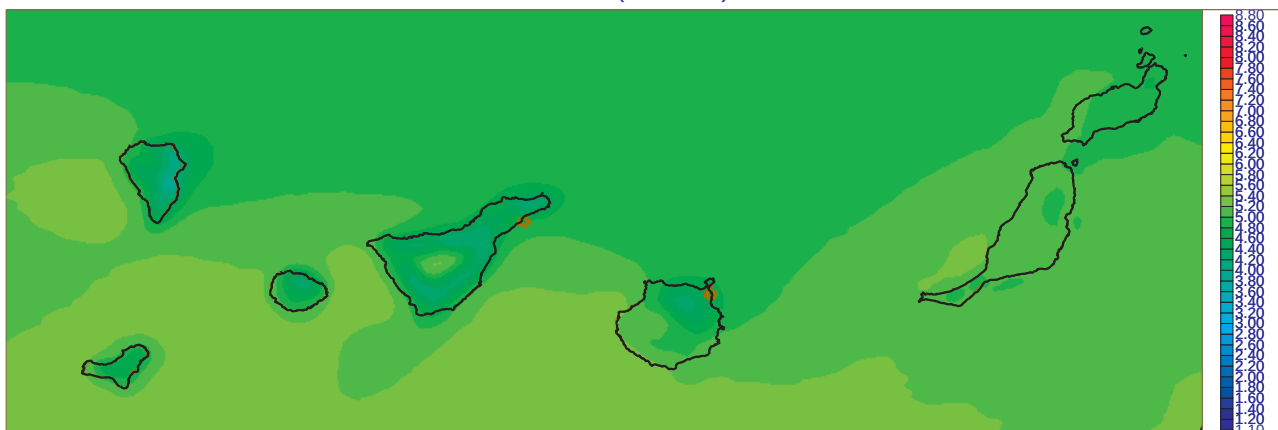
Irradiancia Global media en Verano (Jun, Jul, Ago)[1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



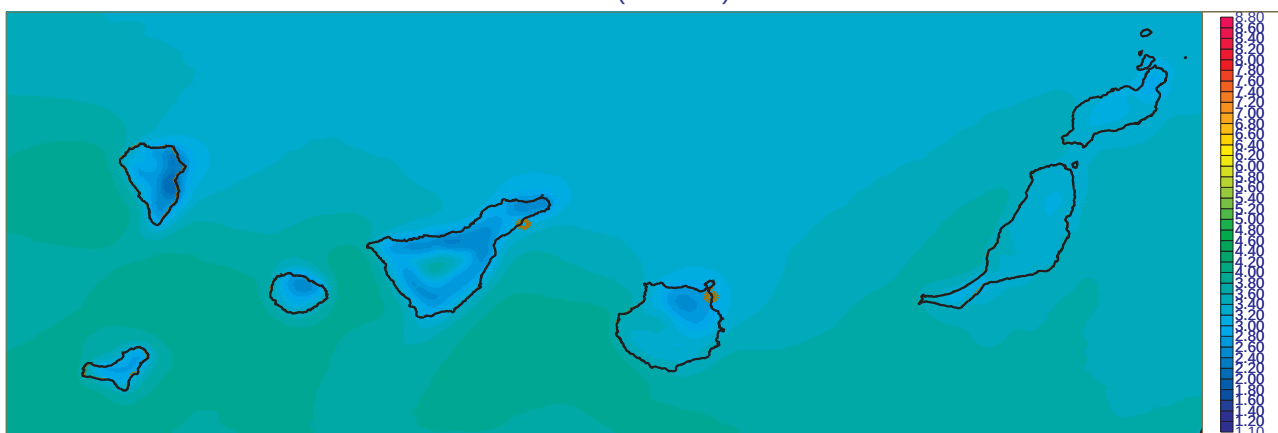
Irradiancia Directa media en Verano (Jun, Jul, Ago)[1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



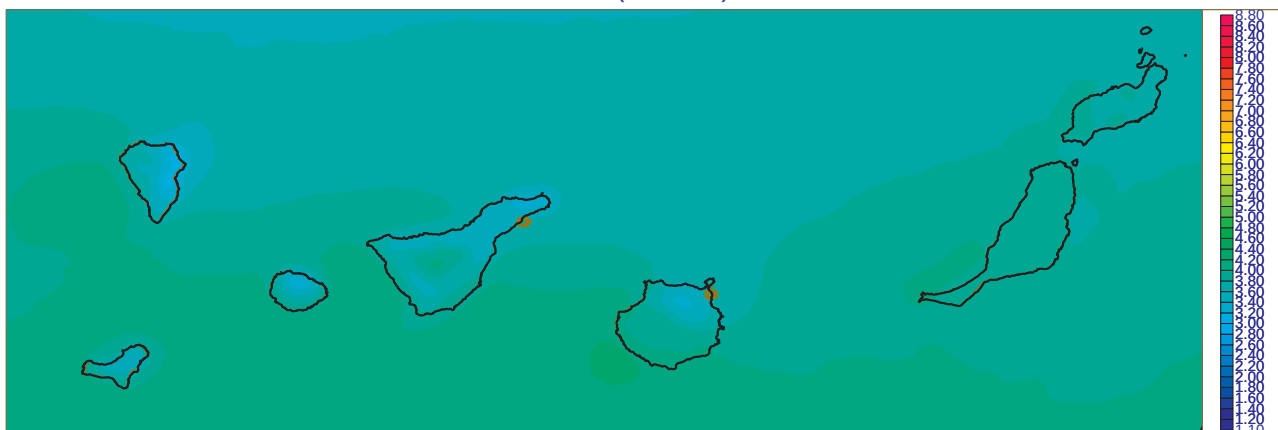
Irradiancia Global media en Otono (Sep, Oct, Nov)[1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



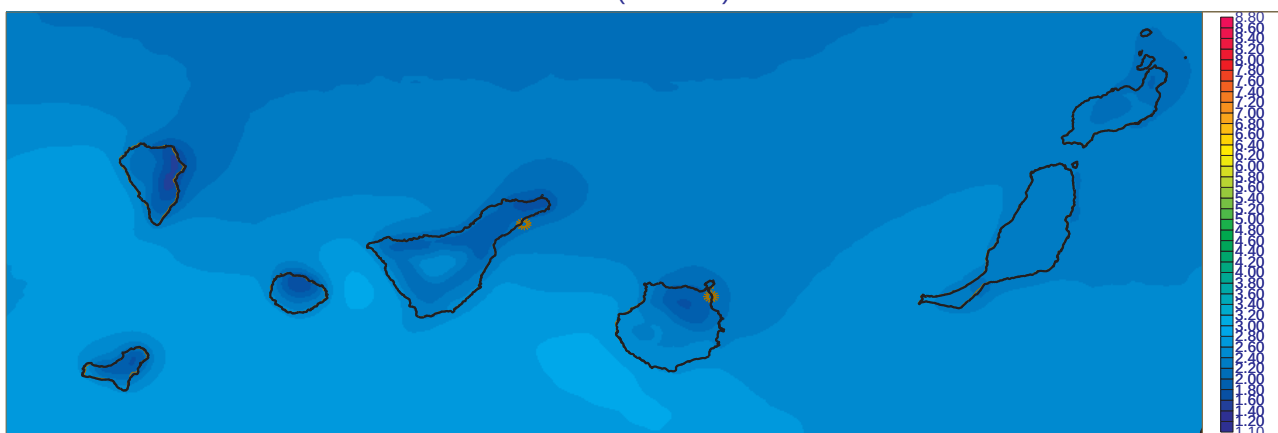
Irradiancia Directa media en Otono (Sep, Oct, Nov)[1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



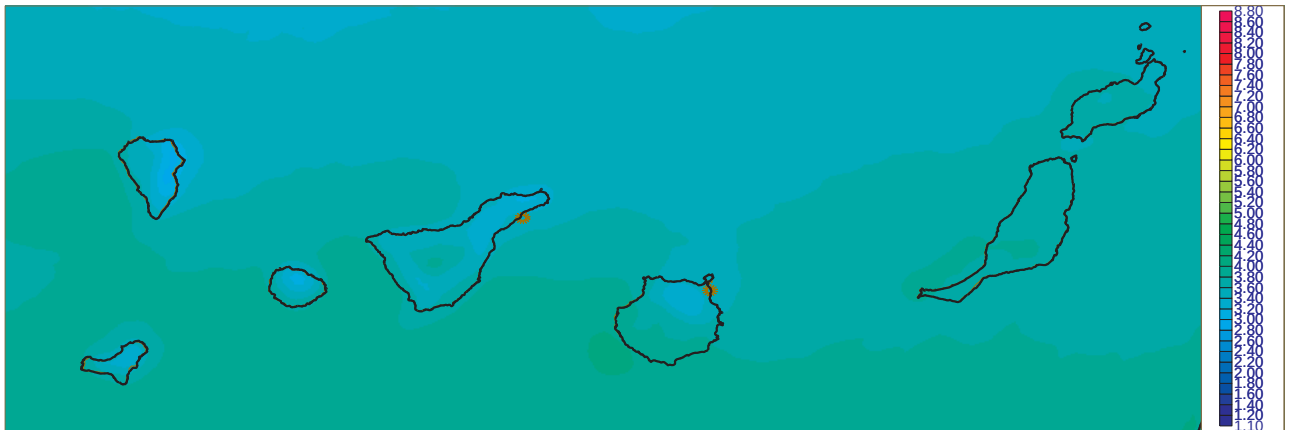
Irradiancia Global media en Invierno (Dic, Ene, Feb)[1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



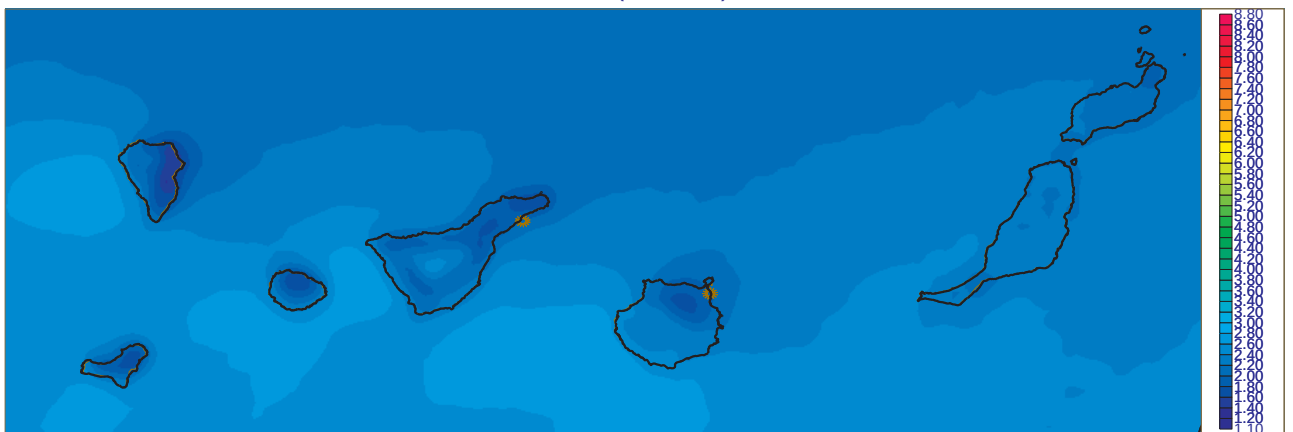
Irradiancia Directa media en Invierno (Dic, Ene, Feb)[1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



Irradiancia Global media
Enero [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



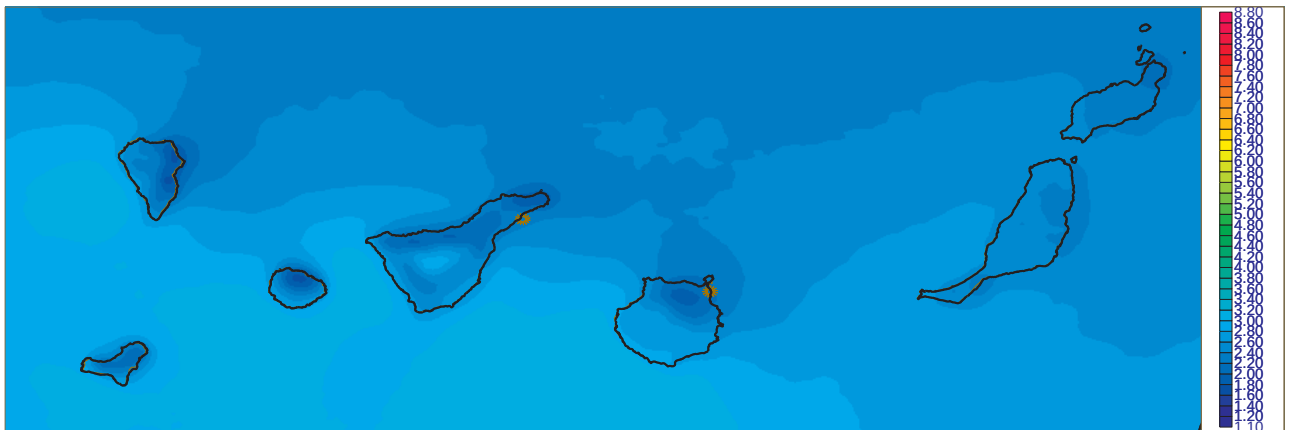
Irradiancia Directa media
Enero [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



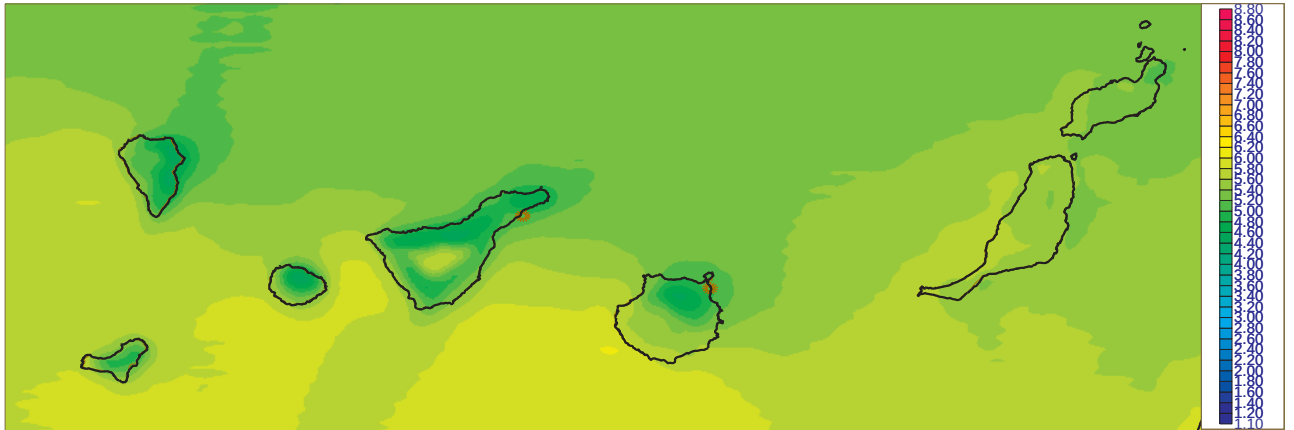
Irradiancia Global media
Febrero [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



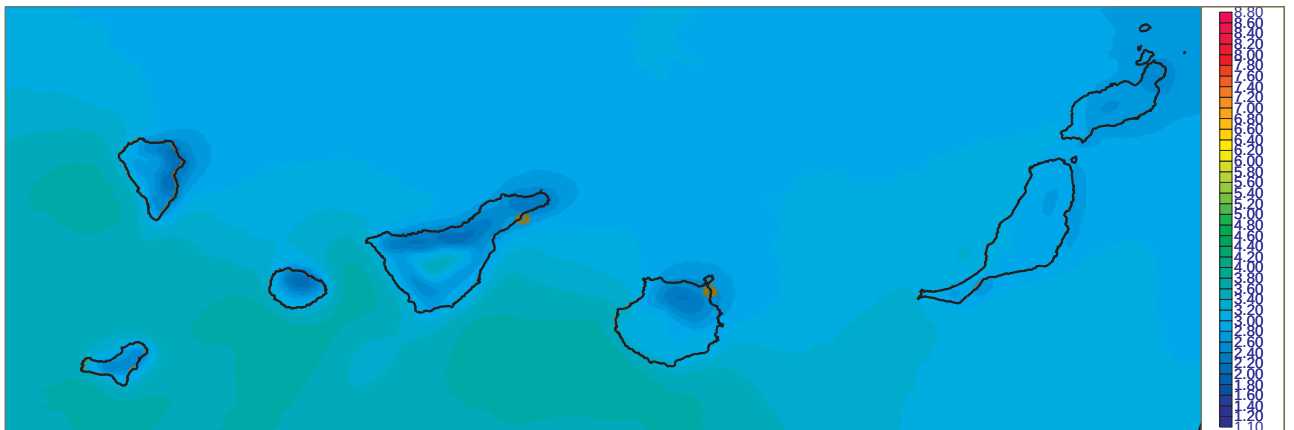
Irradiancia Directa media
Febrero [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



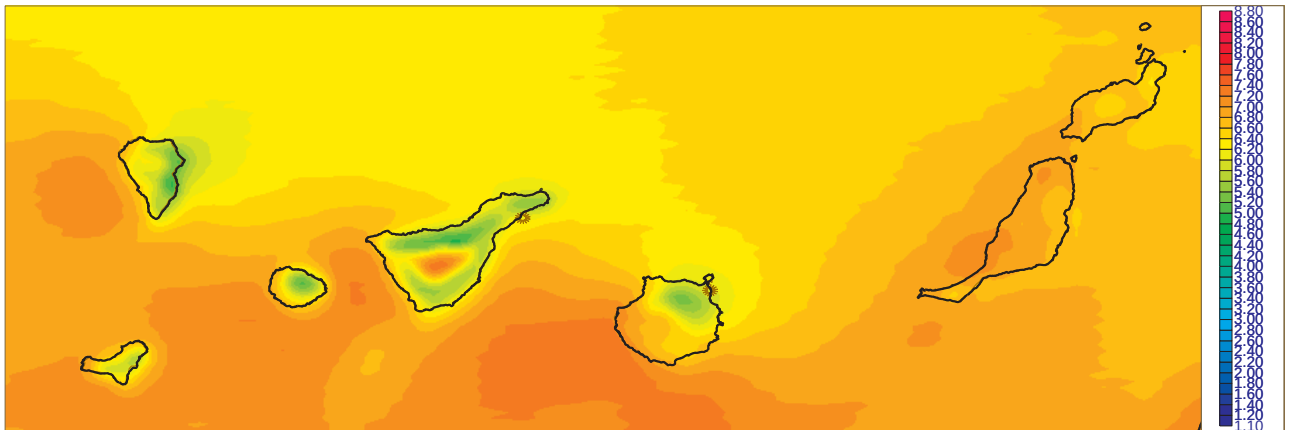
Irradiancia Global media
Marzo [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



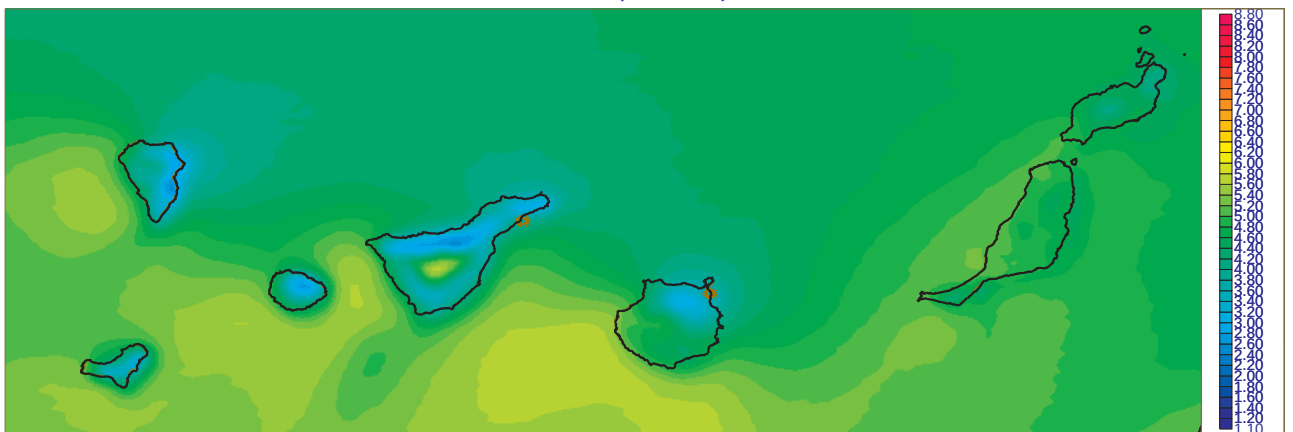
Irradiancia Directa media
Marzo [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



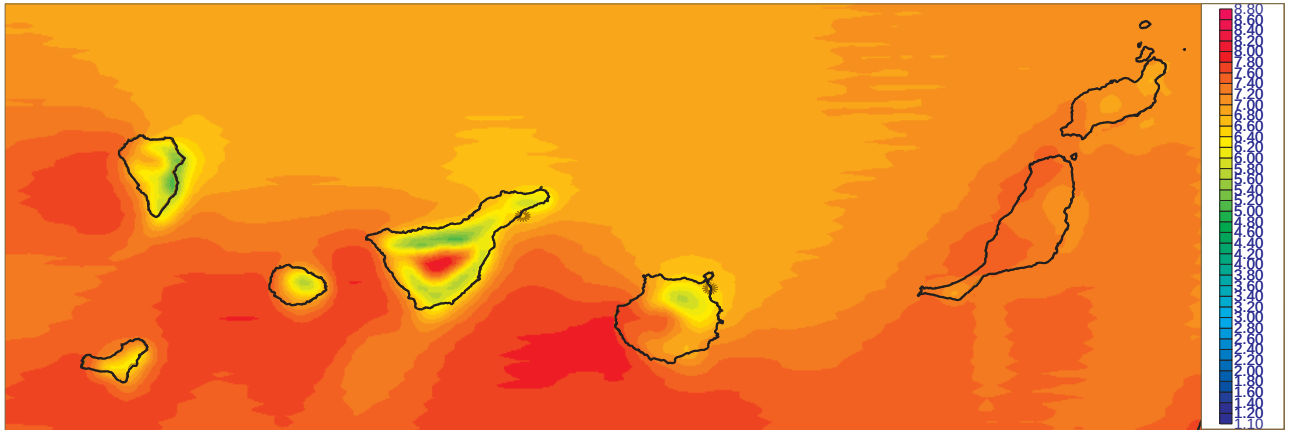
Irradiancia Global media
Abril [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



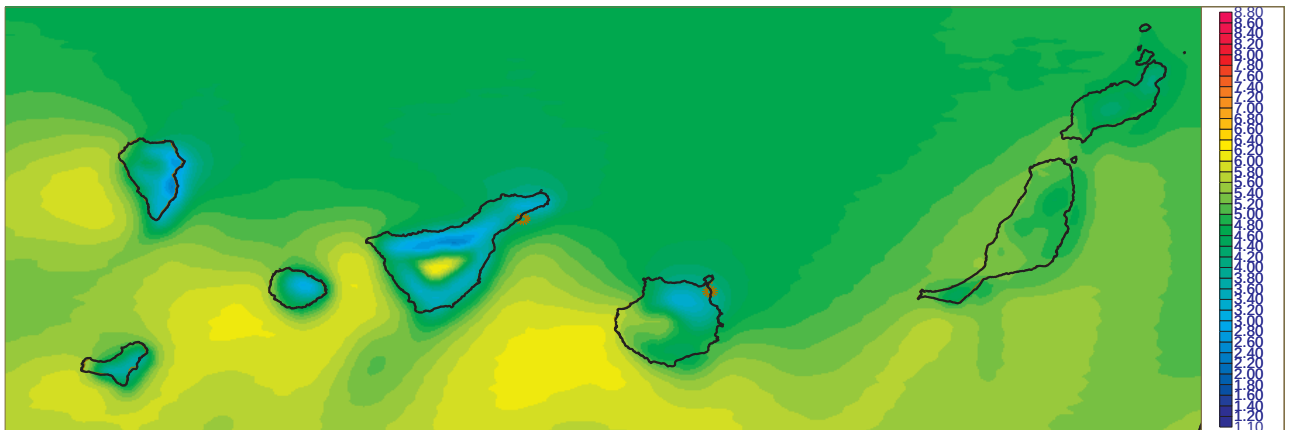
Irradiancia Directa media
Abril [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



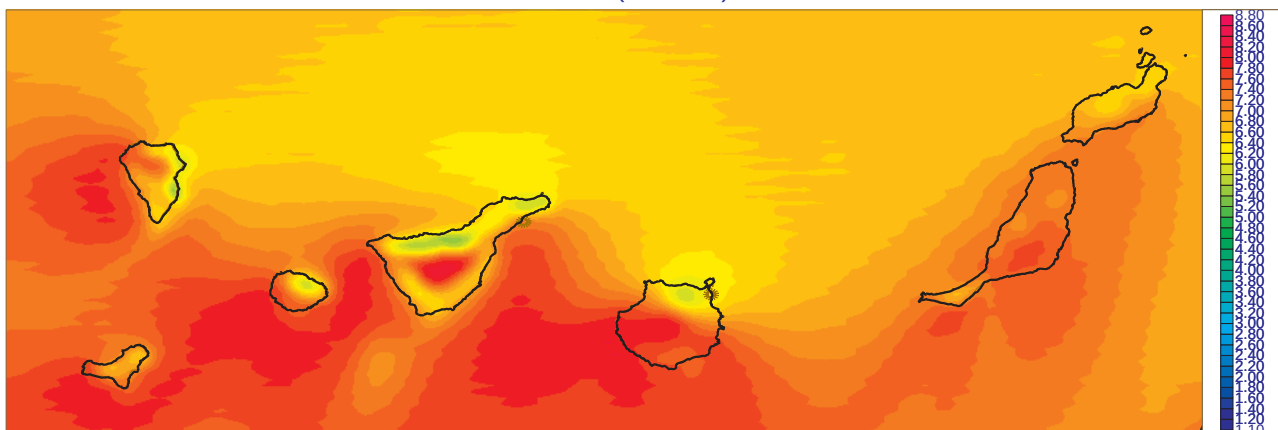
Irradiancia Global media
Mayo [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



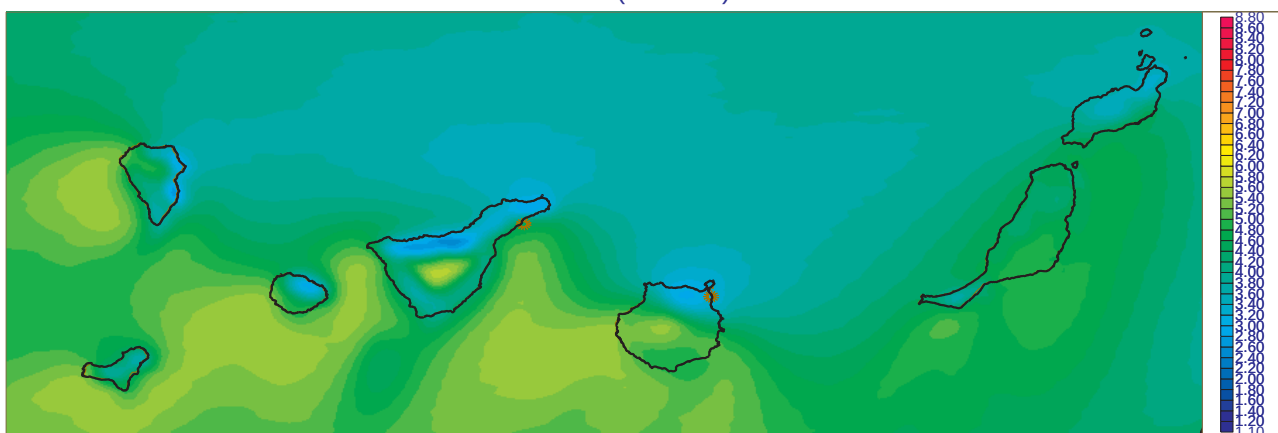
Irradiancia Directa media
Mayo [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



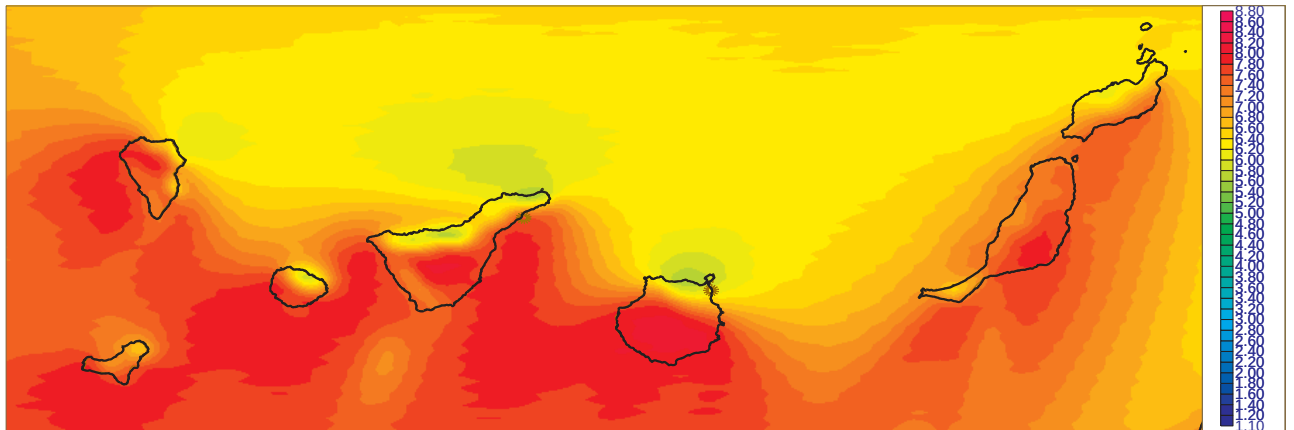
Irradiancia Global media
Junio [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



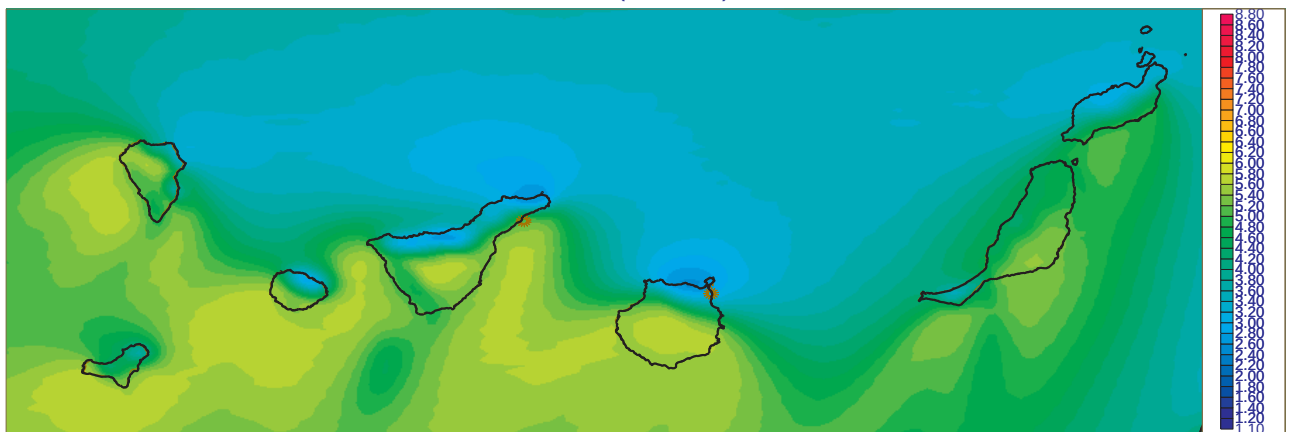
Irradiancia Directa media
Junio [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



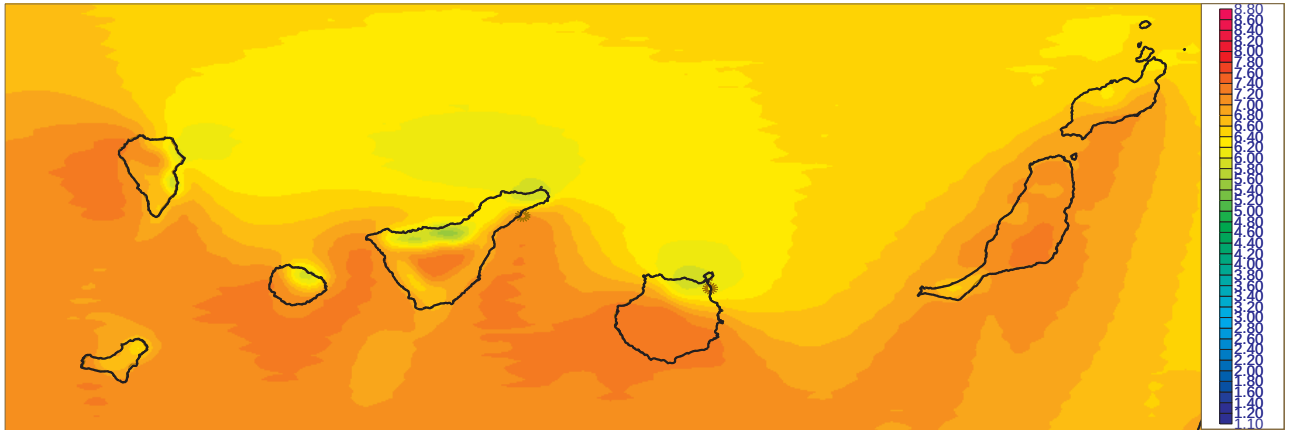
Irradiancia Global media
Julio [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



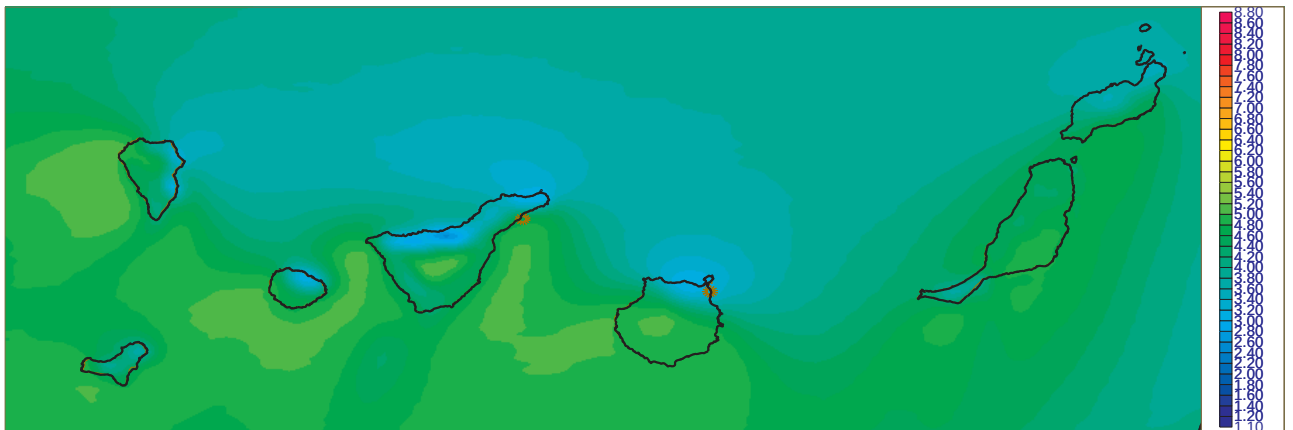
Irradiancia Directa media
Julio [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



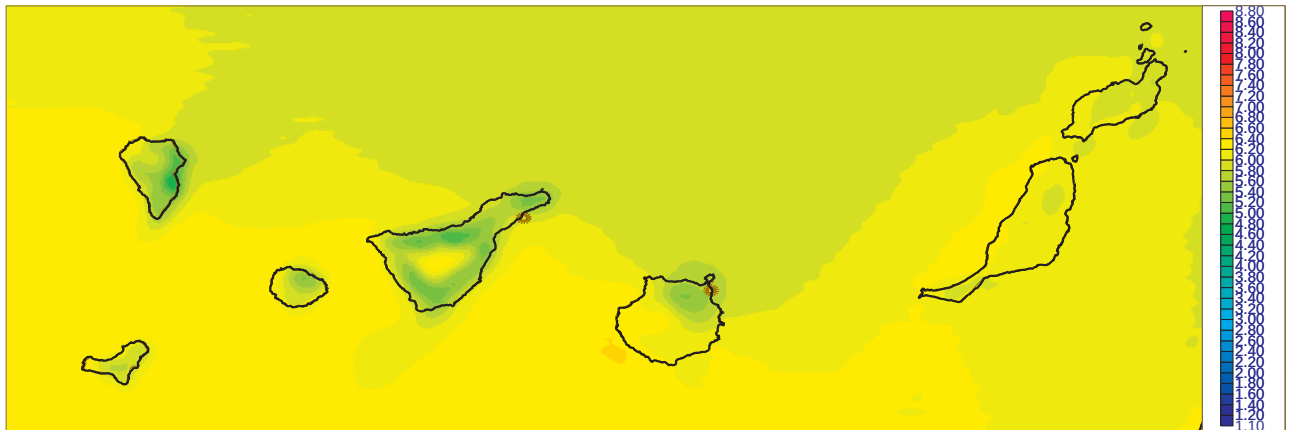
Irradiancia Global media
Agosto [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



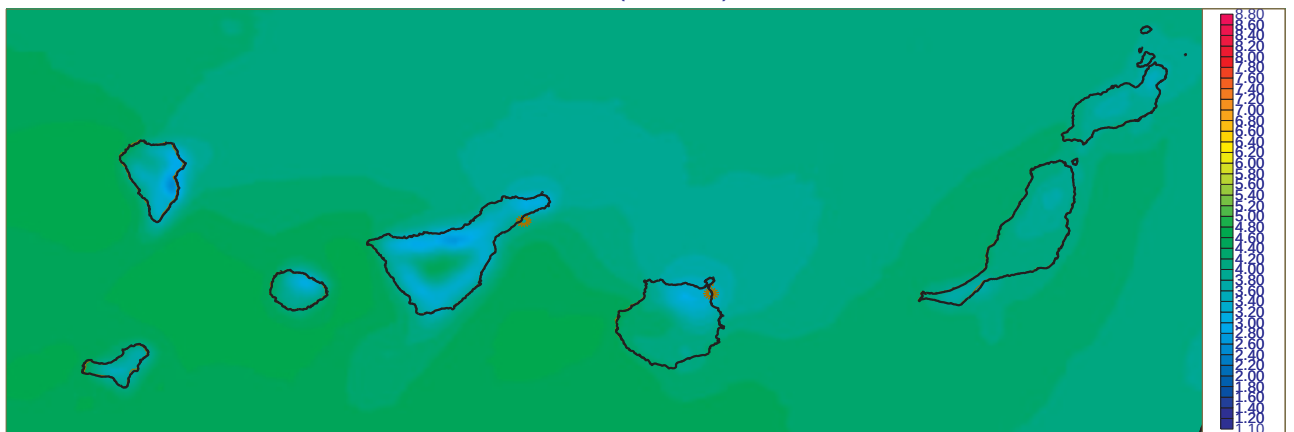
Irradiancia Directa media
Agosto [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



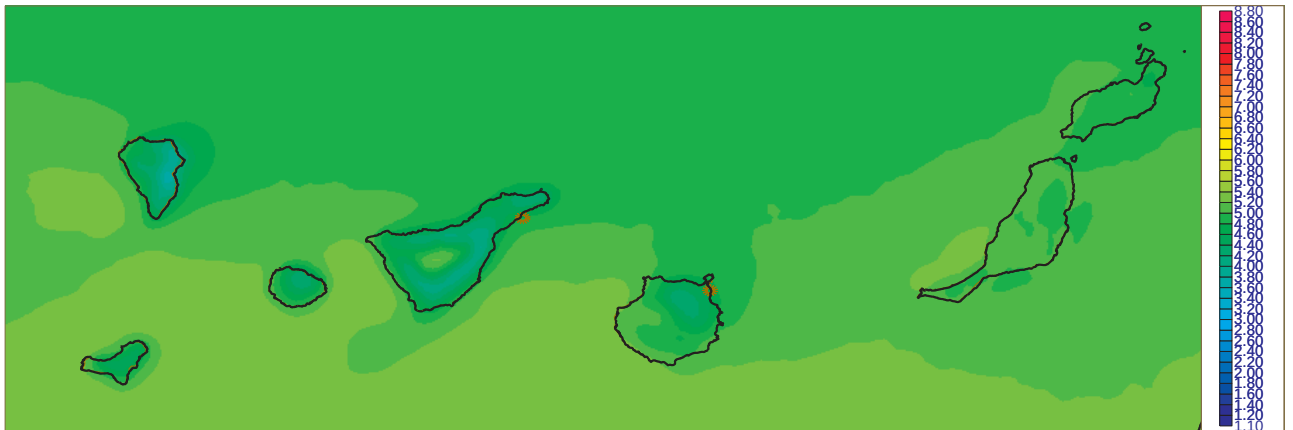
Irradiancia Global media
Septiembre [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



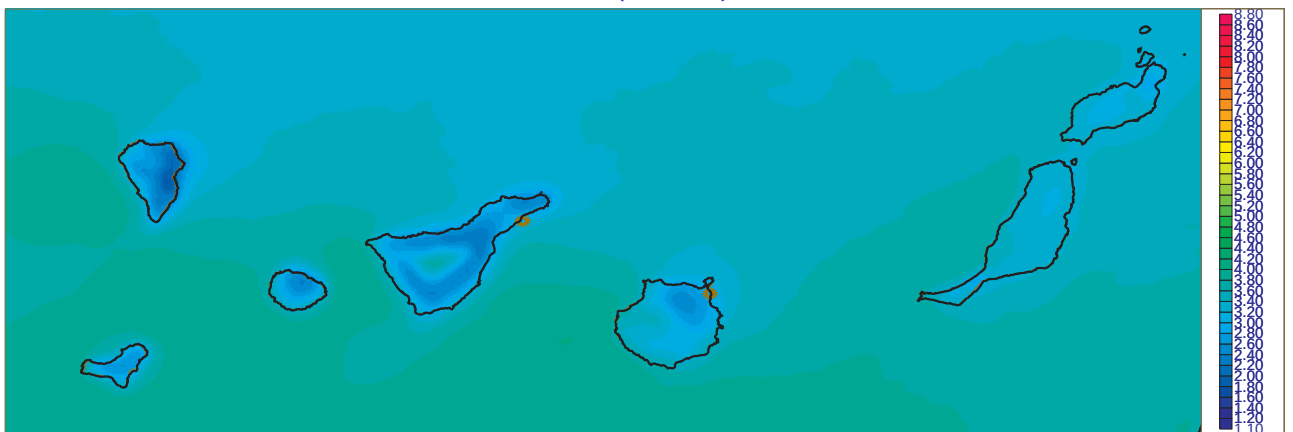
Irradiancia Directa media
Septiembre [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



Irradiancia Global media
Octubre [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



Irradiancia Directa media
Octubre [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



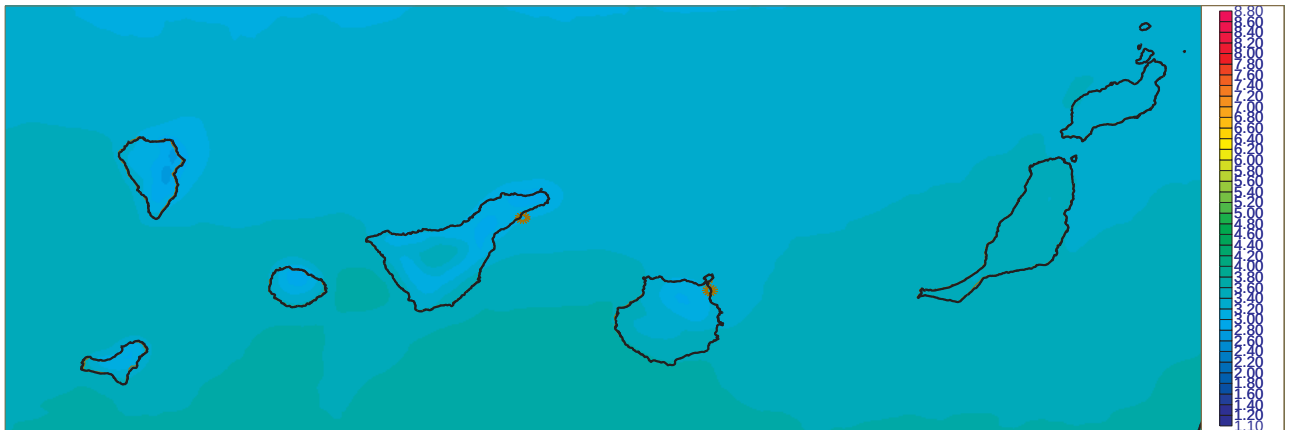
Irradiancia Global media
Noviembre [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



Irradiancia Directa media
Noviembre [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



Irradiancia Global media
Diciembre [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



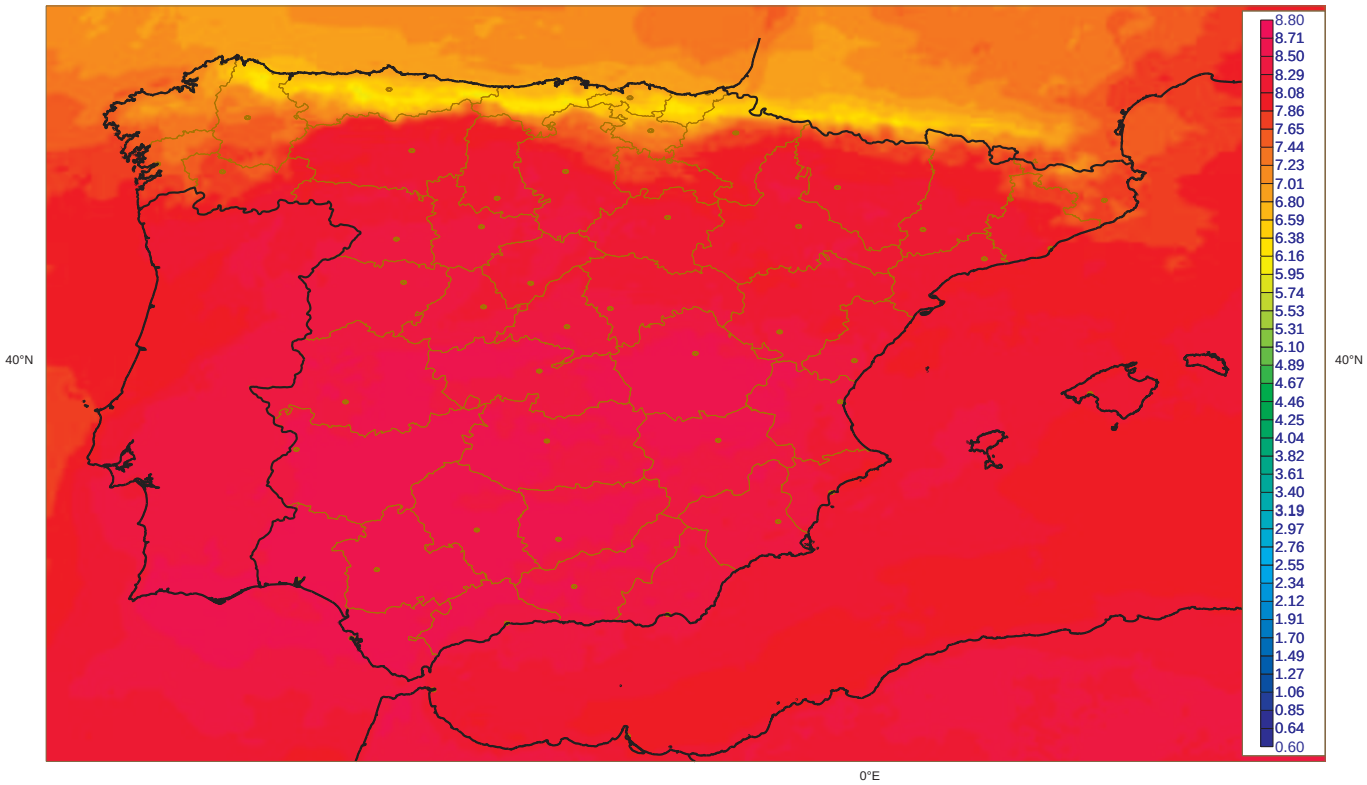
Irradiancia Directa media
Diciembre [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SID (CM-SAF)



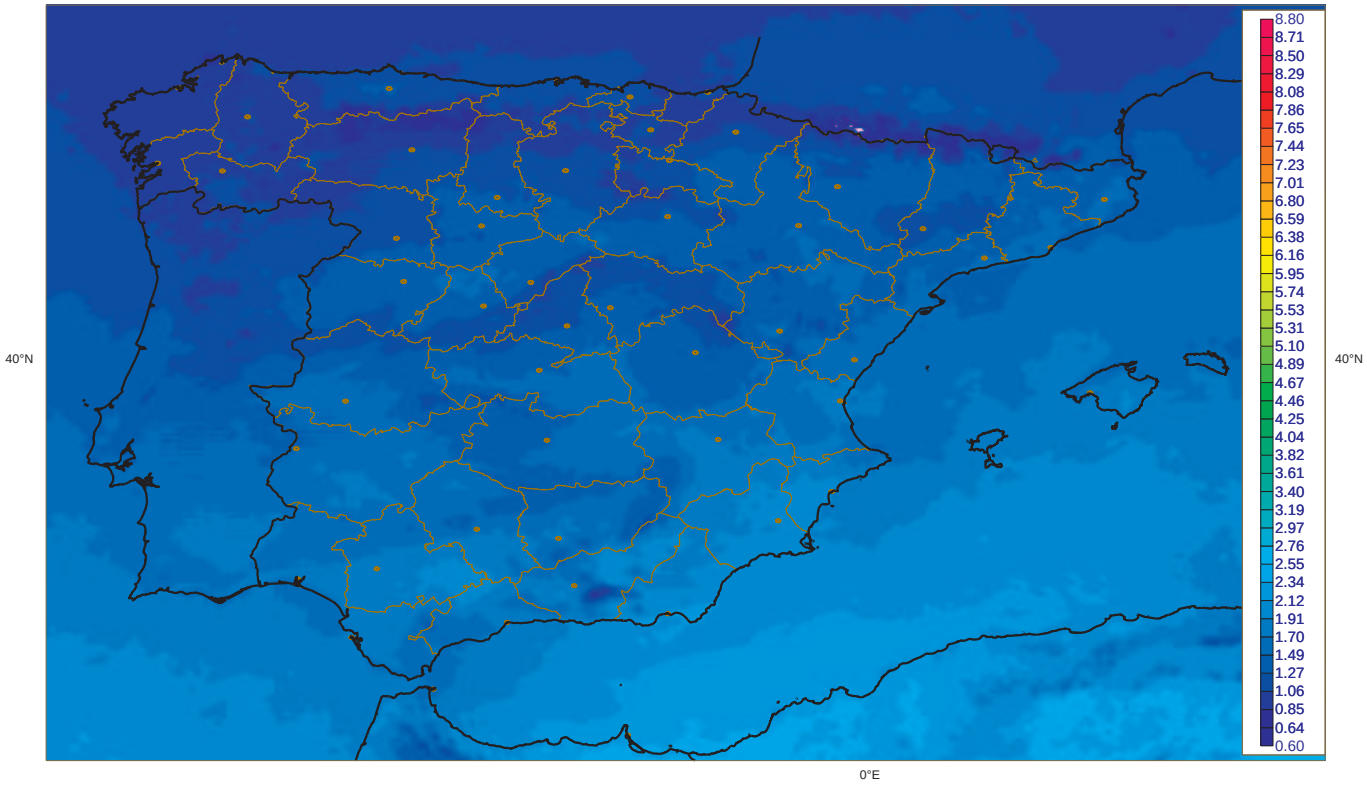
3.2. Variabilidad en los campos de Irradiancia Global y Directa

Los siguientes mapas de valores maximos y mínimos de SIS, están compuestos por los valores máximos (mínimos) de los promedios mensuales diarios para cada mes y para todo el período indicado en cada pixel. Tambien se muestra el mapa de desviación estandar que indica la variabilidad interanual del SIS o en cada punto.

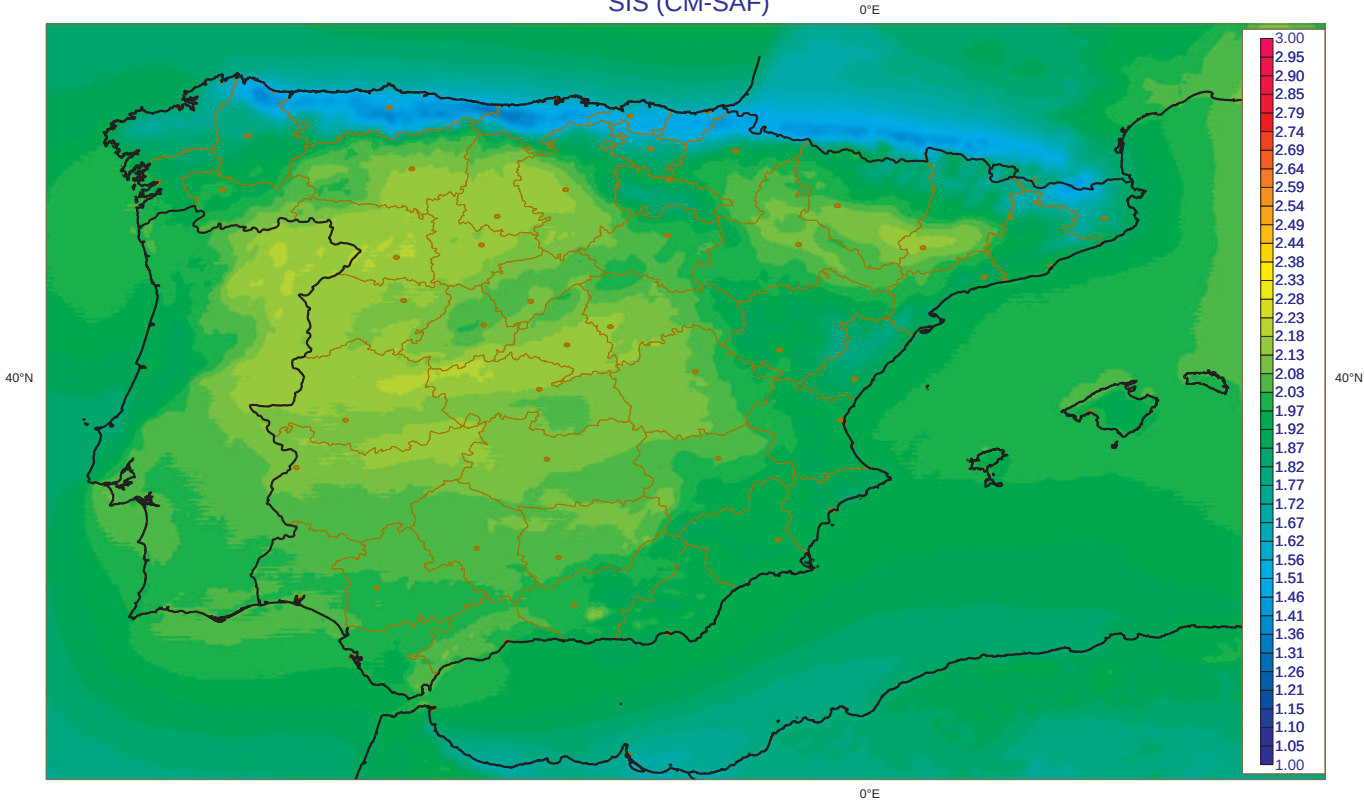
Irradiancia Global : Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



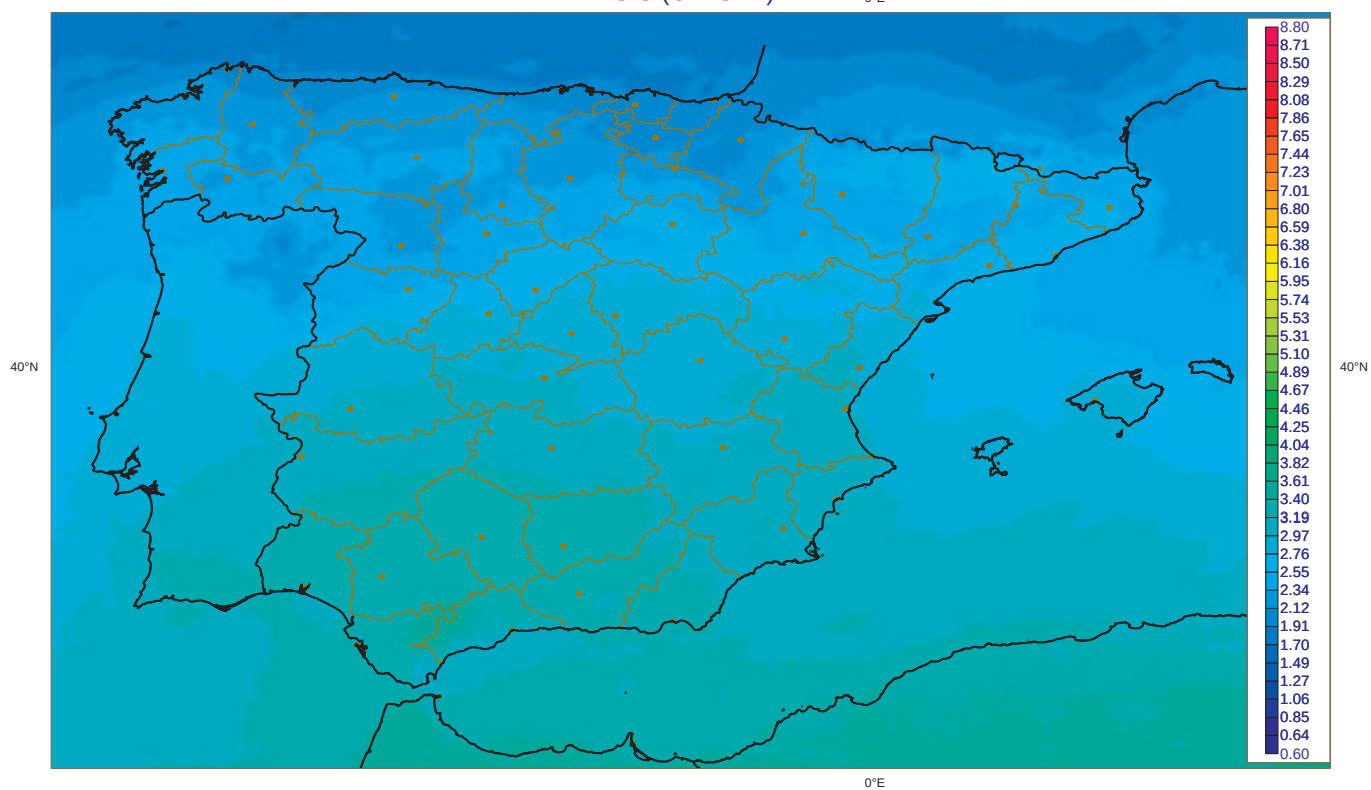
Irradiancia Global : Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



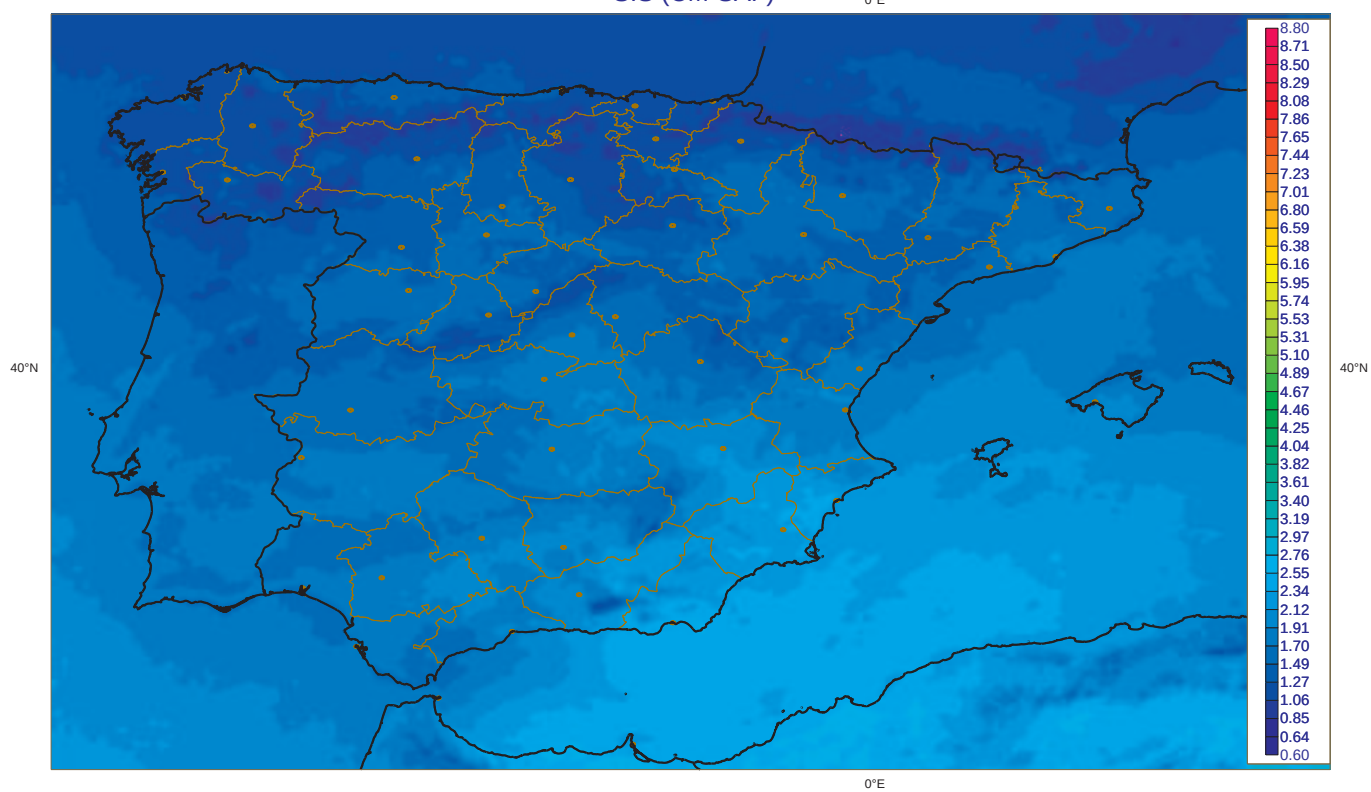
Irradiancia Global : Variabilidad Interanual (Desv. Estandar) [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



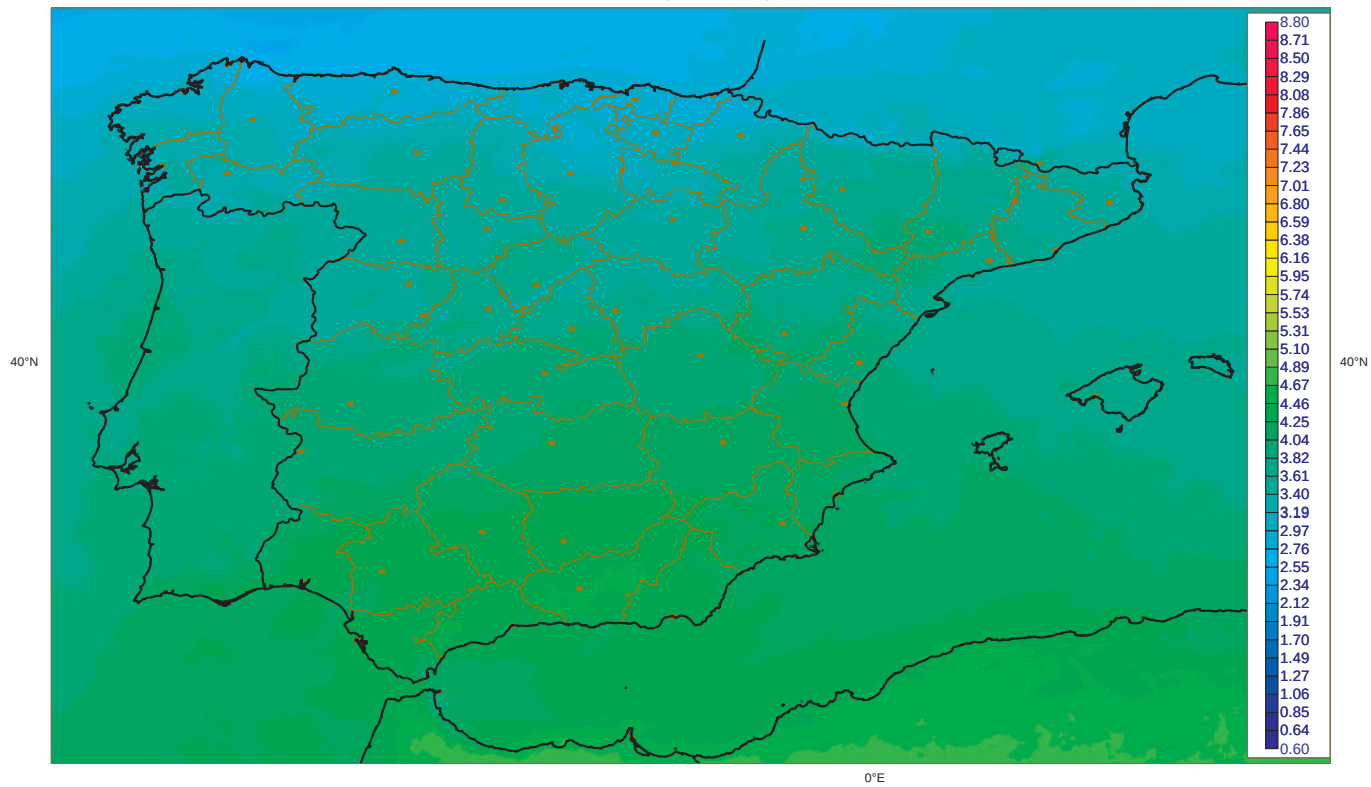
Irradiancia Global
 Enero: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
 SIS (CM-SAF)



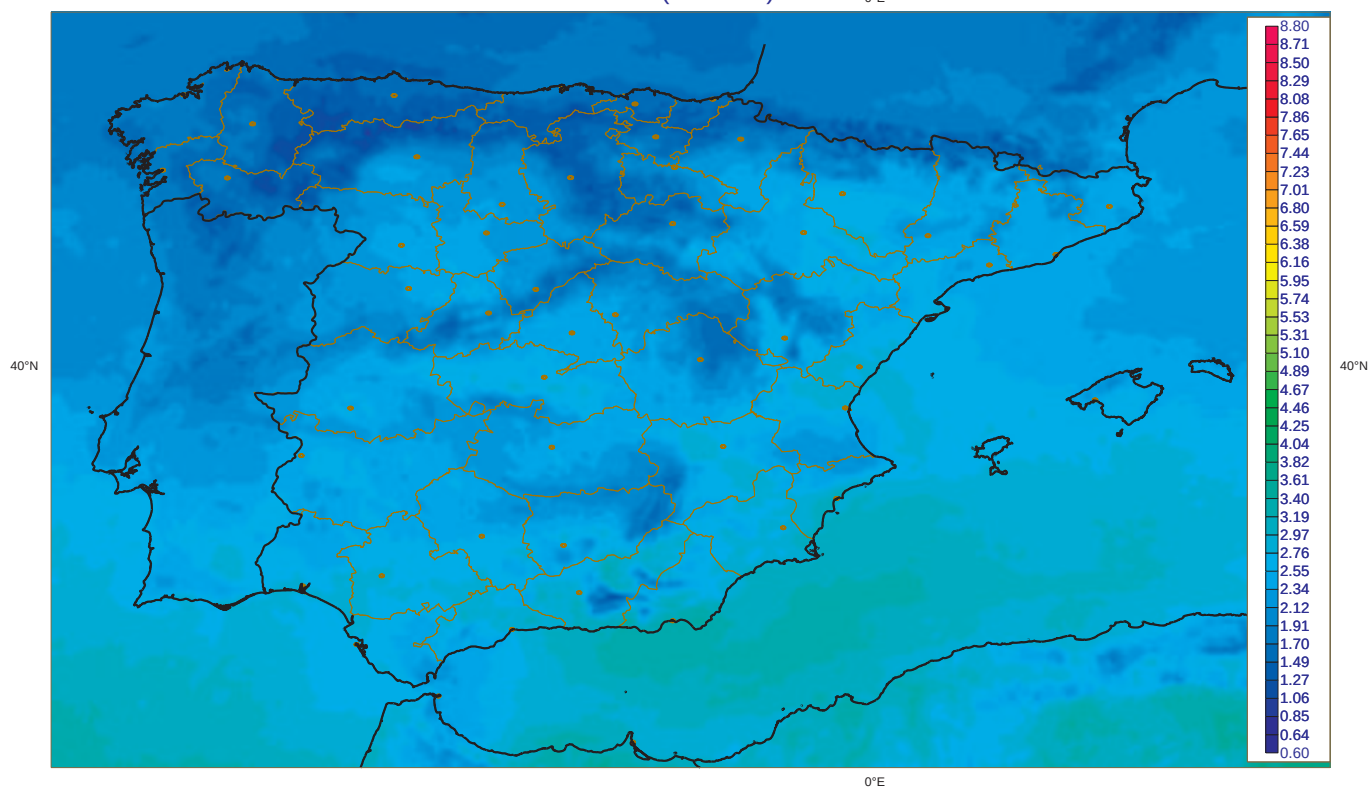
Irradiancia Global
 Enero: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
 SIS (CM-SAF)



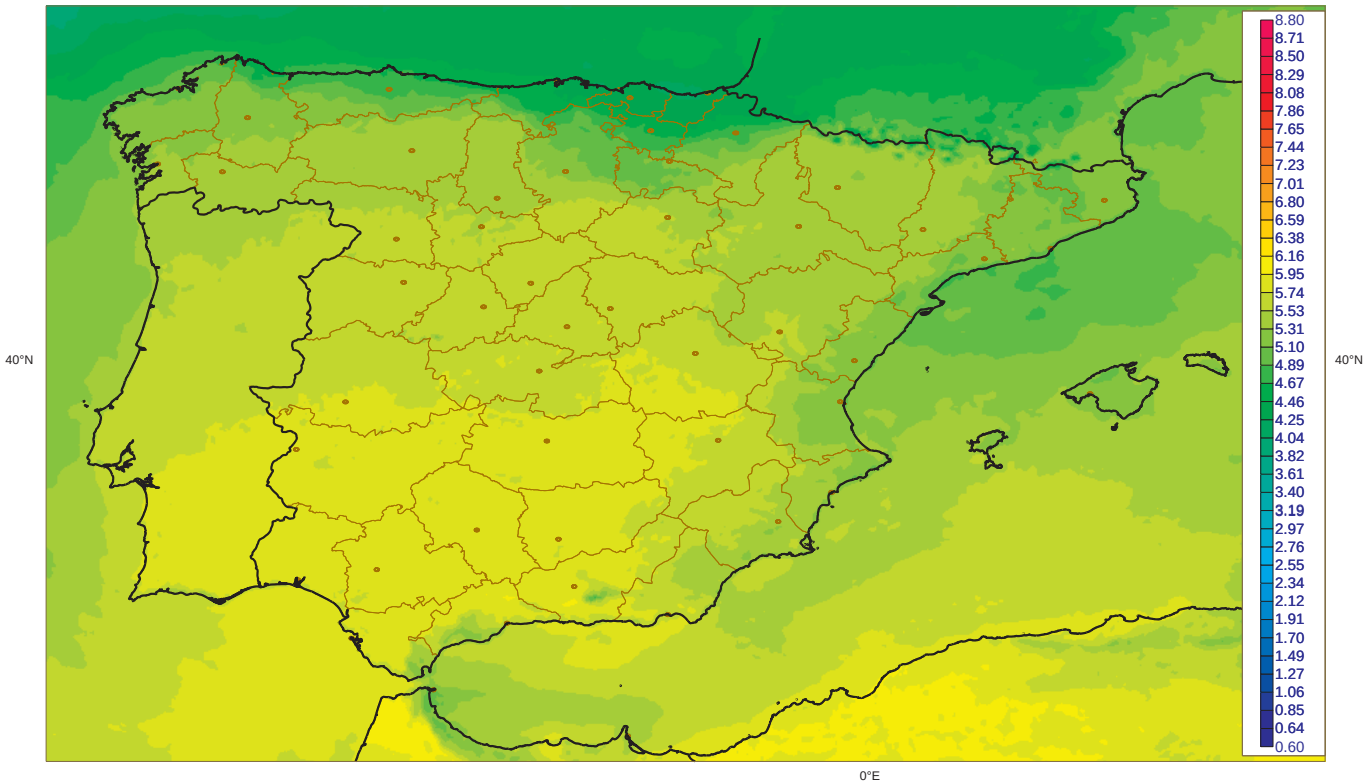
Irradiancia Global
Febrero: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



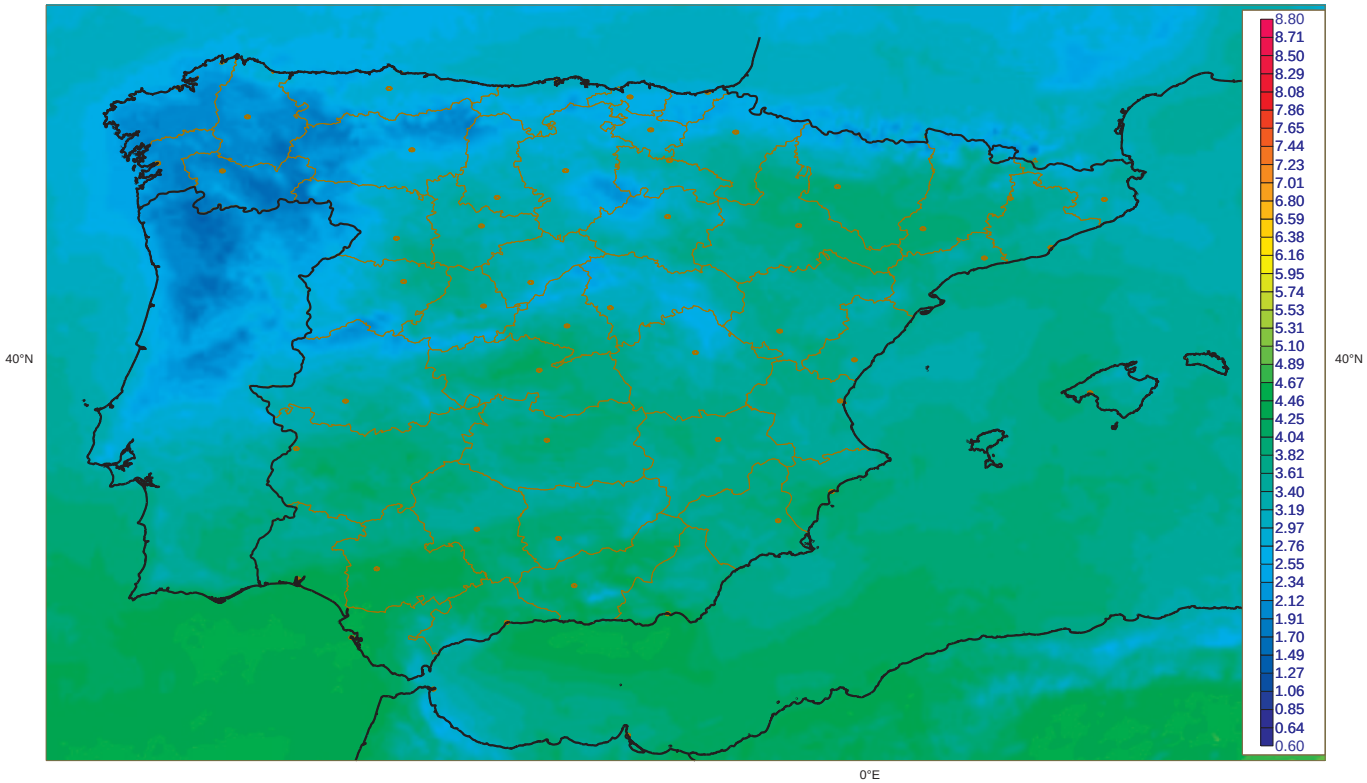
Irradiancia Global
Febrero: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



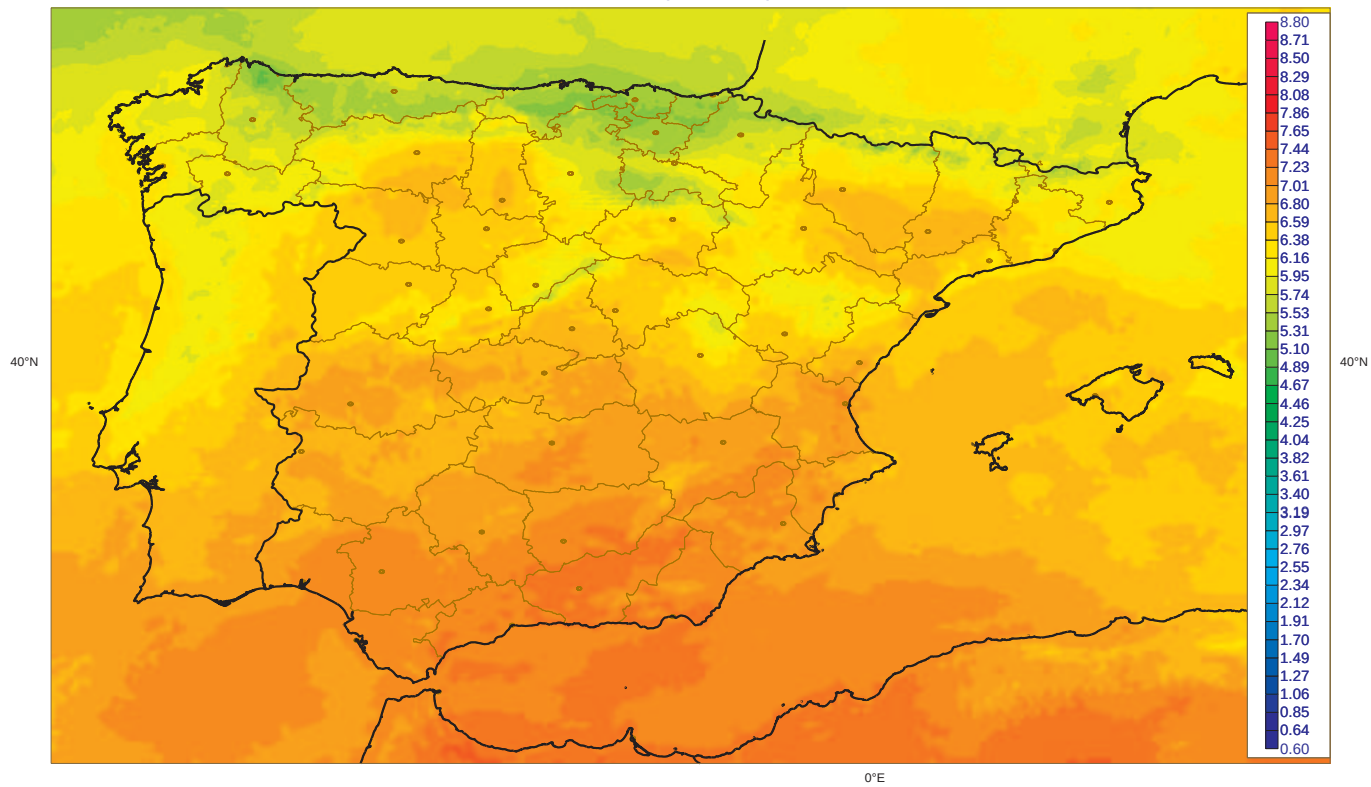
Irradiancia Global
Marzo: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



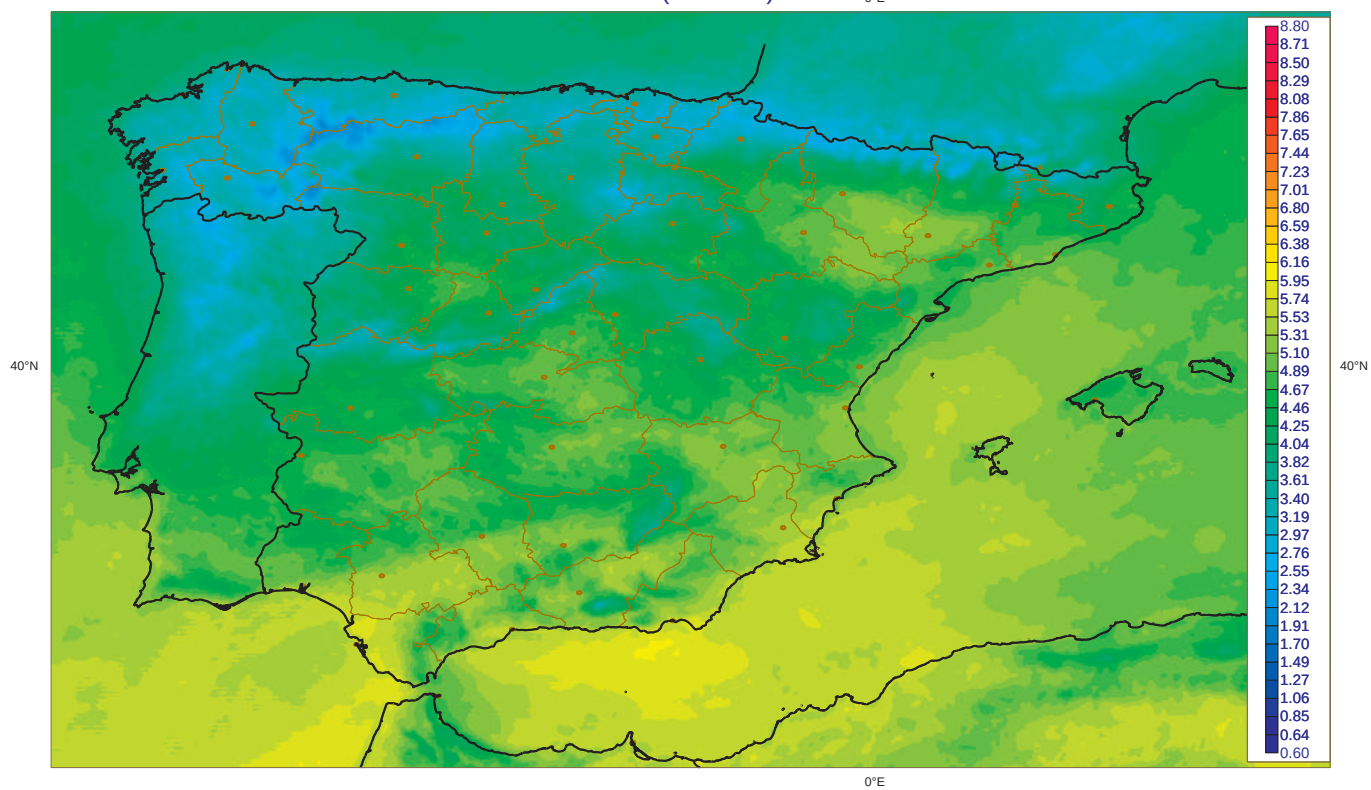
Irradiancia Global
Marzo: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



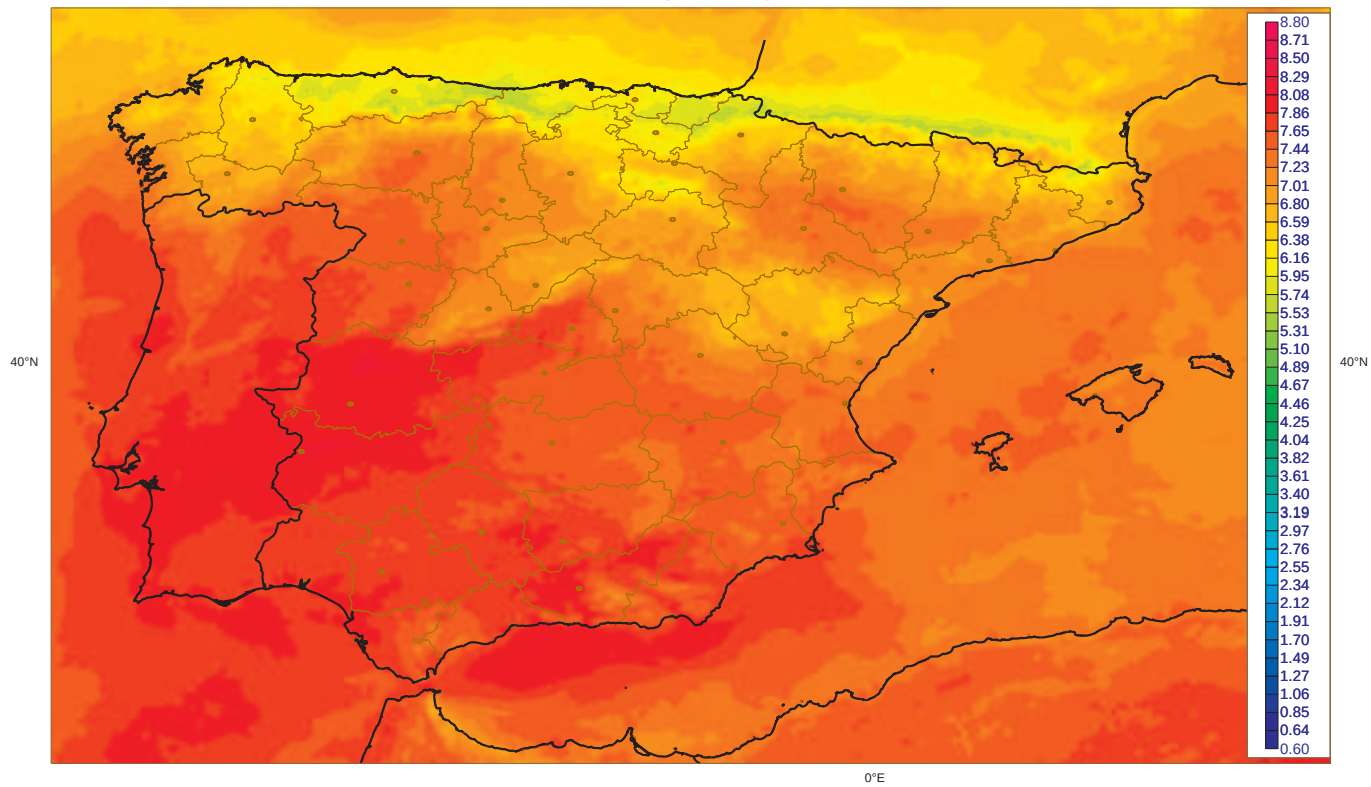
Irradiancia Global
Abril: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



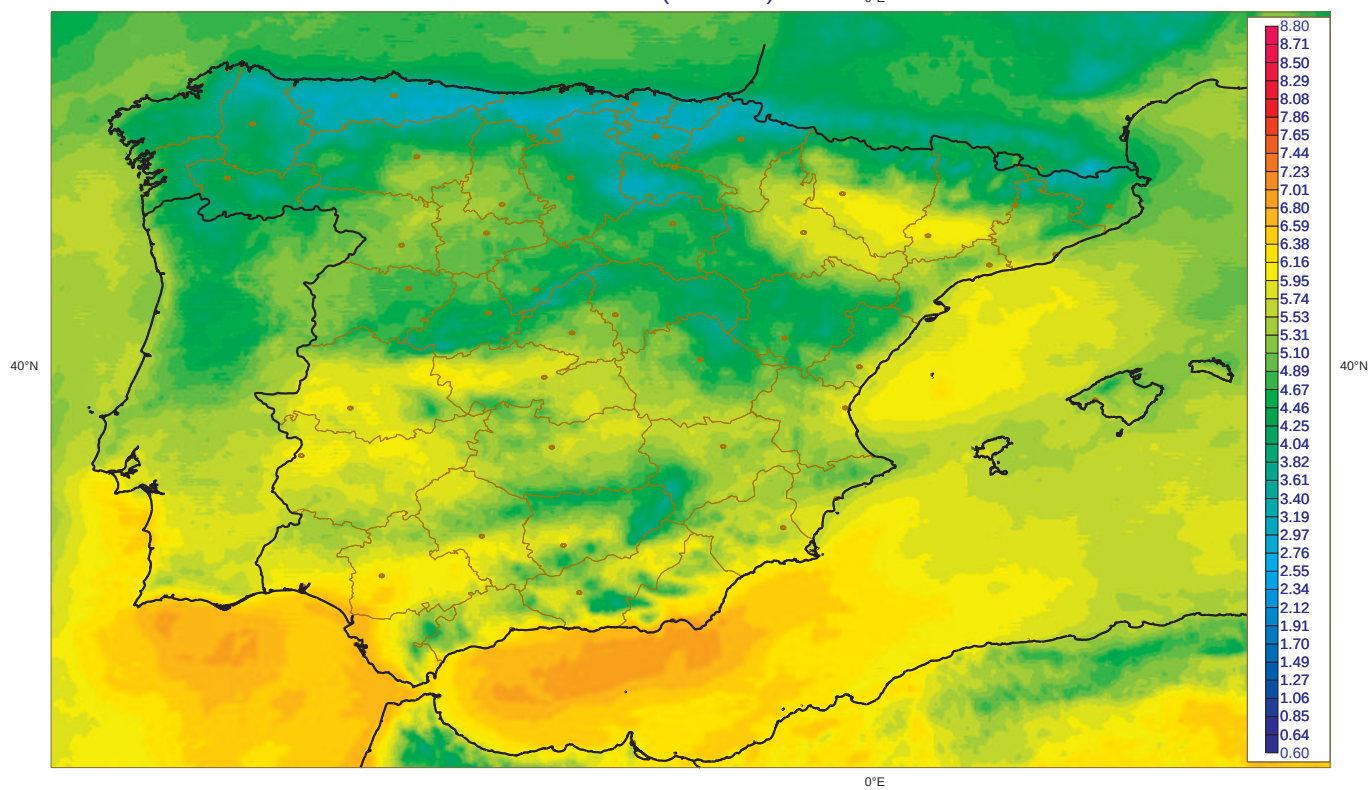
Irradiancia Global
Abril: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



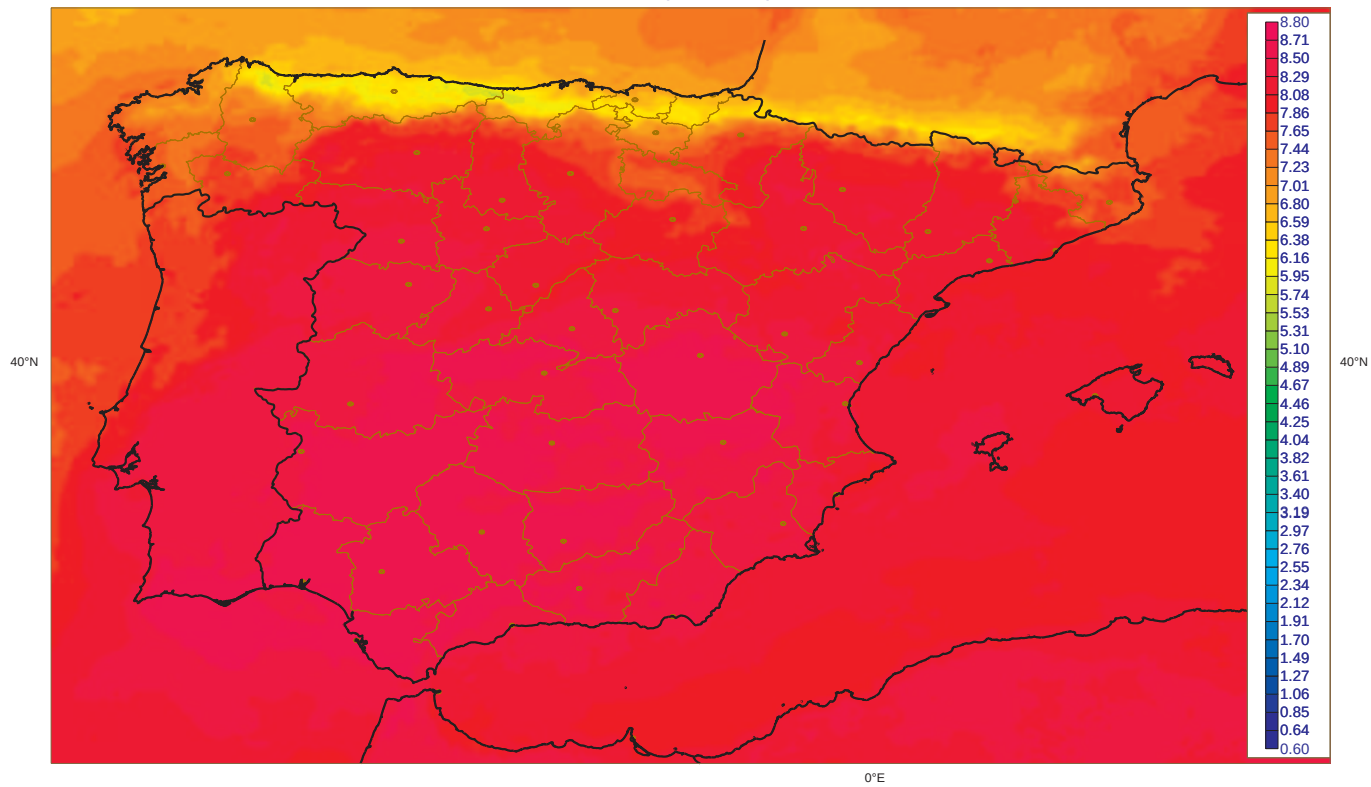
Irradiancia Global
Mayo: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



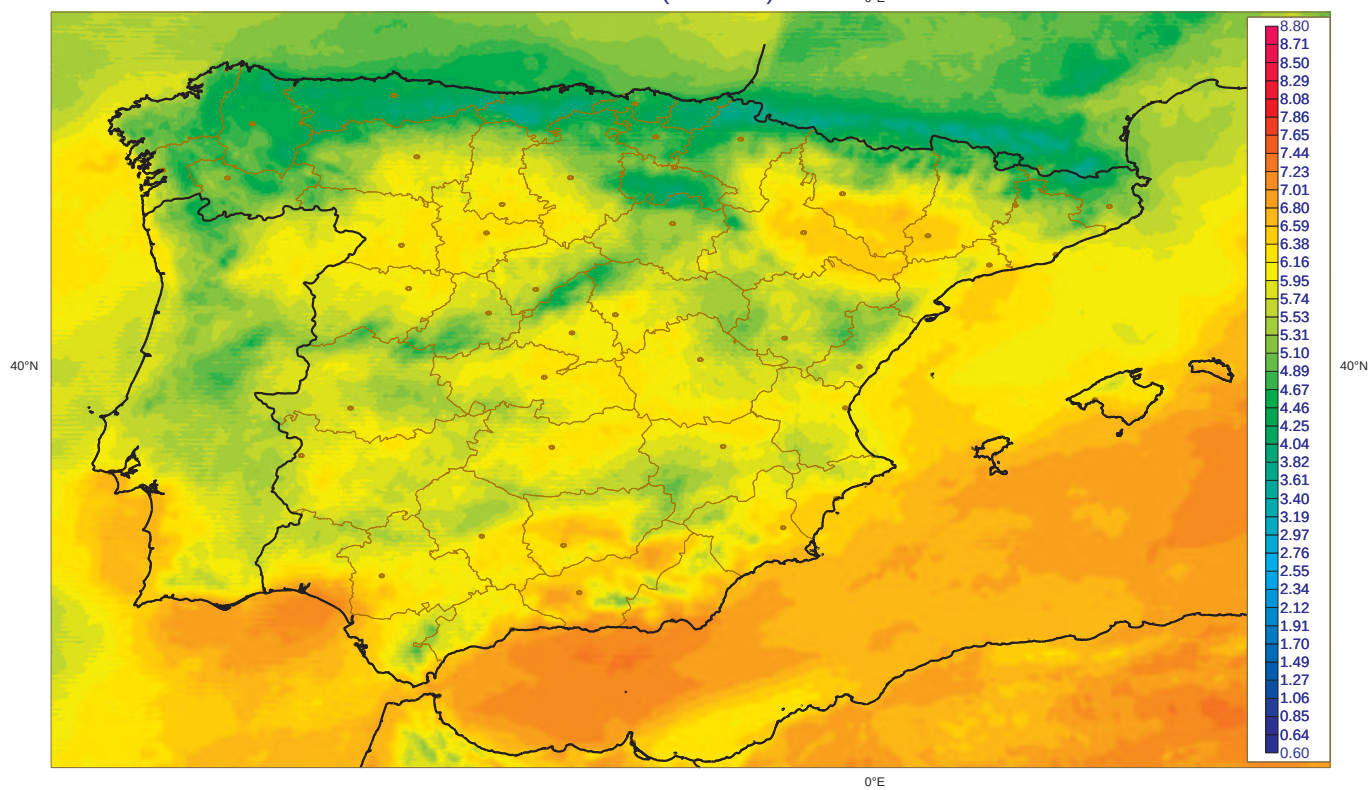
Irradiancia Global
Mayo: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



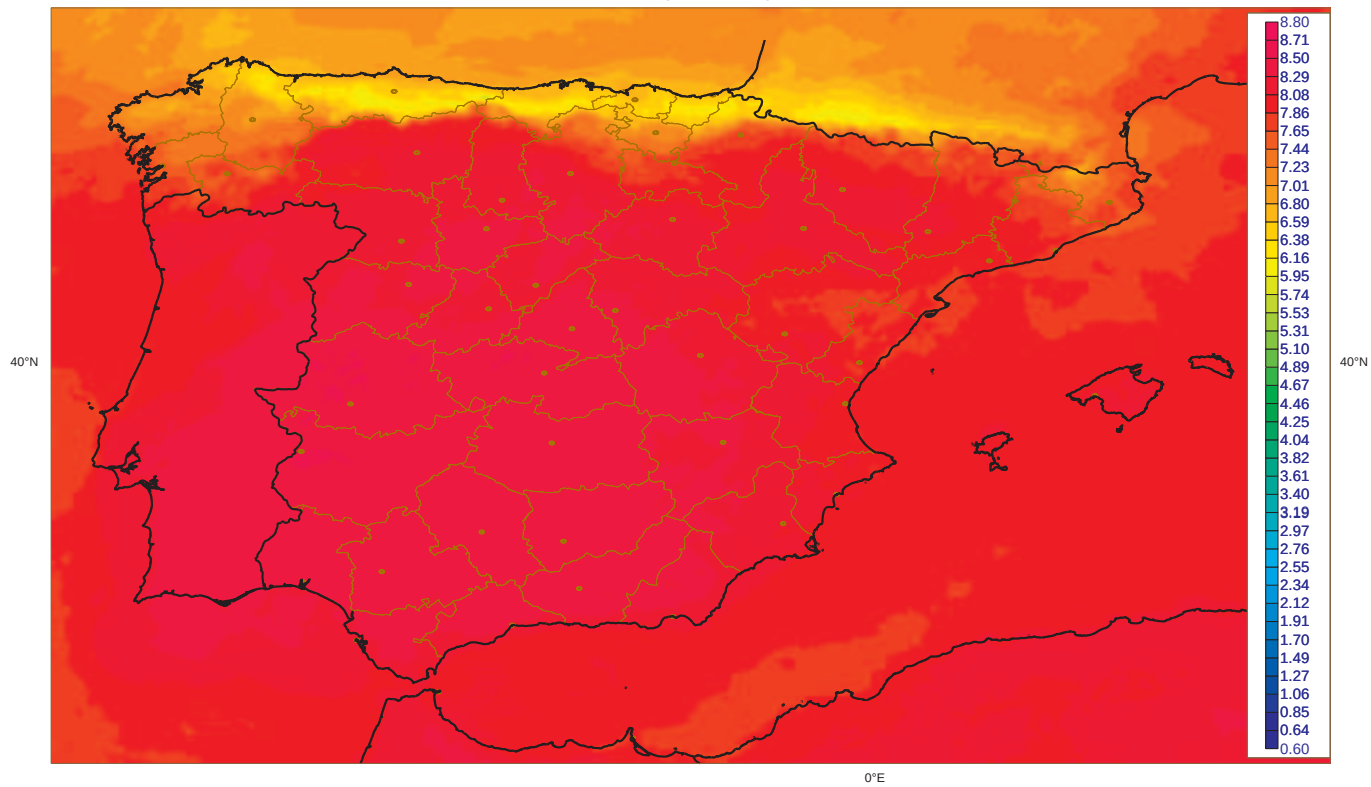
Irradiancia Global
Junio: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



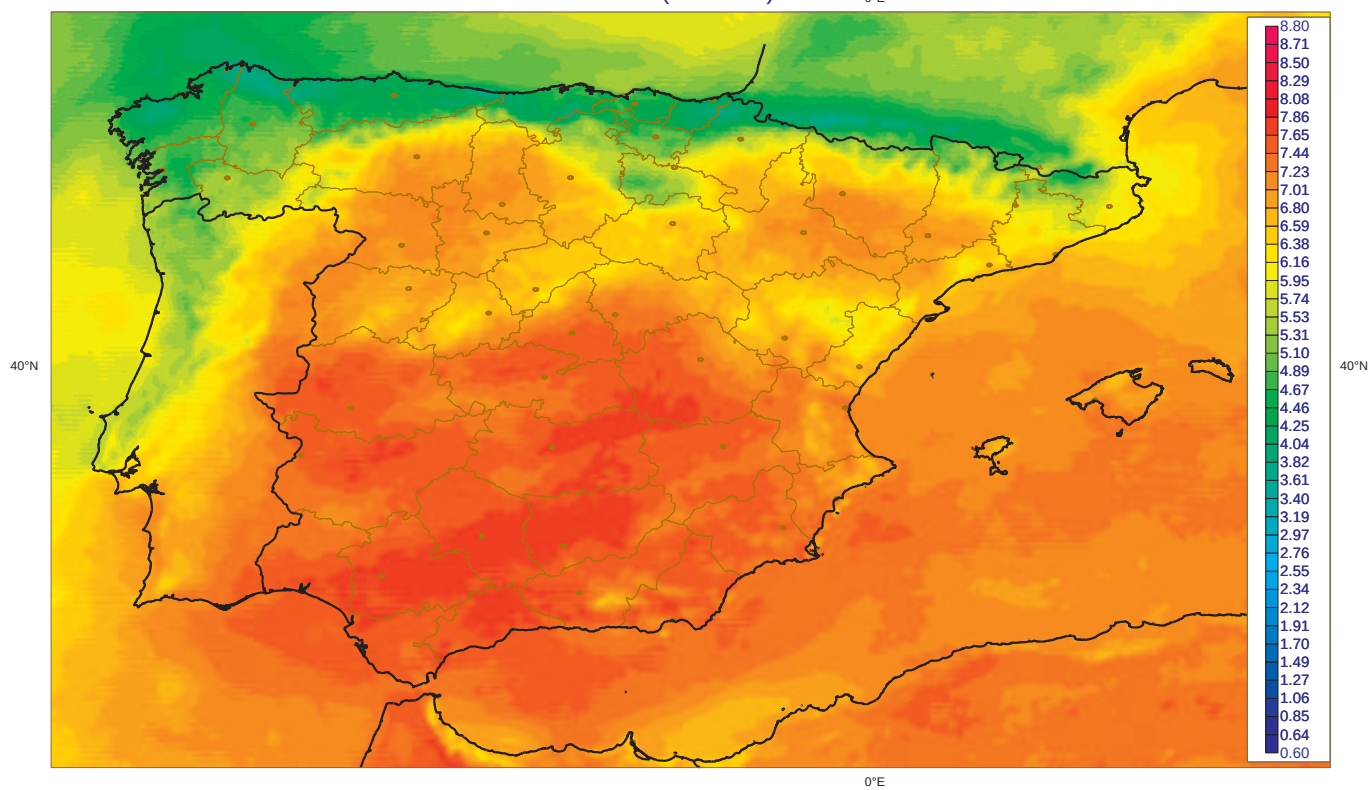
Irradiancia Global
Junio: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



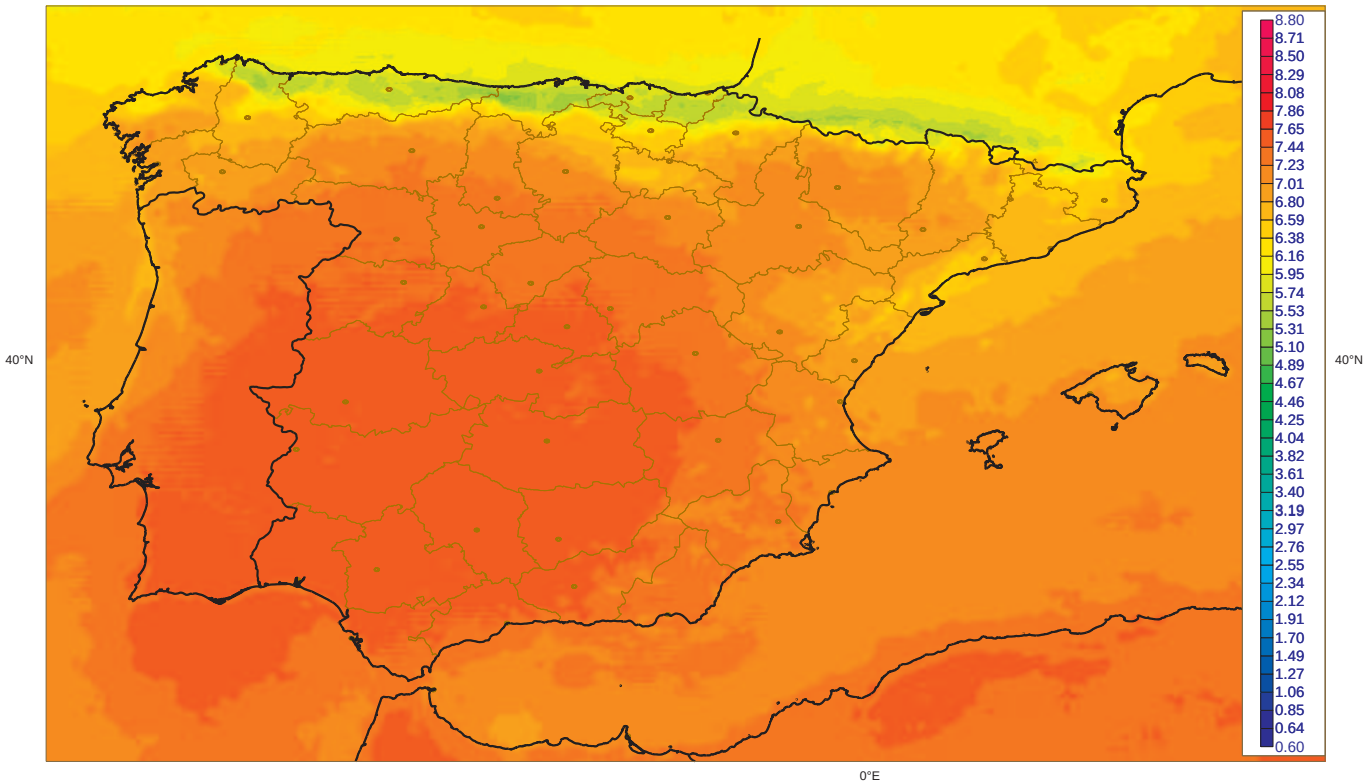
Irradiancia Global
Julio: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



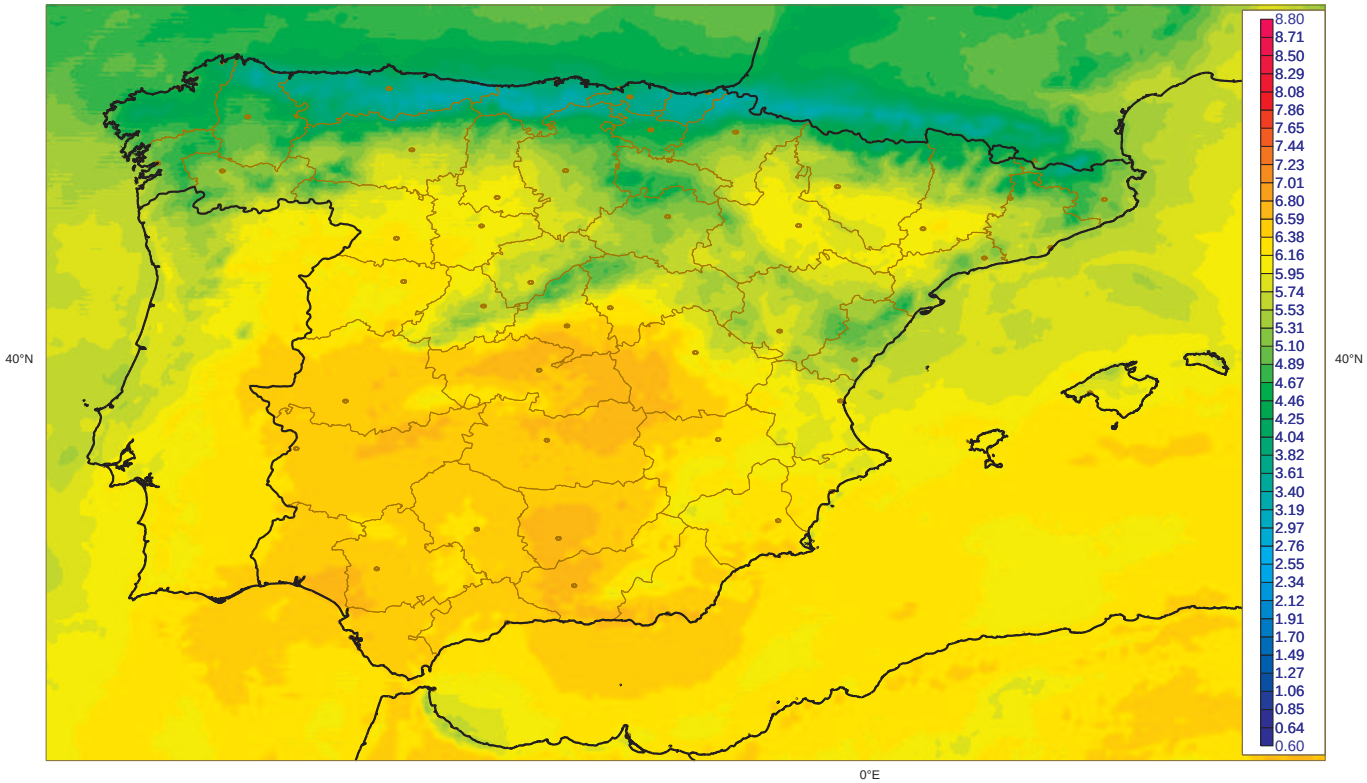
Irradiancia Global
Julio: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



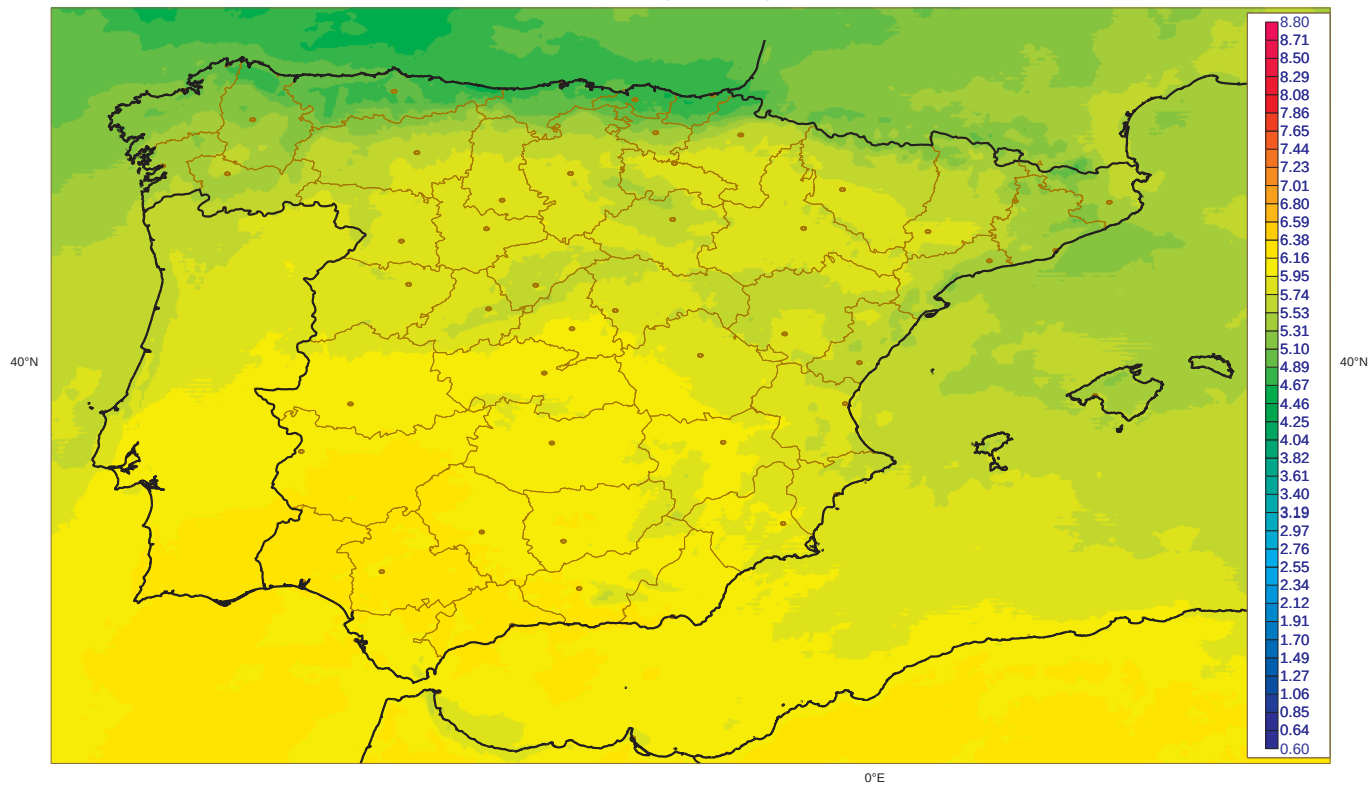
Irradiancia Global
Agosto: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



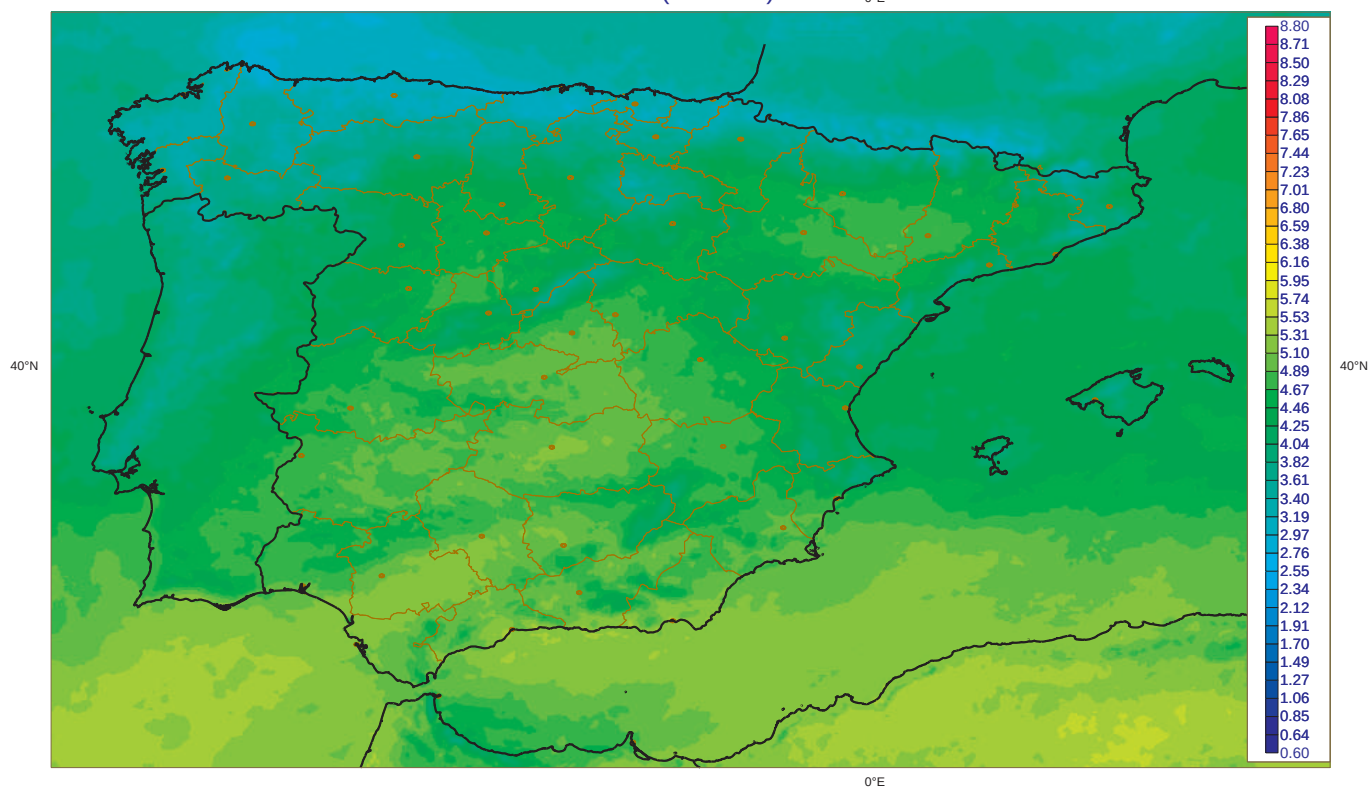
Irradiancia Global
Agosto: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



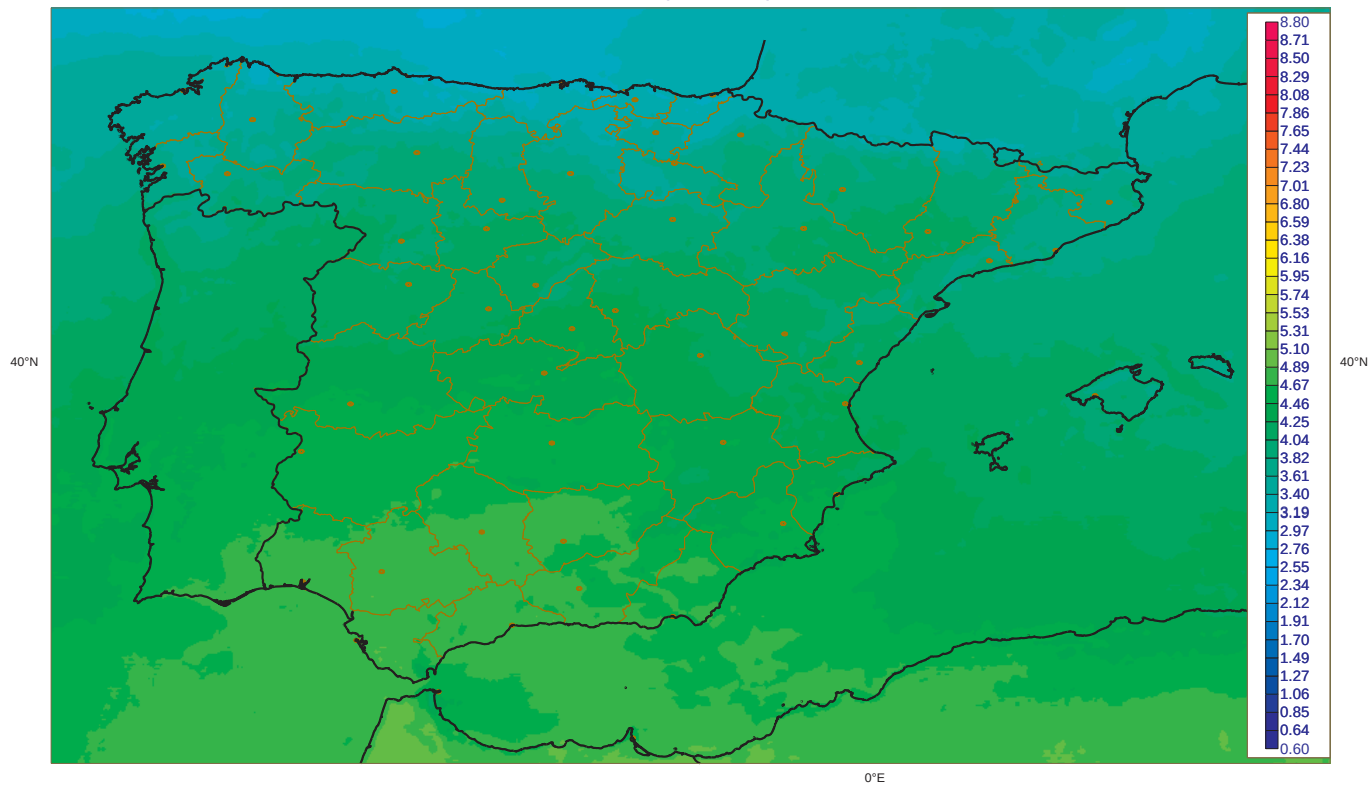
Irradiancia Global
Septiembre: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



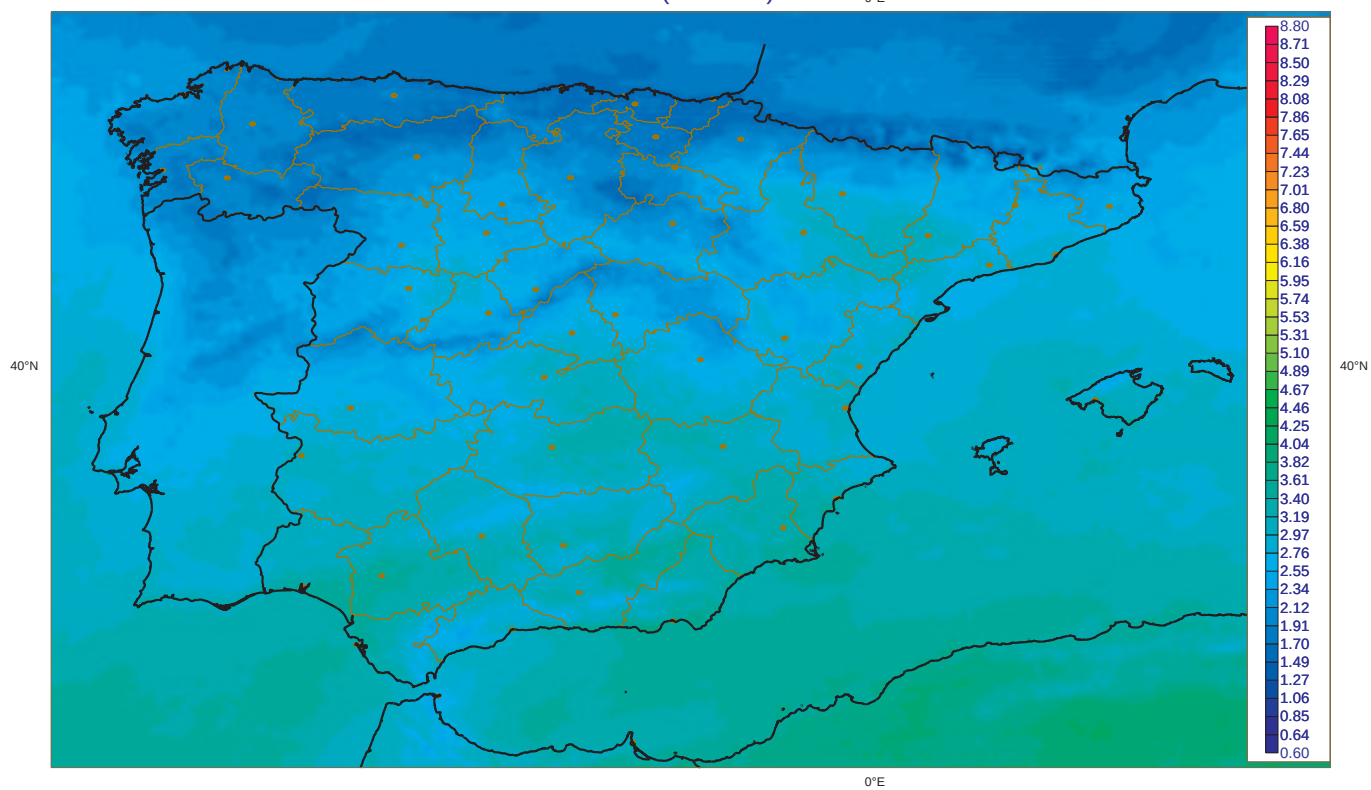
Irradiancia Global
Septiembre: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



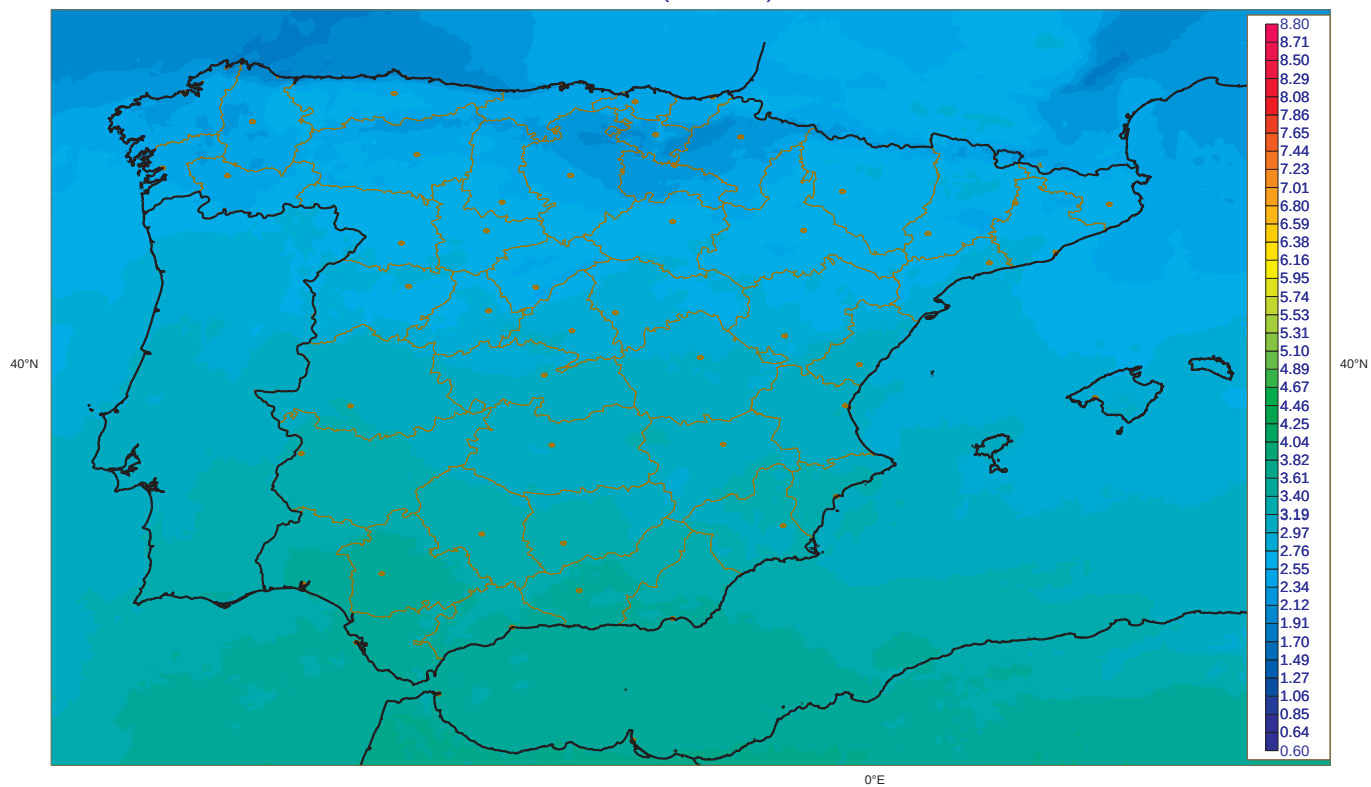
Irradiancia Global
Octubre: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



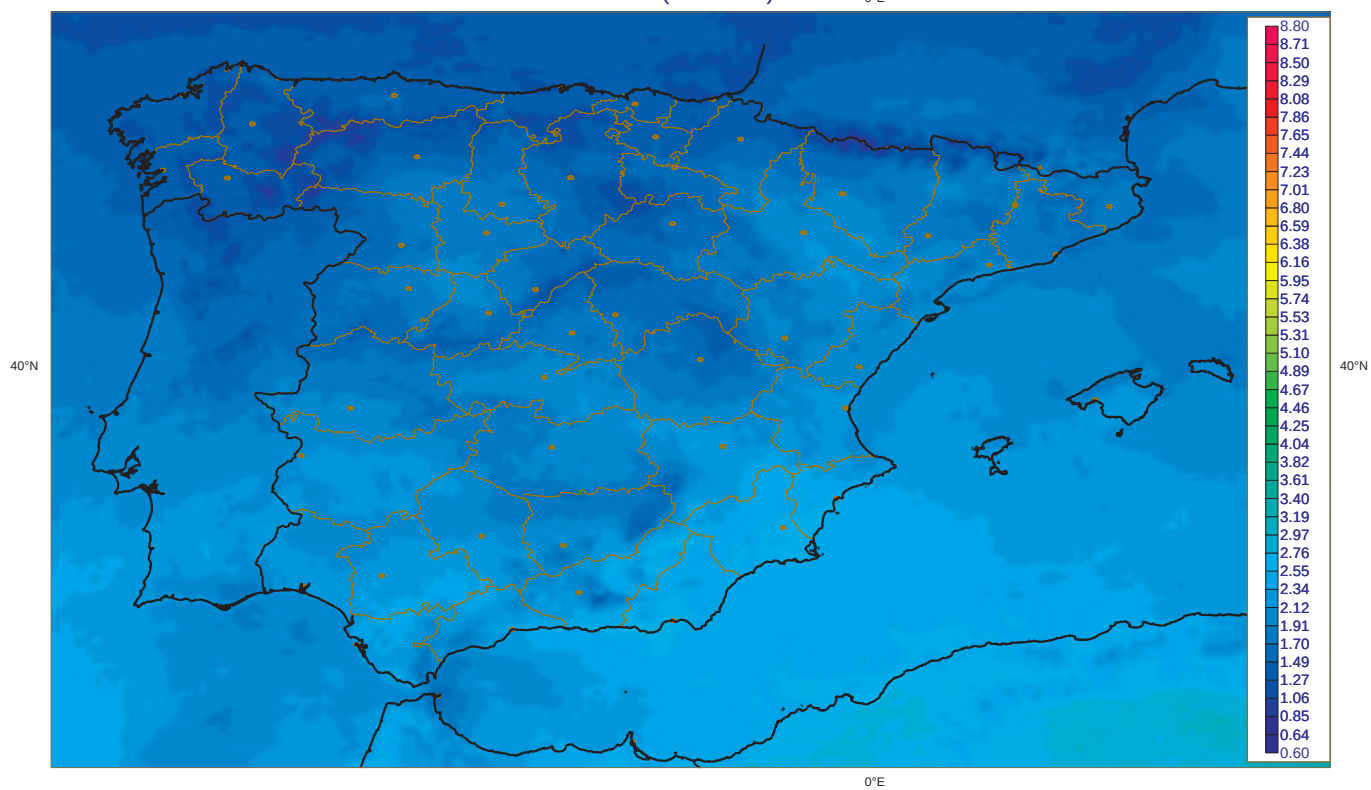
Irradiancia Global
Octubre: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



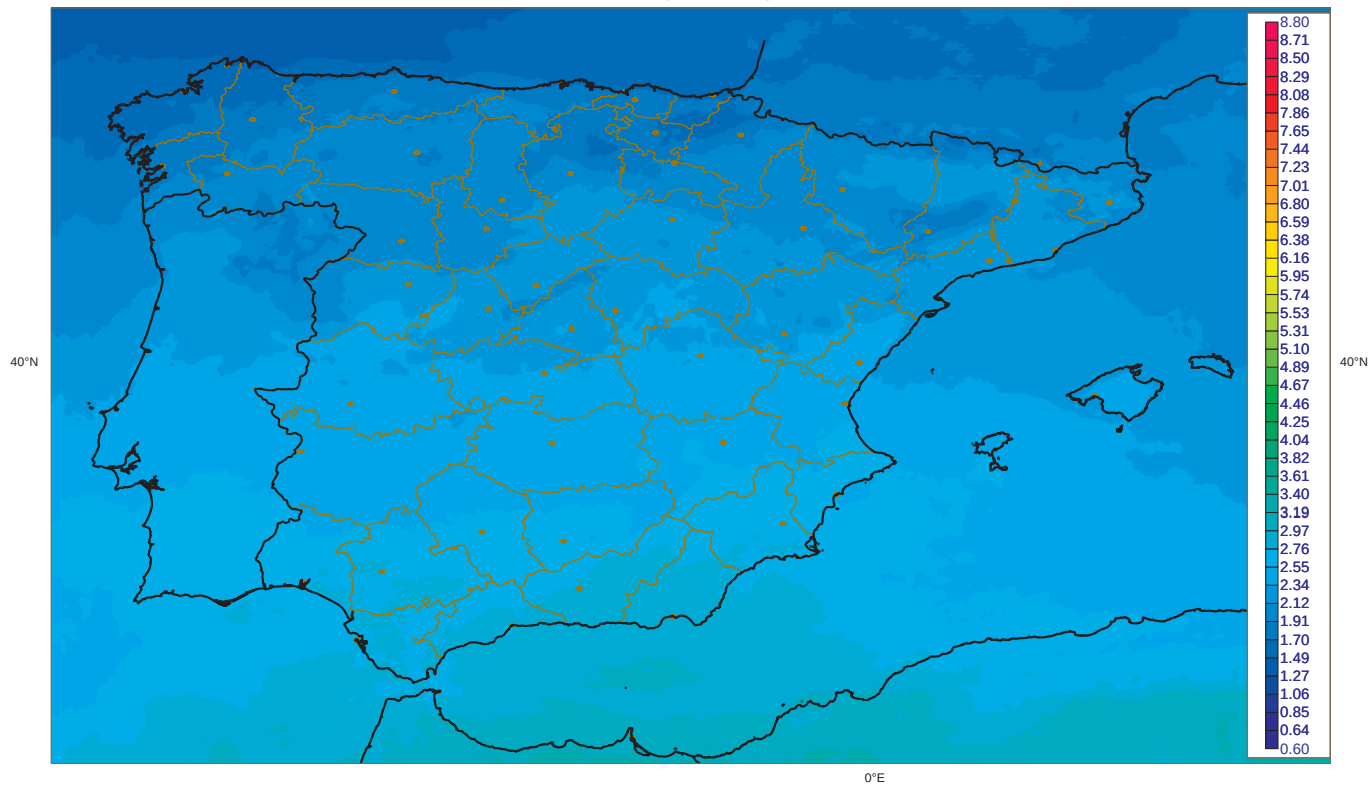
Irradiancia Global
Noviembre: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



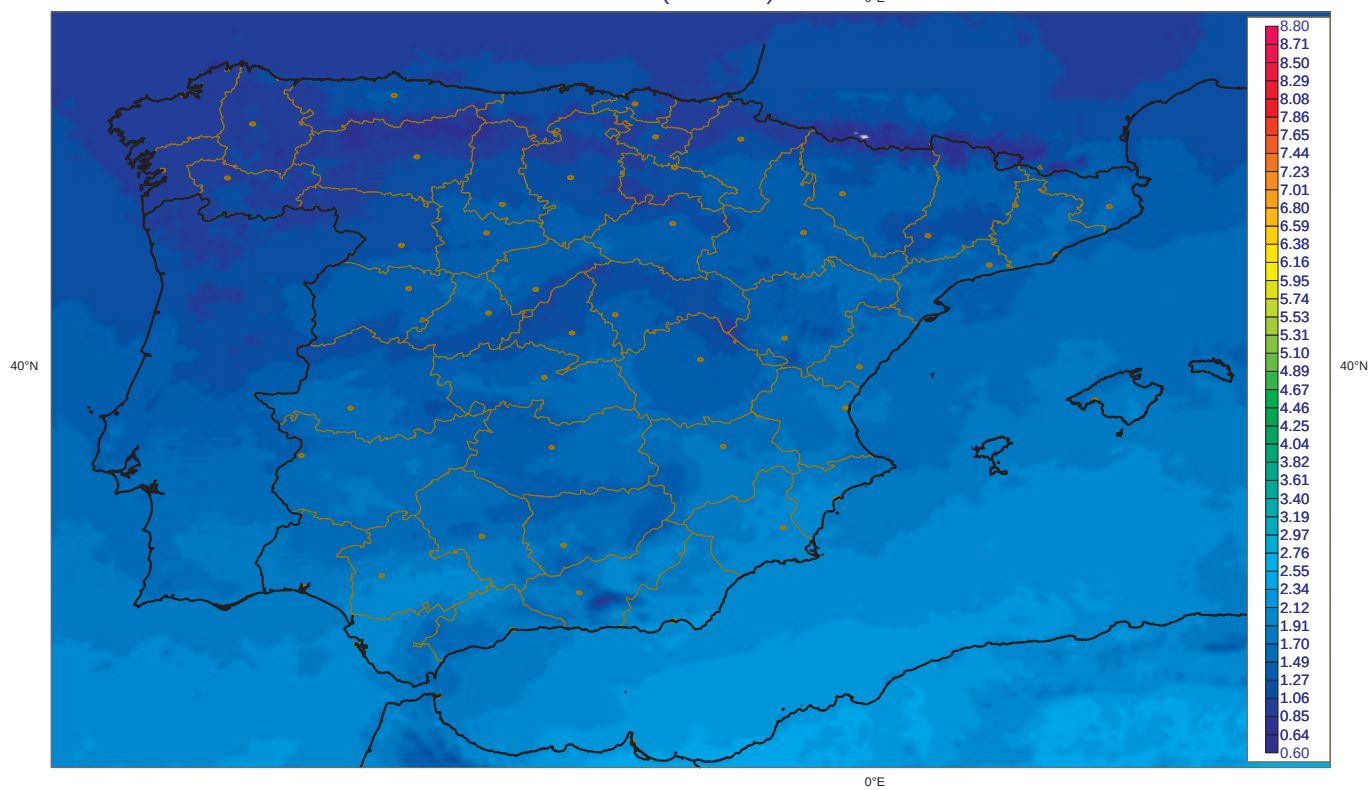
Irradiancia Global
Noviembre: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



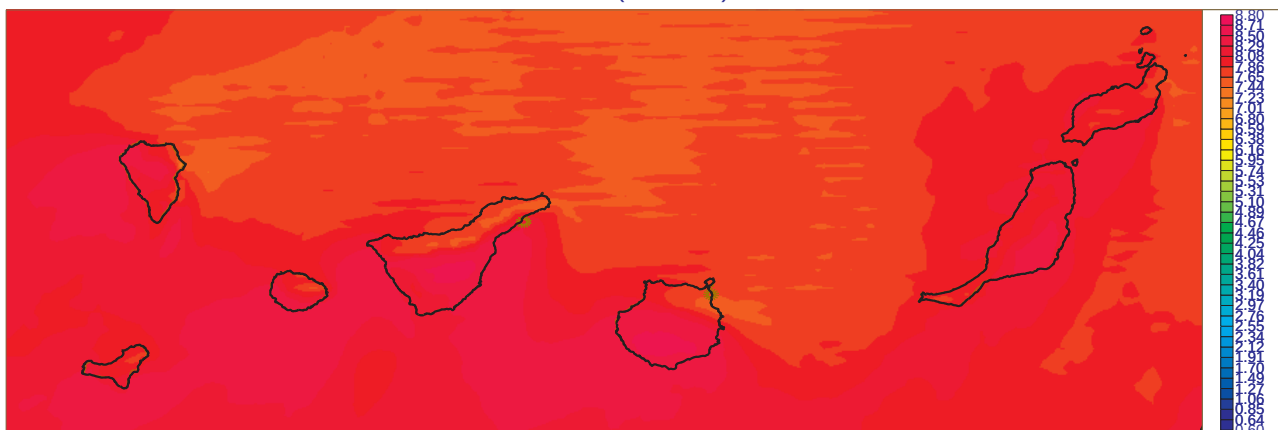
Irradiancia Global
Diciembre: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



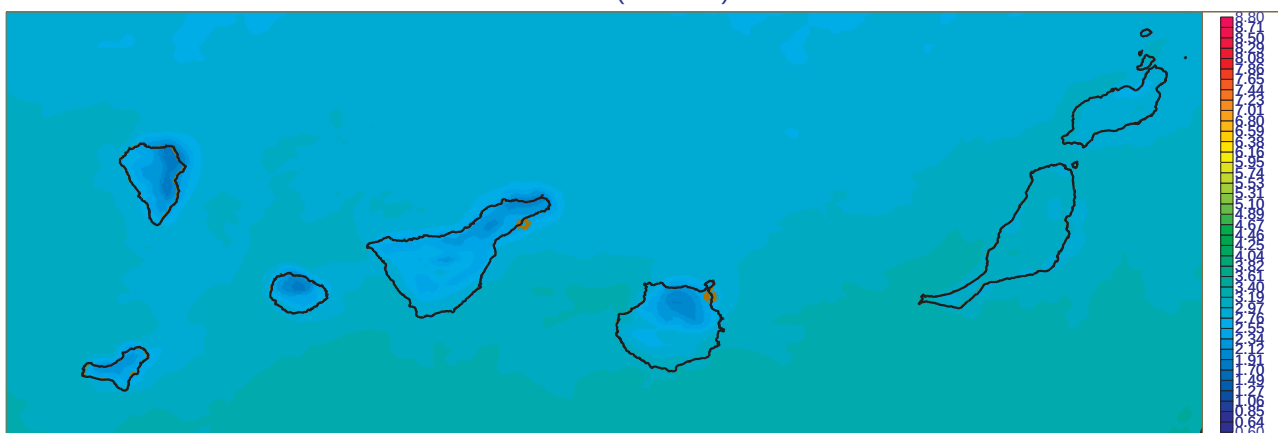
Irradiancia Global
Diciembre: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



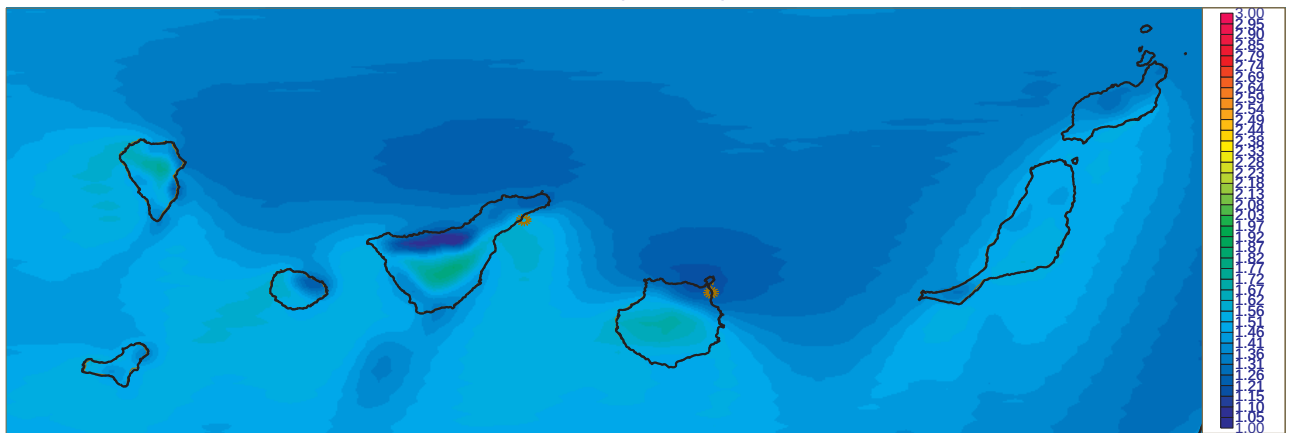
Irradiancia Global : Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



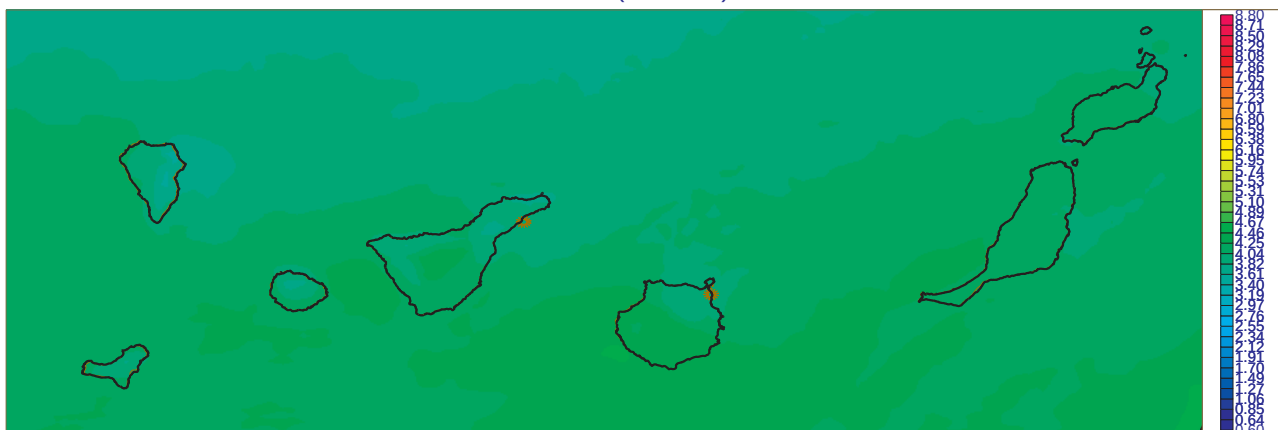
Irradiancia Global : Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



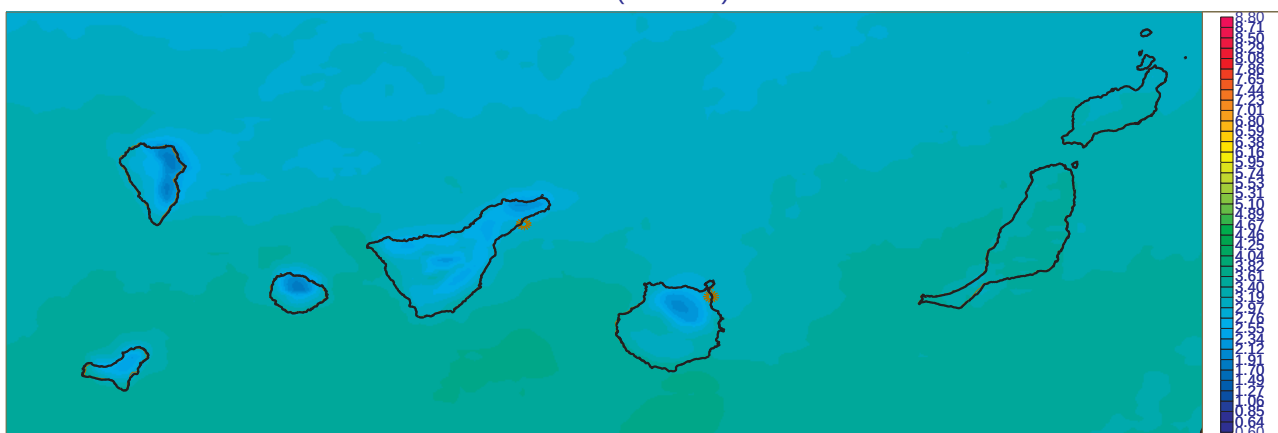
Irradiancia Global : Desv. Estandar [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



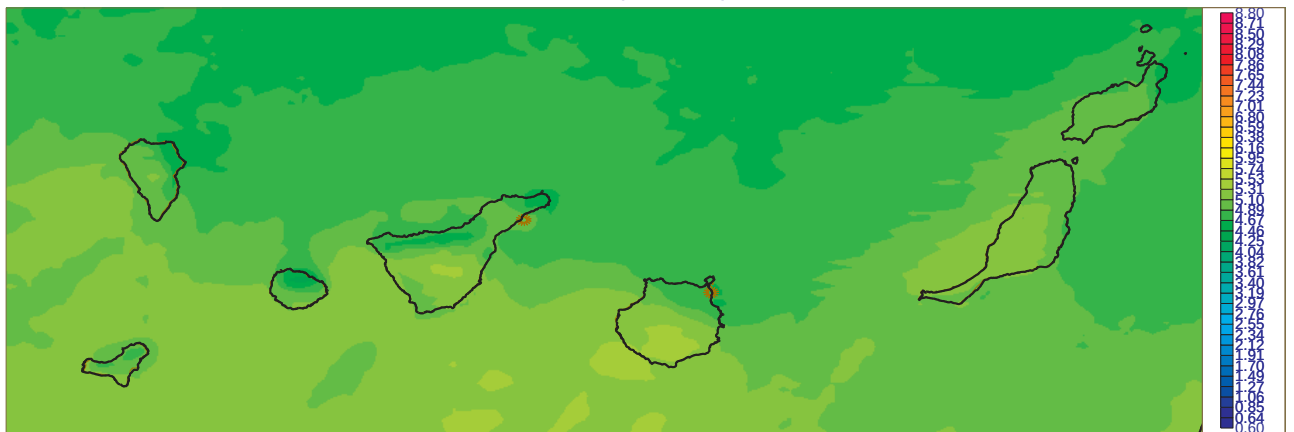
Irradiancia Global
Enero: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



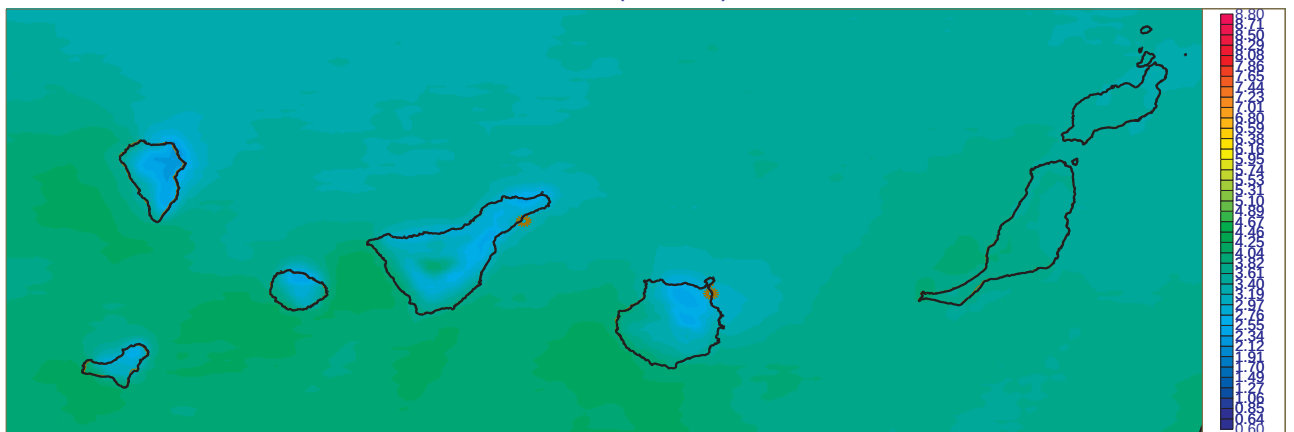
Irradiancia Global
Enero: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



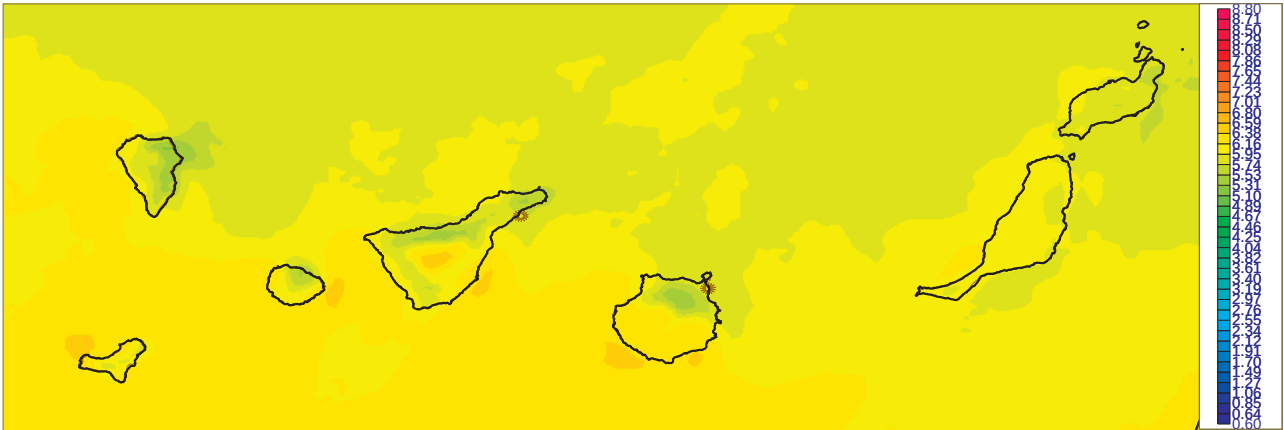
Irradiancia Global
Febrero: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



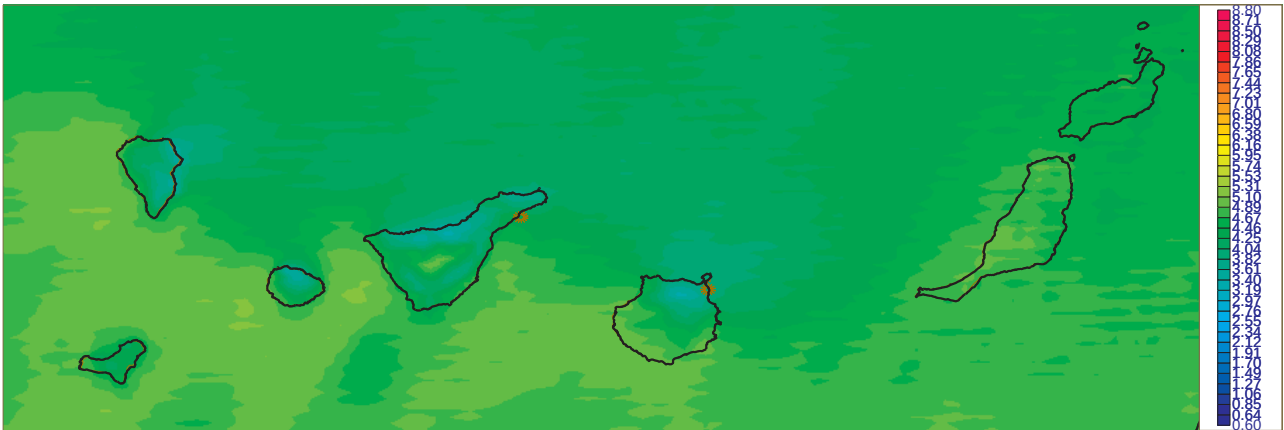
Irradiancia Global
Febrero: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



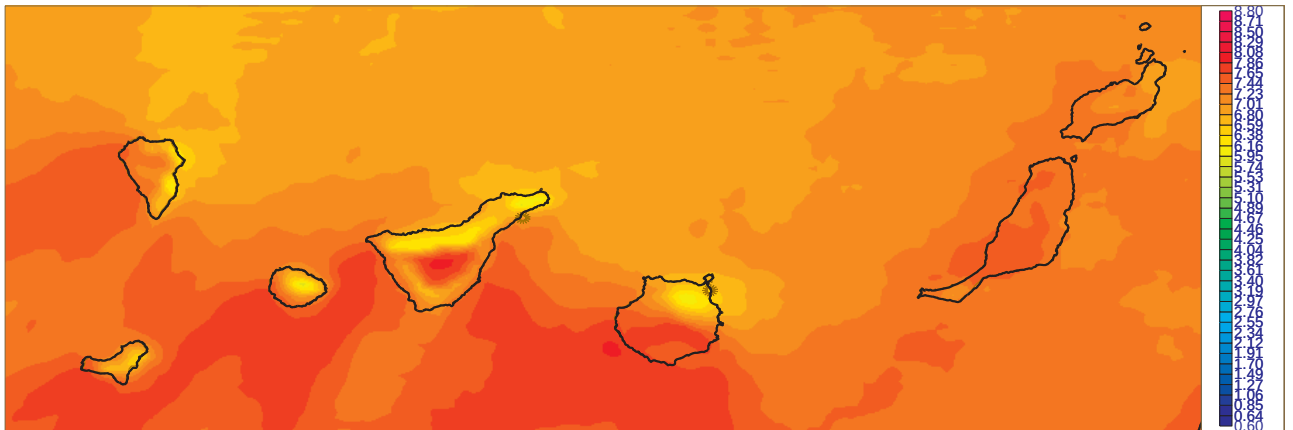
Irradiancia Global
Marzo: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



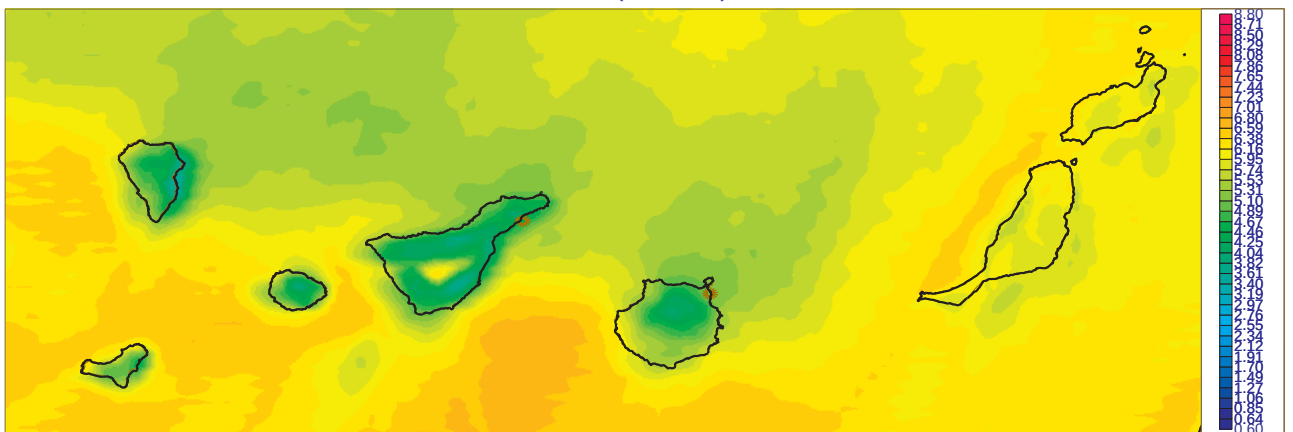
Irradiancia Global
Marzo: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



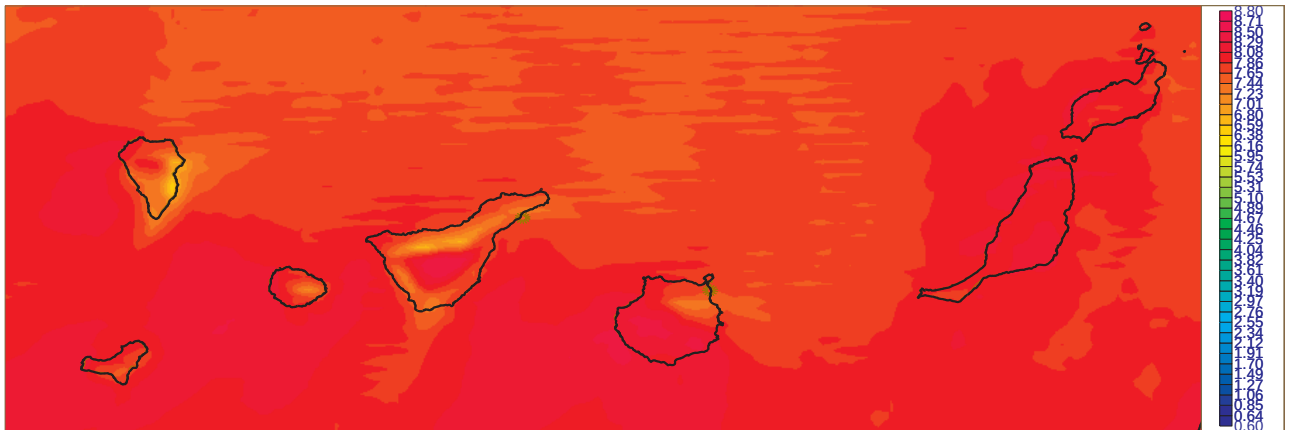
Irradiancia Global
Abril: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



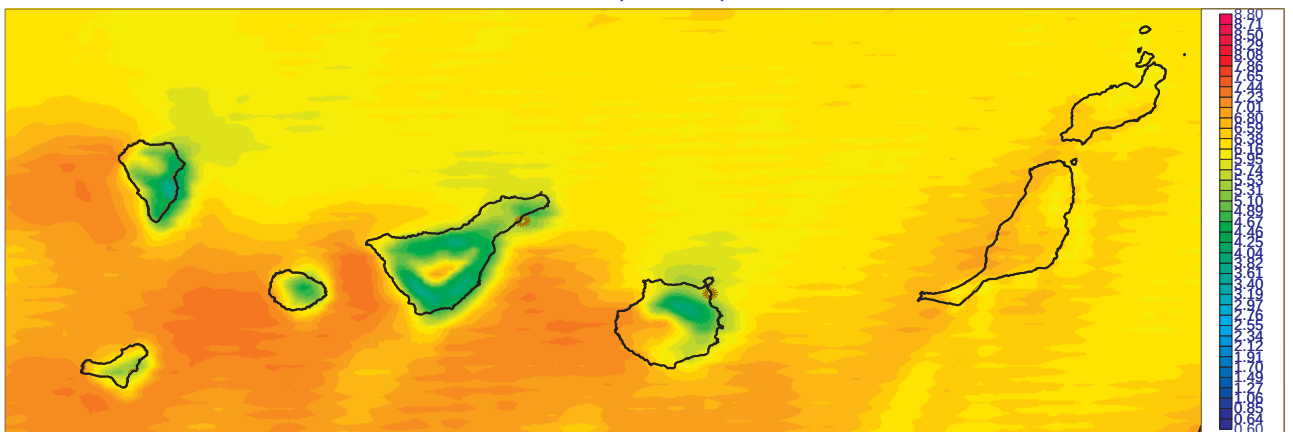
Irradiancia Global
Abril: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



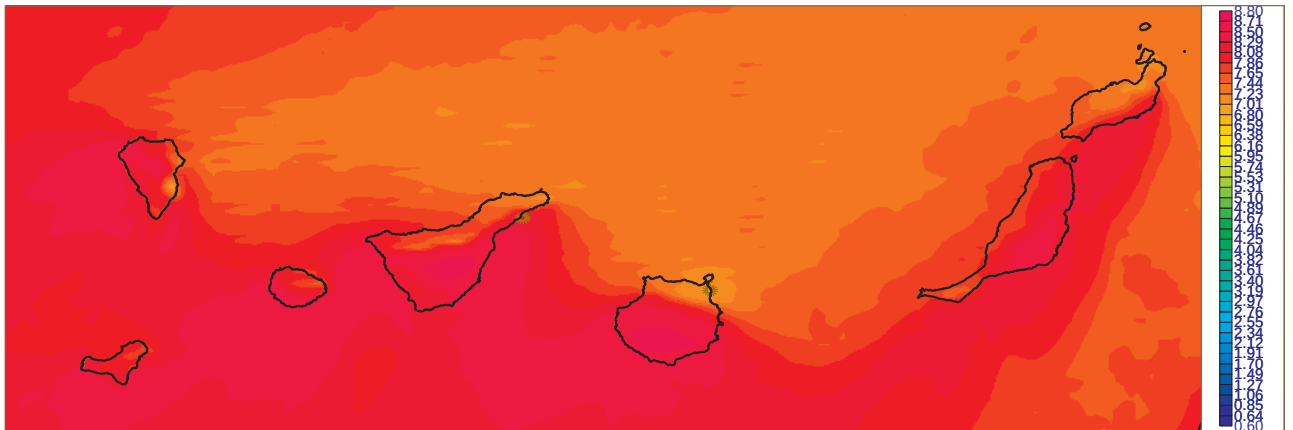
Irradiancia Global
Mayo: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



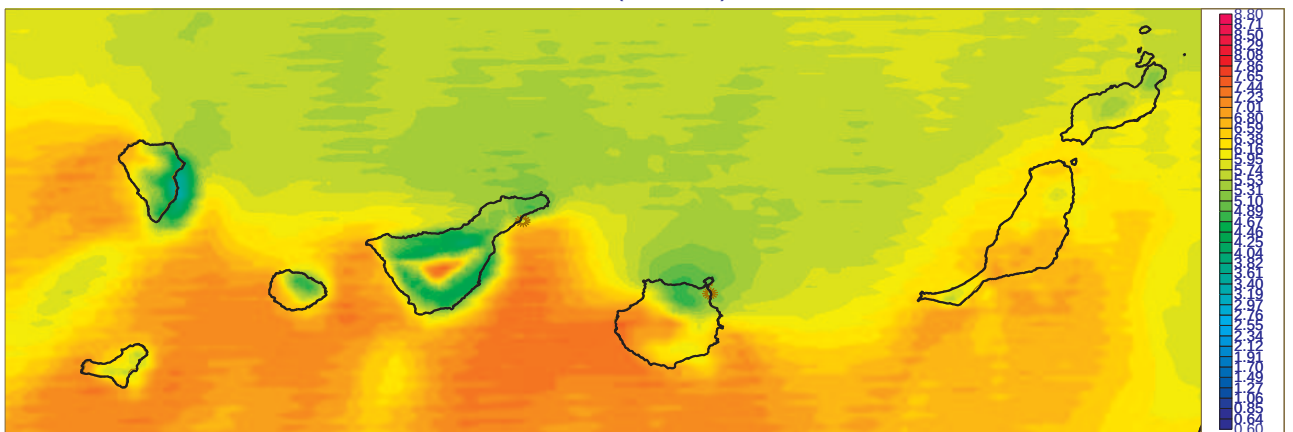
Irradiancia Global
Mayo: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



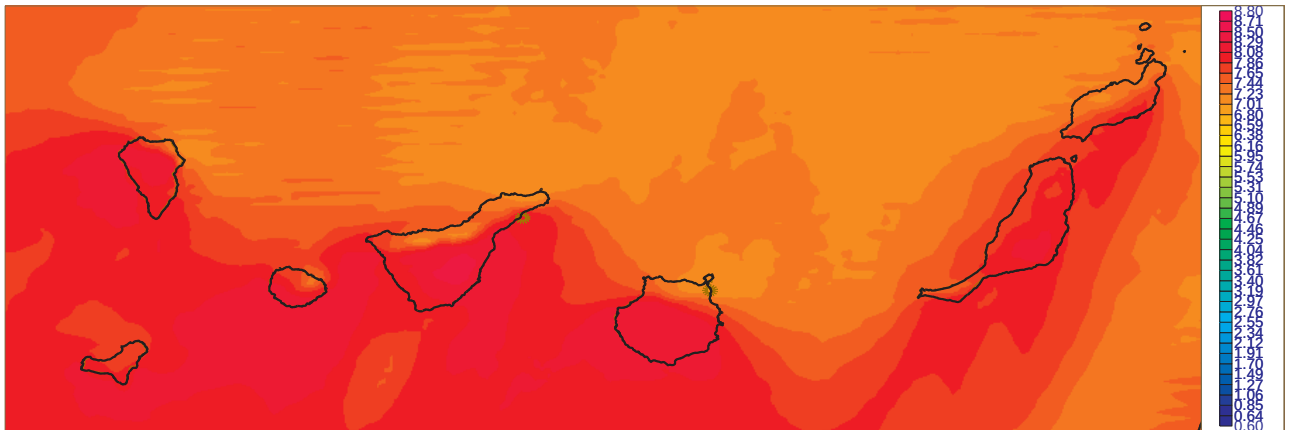
Irradiancia Global
Junio: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



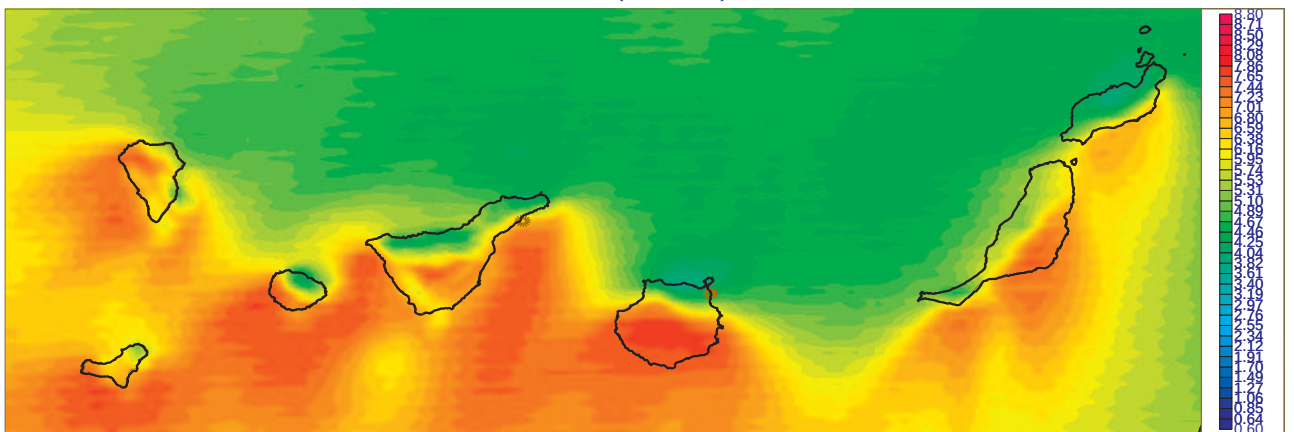
Irradiancia Global
Junio: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



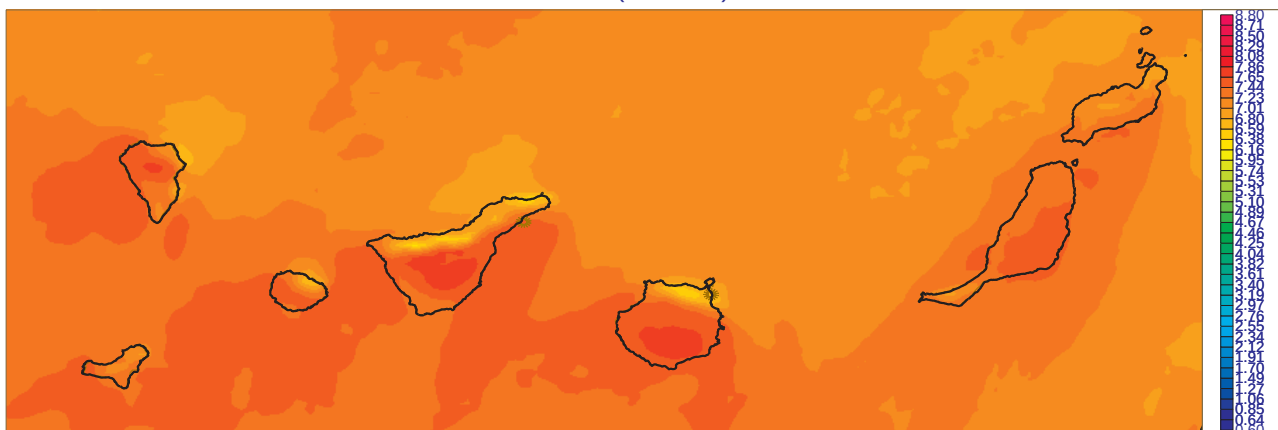
Irradiancia Global
Julio: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



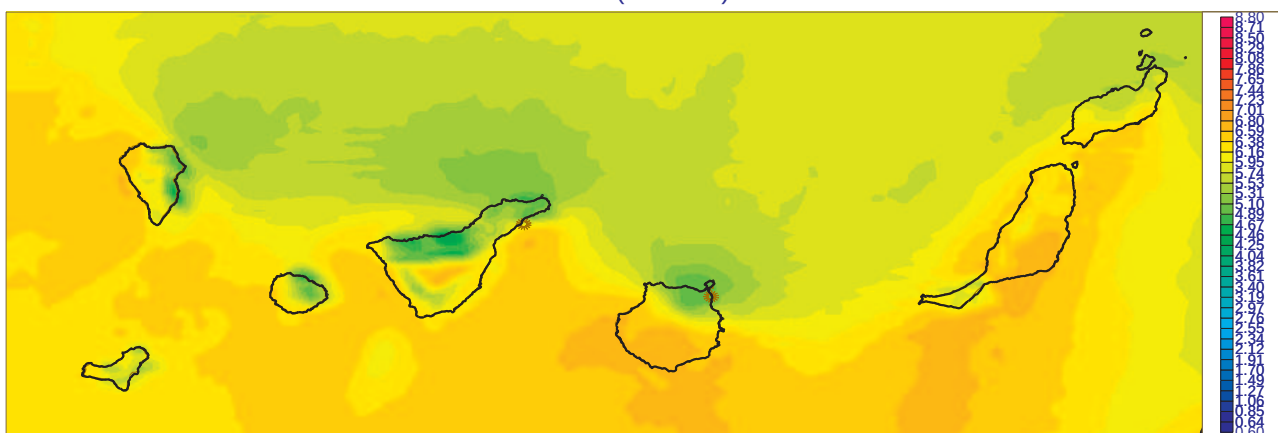
Irradiancia Global
Julio: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



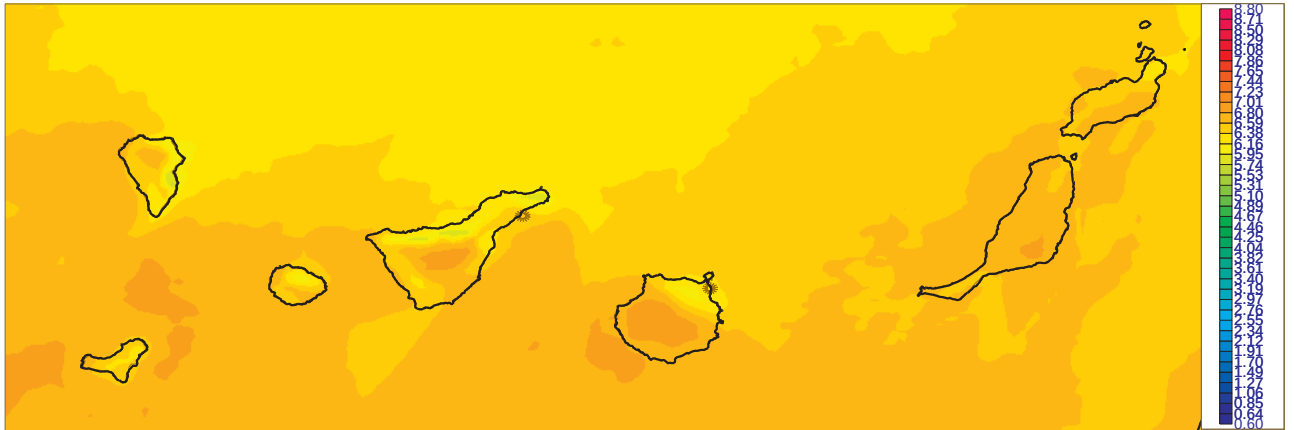
Irradiancia Global
Agosto: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



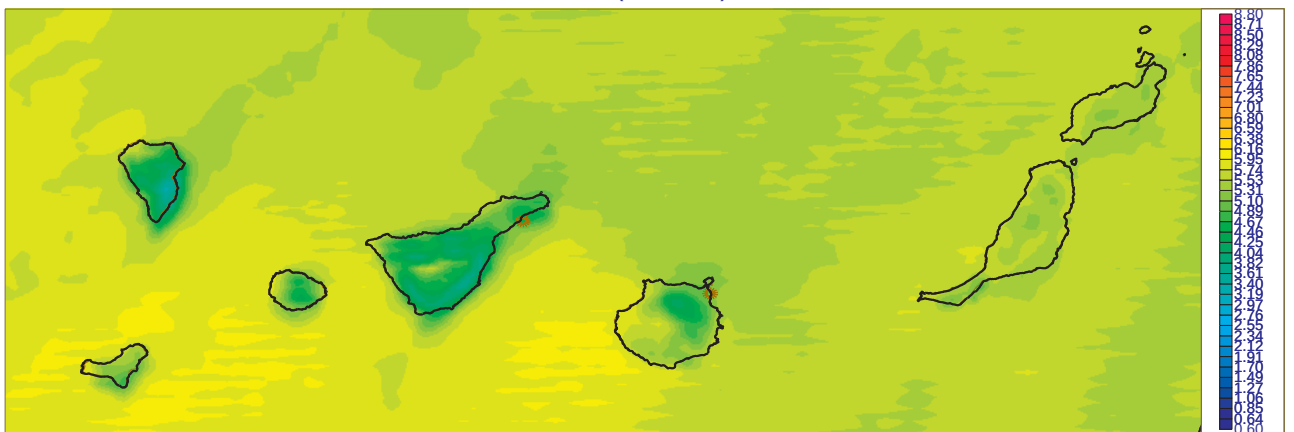
Irradiancia Global
Agosto: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



Irradiancia Global
Septiembre: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



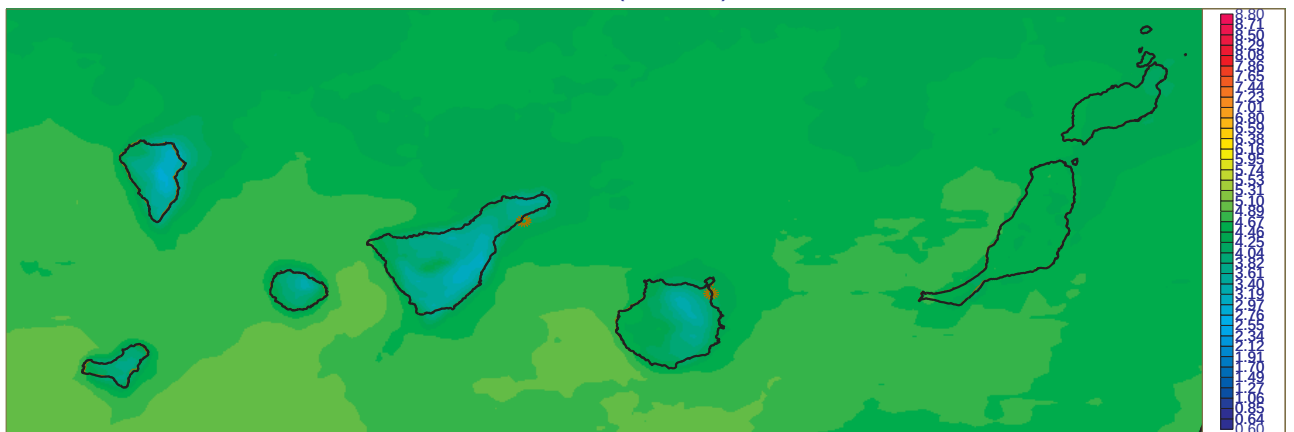
Irradiancia Global
Septiembre: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



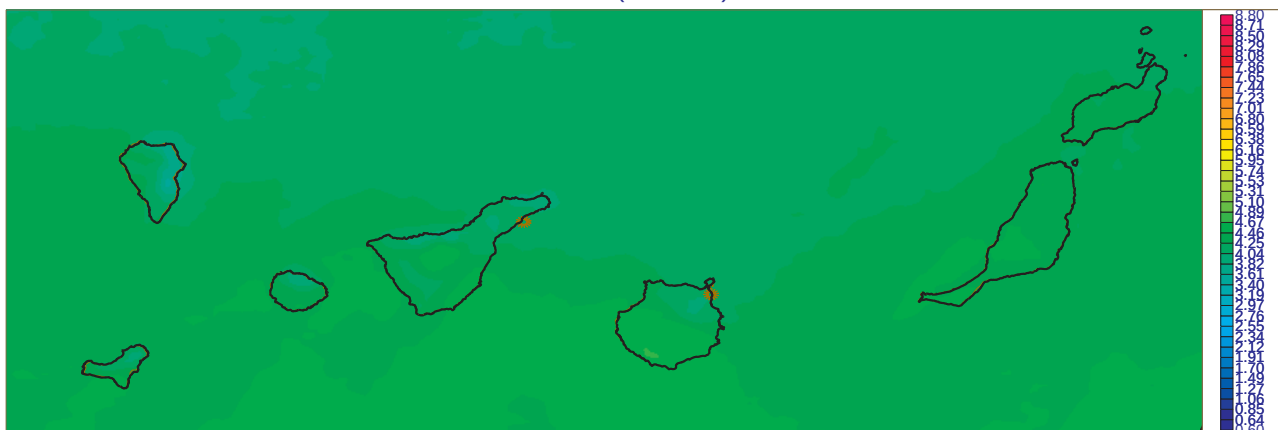
Irradiancia Global
Octubre: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



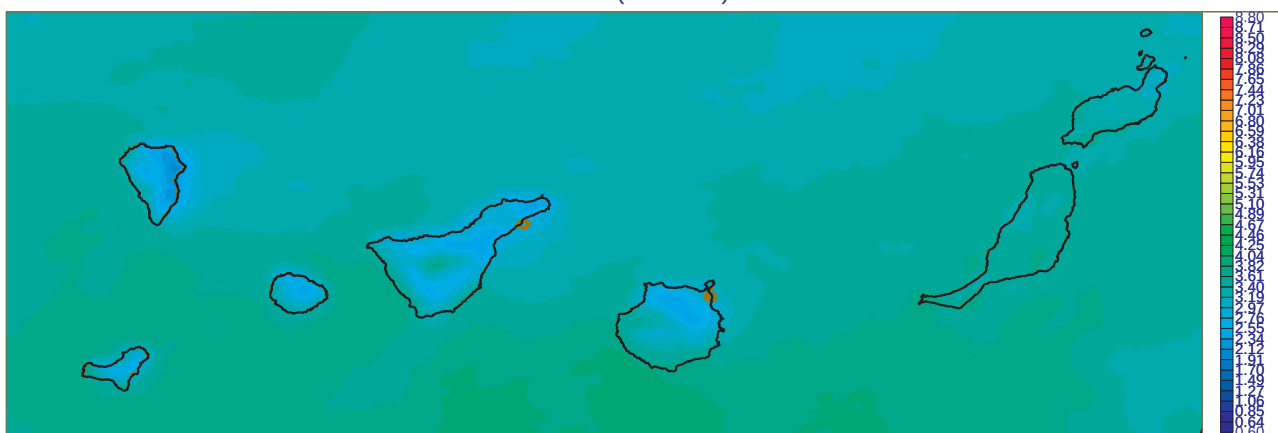
Irradiancia Global
Octubre: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



Irradiancia Global
Noviembre: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



Irradiancia Global
Noviembre: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



Irradiancia Global
Diciembre: Valores Maximos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



Irradiancia Global
Diciembre: Valores Minimos [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



4. Irradiancias Global, Directa y Difusa en las capitales de provincia [1983-2005]

En las figuras se muestran los ciclos anuales medios interpolados a las posiciones geográficas de las capitales de provincia españolas y Ceuta y Melilla, de la irradiancia 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 (Península, Ceuta y Melilla y Baleares ¹o Canarias²). La suma de las alturas de las barras azules y amarillas representa la irradiancia global media mensual para cada localidad, siendo estas figuras útiles para evaluar de forma sencilla la aportación de la irradiancia difusa (azul) a la irradiancia global. Asimismo se muestran en las barras, los valores medios de irradiancia directa y difusa en $kWh \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$.

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. Sin embargo, esta norma general no se cumple en algunas capitales, en las cuales es en el mes de Junio cuando tiene lugar el máximo en la cantidad de radiación recibida. Este es el caso en las siguientes ciudades del norte peninsular: La Coruña, Oviedo, Santander, Bilbao y San Sebastián.

Es digno de mención el hecho de que el aumento en la irradiancia durante los meses en torno al equinocio de primavera (marzo a mayo) es más lenta que la disminución de la irradiancia en los meses próximos al equinocio de otoño (septiembre a noviembre), existiendo por tanto cierta asimetría en las curvas de oscilación media anual de la irradiancia.

Como norma general la radiación difusa representa aproximadamente un tercio de la radiación global en cada localización, con la excepción de las

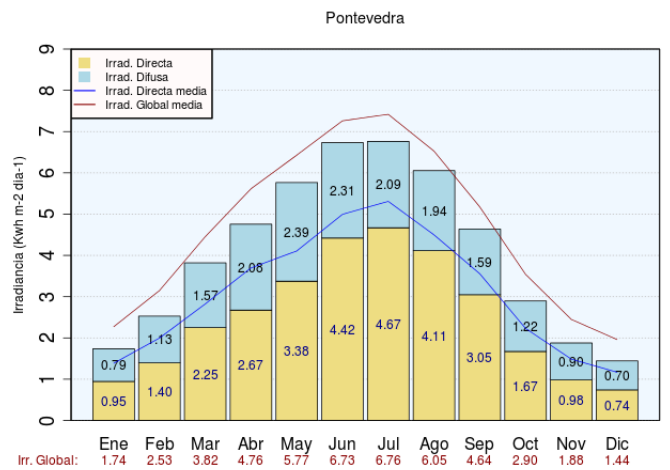
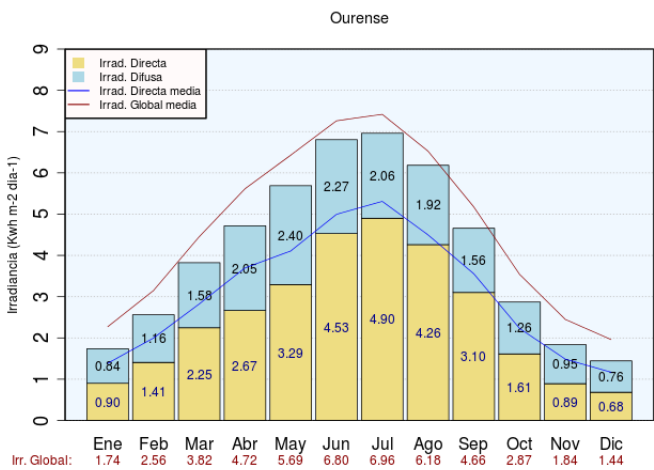
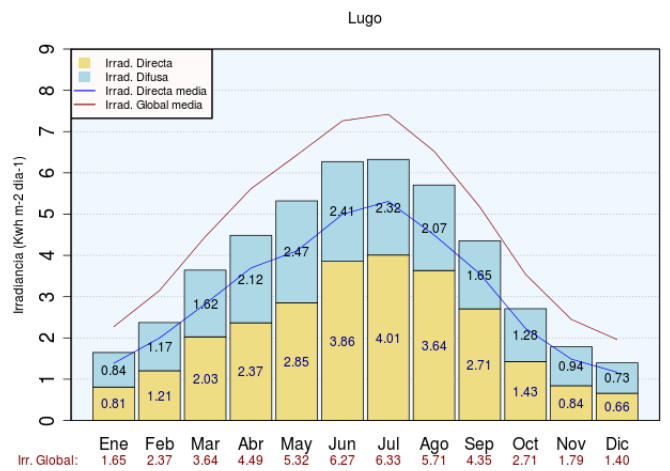
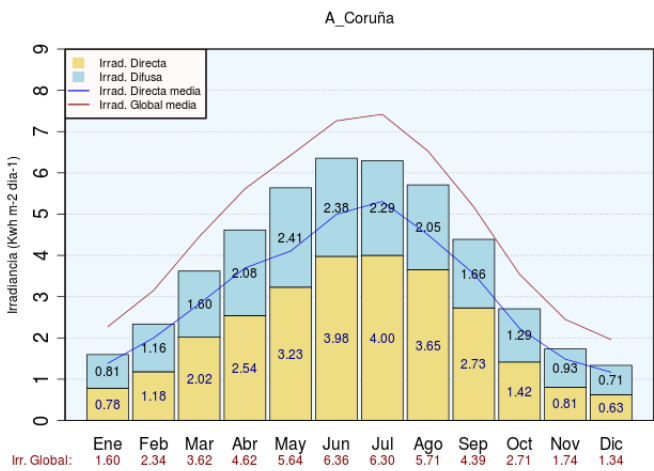
regiones del norte peninsular y Canarias, donde la fracción que representa la irradiancia difusa en la irradiancia global es obviamente más importante debido a la existencia de mayor nubosidad.

En las Islas Canarias las curvas de irradiancia media para toda la región presentan una forma más plana con valores por encima de los $6kWh \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$ de Abril a Septiembre. Es en los meses de otoño, invierno y primavera cuando la cantidad de radiación recibida supera claramente a la de la península Ibérica.

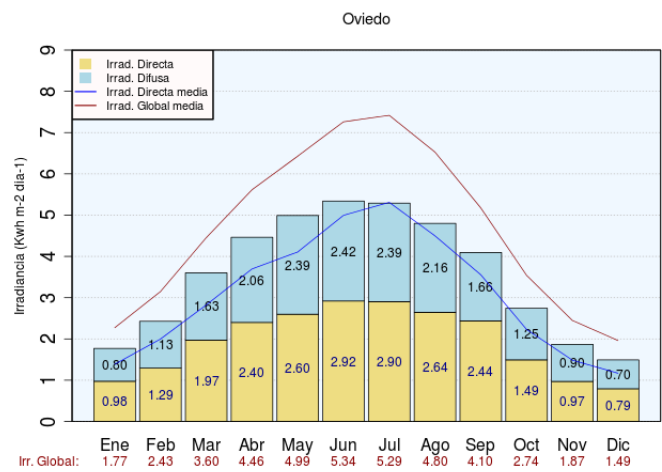
¹Area Peníns. y Baleares: lon.=[10°W, 5,6°E];
lat.=[34,8°N, 44,5°N]

²Area Canarias: lon.=[18°W, 12°W];
lat.=[27,37°N, 29,56°N]

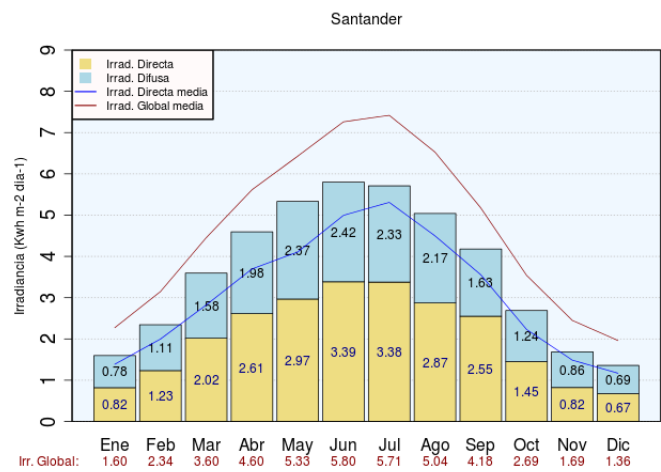
4.1. Galicia



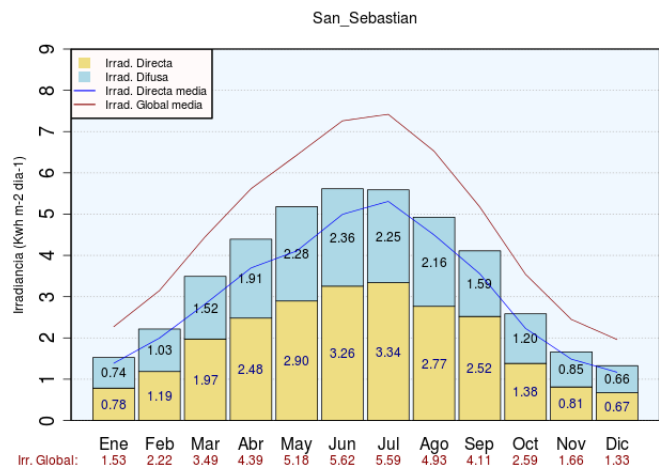
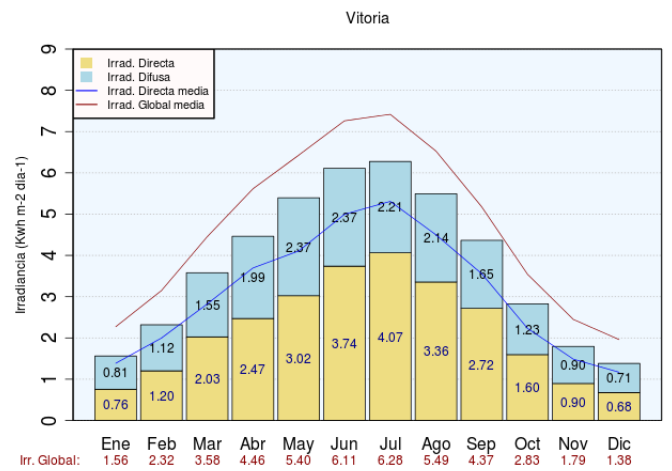
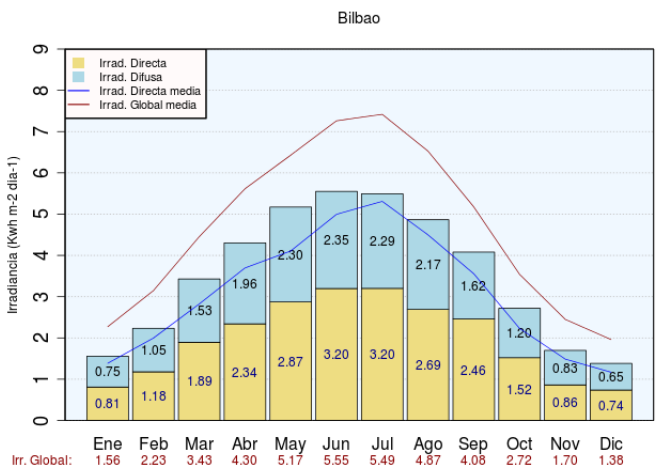
4.2. Asturias



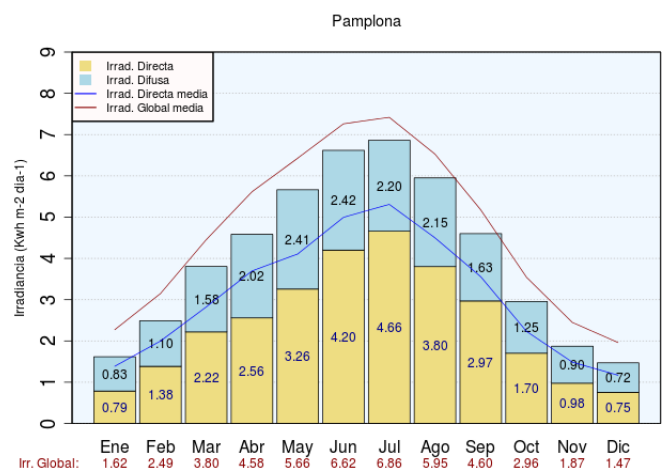
4.3. Cantabria



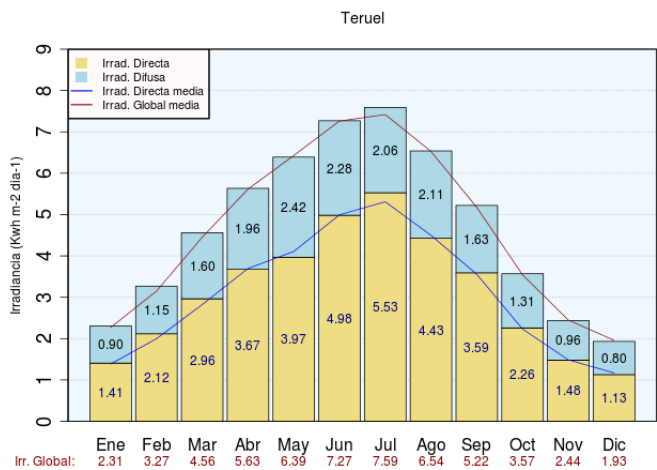
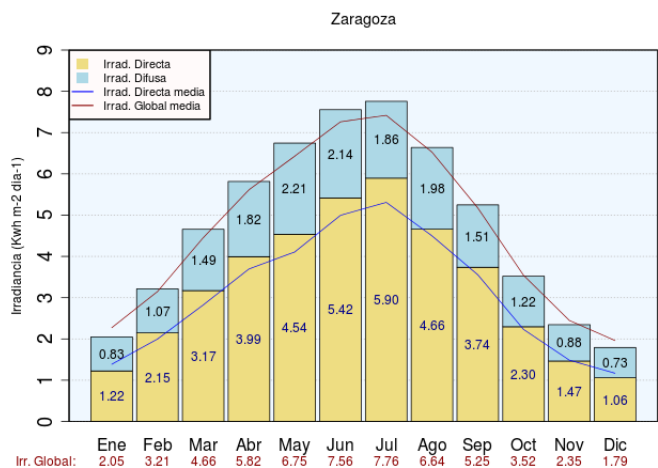
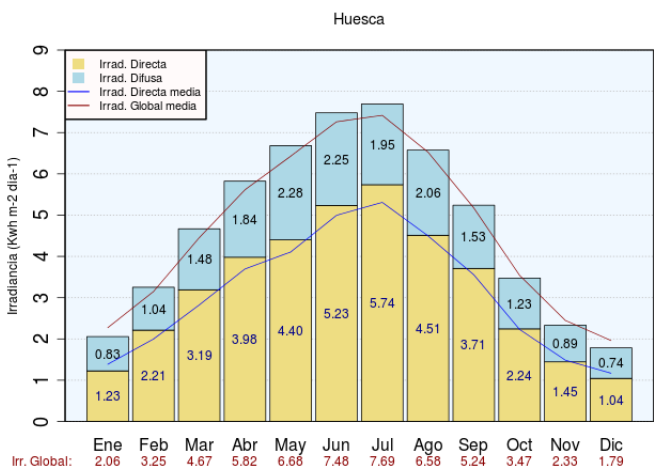
4.4. Pais Vasco



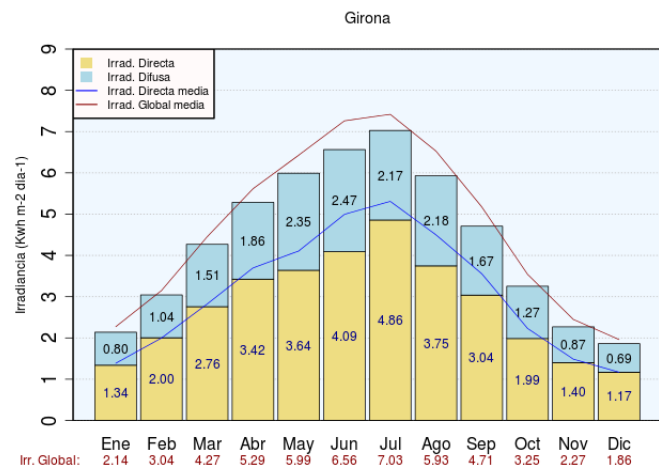
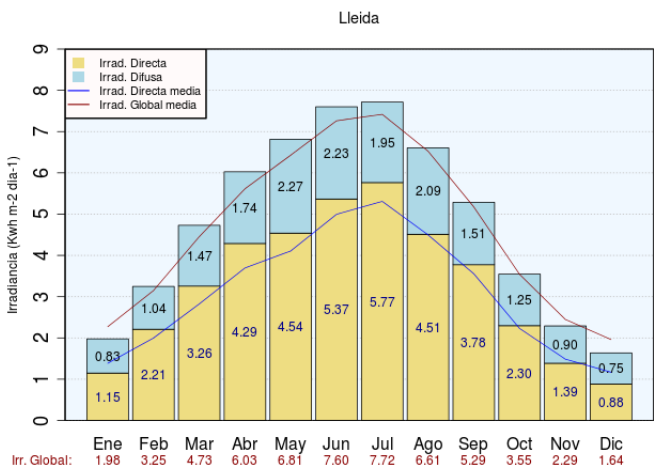
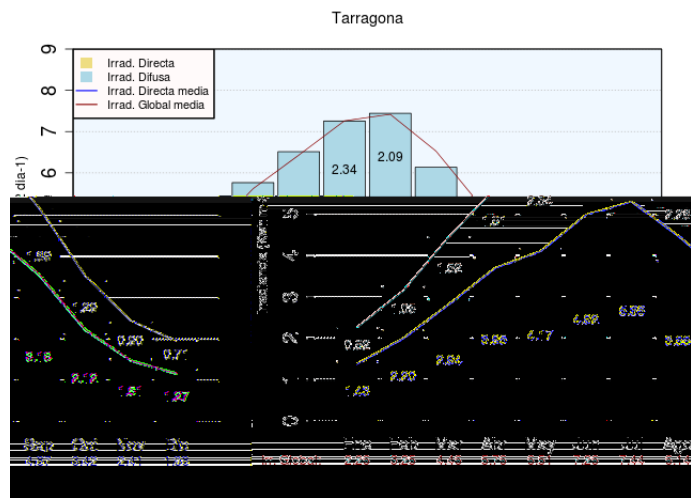
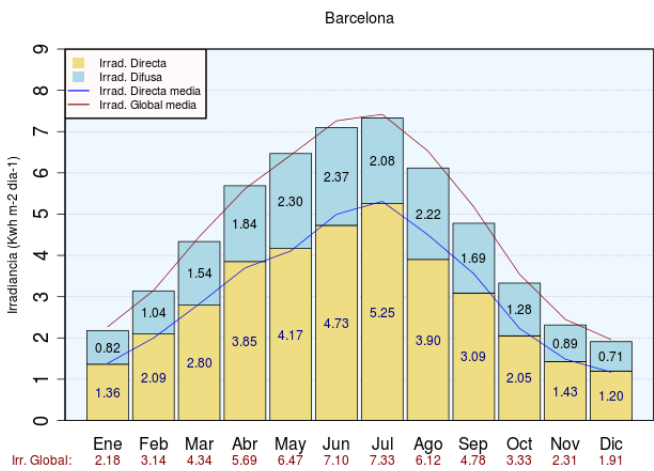
4.5. Navarra



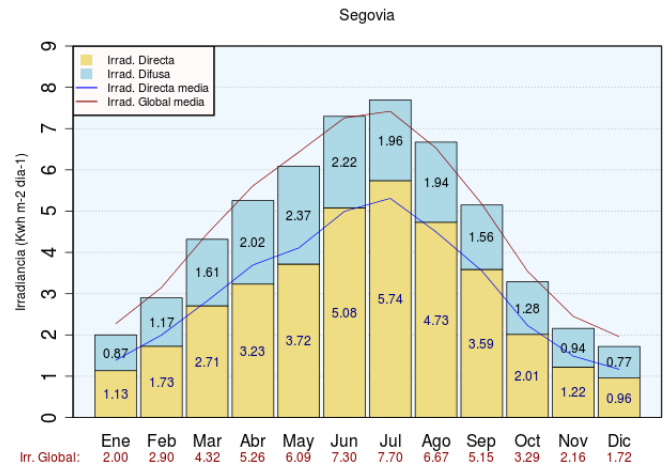
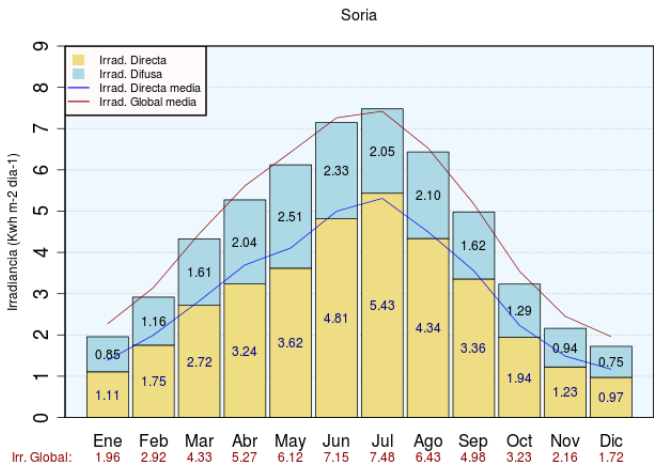
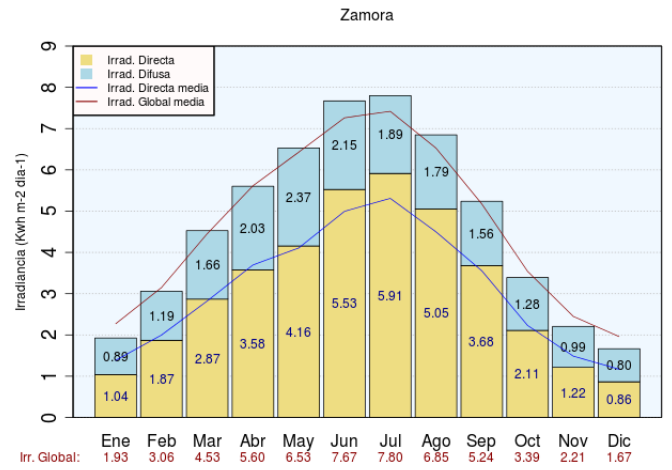
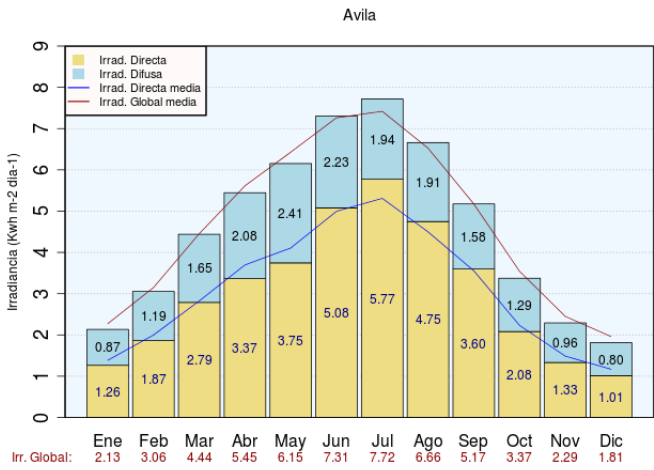
4.6. Aragón

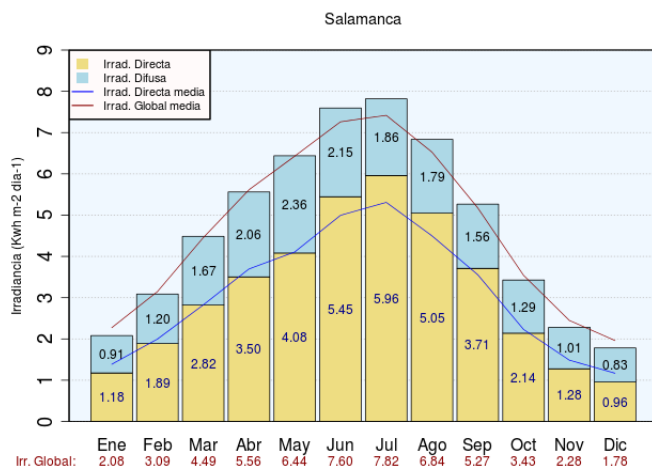
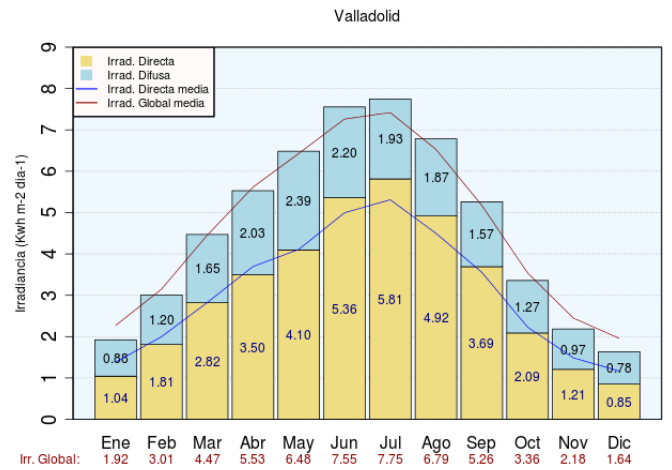
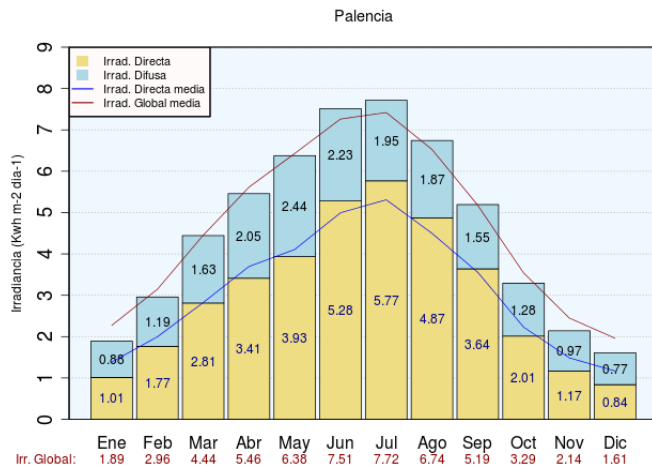
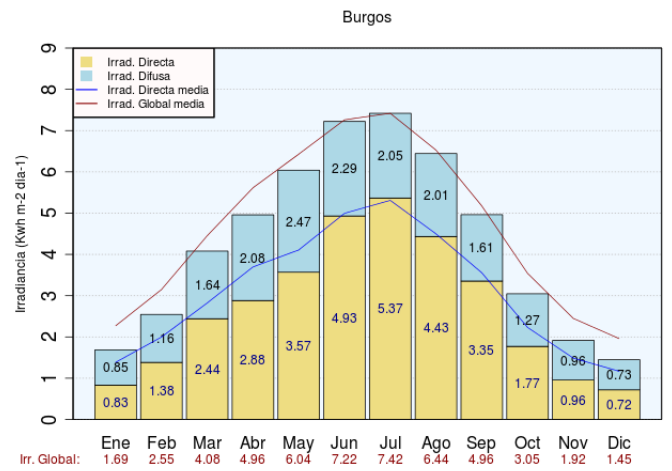
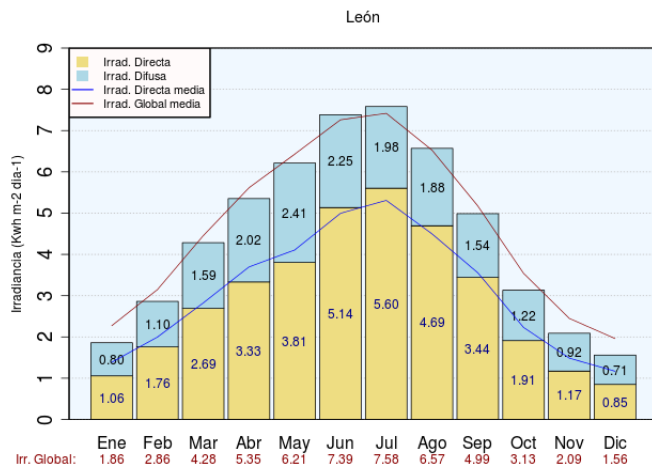


4.7. Catalunya

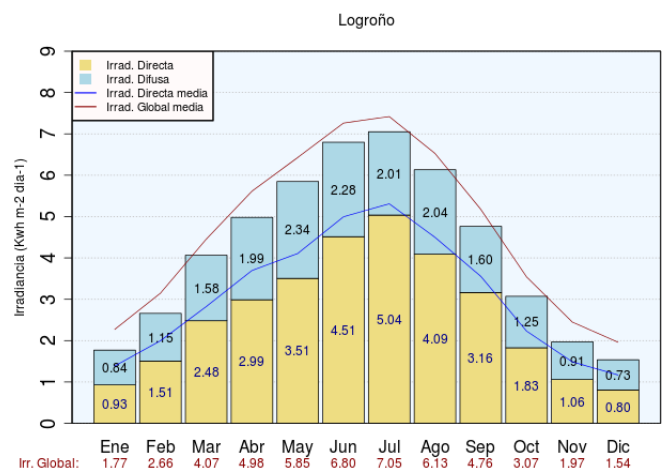


4.8. Castilla León

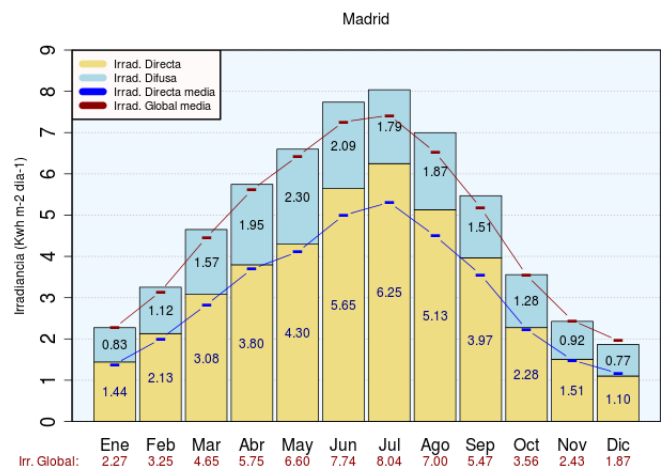




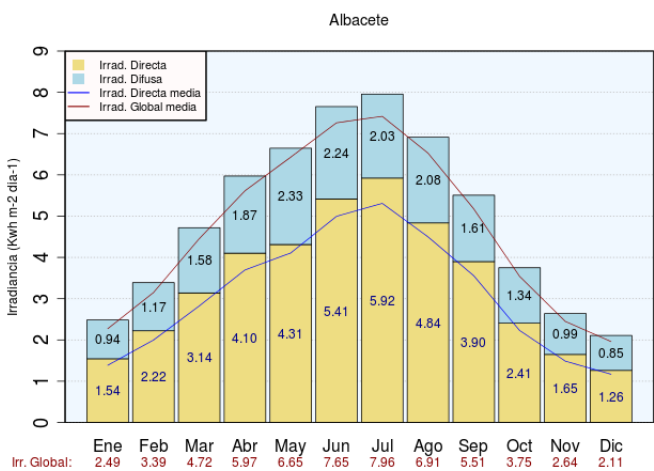
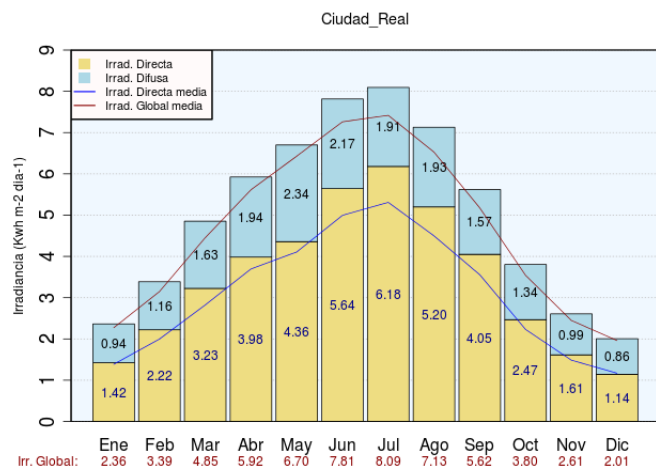
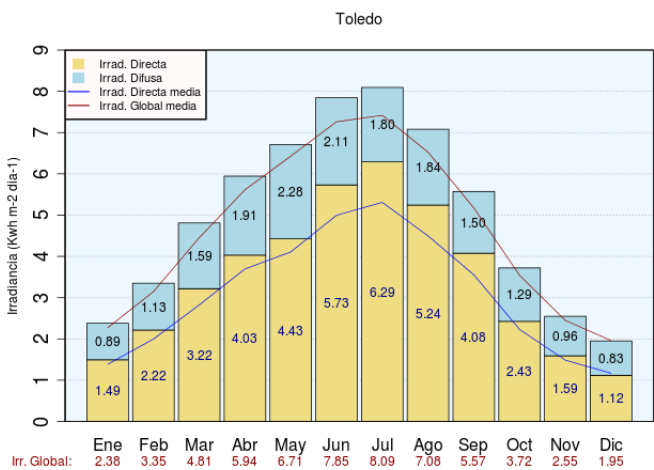
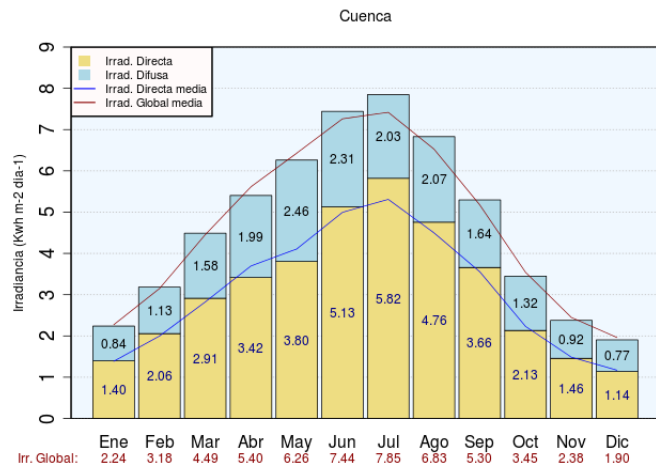
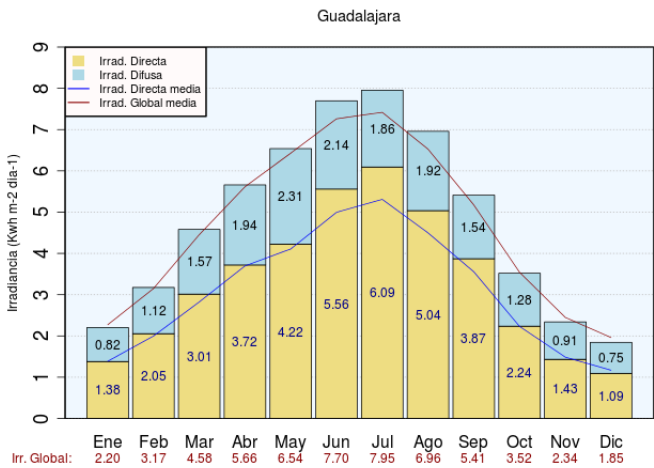
4.9. La Rioja



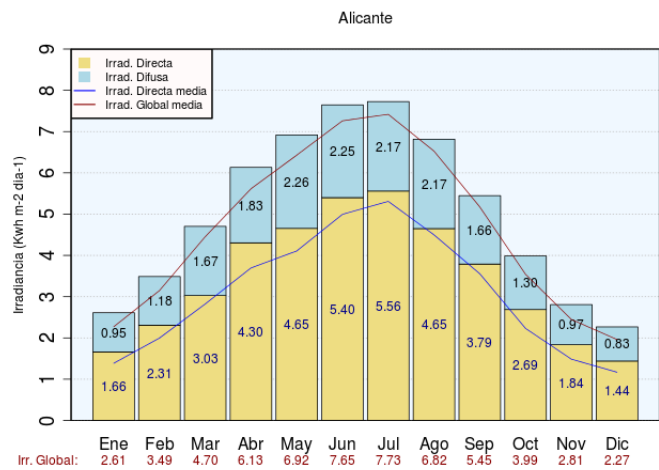
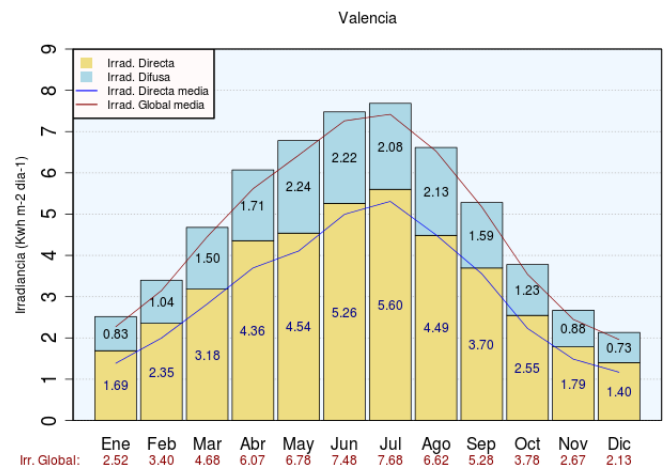
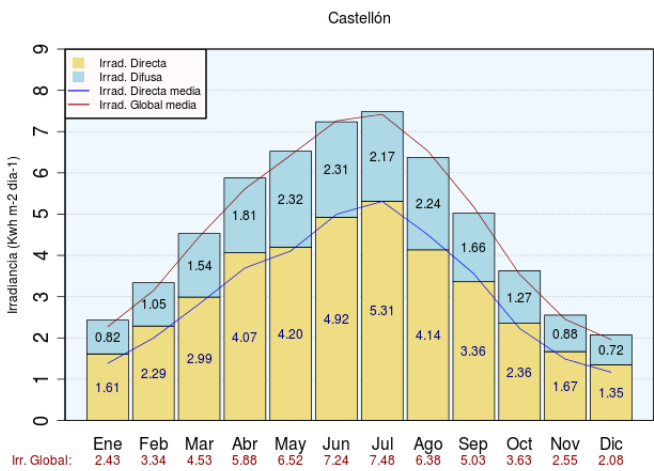
4.10. Madrid



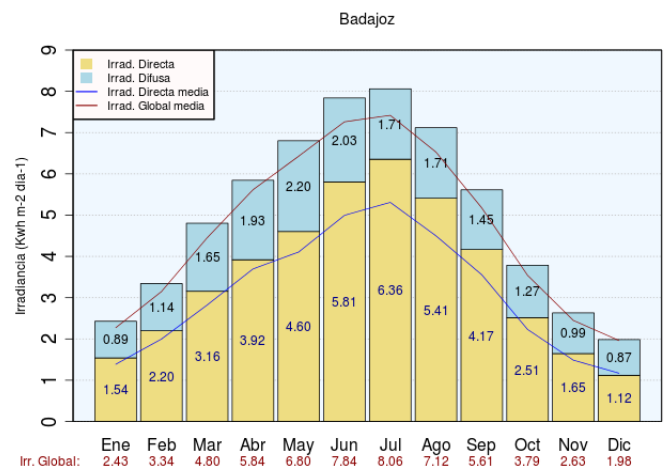
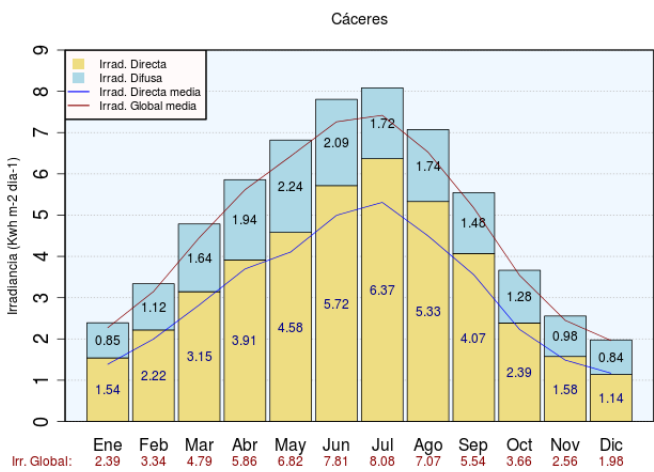
4.11. Castilla La Mancha



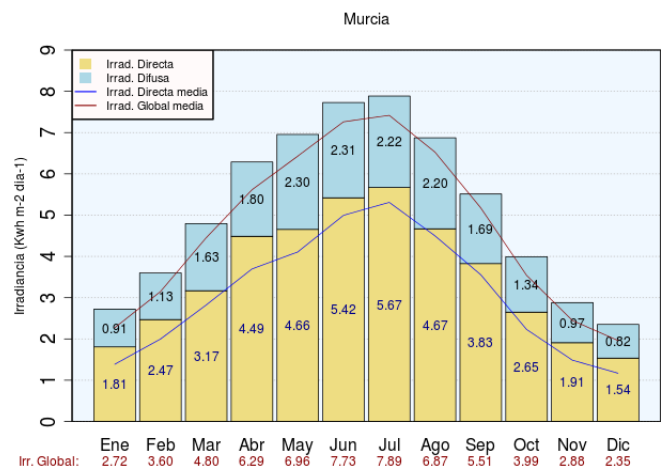
4.12. Comunidad Valenciana



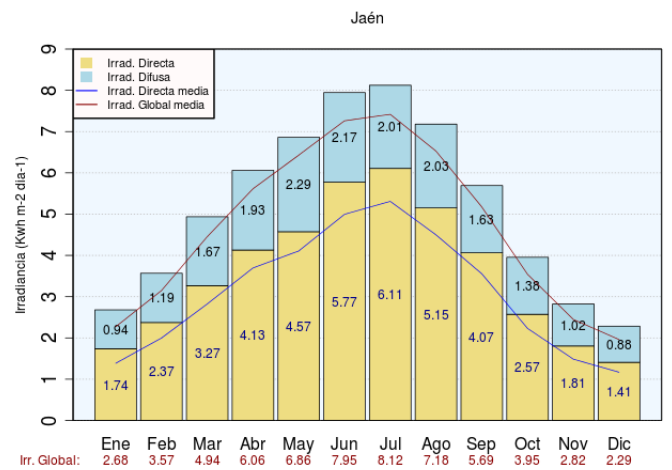
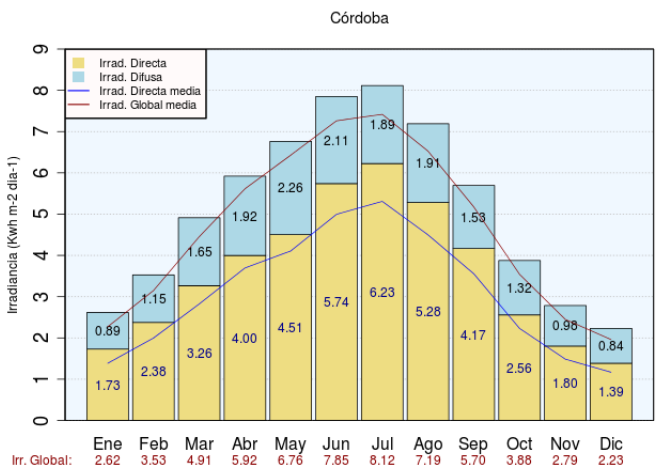
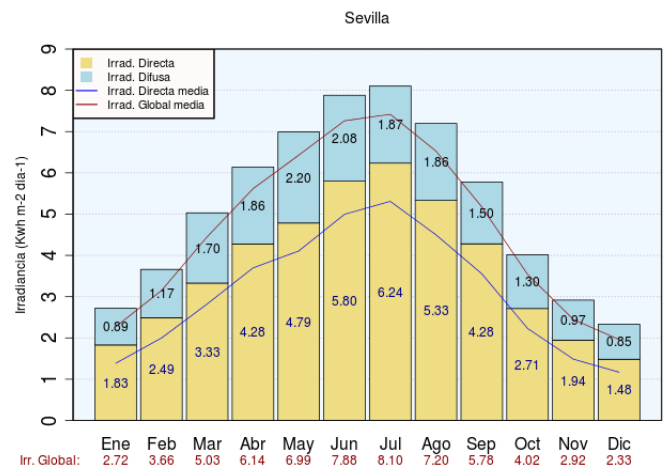
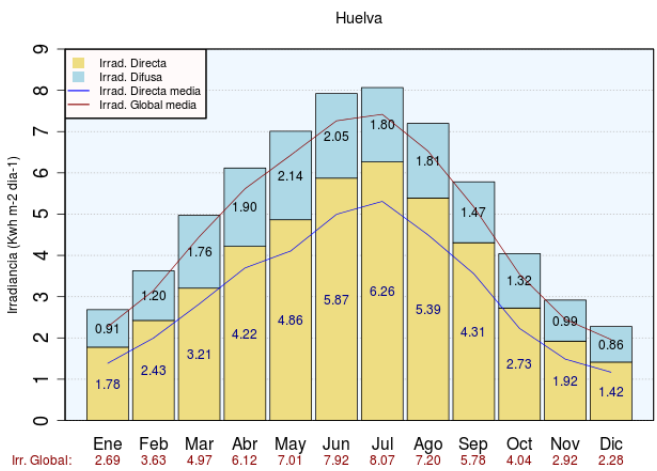
4.13. Extremadura

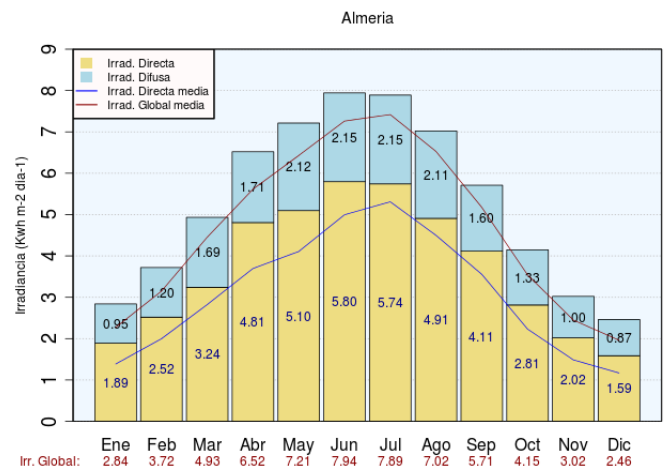
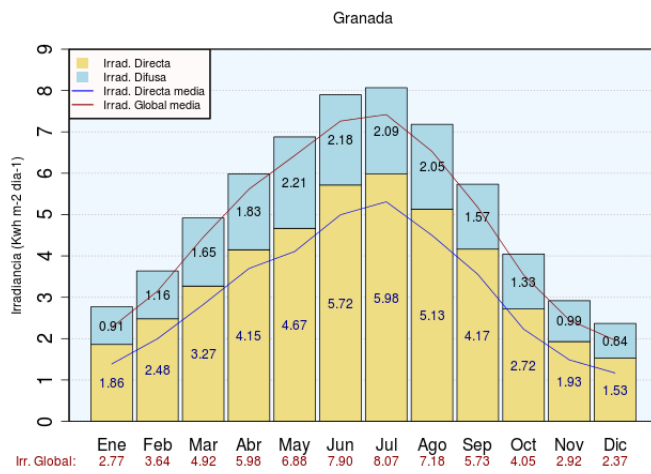
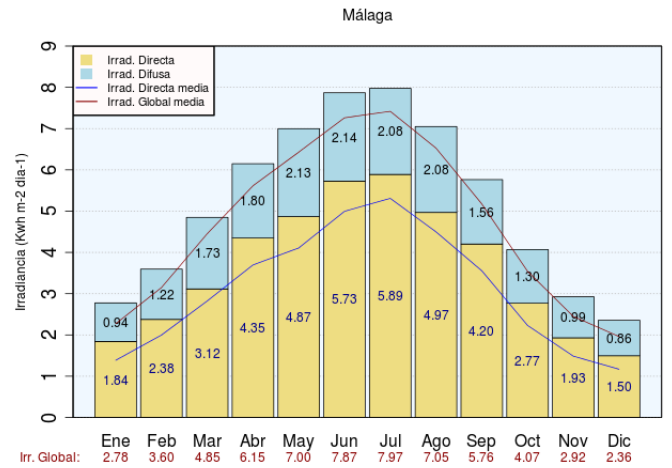
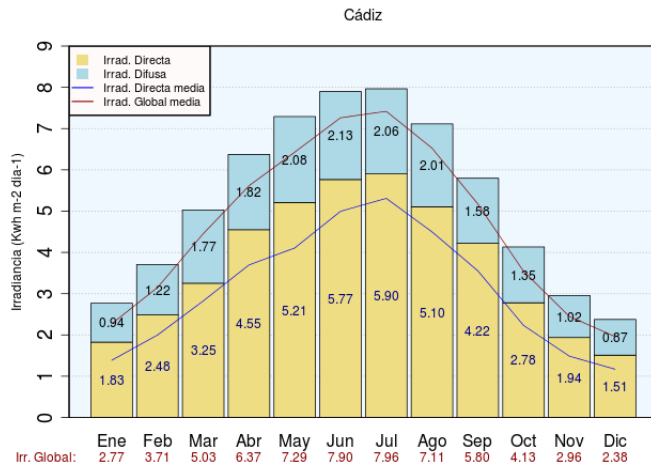


4.14. Murcia

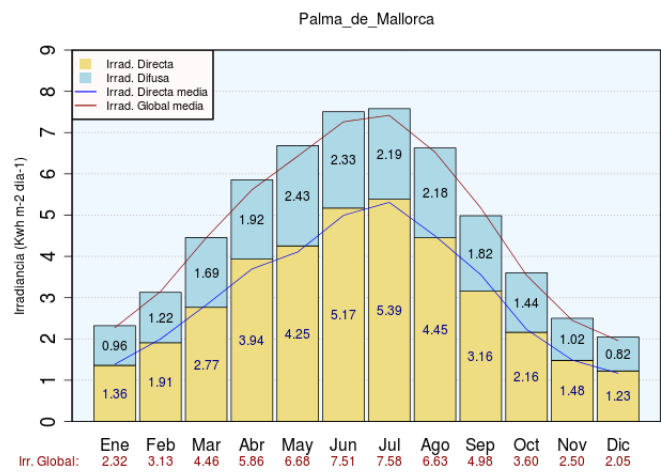


4.15. Andalucía

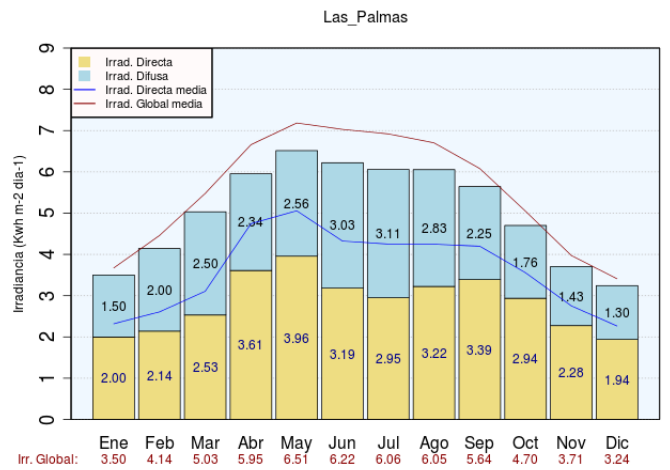
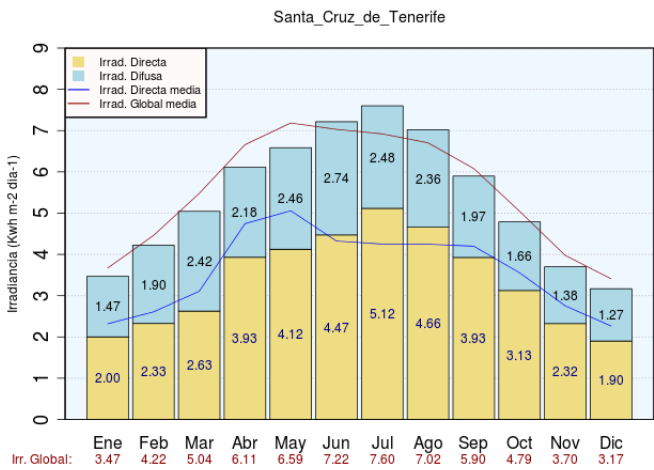




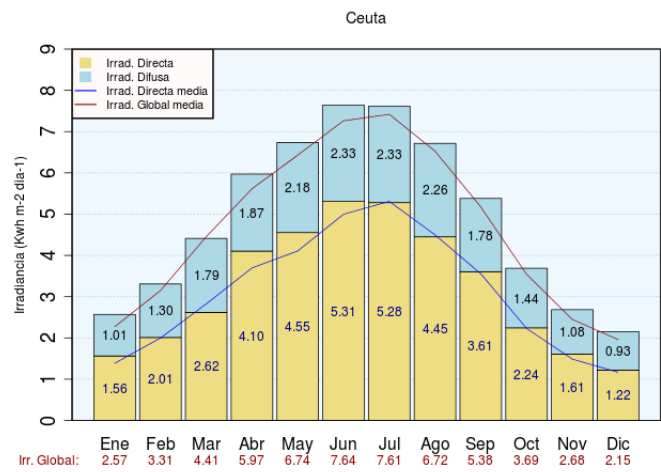
4.16. Islas Baleares



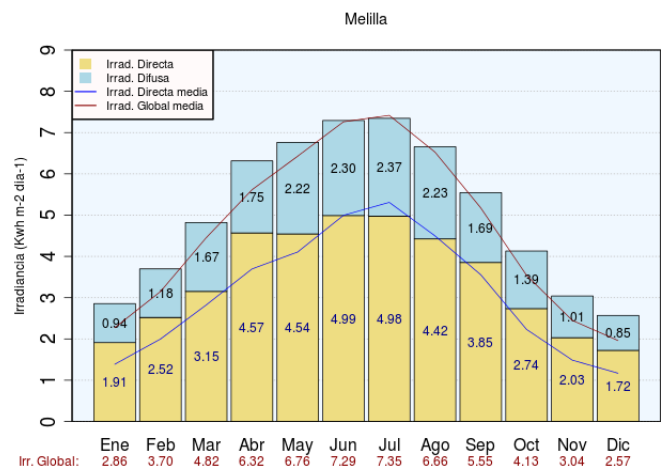
4.17. Canarias



4.18. Ceuta



4.19. Melilla



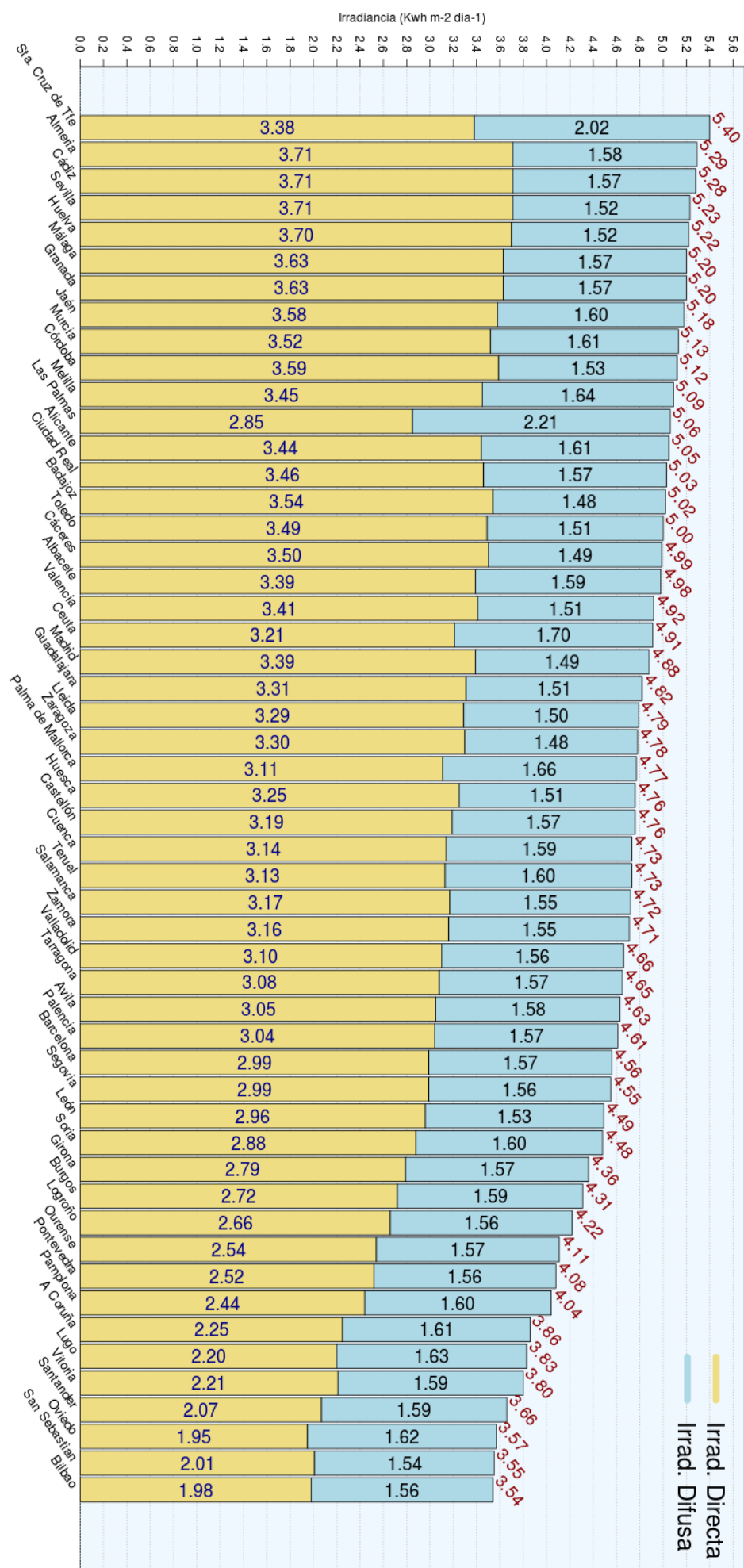
En las siguientes figuras se muestra la irradiancia global media diaria en orden decreciente para las diferentes capitales de provincia, indicándose de la misma manera que en las gráficas anteriores la contribución de la irradiancia difusa a la irradiancia global.

La capital española que recibe mayor cantidad de radiación global es Santa Cruz de Tenerife con $5,40 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$. Sin embargo aunque Almería ocupa el segundo lugar en irradiancia global, es la que recibe mayor irradiancia directa ($3,71 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$). Las siguientes capitales en orden decreciente de irradiancia global son Cádiz, Sevilla, Huelva, Málaga, Granada y Jaén. Las ciudades que reciben menos radiación son las situadas en la cornisa Cantábrica, apreciándose una diferencia importante en la cantidad de radiación recibida en estas ciudades con respecto a las demás localidades. La capital con el valor más bajo de irradiancia es Bilbao seguida de San Sebastián, Oviedo, Santander, Vitoria, Lugo y La Coruña.

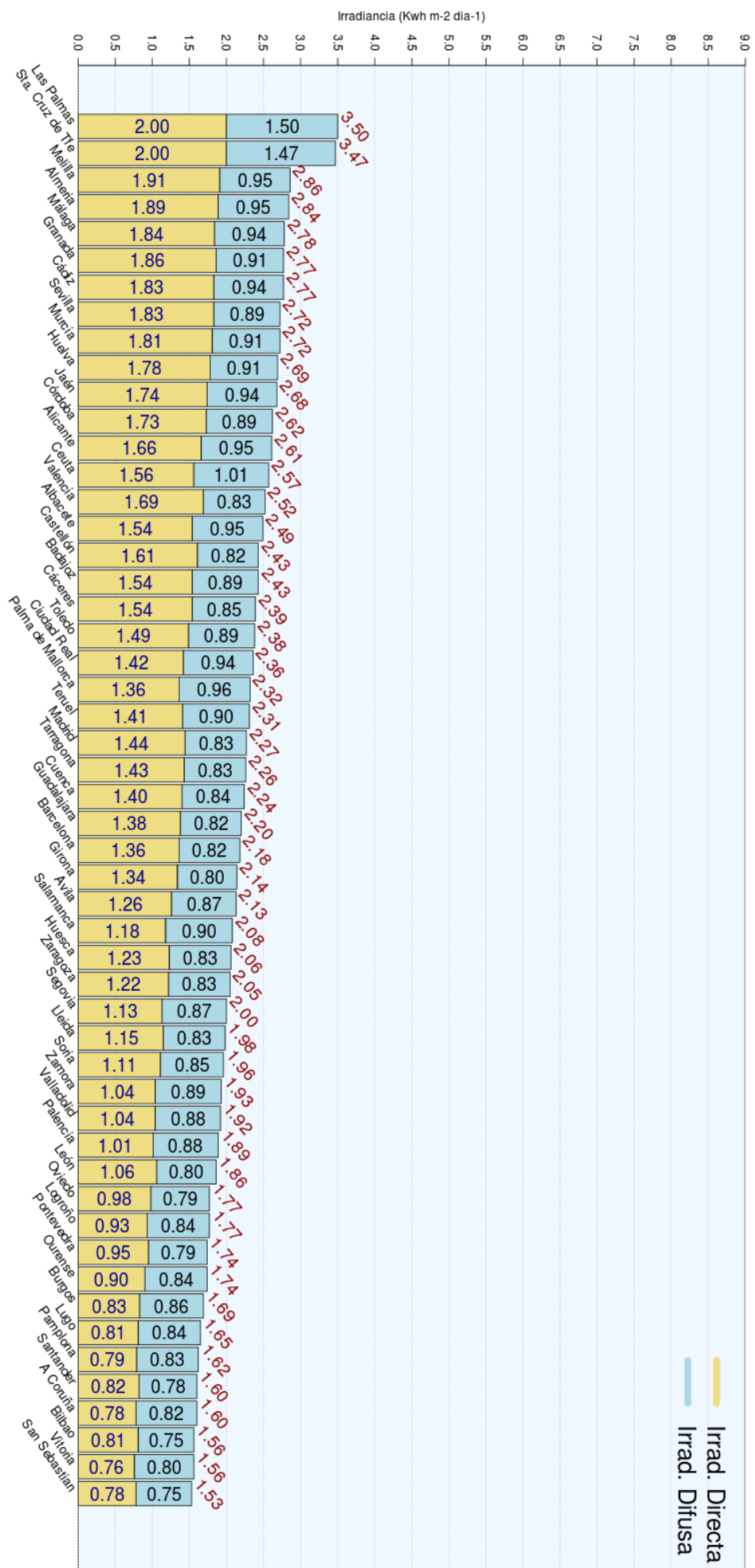
En las siguientes gráficas se muestra la misma información pero para cada mes del año, observándose interesantes cambios de posiciones en el ranking de irradiancia de las distintas capitales según la época del año. En otoño e invierno (de octubre a febrero), son las capitales canarias las que ocupan las primeras posiciones en cuanto a la cantidad de radiación recibida, siendo la diferencia con respecto a las capitales peninsulares más apreciable en la irradiancia difusa que en la directa. La importante fracción de la irradiancia difusa en la irradiancia global es sin duda consecuencia de la presencia frecuente de nubosidad estratiforme asociada a la inversión del alisio en la región subtropical en la que se encuentran las Islas Canarias. Esta nubosidad es más importante en las costas orientadas al norte y nordeste de las islas como consecuencia de la mayor formación de nubes debido a forzamiento orográfico.

Sin embargo, en primavera y verano son las capitales de la mitad sur peninsular las que reciben mayor cantidad de radiación. En primavera, como ya se afirmó anteriormente, el máximo radiativo se encuentra algo desplazado hacia el sudeste peninsular siendo importante la irradiancia recibida en las capitales de esta región. Esta situación cambia al final de la primavera y el verano cuando el máximo de irradiancia se desplaza hacia el suroeste extendiéndose de forma importante hacia el interior y mitad este peninsular. Es enton-

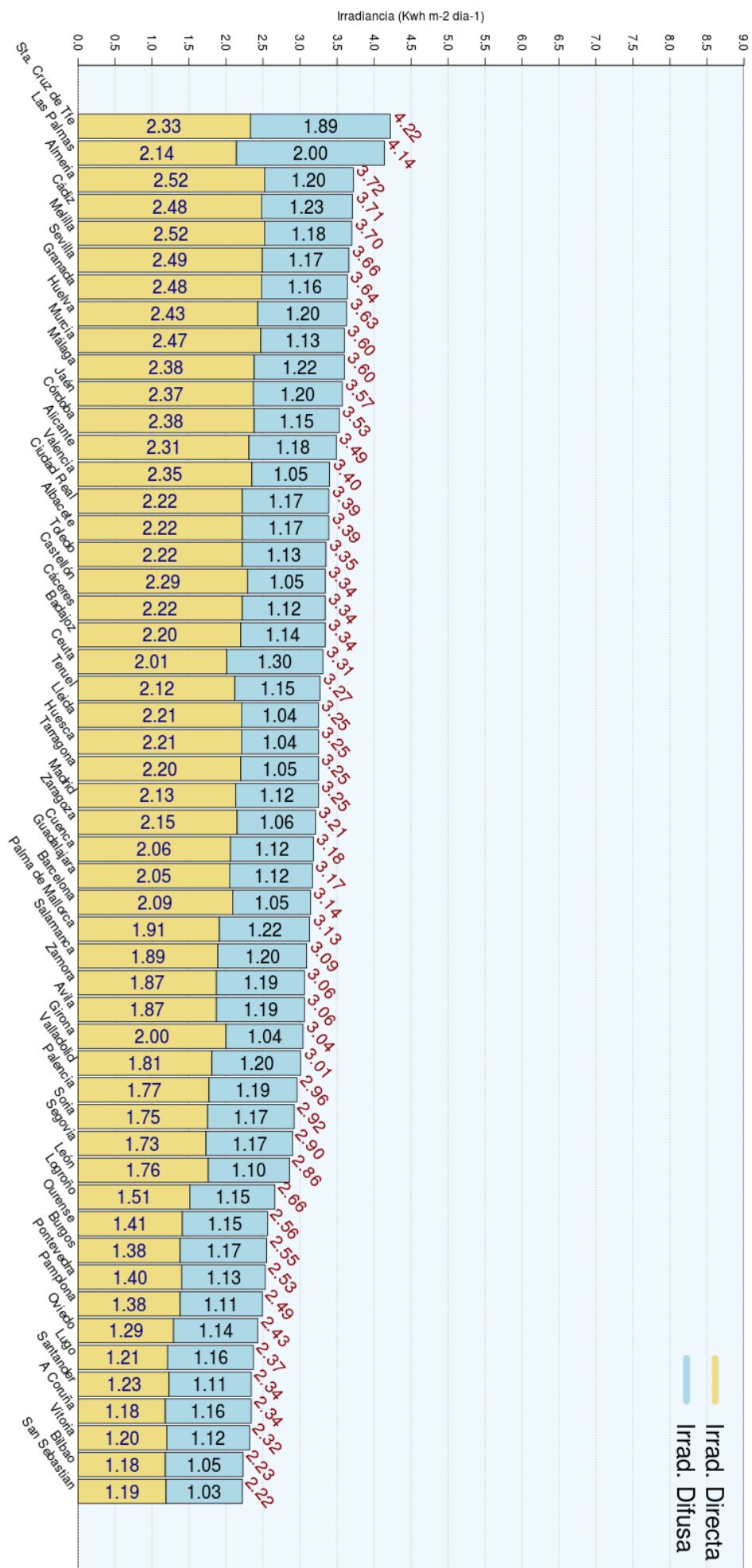
ces cuando las capitales extremeñas, así como del este de Castilla la Mancha y valle del Guadalquivir ganan posiciones, siendo destacables los valores de irradiancia global en Julio en Córdoba y Jaén ($8,12 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$) y los valores de irradiancia directa en Cáceres ($6,37 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$) y Badajoz ($6,36 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$). El comportamiento radiativo de las capitales que registran los mínimos de radiación es muy regular a lo largo del año, siendo las ciudades del norte de Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco las que reciben los valores más bajos durante todos los meses del año, aunque es durante el verano cuando se encuentran las mayores diferencias con los valores del resto de localidades. Como ya se indicó anteriormente en los mapas de irradiancia media por meses, es durante el verano cuando se acentúa el gradiente latitudinal, especialmente en el norte peninsular.



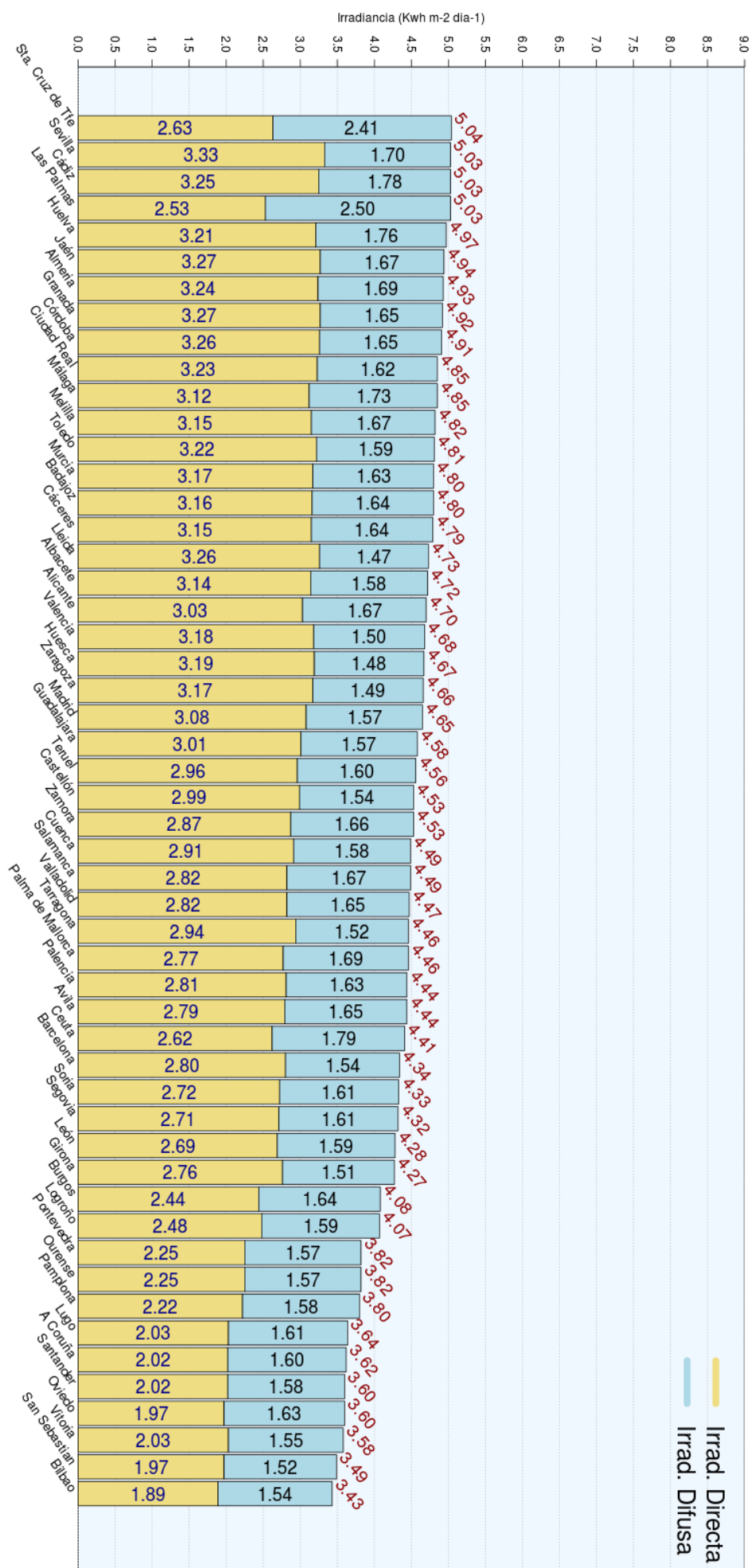
Irradiancia global media diaria [1983-2005]



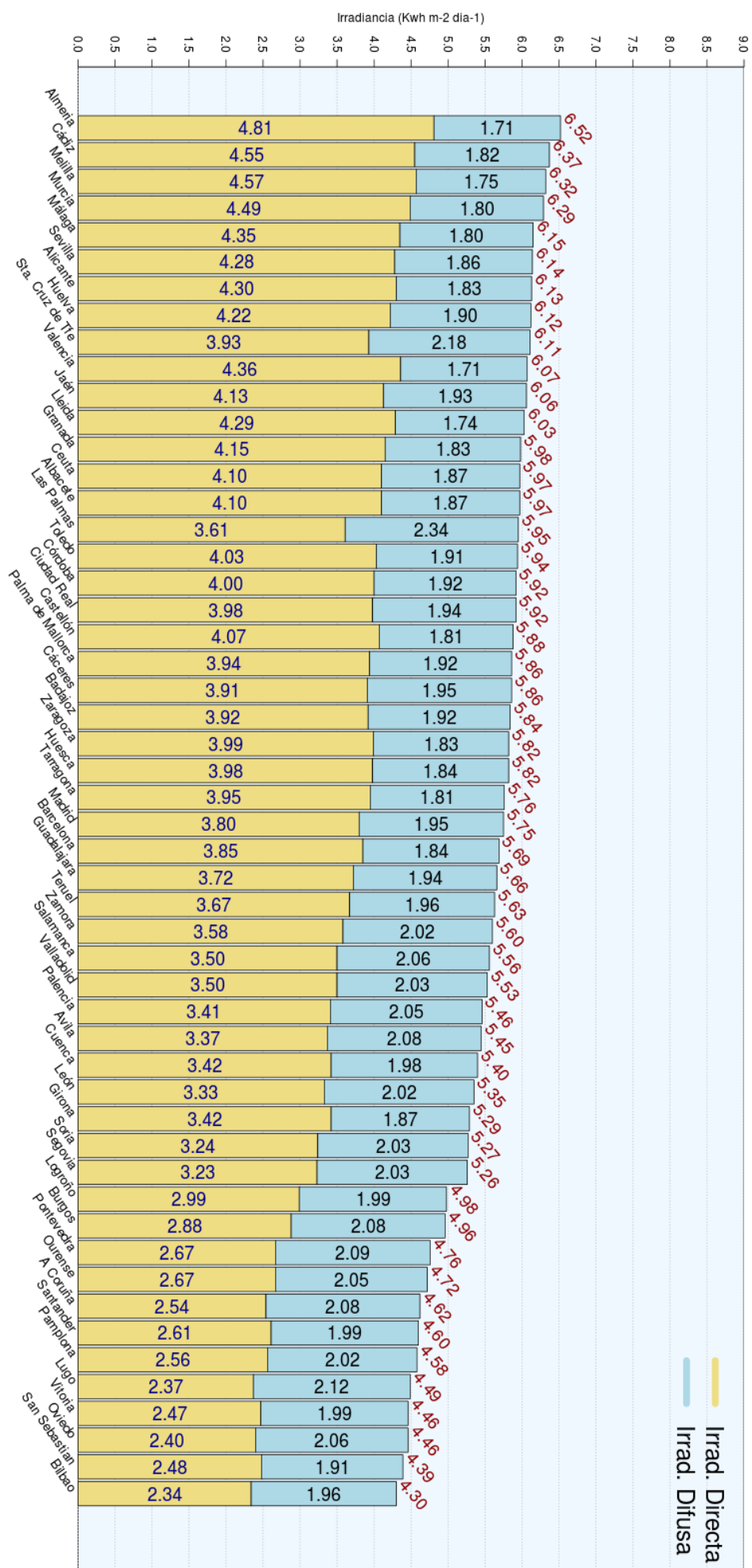
Irradiancia global media diaria, Mes: Enero [1983-2005]



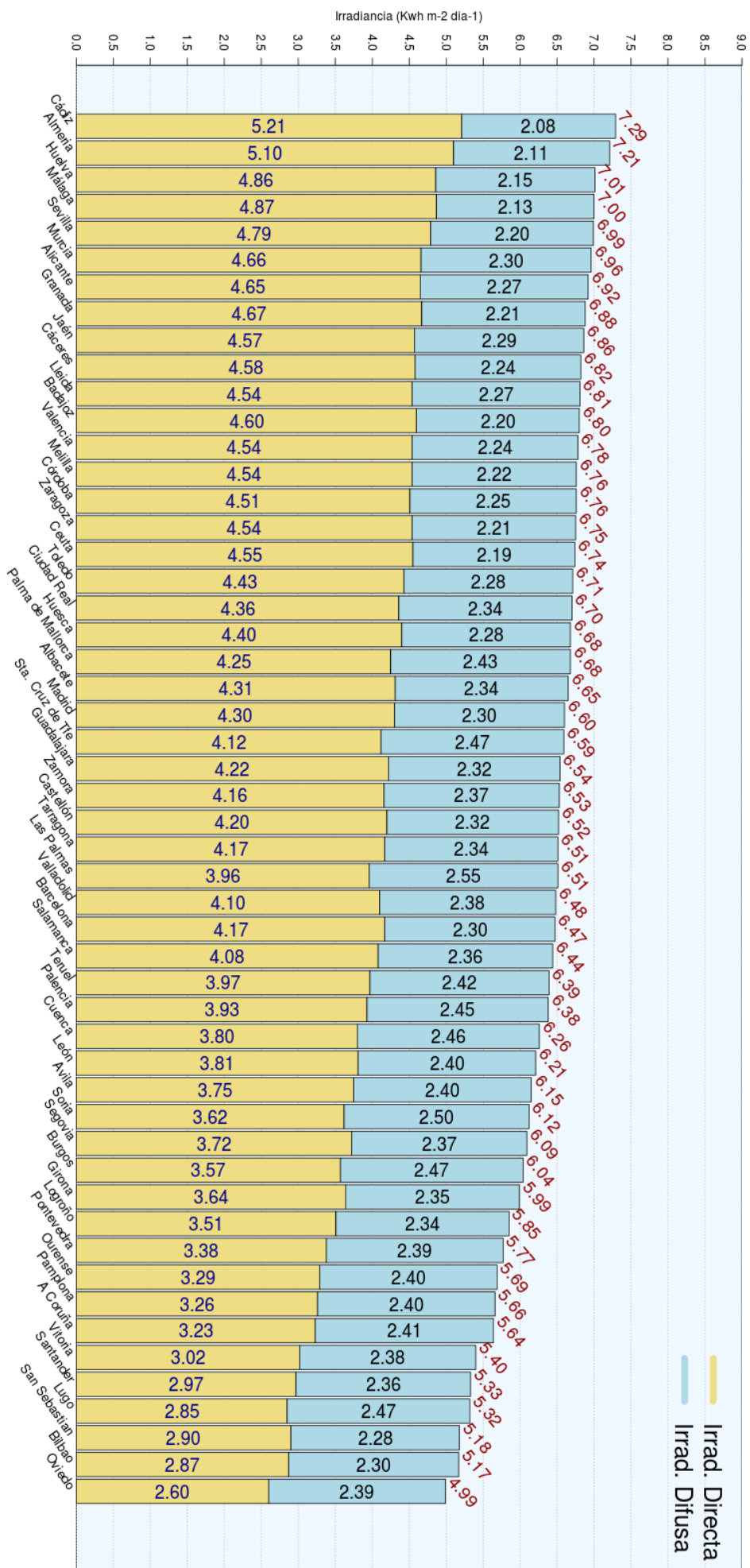
Irradiancia global media diaria, Mes: Febrero [1983-2005]



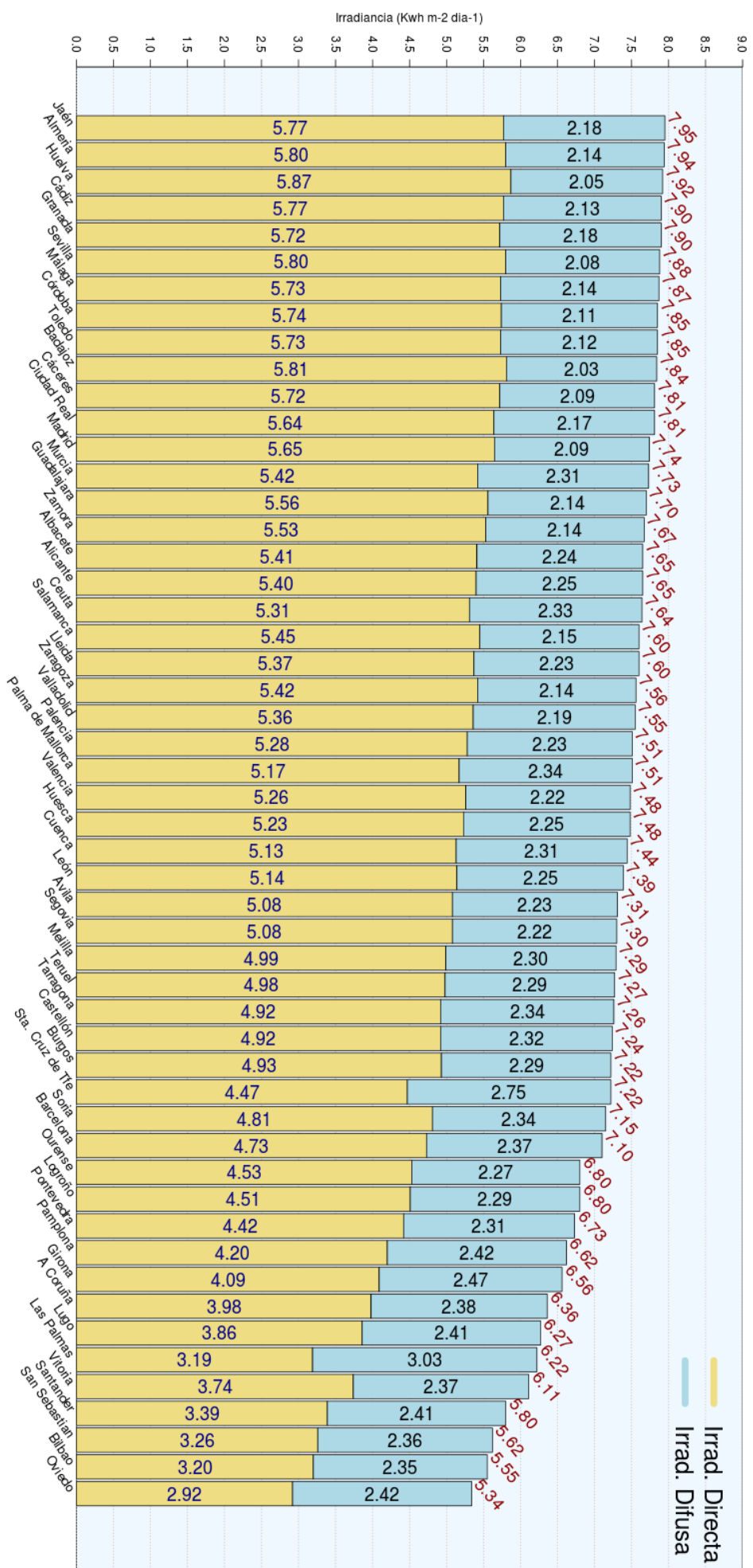
Irradiancia global media diaria, Mes: Marzo [1983-2005]



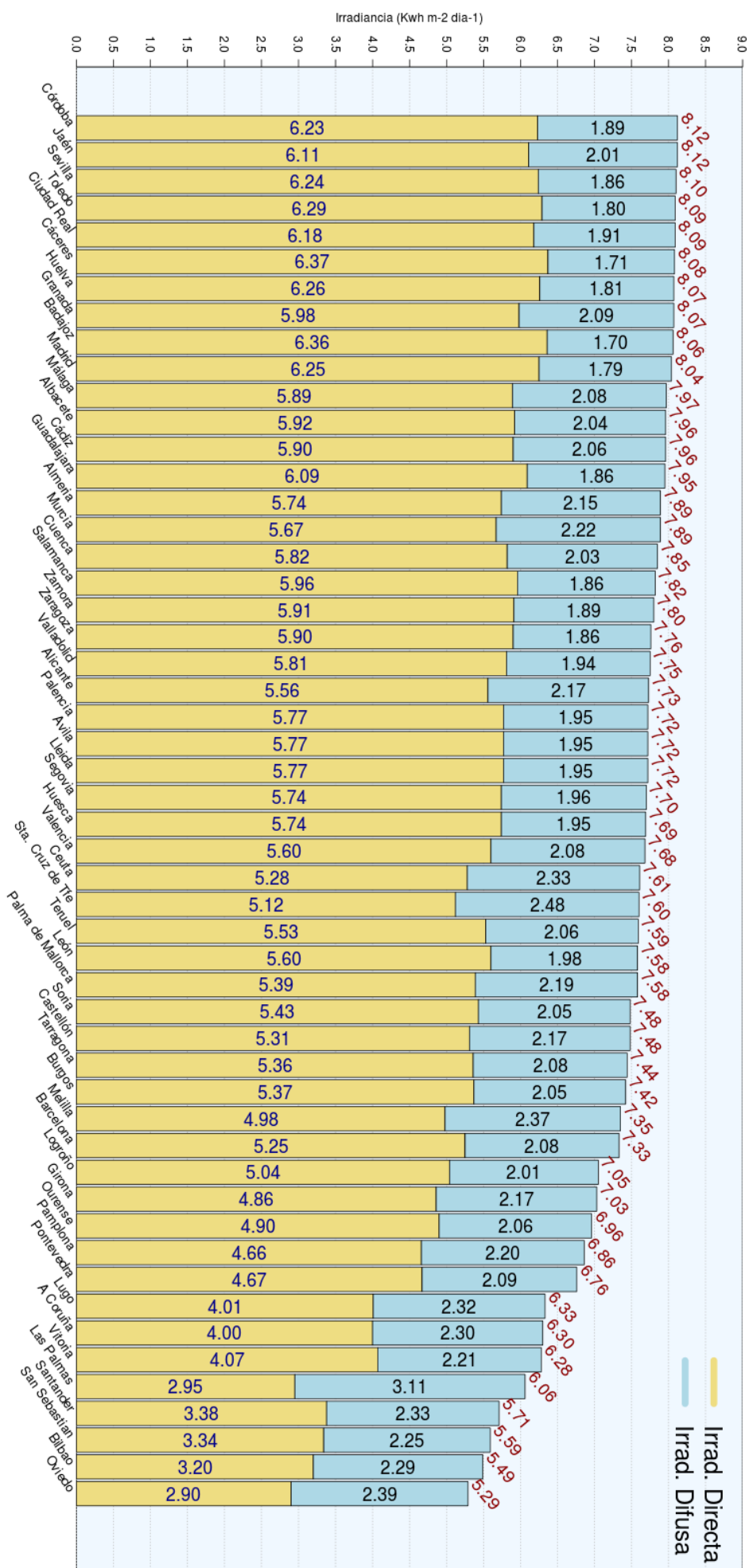
Irradiancia global media diaria, Mes: Abril [1983-2005]



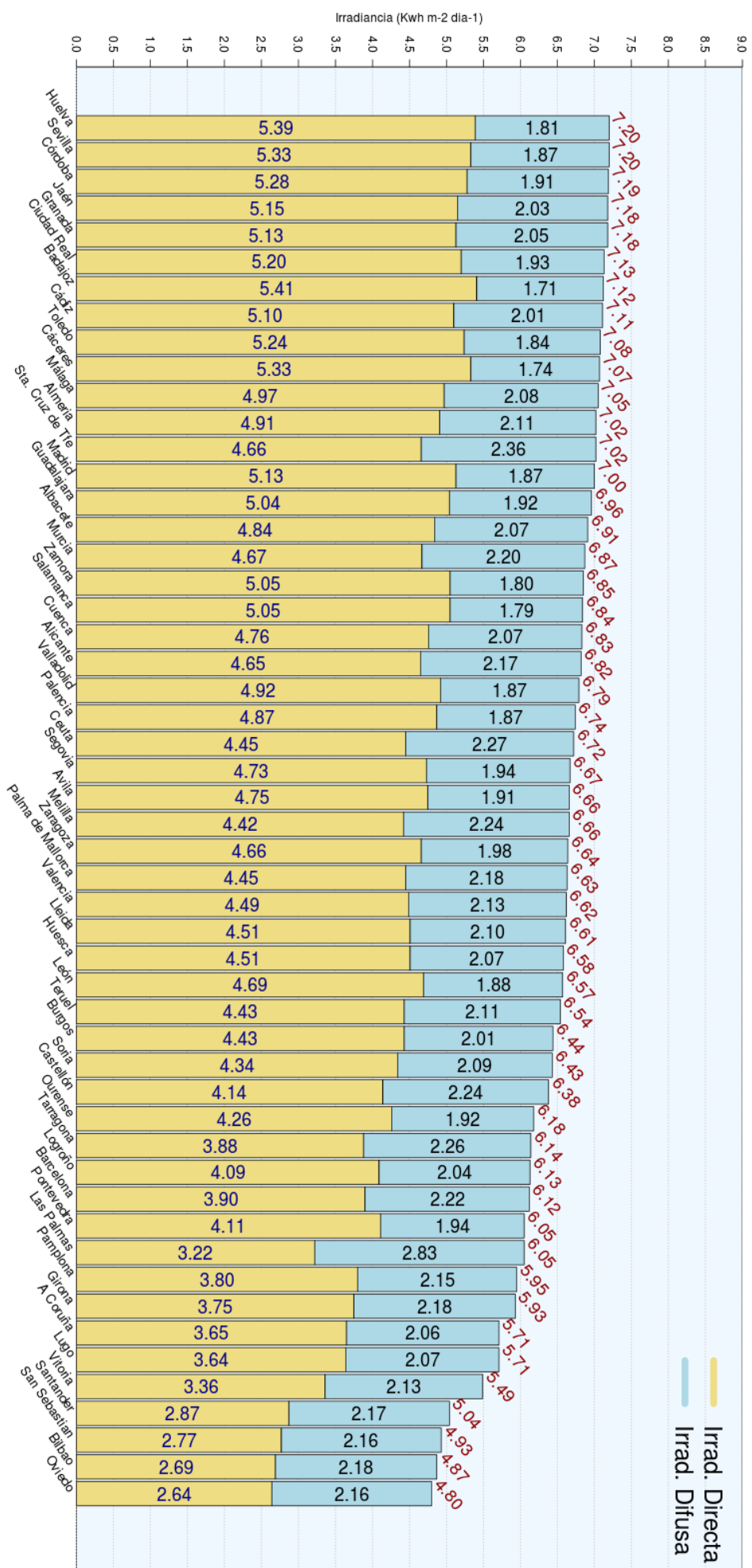
Irradiancia global media diaria, Mes: Mayo [1983-2005]



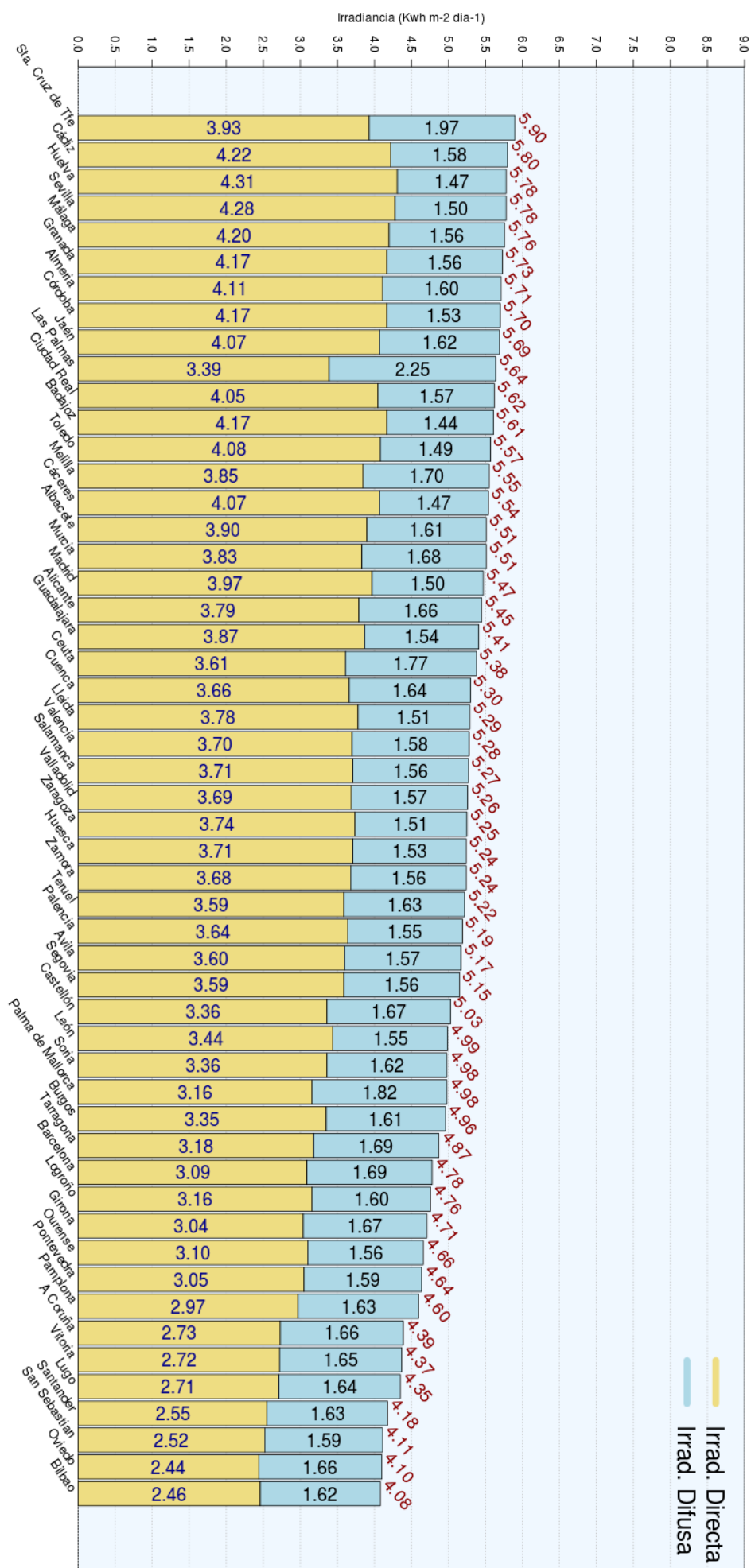
Irradiancia global media diaria, Mes: Junio [1983-2005]



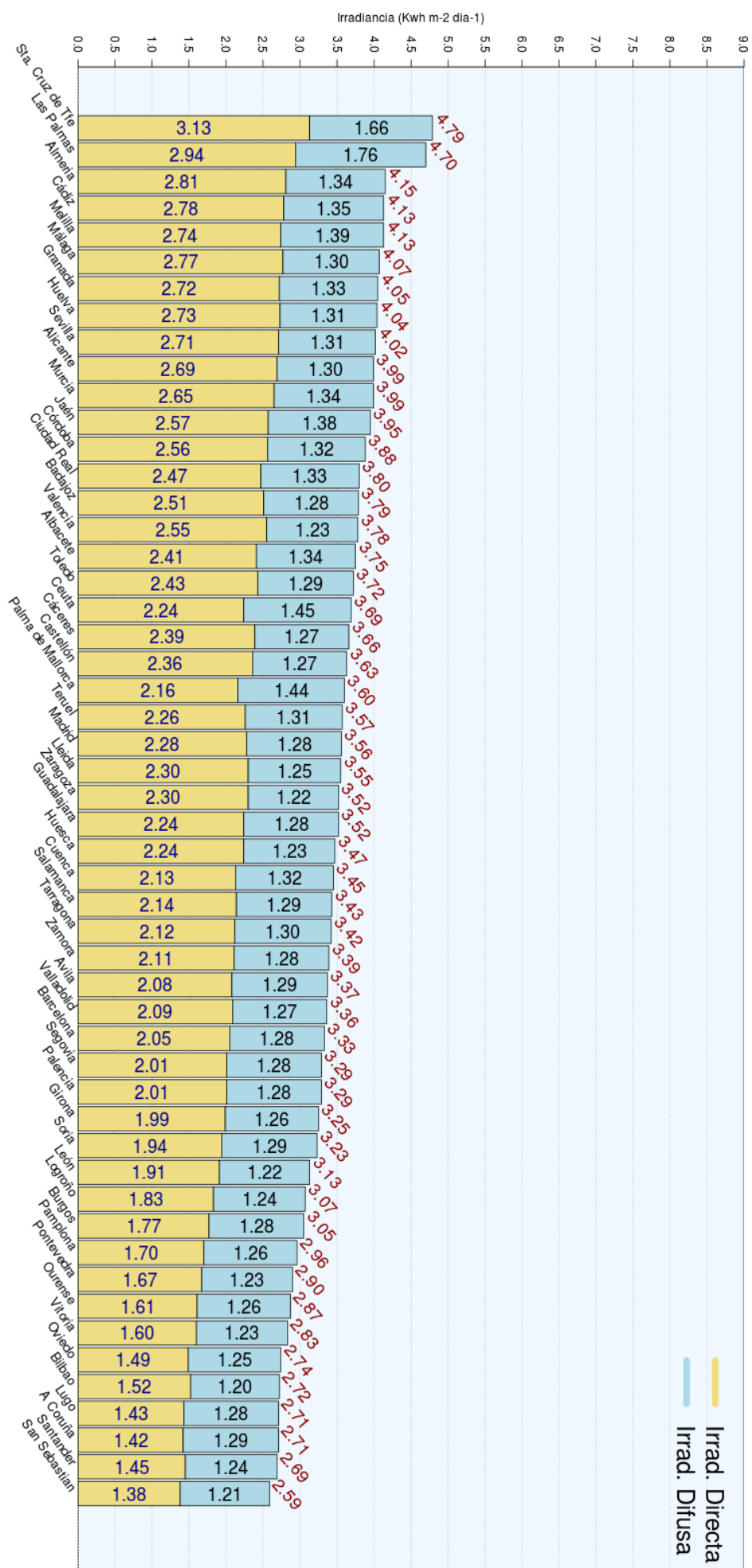
Irradiancia global media diaria, Mes: Julio [1983-2005]



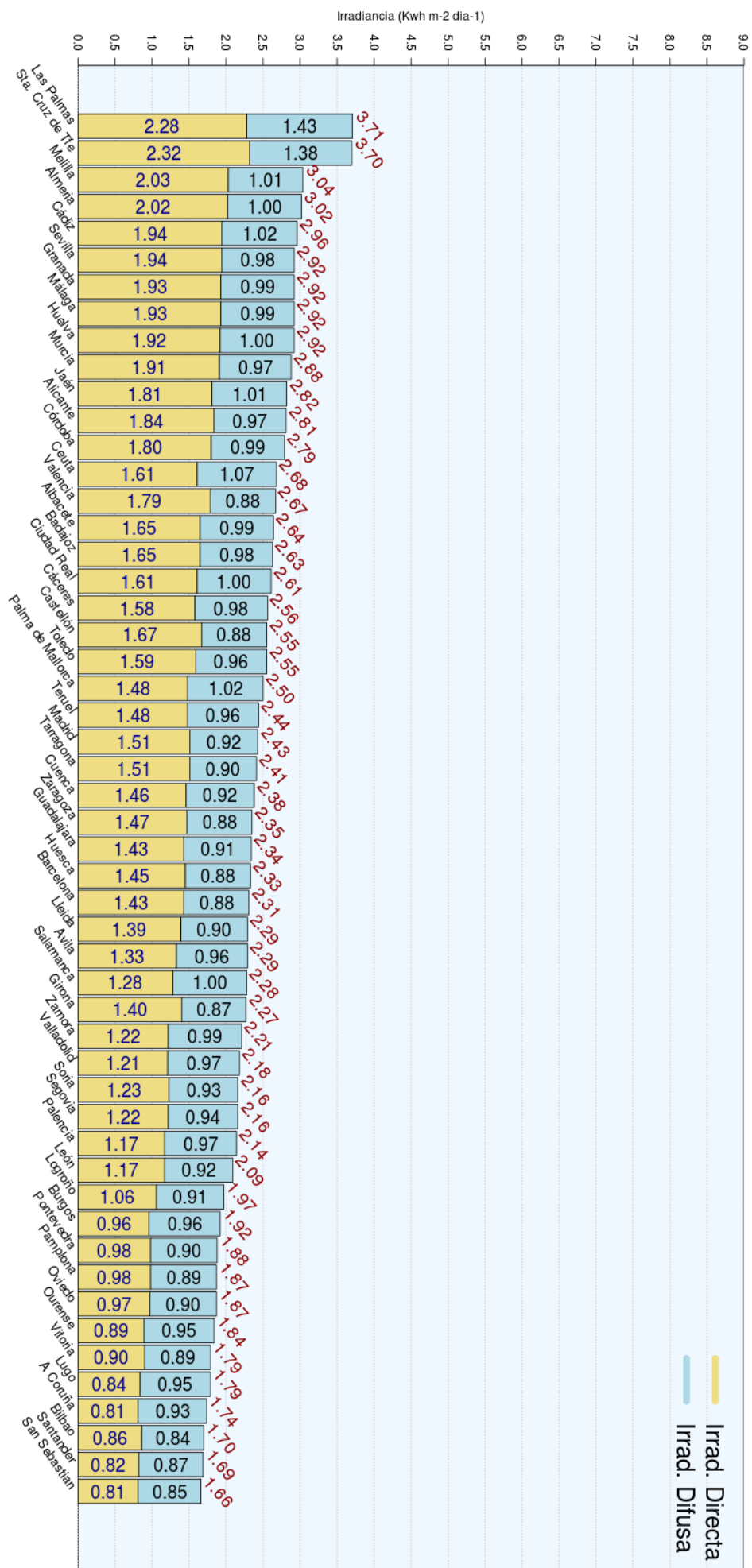
Irradiancia global media diaria, Mes: Agosto [1983-2005]



Irradiancia global media diaria, Mes: Septiembre [1983-2005]



Irradiancia global media diaria, Mes: Octubre [1983-2005]



Irradiancia global media diaria, Mes: Noviembre [1983-2005]

Irradiancia global media diaria. Mes: Diciembre 1983-2005

[illegible]

5. Tablas de valores medios y de percentiles de Irradiancias Global y Directa en las capitales de provincia [1983-2005]

En la siguientes tablas se muestran los valores medios calculados para las capitales de provincia de las Irradiancias Global y Directa. Es importante destacar, a efectos del uso de estos datos con fines comparativos que se trata de promedios mensuales de los valores diarios de dichas magnitudes y siempre sobre una superficie horizontal.

Igualmente se muestran tablas que incluyen los valores mínimo, máximo y los percentiles P_{25} , P_{50} , y P_{75} de la serie de promedios mensuales de valores diarios de irradiancias para el período 1983-2005, interpolados a la localización de las capitales de provincia. Es muy importante tener en cuenta a efectos de la realización de comparaciones de medidas con los valores de las tablas de percentiles que la serie de estudio en la que se basan los cálculos está formada por valores medios mensuales de irradiancias diarias y que por lo tanto solo sería correcto realizar comparaciones con medidas de irradiancia que igualmente sean promedios mensuales de valores diarios. Por ejemplo, podría darse el caso de un valor de irradiancia global para un día determinado que fuera superior al valor máximo encontrado en las tablas de percentiles calculados estos con promedios mensuales diarios. En resumen, solo son comparables irradiancias medias mensuales de valores diarios y siempre sobre una superficie horizontal.

$kWh \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$	MEDIAS		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.
A Coruña	3.86	2.25	1.60	0.78	2.34	1.18	3.62	2.02	4.62	2.54	5.64	3.23	6.36	3.98
Albacete	4.98	3.39	2.49	1.54	3.39	2.22	4.72	3.14	5.97	4.10	6.65	4.31	7.65	5.41
Alicante	5.05	3.44	2.61	1.66	3.49	2.31	4.70	3.03	6.13	4.30	6.92	4.65	7.65	5.40
Almería	5.29	3.71	2.84	1.89	3.72	2.52	4.93	3.24	6.52	4.81	7.21	5.10	7.94	5.80
Avila	4.63	3.05	2.13	1.26	3.06	1.87	4.44	2.79	5.45	3.37	6.15	3.75	7.31	5.08
Badajoz	5.02	3.54	2.43	1.54	3.34	2.20	4.80	3.16	5.84	3.92	6.80	4.60	7.84	5.81
Barcelona	4.56	2.99	2.18	1.36	3.14	2.09	4.34	2.80	5.69	3.85	6.47	4.17	7.10	4.73
Bilbao	3.54	1.98	1.56	0.81	2.23	1.18	3.43	1.89	4.30	2.34	5.17	2.87	5.55	3.20
Burgos	4.31	2.72	1.69	0.83	2.55	1.38	4.08	2.44	4.96	2.88	6.04	3.57	7.22	4.93
Cáceres	4.99	3.50	2.39	1.54	3.34	2.22	4.79	3.15	5.86	3.91	6.82	4.58	7.81	5.72
Cádiz	5.28	3.71	2.77	1.83	3.71	2.48	5.03	3.25	6.37	4.55	7.29	5.21	7.90	5.77
Castellón	4.76	3.19	2.43	1.61	3.34	2.29	4.53	2.99	5.88	4.07	6.52	4.20	7.24	4.92
Ceuta	4.91	3.21	2.57	1.56	3.31	2.01	4.41	2.62	5.97	4.10	6.74	4.55	7.64	5.31
Ciudad Real	5.03	3.46	2.36	1.42	3.39	2.22	4.85	3.23	5.92	3.98	6.70	4.36	7.81	5.64
Córdoba	5.12	3.59	2.62	1.73	3.53	2.38	4.91	3.26	5.92	4.00	6.76	4.51	7.85	5.74
Cuenca	4.73	3.14	2.24	1.40	3.18	2.06	4.49	2.91	5.40	3.42	6.26	3.80	7.44	5.13
Girona	4.36	2.79	2.14	1.34	3.04	2.00	4.27	2.76	5.29	3.42	5.99	3.64	6.56	4.09
Granada	5.20	3.63	2.77	1.86	3.64	2.48	4.92	3.27	5.98	4.15	6.88	4.67	7.90	5.72
Guadalajara	4.82	3.31	2.20	1.38	3.17	2.05	4.58	3.01	5.66	3.72	6.54	4.22	7.70	5.56
Huelva	5.22	3.70	2.69	1.78	3.63	2.43	4.97	3.21	6.12	4.22	7.01	4.86	7.92	5.87
Huesca	4.76	3.25	2.06	1.23	3.25	2.21	4.67	3.19	5.82	3.98	6.68	4.40	7.48	5.23
Jaén	5.18	3.58	2.68	1.74	3.57	2.37	4.94	3.27	6.06	4.13	6.86	4.57	7.95	5.77
Las Palmas	5.06	2.85	3.50	2.00	4.14	2.14	5.03	2.53	5.95	3.61	6.51	3.96	6.22	3.19
León	4.49	2.96	1.86	1.06	2.86	1.76	4.28	2.69	5.35	3.33	6.21	3.81	7.39	5.14
Lleida	4.79	3.29	1.98	1.15	3.25	2.21	4.73	3.26	6.03	4.29	6.81	4.54	7.60	5.37

$kWh \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$	JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.
A Coruña	6.30	4.00	5.71	3.65	4.39	2.73	2.71	1.42	1.74	0.81	1.34	0.63
Albacete	7.96	5.92	6.91	4.84	5.51	3.90	3.75	2.41	2.64	1.65	2.11	1.26
Alicante	7.73	5.56	6.82	4.65	5.45	3.79	3.99	2.69	2.81	1.84	2.27	1.44
Almería	7.89	5.74	7.02	4.91	5.71	4.11	4.15	2.81	3.02	2.02	2.46	1.59
Ávila	7.72	5.77	6.66	4.75	5.17	3.60	3.37	2.08	2.29	1.33	1.81	1.01
Badajoz	8.06	6.36	7.12	5.41	5.61	4.17	3.79	2.51	2.63	1.65	1.98	1.12
Barcelona	7.33	5.25	6.12	3.90	4.78	3.09	3.33	2.05	2.31	1.43	1.91	1.20
Bilbao	5.49	3.20	4.87	2.69	4.08	2.46	2.72	1.52	1.70	0.86	1.38	0.74
Burgos	7.42	5.37	6.44	4.43	4.96	3.35	3.05	1.77	1.92	0.96	1.45	0.72
Cáceres	8.08	6.37	7.07	5.33	5.54	4.07	3.66	2.39	2.56	1.58	1.98	1.14
Cádiz	7.96	5.90	7.11	5.10	5.80	4.22	4.13	2.78	2.96	1.94	2.38	1.51
Castellón	7.48	5.31	6.38	4.14	5.03	3.36	3.63	2.36	2.55	1.67	2.08	1.35
Ceuta	7.61	5.28	6.72	4.45	5.38	3.61	3.69	2.24	2.68	1.61	2.15	1.22
Ciudad Real	8.09	6.18	7.13	5.20	5.62	4.05	3.80	2.47	2.61	1.61	2.01	1.14
Córdoba	8.12	6.23	7.19	5.28	5.70	4.17	3.88	2.56	2.79	1.80	2.23	1.39
Cuenca	7.85	5.82	6.83	4.76	5.30	3.66	3.45	2.13	2.38	1.46	1.90	1.14
Girona	7.03	4.86	5.93	3.75	4.71	3.04	3.25	1.99	2.27	1.40	1.86	1.17
Granada	8.07	5.98	7.18	5.13	5.73	4.17	4.05	2.72	2.92	1.93	2.37	1.53
Guadalajara	7.95	6.09	6.96	5.04	5.41	3.87	3.52	2.24	2.34	1.43	1.85	1.09
Huelva	8.07	6.26	7.20	5.39	5.78	4.31	4.04	2.73	2.92	1.92	2.28	1.42
Huesca	7.69	5.74	6.58	4.51	5.24	3.71	3.47	2.24	2.33	1.45	1.79	1.04
Jaén	8.12	6.11	7.18	5.15	5.69	4.07	3.95	2.57	2.82	1.81	2.29	1.41
Las Palmas	6.06	2.95	6.05	3.22	5.64	3.39	4.70	2.94	3.71	2.28	3.24	1.94
León	7.58	5.60	6.57	4.69	4.99	3.44	3.13	1.91	2.09	1.17	1.56	0.85
Lleida	7.72	5.77	6.61	4.51	5.29	3.78	3.55	2.30	2.29	1.39	1.64	0.88

$kWh \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$	MEDIAS		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.
Logroño	4.22	2.66	1.77	0.93	2.66	1.51	4.07	2.48	4.98	2.99	5.85	3.51	6.80	4.51
Lugo	3.83	2.20	1.65	0.81	2.37	1.21	3.64	2.03	4.49	2.37	5.32	2.85	6.27	3.86
Madrid	4.88	3.39	2.27	1.44	3.25	2.13	4.65	3.08	5.75	3.80	6.60	4.30	7.74	5.65
Málaga	5.20	3.63	2.78	1.84	3.60	2.38	4.85	3.12	6.15	4.35	7.00	4.87	7.87	5.73
Melilla	5.09	3.45	2.86	1.91	3.70	2.52	4.82	3.15	6.32	4.57	6.76	4.54	7.29	4.99
Murcia	5.13	3.52	2.72	1.81	3.60	2.47	4.80	3.17	6.29	4.49	6.96	4.66	7.73	5.42
Ourense	4.11	2.54	1.74	0.90	2.56	1.41	3.82	2.25	4.72	2.67	5.69	3.29	6.80	4.53
Oviedo	3.57	1.95	1.77	0.98	2.43	1.29	3.60	1.97	4.46	2.40	4.99	2.60	5.34	2.92
Palencia	4.61	3.04	1.89	1.01	2.96	1.77	4.44	2.81	5.46	3.41	6.38	3.93	7.51	5.28
P. de Mallorca	4.77	3.11	2.32	1.36	3.13	1.91	4.46	2.77	5.86	3.94	6.68	4.25	7.51	5.17
Pamplona	4.04	2.44	1.62	0.79	2.49	1.38	3.80	2.22	4.58	2.56	5.66	3.26	6.62	4.20
Pontevedra	4.08	2.52	1.74	0.95	2.53	1.40	3.82	2.25	4.76	2.67	5.77	3.38	6.73	4.42
Salamanca	4.72	3.17	2.08	1.18	3.09	1.89	4.49	2.82	5.56	3.50	6.44	4.08	7.60	5.45
San Sebastian	3.55	2.01	1.53	0.78	2.22	1.19	3.49	1.97	4.39	2.48	5.18	2.90	5.62	3.26
S. C de Tenerife	5.40	3.38	3.47	2.00	4.22	2.33	5.04	2.63	6.11	3.93	6.59	4.12	7.22	4.47
Santander	3.66	2.07	1.60	0.82	2.34	1.23	3.60	2.02	4.60	2.61	5.33	2.97	5.80	3.39
Segovia	4.55	2.99	2.00	1.13	2.90	1.73	4.32	2.71	5.26	3.23	6.09	3.72	7.30	5.08
Sevilla	5.23	3.71	2.72	1.83	3.66	2.49	5.03	3.33	6.14	4.28	6.99	4.79	7.88	5.80
Soria	4.48	2.88	1.96	1.11	2.92	1.75	4.33	2.72	5.27	3.24	6.12	3.62	7.15	4.81
Tarragona	4.65	3.08	2.26	1.43	3.25	2.20	4.46	2.94	5.76	3.95	6.51	4.17	7.26	4.92
Teruel	4.73	3.13	2.31	1.41	3.27	2.12	4.56	2.96	5.63	3.67	6.39	3.97	7.27	4.98
Toledo	5.00	3.49	2.38	1.49	3.35	2.22	4.81	3.22	5.94	4.03	6.71	4.43	7.85	5.73
Valencia	4.92	3.41	2.52	1.69	3.40	2.35	4.68	3.18	6.07	4.36	6.78	4.54	7.48	5.26
Valladolid	4.66	3.10	1.92	1.04	3.01	1.81	4.47	2.82	5.53	3.50	6.48	4.10	7.55	5.36
Vitoria	3.80	2.21	1.56	0.76	2.32	1.20	3.58	2.03	4.46	2.47	5.40	3.02	6.11	3.74
Zamora	4.71	3.16	1.93	1.04	3.06	1.87	4.53	2.87	5.60	3.58	6.53	4.16	7.67	5.53
Zaragoza	4.78	3.30	2.05	1.22	3.21	2.15	4.66	3.17	5.82	3.99	6.75	4.54	7.56	5.42

$kWh \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$	JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.	GLOB.	DIR.
Logroño	7.05	5.04	6.13	4.09	4.76	3.16	3.07	1.83	1.97	1.06	1.54	0.80
Lugo	6.33	4.01	5.71	3.64	4.35	2.71	2.71	1.43	1.79	0.84	1.40	0.66
Madrid	8.04	6.25	7.00	5.13	5.47	3.97	3.56	2.28	2.43	1.51	1.87	1.10
Málaga	7.97	5.89	7.05	4.97	5.76	4.20	4.07	2.77	2.92	1.93	2.36	1.50
Melilla	7.35	4.98	6.66	4.42	5.55	3.85	4.13	2.74	3.04	2.03	2.57	1.72
Murcia	7.89	5.67	6.87	4.67	5.51	3.83	3.99	2.65	2.88	1.91	2.35	1.54
Ourense	6.96	4.90	6.18	4.26	4.66	3.10	2.87	1.61	1.84	0.89	1.44	0.68
Oviedo	5.29	2.90	4.80	2.64	4.10	2.44	2.74	1.49	1.87	0.97	1.49	0.79
Palencia	7.72	5.77	6.74	4.87	5.19	3.64	3.29	2.01	2.14	1.17	1.61	0.84
P. de Mallorca	7.58	5.39	6.63	4.45	4.98	3.16	3.60	2.16	2.50	1.48	2.05	1.23
Pamplona	6.86	4.66	5.95	3.80	4.60	2.97	2.96	1.70	1.87	0.98	1.47	0.75
Pontevedra	6.76	4.67	6.05	4.11	4.64	3.05	2.90	1.67	1.88	0.98	1.44	0.74
Salamanca	7.82	5.96	6.84	5.05	5.27	3.71	3.43	2.14	2.28	1.28	1.78	0.96
San Sebastian	5.59	3.34	4.93	2.77	4.11	2.52	2.59	1.38	1.66	0.81	1.33	0.67
S. C de Tenerife	7.60	5.12	7.02	4.66	5.90	3.93	4.79	3.13	3.70	2.32	3.17	1.90
Santander	5.71	3.38	5.04	2.87	4.18	2.55	2.69	1.45	1.69	0.82	1.36	0.67
Segovia	7.70	5.74	6.67	4.73	5.15	3.59	3.29	2.01	2.16	1.22	1.72	0.96
Sevilla	8.10	6.24	7.20	5.33	5.78	4.28	4.02	2.71	2.92	1.94	2.33	1.48
Soria	7.48	5.43	6.43	4.34	4.98	3.36	3.23	1.94	2.16	1.23	1.72	0.97
Tarragona	7.44	5.36	6.14	3.88	4.87	3.18	3.42	2.12	2.41	1.51	1.98	1.27
Teruel	7.59	5.53	6.54	4.43	5.22	3.59	3.57	2.26	2.44	1.48	1.93	1.13
Toledo	8.09	6.29	7.08	5.24	5.57	4.08	3.72	2.43	2.55	1.59	1.95	1.12
Valencia	7.68	5.60	6.62	4.49	5.28	3.70	3.78	2.55	2.67	1.79	2.13	1.40
Valladolid	7.75	5.81	6.79	4.92	5.26	3.69	3.36	2.09	2.18	1.21	1.64	0.85
Vitoria	6.28	4.07	5.49	3.36	4.37	2.72	2.83	1.60	1.79	0.90	1.38	0.68
Zamora	7.80	5.91	6.85	5.05	5.24	3.68	3.39	2.11	2.21	1.22	1.67	0.86
Zaragoza	7.76	5.90	6.64	4.66	5.25	3.74	3.52	2.30	2.35	1.47	1.79	1.06

IRRAD. GLOBAL	PERÍODO COMPLETO [1983-2005]					
<i>kwh m⁻² dia⁻¹</i>	MIN.	P_{25}	P_{50}	P_{75}	MAX.	σ
ACoruña	0.97	2.00	3.83	5.69	7.26	1.86
Albacete	1.68	3.00	5.14	6.88	8.52	2.03
Alicante	1.92	3.11	4.99	6.89	8.16	1.94
Almería	2.17	3.36	5.36	7.12	8.41	1.95
Avila	1.39	2.66	4.75	6.47	8.25	2.04
Badajoz	1.49	3.03	5.22	6.94	8.52	2.11
Barcelona	1.53	2.65	4.60	6.33	7.94	1.91
Bilbao	1.06	1.95	3.68	4.90	6.88	1.58
Burgos	1.11	2.26	4.32	6.24	8.20	2.13
Cáceres	1.62	3.00	5.21	6.93	8.45	2.13
Cádiz	1.76	3.33	5.49	7.19	8.57	2.00
Castellón	1.61	2.97	4.81	6.48	8.37	1.89
Ceuta	1.57	2.91	4.95	6.71	8.16	1.97
CiudadReal	1.46	3.00	5.21	6.99	8.50	2.11
Córdoba	1.60	3.12	5.33	7.09	8.61	2.05
Cuenca	1.33	2.79	4.76	6.63	8.53	2.06
Girona	1.50	2.59	4.49	5.97	7.65	1.79
Granada	1.73	3.27	5.29	7.13	8.54	2.00
Guadalajara	1.34	2.80	4.95	6.79	8.33	2.14
Huelva	1.70	3.27	5.40	7.16	8.66	2.03
Huesca	1.33	2.71	4.97	6.61	8.21	2.07
Jaén	1.83	3.19	5.35	7.11	8.58	2.04
LasPalmas	2.64	3.91	5.27	6.06	7.68	1.19
León	1.09	2.45	4.56	6.43	8.21	2.13
Lleida	1.20	2.64	5.01	6.66	8.23	2.13
Logroño	1.18	2.15	4.37	5.99	7.74	1.95
Lugo	1.05	2.08	3.82	5.50	7.38	1.81
Madrid	1.22	2.83	4.98	6.84	8.42	2.14
Málaga	1.80	3.22	5.40	7.08	8.37	1.98
Melilla	2.24	3.28	5.30	6.74	7.95	1.74
Murcia	2.00	3.19	5.16	6.91	8.35	1.95
Ourense	1.01	2.17	4.02	5.93	7.80	2.00
Oviedo	1.29	2.07	3.71	4.86	6.54	1.45
Palencia	1.31	2.51	4.74	6.63	8.28	2.15
PalmadeMallorca	1.66	2.76	4.78	6.69	8.21	1.99
Pamplona	1.15	2.09	4.05	5.75	7.80	1.93
Pontevedra	0.93	2.15	4.07	5.95	7.53	1.96
Salamanca	1.41	2.60	4.88	6.66	8.35	2.12
SanSebastian	1.07	1.92	3.70	4.92	6.81	1.62
SantaCruzdeTenerife	2.45	3.97	5.38	6.76	8.16	1.54
Santander	1.20	1.98	3.81	5.15	6.74	1.64
Segovia	1.26	2.55	4.60	6.47	8.30	2.08
Sevilla	1.78	3.29	5.44	7.13	8.59	2.02
Soria	1.36	2.51	4.53	6.32	8.24	2.02
Tarragona	1.50	2.84	4.65	6.32	8.21	1.92
Teruel	1.53	2.84	4.84	6.57	8.40	1.95
Toledo	1.47	2.96	5.16	6.91	8.51	2.13
Valencia	1.78	3.00	4.94	6.69	8.30	1.94
Valladolid	1.32	2.55	4.81	6.64	8.33	2.16
Vitoria	1.09	1.97	3.85	5.47	7.19	1.78
Zamora	1.18	2.51	4.86	6.68	8.36	2.18
Zaragoza	1.36	2.65	4.88	6.69	8.26	2.09

IRRAD. GLOBAL $kwh\ m^{-2} dia^{-1}$	ENERO						FEBRERO						MARZO					
	MIN.	P_{25}	P_{50}	P_{75}	MAX.	σ	MIN.	P_{25}	P_{50}	P_{75}	MAX.	σ	MIN.	P_{25}	P_{50}	P_{75}	MAX.	σ
ACoruña	1.23	1.45	1.57	1.71	2.21	0.22	1.77	2.02	2.25	2.67	3.05	0.38	2.41	3.36	3.60	3.75	5.03	0.52
Albacete	2.12	2.25	2.40	2.64	3.03	0.26	2.65	3.12	3.38	3.63	4.14	0.37	3.67	4.25	4.72	5.12	5.70	0.50
Alicante	2.27	2.49	2.63	2.74	3.00	0.19	2.99	3.22	3.44	3.69	4.12	0.31	4.15	4.53	4.78	4.87	5.18	0.27
Almeria	2.40	2.69	2.89	2.99	3.13	0.20	3.21	3.48	3.69	3.87	4.30	0.30	4.26	4.73	4.98	5.13	5.61	0.31
Avila	1.46	1.85	2.18	2.38	2.76	0.34	2.05	2.87	3.08	3.32	3.70	0.36	3.32	4.16	4.46	4.72	5.60	0.47
Badajoz	1.71	2.21	2.44	2.66	3.06	0.31	2.54	3.11	3.34	3.63	3.88	0.34	3.77	4.57	4.81	5.21	5.80	0.46
Barcelona	1.70	1.99	2.22	2.36	2.59	0.25	2.50	2.81	3.24	3.38	3.59	0.32	3.48	4.12	4.32	4.64	4.94	0.36
Bilbao	1.13	1.37	1.55	1.76	1.99	0.24	1.49	1.93	2.17	2.55	2.95	0.35	2.69	3.07	3.36	3.80	4.37	0.43
Burgos	1.21	1.43	1.63	1.84	2.29	0.30	1.53	2.39	2.51	2.78	3.24	0.36	2.96	3.83	4.09	4.34	5.25	0.48
Cáceres	1.62	2.21	2.37	2.64	3.01	0.32	2.52	3.10	3.37	3.61	3.90	0.36	3.41	4.50	4.78	5.19	5.75	0.51
Cádiz	1.76	2.62	2.88	2.98	3.29	0.32	2.65	3.51	3.71	3.99	4.34	0.37	4.43	4.68	5.01	5.29	5.83	0.37
Castellón	1.77	2.25	2.46	2.60	2.99	0.27	2.78	3.17	3.31	3.54	3.99	0.29	3.40	4.37	4.48	4.83	5.24	0.39
Ceuta	1.79	2.40	2.62	2.79	3.14	0.31	2.36	2.90	3.31	3.79	3.98	0.47	3.14	4.19	4.41	4.87	5.08	0.51
CiudadReal	1.82	2.21	2.37	2.51	3.06	0.30	2.45	3.11	3.38	3.63	4.06	0.38	3.96	4.61	4.95	5.20	5.81	0.47
Córdoba	1.89	2.40	2.62	2.87	3.32	0.37	2.56	3.21	3.52	3.90	4.31	0.43	3.70	4.65	4.90	5.33	5.90	0.49
Cuenca	1.56	1.99	2.15	2.59	2.91	0.40	1.96	2.92	3.19	3.45	3.92	0.44	3.14	4.11	4.56	4.78	5.69	0.60
Girona	1.62	1.89	2.18	2.38	2.59	0.26	2.41	2.72	3.19	3.29	3.57	0.31	3.33	4.09	4.27	4.49	5.18	0.39
Granada	2.02	2.49	2.86	3.01	3.34	0.34	2.81	3.28	3.57	3.87	4.46	0.45	4.07	4.59	4.84	5.28	5.86	0.47
Guadalajara	1.61	2.02	2.14	2.56	2.85	0.37	2.32	2.86	3.20	3.46	3.76	0.34	3.19	4.40	4.62	4.84	5.69	0.55
Huelva	1.70	2.50	2.75	2.92	3.22	0.33	2.82	3.41	3.54	3.99	4.30	0.38	4.37	4.64	4.93	5.23	5.83	0.35
Huesca	1.54	1.88	2.09	2.24	2.43	0.23	2.65	3.06	3.29	3.45	3.73	0.26	3.89	4.31	4.72	4.93	5.47	0.37
Jaén	2.02	2.46	2.70	2.94	3.28	0.32	2.61	3.30	3.52	3.80	4.37	0.41	3.83	4.54	4.95	5.31	5.84	0.47
LasPalmas	3.01	3.17	3.63	3.76	3.93	0.31	2.97	3.76	4.20	4.45	4.68	0.42	3.86	4.81	5.09	5.38	5.83	0.45
León	1.29	1.73	1.86	2.01	2.39	0.25	2.12	2.56	2.93	3.14	3.39	0.33	2.64	4.04	4.30	4.63	5.42	0.55
Lleida	1.44	1.80	2.02	2.21	2.53	0.31	2.33	3.03	3.30	3.52	3.86	0.35	3.85	4.41	4.77	4.97	5.40	0.37

IRRAD. GLOBAL $kwh\ m^{-2} dia^{-1}$	ABRIL					MAYO					JUNIO							
	MIN.	P_{25}	P_{50}	P_{75}	MAX.	σ	MIN.	P_{25}	P_{50}	P_{75}	MAX.	σ	MIN.	P_{25}	P_{50}	P_{75}	MAX.	σ
ACoruña	3.49	4.25	4.52	5.01	6.01	0.58	4.69	5.11	5.72	6.07	6.81	0.63	5.57	5.96	6.38	6.80	7.26	0.51
Albacete	5.08	5.64	6.04	6.36	6.99	0.47	5.34	6.42	6.65	7.03	7.48	0.50	5.88	7.25	7.79	8.10	8.52	0.64
Alicante	5.20	5.97	6.13	6.31	6.95	0.42	5.66	6.68	6.97	7.19	7.61	0.41	6.40	7.29	7.74	7.98	8.16	0.44
Almeria	5.63	6.33	6.47	6.79	7.21	0.39	6.76	7.07	7.24	7.33	7.73	0.23	7.10	7.75	7.96	8.18	8.41	0.31
Avila	4.37	5.15	5.53	5.87	6.40	0.55	4.42	5.68	6.13	6.64	7.14	0.63	5.55	7.00	7.39	7.96	8.16	0.70
Badajoz	4.65	5.33	5.91	6.46	6.78	0.59	6.05	6.35	6.66	7.14	8.08	0.54	5.85	7.52	8.10	8.30	8.52	0.64
Barcelona	5.05	5.41	5.67	5.93	6.35	0.35	5.47	6.31	6.51	6.83	7.18	0.42	6.02	6.57	7.21	7.42	7.94	0.49
Bilbao	3.16	4.10	4.22	4.67	5.31	0.49	3.41	4.82	5.22	5.56	6.20	0.62	4.57	5.10	5.56	6.01	6.88	0.57
Burgos	3.70	4.37	4.96	5.50	6.07	0.62	4.33	5.66	6.16	6.54	6.99	0.63	5.60	6.81	7.44	7.68	7.93	0.64
Cáceres	4.50	5.32	5.86	6.44	6.83	0.62	5.98	6.44	6.79	7.15	7.99	0.52	5.81	7.40	7.99	8.30	8.45	0.63
Cádiz	5.63	5.96	6.41	6.60	7.12	0.40	6.68	7.11	7.30	7.51	7.86	0.29	6.59	7.65	8.02	8.22	8.57	0.45
Castellón	4.90	5.67	5.92	6.15	6.81	0.43	5.58	6.21	6.59	6.95	7.35	0.48	5.85	6.72	7.47	7.68	8.37	0.64
Ceuta	4.93	5.59	5.99	6.27	7.14	0.45	6.05	6.52	6.69	6.95	7.61	0.34	6.56	7.36	7.83	7.94	8.16	0.42
CiudadReal	5.04	5.54	5.86	6.50	6.91	0.54	5.68	6.29	6.74	7.11	7.55	0.51	6.26	7.51	8.01	8.15	8.50	0.58
Córdoba	4.97	5.50	5.78	6.40	6.84	0.50	5.66	6.21	6.85	7.13	7.77	0.57	5.98	7.59	7.96	8.29	8.61	0.61
Cuenca	4.28	4.83	5.43	5.94	6.35	0.59	4.55	6.09	6.30	6.67	7.21	0.60	5.81	7.12	7.64	7.96	8.53	0.68
Girona	4.40	4.93	5.31	5.63	6.22	0.45	4.59	5.64	6.22	6.33	6.72	0.56	5.31	6.14	6.58	7.06	7.65	0.59
Granada	5.16	5.53	6.01	6.29	7.23	0.54	5.53	6.48	6.95	7.24	7.98	0.54	6.75	7.72	7.95	8.22	8.54	0.45
Guadalajara	4.54	5.21	5.74	6.11	6.59	0.56	5.22	6.11	6.62	7.04	7.32	0.53	6.06	7.40	7.80	8.21	8.33	0.61
Huelva	5.27	5.75	6.02	6.46	7.05	0.48	6.19	6.78	6.95	7.23	7.82	0.42	6.77	7.66	8.03	8.26	8.66	0.47
Huesca	4.98	5.44	5.87	6.25	6.59	0.44	5.93	6.48	6.66	7.00	7.27	0.36	6.09	7.32	7.68	7.78	8.21	0.54
Jaén	5.12	5.77	5.94	6.32	7.14	0.48	5.84	6.60	6.86	7.21	7.82	0.51	6.53	7.68	8.09	8.32	8.58	0.52
LasPalmas	5.12	5.58	6.01	6.24	6.54	0.36	5.70	6.25	6.54	6.67	7.68	0.45	5.28	5.85	6.40	6.57	7.02	0.48
León	3.72	4.94	5.27	5.89	6.52	0.68	5.11	5.62	6.20	6.67	7.49	0.65	5.82	7.08	7.51	7.94	8.19	0.71
Lleida	5.19	5.76	6.03	6.31	6.67	0.35	5.95	6.50	6.81	7.07	7.31	0.33	6.57	7.28	7.75	7.91	8.23	0.49

IRRAD. GLOBAL $kwh\ m^{-2} dia^{-1}$	JULIO						AGOSTO						SEPTIEMBRE					
	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ
ACoruña	4.47	6.01	6.33	6.70	7.19	0.57	4.76	5.24	5.87	6.01	6.46	0.48	3.39	4.05	4.43	4.64	5.11	0.43
Albacete	7.50	7.87	7.97	8.02	8.33	0.18	6.28	6.79	6.96	7.06	7.37	0.23	4.78	5.28	5.48	5.78	6.01	0.35
Alicante	7.27	7.55	7.73	7.93	8.08	0.21	6.20	6.65	6.79	7.00	7.16	0.22	4.79	5.31	5.52	5.64	5.86	0.29
Almeria	7.45	7.79	7.92	8.02	8.11	0.18	6.53	6.95	7.06	7.11	7.24	0.16	5.34	5.39	5.77	5.91	6.14	0.25
Avila	6.62	7.52	7.81	7.99	8.25	0.39	5.56	6.44	6.61	6.91	7.46	0.38	4.30	4.91	5.11	5.55	5.70	0.37
Badajoz	7.50	7.79	8.14	8.24	8.49	0.27	6.46	6.84	7.18	7.34	7.52	0.28	4.73	5.44	5.66	5.89	6.09	0.33
Barcelona	6.66	7.22	7.41	7.53	7.79	0.29	5.63	5.83	6.08	6.38	6.68	0.29	4.21	4.57	4.75	5.00	5.33	0.28
Bilbao	4.47	5.06	5.38	5.86	6.69	0.56	3.77	4.49	4.90	5.18	5.76	0.51	3.21	3.74	4.18	4.43	4.83	0.47
Burgos	6.54	7.08	7.47	7.71	8.20	0.39	5.35	6.18	6.45	6.77	7.07	0.40	4.18	4.47	5.01	5.24	5.81	0.41
Cáceres	7.56	7.87	8.13	8.26	8.44	0.25	6.49	6.83	7.12	7.28	7.56	0.26	4.74	5.28	5.59	5.89	6.04	0.37
Cádiz	7.63	7.81	7.98	8.09	8.25	0.17	6.45	6.96	7.15	7.35	7.43	0.27	5.11	5.56	5.86	6.03	6.14	0.26
Castellón	6.71	7.23	7.56	7.66	7.95	0.28	5.39	6.11	6.49	6.67	6.95	0.41	4.17	4.69	5.16	5.28	5.65	0.42
Ceuta	7.15	7.50	7.58	7.73	8.06	0.20	5.91	6.54	6.75	6.92	7.14	0.29	4.81	5.13	5.40	5.61	5.99	0.33
CiudadReal	7.68	7.95	8.09	8.23	8.43	0.19	6.53	7.02	7.16	7.29	7.46	0.22	5.14	5.33	5.69	5.87	6.02	0.28
Córdoba	7.75	8.00	8.16	8.25	8.40	0.18	6.34	7.10	7.28	7.36	7.48	0.28	5.05	5.43	5.74	5.99	6.14	0.34
Cuenca	7.31	7.67	7.87	8.05	8.28	0.25	6.12	6.71	6.84	7.00	7.34	0.25	4.62	4.92	5.33	5.57	5.86	0.35
Girona	6.02	6.83	7.01	7.36	7.63	0.40	5.21	5.54	6.03	6.30	6.52	0.40	4.11	4.50	4.68	4.90	5.40	0.31
Granada	7.61	7.96	8.09	8.20	8.36	0.19	6.64	7.11	7.20	7.32	7.51	0.21	4.84	5.51	5.81	6.00	6.20	0.35
Guadalajara	7.38	7.70	8.04	8.14	8.33	0.27	6.37	6.77	7.04	7.10	7.42	0.23	4.83	5.12	5.45	5.70	5.92	0.32
Huelva	7.63	7.92	8.11	8.23	8.35	0.20	6.60	7.15	7.24	7.39	7.44	0.23	4.91	5.56	5.92	6.01	6.28	0.33
Huesca	6.94	7.46	7.79	7.92	8.14	0.30	5.83	6.49	6.57	6.77	7.07	0.28	4.65	4.99	5.29	5.49	5.81	0.31
Jaén	7.67	8.03	8.14	8.25	8.41	0.18	6.71	7.08	7.23	7.33	7.51	0.20	4.94	5.47	5.82	5.95	6.12	0.33
LasPalmas	4.45	5.70	6.06	6.57	7.01	0.62	5.07	5.85	6.06	6.38	6.74	0.40	5.11	5.48	5.59	5.73	6.23	0.25
León	6.88	7.21	7.72	7.85	8.21	0.36	5.57	6.32	6.57	6.90	7.20	0.37	3.97	4.64	5.08	5.34	5.68	0.45
Lleida	7.02	7.52	7.83	7.95	8.09	0.30	6.16	6.50	6.63	6.73	7.01	0.19	4.83	5.02	5.31	5.48	5.78	0.27

IRRAD. GLOBAL $kwh\ m^{-2} dia^{-1}$	OCTUBRE						NOVIEMBRE						DICIEMBRE					
	MIN.	P_{25}	P_{50}	P_{75}	MAX.	σ	MIN.	P_{25}	P_{50}	P_{75}	MAX.	σ	MIN.	P_{25}	P_{50}	P_{75}	MAX.	σ
ACoruña	2.08	2.51	2.71	2.88	3.45	0.32	1.40	1.53	1.70	1.88	2.23	0.24	0.97	1.25	1.27	1.48	1.61	0.17
Albacete	3.13	3.40	3.86	3.99	4.44	0.37	2.22	2.44	2.65	2.83	3.10	0.23	1.68	1.94	2.14	2.28	2.49	0.23
Alicante	3.37	3.80	4.00	4.19	4.47	0.27	2.54	2.68	2.76	2.93	3.22	0.16	1.92	2.15	2.24	2.41	2.54	0.18
Almeria	3.46	4.02	4.16	4.35	4.59	0.28	2.58	2.89	3.01	3.16	3.44	0.21	2.17	2.28	2.49	2.61	2.73	0.18
Avila	2.62	3.06	3.43	3.66	4.12	0.41	1.85	2.12	2.30	2.51	2.82	0.24	1.39	1.72	1.86	1.96	2.24	0.21
Badajoz	3.07	3.53	3.71	4.09	4.58	0.36	2.12	2.33	2.66	2.85	3.23	0.32	1.49	1.83	1.91	2.18	2.40	0.24
Barcelona	2.86	3.06	3.32	3.62	3.80	0.30	1.78	2.19	2.36	2.45	2.71	0.22	1.53	1.79	1.94	2.04	2.15	0.16
Bilbao	1.67	2.40	2.77	3.06	3.25	0.41	1.42	1.55	1.63	1.88	2.41	0.23	1.06	1.27	1.32	1.49	1.80	0.17
Burgos	2.06	2.71	3.04	3.36	3.80	0.44	1.48	1.80	1.87	2.07	2.42	0.23	1.11	1.28	1.39	1.62	2.05	0.23
Cáceres	2.82	3.33	3.69	4.02	4.50	0.41	2.03	2.21	2.60	2.86	3.17	0.34	1.65	1.76	1.95	2.14	2.43	0.25
Cádiz	3.36	4.02	4.09	4.39	4.87	0.37	2.15	2.76	2.92	3.26	3.51	0.34	1.96	2.13	2.40	2.61	2.77	0.25
Castellón	2.98	3.35	3.70	3.93	4.15	0.31	2.06	2.43	2.48	2.70	3.06	0.24	1.61	1.95	2.08	2.27	2.40	0.21
Ceuta	2.64	3.47	3.73	3.91	4.47	0.41	1.57	2.48	2.75	2.82	3.52	0.38	1.69	1.85	2.12	2.31	2.71	0.31
CiudadReal	3.26	3.46	3.77	4.11	4.61	0.39	1.96	2.39	2.59	2.82	3.01	0.28	1.46	1.83	2.03	2.22	2.41	0.24
Córdoba	3.08	3.53	3.81	4.23	4.78	0.44	2.17	2.64	2.79	3.04	3.30	0.33	1.60	1.95	2.31	2.47	2.64	0.29
Cuenca	2.59	3.05	3.40	3.91	4.20	0.49	1.65	2.10	2.41	2.63	2.97	0.36	1.33	1.70	1.94	2.08	2.37	0.27
Girona	2.58	2.94	3.39	3.55	3.81	0.36	1.78	2.08	2.35	2.46	2.64	0.23	1.50	1.72	1.86	2.04	2.13	0.20
Granada	3.15	3.73	4.03	4.40	4.75	0.41	2.09	2.77	2.88	3.22	3.47	0.36	1.73	2.21	2.41	2.57	2.82	0.27
Guadalajara	2.58	3.21	3.39	3.93	4.36	0.47	1.62	2.15	2.38	2.60	2.82	0.33	1.34	1.56	1.87	2.05	2.28	0.28
Huelva	3.36	3.81	4.01	4.28	4.82	0.33	2.23	2.67	2.98	3.15	3.44	0.32	1.81	2.14	2.28	2.50	2.73	0.26
Huesca	2.75	3.21	3.49	3.77	4.00	0.34	1.94	2.19	2.38	2.44	2.74	0.20	1.33	1.64	1.83	1.95	2.03	0.20
Jaén	3.01	3.73	3.97	4.36	4.72	0.40	2.02	2.62	2.75	3.12	3.26	0.31	1.83	2.07	2.28	2.48	2.60	0.23
LasPalmas	4.22	4.50	4.72	4.89	5.22	0.25	2.98	3.54	3.72	3.84	4.08	0.24	2.64	3.09	3.22	3.47	3.72	0.25
León	2.12	2.75	3.23	3.48	3.91	0.44	1.51	1.87	2.16	2.27	2.50	0.26	1.09	1.33	1.55	1.75	1.91	0.25
Lleida	2.97	3.26	3.61	3.79	4.08	0.31	1.80	2.19	2.34	2.43	2.62	0.20	1.20	1.51	1.66	1.82	1.90	0.21

IRRAD. GLOBAL		ENERO						FEBRERO						MARZO					
	$kwh\ m^{-2}dia^{-1}$	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ
	Logroño	1.36	1.63	1.78	1.89	2.12	0.18	2.11	2.44	2.68	2.79	3.32	0.29	3.42	3.78	4.02	4.39	5.10	0.38
	Lugo	1.15	1.44	1.65	1.74	2.23	0.26	1.76	2.11	2.26	2.57	3.17	0.39	2.23	3.44	3.58	3.87	5.25	0.57
	Madrid	1.73	2.05	2.25	2.58	2.94	0.35	2.47	3.00	3.29	3.49	3.82	0.33	3.60	4.43	4.70	4.86	5.72	0.50
	Málaga	1.85	2.63	2.86	3.01	3.16	0.31	2.77	3.31	3.62	3.87	4.36	0.41	4.03	4.53	4.93	5.13	5.59	0.39
	Melilla	2.40	2.60	2.90	3.05	3.24	0.24	2.89	3.47	3.77	3.82	4.44	0.34	3.95	4.54	4.83	5.16	5.58	0.42
	Murcia	2.33	2.53	2.75	2.92	3.14	0.23	2.78	3.38	3.61	3.80	4.26	0.33	3.78	4.67	4.89	5.00	5.44	0.37
	Ourense	1.32	1.54	1.73	2.00	2.29	0.28	1.72	2.18	2.54	2.97	3.35	0.44	2.03	3.46	3.87	4.15	5.43	0.63
	Oviedo	1.43	1.61	1.72	1.95	2.22	0.21	1.68	2.21	2.50	2.68	3.00	0.33	2.82	3.36	3.56	3.80	4.84	0.40
	Palencia	1.47	1.77	1.87	1.97	2.35	0.21	2.32	2.79	2.95	3.15	3.54	0.29	3.27	4.21	4.50	4.79	5.44	0.47
	PalmadeMallorca	1.88	2.19	2.34	2.43	2.78	0.21	2.45	2.85	3.19	3.33	3.83	0.38	3.77	4.13	4.40	4.81	5.09	0.41
	Pamplona	1.16	1.39	1.62	1.87	2.11	0.26	1.95	2.17	2.45	2.76	3.17	0.35	3.00	3.44	3.73	4.13	4.83	0.44
	Pontevedra	1.19	1.50	1.73	2.00	2.45	0.30	1.83	2.17	2.32	3.05	3.37	0.48	1.99	3.54	3.77	4.11	5.37	0.64
	Salamanca	1.58	1.90	2.08	2.25	2.53	0.23	2.36	2.92	3.09	3.31	3.57	0.31	3.55	4.15	4.41	4.85	5.61	0.47
	SanSebastian	1.16	1.26	1.49	1.75	1.96	0.26	1.63	1.93	2.26	2.49	2.92	0.33	2.84	3.20	3.43	3.87	4.33	0.42
	SantaCruzdeTenerife	2.92	3.28	3.47	3.63	3.91	0.24	3.18	4.00	4.29	4.57	4.98	0.48	4.34	4.68	4.96	5.38	5.77	0.40
	Santander	1.28	1.42	1.59	1.81	1.99	0.21	1.81	2.03	2.41	2.61	2.96	0.31	3.08	3.26	3.64	3.88	4.49	0.36
	Segovia	1.51	1.66	1.99	2.24	2.70	0.36	1.91	2.54	2.93	3.22	3.69	0.40	3.10	4.01	4.35	4.64	5.60	0.52
	Sevilla	1.78	2.51	2.78	2.94	3.29	0.33	2.88	3.44	3.65	3.94	4.34	0.37	4.33	4.72	4.98	5.31	5.84	0.35
	Soria	1.37	1.74	1.88	2.23	2.60	0.31	1.95	2.77	2.92	3.09	3.49	0.34	3.38	4.07	4.40	4.59	5.51	0.49
	Tarragona	1.63	2.09	2.32	2.40	2.67	0.25	2.54	3.05	3.31	3.46	3.69	0.28	3.75	4.13	4.49	4.69	5.22	0.37
	Teruel	1.69	2.10	2.29	2.57	2.75	0.29	2.56	3.00	3.29	3.49	3.86	0.31	3.64	4.28	4.55	4.77	5.58	0.43
	Toledo	1.81	2.16	2.44	2.57	2.98	0.31	2.60	3.09	3.35	3.59	3.92	0.32	3.99	4.55	4.80	5.15	5.68	0.44
	Valencia	1.84	2.36	2.51	2.70	3.00	0.26	2.80	3.27	3.36	3.49	4.05	0.28	3.61	4.48	4.77	4.89	5.21	0.35
	Valladolid	1.52	1.79	1.89	2.04	2.40	0.23	2.32	2.81	3.02	3.18	3.59	0.30	3.47	4.22	4.45	4.79	5.53	0.47
	Vitoria	1.13	1.40	1.55	1.78	2.09	0.25	1.72	1.96	2.41	2.58	3.05	0.39	2.86	3.28	3.51	3.89	4.64	0.44
	Zamora	1.47	1.80	1.91	2.13	2.23	0.19	2.50	2.87	2.99	3.35	3.57	0.31	3.33	4.26	4.49	4.87	5.56	0.47
	Zaragoza	1.49	1.91	2.03	2.20	2.55	0.23	2.57	2.97	3.29	3.43	3.74	0.29	3.86	4.40	4.74	4.83	5.40	0.34

IRRAD. GLOBAL		ABRIL					MAYO					JUNIO						
$kwh\ m^{-2}dia^{-1}$	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ
Logroño	3.99	4.63	5.04	5.38	5.92	0.51	4.38	5.61	5.92	6.28	6.58	0.52	5.14	6.72	6.87	7.19	7.74	0.59
Lugo	3.30	4.07	4.35	5.04	5.73	0.62	4.08	4.71	5.50	5.76	6.39	0.65	4.67	5.78	6.41	6.74	7.38	0.67
Madrid	4.85	5.28	5.75	6.13	6.68	0.52	5.00	6.18	6.73	7.09	7.60	0.60	5.96	7.39	7.88	8.33	8.41	0.63
Málaga	5.52	5.80	6.10	6.42	7.21	0.44	6.14	6.69	7.08	7.31	7.83	0.41	6.65	7.67	8.01	8.20	8.37	0.44
Melilla	5.58	5.99	6.40	6.67	7.14	0.41	6.23	6.45	6.77	7.07	7.25	0.31	6.43	7.05	7.29	7.47	7.95	0.35
Murcia	5.44	6.04	6.27	6.63	7.02	0.40	5.62	6.73	6.99	7.30	7.60	0.44	6.34	7.34	7.88	8.10	8.35	0.50
Ourense	3.05	4.18	4.71	5.40	6.01	0.76	4.44	4.96	5.81	6.19	6.93	0.71	5.13	6.30	6.97	7.47	7.80	0.69
Oviedo	3.32	4.04	4.46	4.83	5.65	0.56	3.17	4.83	5.13	5.31	5.97	0.61	4.34	4.82	5.34	5.78	6.28	0.55
Palencia	4.11	5.01	5.53	5.93	6.61	0.60	5.26	6.07	6.38	6.79	7.22	0.53	6.26	7.03	7.78	7.97	8.20	0.60
PalmadeMallorca	4.72	5.51	5.94	6.14	6.64	0.46	5.46	6.29	6.79	7.09	7.35	0.50	6.41	7.26	7.54	7.84	8.21	0.45
Pamplona	3.33	4.06	4.50	5.03	5.74	0.61	4.06	5.36	5.73	6.09	6.62	0.59	5.21	6.38	6.75	7.11	7.68	0.64
Pontevedra	3.24	4.24	4.96	5.31	6.23	0.70	4.57	5.15	5.83	6.31	7.14	0.73	5.27	6.21	6.98	7.16	7.53	0.57
Salamanca	4.50	5.05	5.54	6.00	6.44	0.53	4.78	6.15	6.43	6.90	7.51	0.59	6.05	7.22	7.76	8.12	8.35	0.65
SanSebastian	3.25	4.06	4.30	4.78	5.56	0.56	3.80	4.82	5.23	5.67	6.07	0.57	4.46	5.14	5.68	6.06	6.81	0.58
SantaCruzdeTenerife	4.53	5.80	6.23	6.64	7.00	0.63	5.35	6.29	6.54	6.99	7.62	0.57	5.80	6.77	7.26	7.70	8.16	0.59
Santander	3.51	4.31	4.66	4.93	5.54	0.47	4.34	5.05	5.39	5.65	6.31	0.48	4.65	5.38	5.84	6.23	6.71	0.52
Segovia	4.36	4.74	5.31	5.82	6.14	0.58	4.57	5.63	6.25	6.62	7.05	0.62	5.72	6.97	7.44	7.80	8.16	0.65
Sevilla	5.39	5.75	6.10	6.57	7.08	0.46	6.19	6.69	6.89	7.30	7.77	0.43	6.17	7.61	7.99	8.31	8.59	0.59
Soria	4.21	4.85	5.41	5.58	6.38	0.52	4.85	5.94	6.16	6.49	6.84	0.53	5.39	6.89	7.27	7.62	7.89	0.62
Tarragona	4.97	5.53	5.85	6.04	6.36	0.36	5.59	6.27	6.60	6.86	7.12	0.40	6.26	6.72	7.45	7.67	8.21	0.56
Teruel	4.64	5.37	5.79	5.94	6.54	0.47	4.83	6.21	6.59	6.74	6.92	0.51	5.54	6.99	7.33	7.64	8.40	0.63
Toledo	5.01	5.53	5.82	6.39	6.75	0.52	5.75	6.42	6.62	7.02	7.62	0.46	6.28	7.51	8.03	8.35	8.51	0.59
Valencia	5.21	5.85	6.11	6.33	7.05	0.38	5.97	6.50	6.91	7.10	7.42	0.38	6.12	7.13	7.63	7.79	8.30	0.52
Valladolid	4.20	5.11	5.56	5.91	6.51	0.55	5.08	6.14	6.61	6.89	7.32	0.55	6.35	6.98	7.83	8.07	8.19	0.61
Vitoria	3.46	3.97	4.51	4.86	5.45	0.54	3.44	4.93	5.62	5.91	6.17	0.67	4.87	5.77	6.21	6.49	7.10	0.59
Zamora	4.45	5.24	5.60	6.05	6.52	0.51	5.21	6.27	6.52	6.97	7.57	0.56	6.18	7.24	7.88	8.18	8.36	0.64
Zaragoza	4.97	5.52	5.86	6.13	6.42	0.41	5.81	6.46	6.79	7.01	7.37	0.36	6.51	7.39	7.69	7.90	8.26	0.49

IRRAD. GLOBAL		JULIO					AGOSTO					SEPTIEMBRE						
$kwh\ m^{-2}dia^{-1}$	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ
Logroño	5.84	6.81	7.07	7.44	7.73	0.46	5.22	5.88	6.24	6.37	6.78	0.39	4.03	4.43	4.83	4.96	5.82	0.39
Lugo	4.74	5.97	6.43	6.73	7.01	0.50	4.82	5.41	5.74	6.01	6.42	0.43	3.54	3.87	4.43	4.64	5.21	0.47
Madrid	7.52	7.80	8.03	8.29	8.42	0.26	6.46	6.85	7.04	7.19	7.49	0.24	4.83	5.21	5.51	5.80	6.02	0.35
Málaga	7.62	7.90	8.03	8.05	8.22	0.14	6.42	6.99	7.10	7.23	7.39	0.24	5.20	5.49	5.75	6.00	6.27	0.27
Melilla	6.78	7.18	7.41	7.54	7.87	0.26	6.19	6.52	6.71	6.80	7.07	0.21	5.07	5.31	5.61	5.76	6.06	0.28
Murcia	7.48	7.77	7.92	8.01	8.17	0.17	6.34	6.76	6.85	7.07	7.29	0.22	4.89	5.31	5.60	5.72	5.96	0.29
Ourense	5.49	6.66	7.00	7.46	7.66	0.51	5.32	5.84	6.29	6.50	6.97	0.43	3.77	4.20	4.83	5.08	5.55	0.52
Oviedo	4.39	4.77	5.25	5.68	6.54	0.55	3.77	4.36	4.84	5.15	5.75	0.55	3.15	3.68	4.06	4.49	4.91	0.46
Palencia	6.97	7.51	7.77	7.94	8.28	0.31	6.10	6.59	6.74	6.99	7.29	0.31	4.46	4.80	5.31	5.47	5.89	0.39
PalmadeMallorca	7.11	7.42	7.56	7.76	8.06	0.24	5.90	6.40	6.67	6.90	7.04	0.31	4.13	4.74	5.06	5.25	5.53	0.37
Pamplona	5.59	6.49	6.80	7.25	7.80	0.49	5.09	5.66	6.01	6.26	6.54	0.40	3.95	4.26	4.54	4.92	5.70	0.43
Pontevedra	4.86	6.34	6.91	7.24	7.46	0.59	4.91	5.61	6.08	6.37	6.86	0.47	3.57	4.13	4.69	5.04	5.43	0.51
Salamanca	6.76	7.67	7.91	8.10	8.34	0.36	6.17	6.62	6.86	7.13	7.41	0.34	4.50	5.03	5.25	5.56	5.77	0.35
SanSebastian	4.58	5.21	5.56	5.91	6.61	0.53	3.80	4.63	4.93	5.32	5.87	0.50	3.29	3.83	4.14	4.40	4.78	0.41
SantaCruzdeTenerife	6.69	7.47	7.68	7.89	8.02	0.37	5.89	6.80	7.12	7.26	7.47	0.37	4.55	5.64	5.99	6.32	6.47	0.49
Santander	4.83	5.49	5.61	5.92	6.74	0.44	4.05	4.67	5.07	5.47	5.87	0.49	3.24	3.82	4.22	4.60	4.80	0.43
Segovia	6.60	7.43	7.80	7.96	8.30	0.41	5.85	6.48	6.59	7.00	7.38	0.37	4.42	4.86	5.06	5.52	5.73	0.36
Sevilla	7.69	8.01	8.10	8.24	8.41	0.16	6.51	7.13	7.28	7.38	7.49	0.26	5.02	5.57	5.91	6.04	6.26	0.31
Soria	6.59	7.22	7.47	7.75	8.24	0.41	5.23	6.20	6.40	6.71	7.16	0.37	4.22	4.74	5.00	5.33	5.62	0.39
Tarragona	6.49	7.26	7.47	7.66	7.93	0.32	5.51	5.91	6.19	6.41	6.65	0.30	4.17	4.61	4.88	5.17	5.45	0.37
Teruel	6.99	7.43	7.63	7.80	8.06	0.28	5.86	6.38	6.62	6.80	7.14	0.33	4.34	5.00	5.25	5.47	5.86	0.34
Toledo	7.45	7.92	8.14	8.27	8.40	0.24	6.57	6.86	7.12	7.26	7.52	0.23	4.90	5.35	5.56	5.89	6.00	0.31
Valencia	7.23	7.58	7.73	7.83	8.03	0.20	5.94	6.47	6.71	6.80	6.98	0.28	4.49	5.00	5.37	5.60	5.82	0.35
Valladolid	6.94	7.59	7.75	8.00	8.33	0.33	6.01	6.61	6.84	6.97	7.31	0.34	4.51	4.85	5.36	5.53	5.96	0.37
Vitoria	5.05	5.80	6.31	6.74	7.19	0.52	4.52	5.29	5.51	5.80	6.32	0.48	3.61	4.03	4.34	4.66	5.33	0.42
Zamora	7.01	7.45	7.95	8.05	8.24	0.32	6.27	6.59	6.90	7.12	7.41	0.32	4.40	4.89	5.31	5.50	5.85	0.38
Zaragoza	7.07	7.62	7.75	7.97	8.19	0.27	6.04	6.48	6.73	6.84	7.15	0.28	4.72	4.87	5.27	5.54	5.80	0.32

IRRAD. GLOBAL		OCTUBRE					NOVIEMBRE					DICIEMBRE						
$kwh\ m^{-2}dia^{-1}$	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ
Logroño	2.12	2.82	3.01	3.45	3.67	0.42	1.60	1.90	1.98	2.08	2.16	0.13	1.18	1.35	1.51	1.66	1.91	0.19
Lugo	2.01	2.51	2.70	2.98	3.54	0.36	1.35	1.58	1.81	1.91	2.39	0.25	1.05	1.28	1.40	1.49	1.70	0.18
Madrid	2.78	3.17	3.47	3.97	4.33	0.44	1.80	2.21	2.46	2.76	2.95	0.33	1.22	1.62	1.87	2.10	2.31	0.28
Málaga	3.10	3.80	4.08	4.37	4.85	0.41	2.37	2.74	2.95	3.16	3.49	0.30	1.80	2.19	2.37	2.63	2.79	0.28
Melilla	3.29	3.95	4.17	4.38	4.75	0.35	2.47	2.97	3.07	3.22	3.53	0.23	2.24	2.40	2.53	2.72	3.05	0.19
Murcia	3.37	3.82	4.00	4.19	4.53	0.28	2.57	2.70	2.90	3.00	3.17	0.17	2.00	2.14	2.32	2.50	2.70	0.20
Ourense	1.93	2.62	2.78	3.12	3.72	0.37	1.33	1.67	1.82	1.99	2.39	0.27	1.01	1.30	1.43	1.59	1.92	0.22
Oviedo	1.90	2.47	2.84	3.03	3.33	0.33	1.50	1.72	1.85	1.93	2.54	0.20	1.29	1.37	1.48	1.56	1.89	0.15
Palencia	2.47	2.97	3.34	3.58	3.94	0.40	1.81	1.89	2.14	2.36	2.61	0.23	1.31	1.47	1.56	1.80	2.01	0.21
PalmadeMallorca	3.17	3.35	3.66	3.80	3.91	0.24	2.09	2.38	2.49	2.65	2.93	0.18	1.66	1.95	2.02	2.14	2.32	0.15
Pamplona	2.07	2.68	2.81	3.27	3.73	0.42	1.45	1.73	1.91	1.98	2.28	0.20	1.15	1.31	1.46	1.59	1.82	0.18
Pontevedra	1.96	2.69	2.82	3.17	3.76	0.39	1.35	1.70	1.87	2.08	2.53	0.32	0.93	1.30	1.42	1.64	1.84	0.24
Salamanca	2.64	3.08	3.49	3.78	4.09	0.41	1.84	2.08	2.33	2.51	2.74	0.26	1.41	1.62	1.73	1.97	2.21	0.21
SanSebastian	1.60	2.30	2.62	2.86	3.23	0.40	1.26	1.47	1.65	1.79	2.43	0.25	1.07	1.19	1.32	1.44	1.63	0.16
SantaCruzdeTenerife	4.01	4.55	4.78	5.07	5.36	0.36	2.87	3.59	3.66	3.92	4.11	0.27	2.45	2.98	3.21	3.37	3.72	0.30
Santander	1.64	2.35	2.78	2.99	3.21	0.38	1.28	1.49	1.61	1.86	2.36	0.23	1.20	1.25	1.34	1.41	1.68	0.12
Segovia	2.45	3.00	3.30	3.56	4.15	0.42	1.50	1.96	2.15	2.38	2.60	0.28	1.26	1.59	1.66	1.87	2.29	0.23
Sevilla	3.49	3.72	3.95	4.34	4.77	0.36	2.22	2.78	2.96	3.18	3.47	0.32	1.89	2.11	2.33	2.58	2.76	0.26
Soria	2.19	2.88	3.24	3.67	3.91	0.45	1.56	1.97	2.24	2.37	2.69	0.29	1.36	1.55	1.72	1.87	2.19	0.22
Tarragona	2.85	3.19	3.46	3.71	3.87	0.31	2.04	2.24	2.40	2.52	2.85	0.21	1.50	1.84	1.99	2.13	2.28	0.19
Teruel	2.83	3.28	3.69	3.87	4.19	0.39	1.90	2.31	2.47	2.55	2.86	0.21	1.53	1.79	1.97	2.07	2.24	0.19
Toledo	2.93	3.44	3.61	4.07	4.39	0.37	2.00	2.36	2.55	2.83	3.02	0.28	1.47	1.78	1.99	2.09	2.39	0.24
Valencia	3.08	3.62	3.85	4.09	4.27	0.33	2.14	2.55	2.65	2.87	3.17	0.22	1.78	2.01	2.13	2.28	2.50	0.20
Valladolid	2.48	3.03	3.41	3.59	4.06	0.42	1.83	1.98	2.20	2.34	2.67	0.24	1.32	1.47	1.53	1.81	2.00	0.21
Vitoria	1.81	2.55	2.82	3.19	3.51	0.42	1.47	1.65	1.78	1.92	2.35	0.20	1.09	1.24	1.39	1.44	1.76	0.17
Zamora	2.45	3.03	3.48	3.78	4.04	0.41	1.64	2.04	2.20	2.42	2.74	0.24	1.18	1.56	1.64	1.80	2.02	0.19
Zaragoza	2.84	3.25	3.57	3.87	4.08	0.37	2.01	2.24	2.38	2.44	2.67	0.17	1.36	1.72	1.82	1.95	2.06	0.19

IRRAD. DIRECTA	PERÍODO COMPLETO [1983-2005]					
<i>kwh m⁻² dia⁻¹</i>	MIN.	<i>P</i> ₂₅	<i>P</i> ₅₀	<i>P</i> ₇₅	MAX.	<i>σ</i>
ACoruña	0.28	0.95	2.09	3.39	5.07	1.32
Albacete	0.81	1.84	3.44	4.74	6.45	1.58
Alicante	1.00	2.01	3.29	4.79	6.05	1.46
Almeria	1.15	2.22	3.72	5.07	6.40	1.51
Avila	0.59	1.60	2.98	4.40	6.47	1.62
Badajoz	0.60	1.98	3.39	4.96	6.93	1.77
Barcelona	0.73	1.64	2.98	4.13	5.75	1.37
Bilbao	0.38	1.02	2.00	2.80	4.51	1.01
Burgos	0.36	1.24	2.60	4.10	6.35	1.65
Cáceres	0.64	1.94	3.33	4.96	6.93	1.77
Cádiz	0.72	2.25	3.78	5.18	6.64	1.59
Castellón	0.88	1.97	3.03	4.27	6.21	1.36
Ceuta	0.34	1.77	3.11	4.51	6.01	1.50
CiudadReal	0.63	1.87	3.42	4.99	6.65	1.70
Córdoba	0.76	2.08	3.50	5.00	6.72	1.65
Cuenca	0.62	1.68	2.98	4.46	6.56	1.58
Girona	0.75	1.64	2.83	3.78	5.48	1.23
Granada	0.87	2.23	3.52	5.07	6.49	1.56
Guadalajara	0.59	1.75	3.19	4.77	6.60	1.71
Huelva	0.63	2.22	3.62	5.19	6.88	1.67
Huesca	0.63	1.70	3.35	4.53	6.33	1.58
Jaén	0.88	2.13	3.46	5.01	6.63	1.62
LasPalmas	1.11	2.25	2.82	3.41	5.59	0.78
León	0.37	1.42	2.77	4.37	6.53	1.67
Lleida	0.48	1.73	3.47	4.60	6.26	1.64
Logroño	0.48	1.20	2.60	3.88	5.86	1.46
Lugo	0.33	0.98	1.98	3.31	5.08	1.29
Madrid	0.45	1.84	3.23	4.85	6.80	1.73
Málaga	0.73	2.18	3.66	5.01	6.36	1.55
Melilla	1.33	2.24	3.52	4.57	5.89	1.25
Murcia	1.15	2.15	3.45	4.75	6.22	1.44
Ourense	0.32	1.19	2.30	3.87	5.73	1.54
Oviedo	0.56	1.13	1.87	2.63	4.36	0.89
Palencia	0.52	1.46	2.90	4.49	6.54	1.71
PalmadeMallorca	0.74	1.65	3.03	4.49	6.10	1.49
Pamplona	0.36	1.12	2.29	3.60	5.87	1.39
Pontevedra	0.24	1.15	2.33	3.79	5.50	1.47
Salamanca	0.61	1.56	2.99	4.57	6.67	1.74
SanSebastian	0.39	0.94	2.01	2.84	4.63	1.05
SantaCruzdeTenerife	1.09	2.29	3.32	4.45	5.73	1.21
Santander	0.46	1.01	2.09	2.98	4.69	1.06
Segovia	0.51	1.50	2.87	4.33	6.56	1.65
Sevilla	0.71	2.21	3.65	5.19	6.70	1.63
Soria	0.52	1.51	2.73	4.09	6.37	1.53
Tarragona	0.80	1.76	3.08	4.16	6.01	1.39
Teruel	0.70	1.73	3.02	4.30	6.32	1.47
Toledo	0.63	1.94	3.40	4.92	6.72	1.73
Valencia	0.97	2.08	3.44	4.62	6.25	1.44
Valladolid	0.57	1.48	2.98	4.58	6.59	1.73
Vitoria	0.35	1.03	2.14	3.29	5.05	1.24
Zamora	0.42	1.48	3.04	4.62	6.55	1.77
Zaragoza	0.59	1.68	3.34	4.62	6.42	1.63

IRRAD. DIRECTA $kwh\ m^{-2}dia^{-1}$	ENERO						FEBRERO						MARZO					
	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ
ACoruña	0.39	0.61	0.78	0.95	1.44	0.24	0.68	0.90	1.11	1.48	1.91	0.39	0.85	1.70	1.95	2.13	3.59	0.55
Albacete	1.11	1.29	1.47	1.73	2.22	0.30	1.34	1.84	2.22	2.51	3.15	0.46	2.17	2.75	3.13	3.53	4.39	0.56
Alicante	1.09	1.51	1.70	1.83	2.11	0.24	1.82	1.95	2.24	2.51	3.15	0.40	2.40	2.78	3.09	3.29	3.50	0.33
Almeria	1.22	1.68	1.98	2.07	2.24	0.25	1.80	2.19	2.47	2.74	3.32	0.38	2.60	2.95	3.30	3.35	4.03	0.32
Avila	0.59	0.94	1.29	1.51	1.97	0.38	0.77	1.60	1.79	2.22	2.62	0.41	1.60	2.44	2.72	3.24	4.28	0.56
Badajoz	0.73	1.30	1.49	1.86	2.31	0.38	1.16	1.86	2.19	2.53	2.88	0.42	2.03	2.79	3.14	3.60	4.46	0.57
Barcelona	0.73	1.15	1.40	1.57	1.84	0.28	1.41	1.79	2.20	2.37	2.58	0.35	1.98	2.53	2.79	3.04	3.37	0.36
Bilbao	0.38	0.63	0.78	1.05	1.26	0.25	0.47	0.91	1.24	1.53	1.75	0.35	1.26	1.46	1.80	2.31	3.04	0.48
Burgos	0.36	0.62	0.75	0.97	1.49	0.31	0.43	1.25	1.33	1.64	2.21	0.38	1.34	2.15	2.48	2.75	3.90	0.55
Cáceres	0.64	1.27	1.51	1.80	2.28	0.38	1.20	1.98	2.21	2.54	2.92	0.44	1.69	2.82	3.17	3.67	4.43	0.61
Cádiz	0.72	1.63	1.92	2.08	2.46	0.36	1.32	2.19	2.49	2.84	3.27	0.43	2.52	2.84	3.26	3.59	4.25	0.45
Castellón	0.95	1.43	1.61	1.78	2.25	0.30	1.66	2.06	2.21	2.53	3.02	0.34	1.85	2.83	2.94	3.29	3.85	0.44
Ceuta	0.72	1.35	1.61	1.81	2.21	0.34	1.00	1.61	2.05	2.50	2.69	0.51	1.38	2.39	2.62	3.06	3.33	0.49
CiudadReal	0.80	1.23	1.45	1.61	2.28	0.35	1.22	1.81	2.21	2.51	3.09	0.45	2.09	2.83	3.28	3.61	4.49	0.57
Córdoba	0.90	1.44	1.73	2.01	2.58	0.42	1.24	2.03	2.38	2.82	3.32	0.51	2.01	2.92	3.24	3.76	4.53	0.58
Cuenca	0.72	1.13	1.32	1.82	2.17	0.44	0.82	1.65	2.05	2.41	2.92	0.50	1.39	2.46	2.95	3.20	4.39	0.66
Girona	0.79	1.09	1.37	1.60	1.86	0.28	1.32	1.65	2.13	2.31	2.59	0.35	1.81	2.57	2.81	3.00	3.85	0.42
Granada	0.93	1.64	1.88	2.15	2.56	0.40	1.56	2.06	2.39	2.74	3.52	0.53	2.26	2.87	3.15	3.73	4.42	0.53
Guadalajara	0.75	1.17	1.34	1.76	2.09	0.41	1.13	1.75	2.11	2.38	2.72	0.40	1.44	2.79	3.03	3.42	4.44	0.64
Huelva	0.63	1.54	1.80	2.07	2.41	0.38	1.43	2.09	2.33	2.81	3.27	0.47	2.45	2.91	3.16	3.51	4.32	0.44
Huesca	0.77	1.02	1.24	1.39	1.65	0.25	1.49	1.97	2.21	2.47	2.75	0.30	2.30	2.86	3.25	3.48	4.21	0.43
Jaén	0.88	1.50	1.77	2.00	2.46	0.39	1.33	1.96	2.33	2.65	3.38	0.48	2.02	2.79	3.31	3.73	4.41	0.55
LasPalmas	1.40	1.68	2.11	2.30	2.47	0.36	1.11	1.76	2.12	2.56	2.77	0.42	1.53	2.24	2.58	2.87	3.34	0.45
León	0.55	0.86	1.08	1.21	1.63	0.27	0.97	1.44	1.73	2.12	2.39	0.36	1.02	2.43	2.57	3.13	4.14	0.62
Lleida	0.59	0.95	1.17	1.33	1.78	0.32	1.25	1.95	2.22	2.51	2.96	0.40	2.30	2.86	3.20	3.50	4.08	0.42

IRRAD. DIRECTA $kwh\ m^{-2}dia^{-1}$	ABRIL						MAYO						JUNIO					
	MIN.	P_{25}	P_{50}	P_{75}	MAX.	σ	MIN.	P_{25}	P_{50}	P_{75}	MAX.	σ	MIN.	P_{25}	P_{50}	P_{75}	MAX.	σ
ACoruña	1.32	2.13	2.33	2.94	4.14	0.64	2.19	2.72	3.13	3.64	4.58	0.66	2.97	3.53	4.07	4.46	5.04	0.56
Albacete	2.90	3.60	4.12	4.70	5.39	0.61	2.76	3.93	4.37	4.69	5.20	0.59	3.50	4.99	5.55	5.98	6.45	0.75
Alicante	3.07	4.03	4.34	4.49	5.32	0.55	3.28	4.37	4.77	5.01	5.38	0.48	4.06	4.93	5.53	5.89	6.05	0.54
Almeria	3.93	4.46	4.75	5.13	5.82	0.49	4.43	5.00	5.09	5.31	5.60	0.26	4.83	5.57	5.87	6.07	6.40	0.36
Avila	2.16	2.83	3.48	3.82	4.56	0.68	2.00	3.15	3.72	4.23	5.09	0.73	3.05	4.49	5.15	5.84	6.33	0.87
Badajoz	2.40	3.28	3.89	4.55	5.26	0.73	3.64	4.19	4.45	5.02	6.23	0.67	3.55	5.38	6.03	6.41	6.79	0.81
Barcelona	3.06	3.49	3.86	4.07	4.77	0.42	2.98	3.96	4.20	4.47	4.89	0.48	3.60	4.17	4.80	5.09	5.56	0.55
Bilbao	1.24	2.06	2.27	2.65	3.59	0.53	1.13	2.54	2.89	3.29	3.97	0.63	2.13	2.64	3.19	3.61	4.45	0.58
Burgos	1.46	2.13	2.84	3.45	4.31	0.74	1.84	3.08	3.73	4.12	4.70	0.69	3.04	4.50	5.23	5.49	5.85	0.77
Cáceres	2.22	3.28	3.98	4.58	5.26	0.76	3.62	4.09	4.51	5.01	6.10	0.65	3.30	5.22	5.94	6.35	6.69	0.81
Cádiz	3.70	4.07	4.59	4.80	5.57	0.49	4.48	4.99	5.18	5.50	5.98	0.36	4.14	5.36	5.95	6.15	6.64	0.58
Castellón	2.81	3.89	4.03	4.30	5.03	0.53	3.17	3.85	4.21	4.62	5.06	0.53	3.35	4.29	5.17	5.49	6.21	0.73
Ceuta	2.99	3.75	4.11	4.44	5.48	0.52	3.87	4.33	4.43	4.79	5.50	0.36	4.05	4.93	5.52	5.66	6.00	0.48
CiudadReal	2.86	3.40	3.90	4.63	5.20	0.69	2.89	3.94	4.34	4.75	5.45	0.62	3.70	5.19	5.92	6.13	6.52	0.73
Córdoba	2.77	3.50	3.83	4.61	5.14	0.65	3.16	3.86	4.59	5.07	5.69	0.66	3.57	5.39	6.01	6.21	6.72	0.74
Cuenca	2.19	2.73	3.54	3.94	4.66	0.70	2.00	3.52	3.89	4.33	4.78	0.67	3.16	4.65	5.29	5.66	6.56	0.80
Girona	2.38	3.05	3.52	3.81	4.48	0.50	2.18	3.26	3.72	4.12	4.48	0.58	2.85	3.51	4.10	4.72	5.20	0.65
Granada	3.05	3.49	4.15	4.55	5.62	0.68	3.03	4.30	4.71	5.09	5.91	0.62	4.34	5.43	5.81	6.16	6.49	0.54
Guadalajara	2.40	3.16	3.84	4.19	4.89	0.70	2.60	3.72	4.33	4.77	5.24	0.65	3.70	5.14	5.67	6.18	6.38	0.76
Huelva	3.03	3.78	4.05	4.61	5.46	0.64	3.99	4.49	4.80	5.25	5.91	0.53	4.41	5.56	6.03	6.30	6.88	0.61
Huesca	3.06	3.39	4.07	4.50	4.97	0.57	3.59	4.05	4.45	4.66	5.09	0.44	3.81	5.02	5.42	5.59	6.06	0.61
Jaén	2.96	3.70	4.06	4.53	5.45	0.61	3.23	4.25	4.47	4.92	5.73	0.62	4.05	5.46	5.94	6.25	6.63	0.65
LasPalmas	2.62	3.17	3.69	3.97	4.38	0.47	3.12	3.46	3.91	4.24	5.59	0.57	2.14	2.70	3.37	3.54	4.14	0.54
León	1.63	2.77	3.28	3.97	4.71	0.80	2.57	3.05	3.86	4.40	5.27	0.76	3.16	4.70	5.19	5.89	6.09	0.85
Lleida	3.20	4.06	4.24	4.65	5.13	0.45	3.60	4.22	4.60	4.93	5.14	0.40	4.16	4.96	5.49	5.75	6.15	0.56

IRRAD. DIRECTA $kwh\ m^{-2}dia^{-1}$	JULIO						AGOSTO						SEPTIEMBRE					
	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ
ACoruña	2.37	3.59	4.19	4.45	5.07	0.62	2.41	3.04	3.83	4.13	4.44	0.60	1.78	2.32	2.77	2.92	3.67	0.49
Albacete	5.49	5.78	5.94	6.07	6.36	0.21	4.19	4.74	4.91	4.98	5.42	0.26	3.06	3.64	3.88	4.20	4.57	0.41
Alicante	5.03	5.39	5.59	5.74	5.99	0.24	3.98	4.35	4.62	4.88	5.09	0.29	3.09	3.62	3.85	4.06	4.30	0.35
Almeria	5.27	5.69	5.77	5.92	6.02	0.21	4.36	4.79	4.94	5.07	5.21	0.21	3.65	3.85	4.14	4.33	4.65	0.30
Avila	4.48	5.60	5.88	6.21	6.47	0.50	3.51	4.50	4.62	5.03	5.87	0.47	2.59	3.22	3.49	4.10	4.30	0.47
Badajoz	5.71	6.04	6.39	6.63	6.93	0.36	4.64	5.14	5.49	5.68	6.03	0.36	3.03	3.94	4.17	4.54	4.78	0.44
Barcelona	4.52	5.08	5.37	5.47	5.75	0.31	3.39	3.55	3.93	4.19	4.59	0.34	2.48	2.82	3.11	3.37	3.70	0.34
Bilbao	1.89	2.70	3.18	3.54	4.51	0.64	1.59	2.41	2.75	2.98	3.57	0.50	1.59	2.08	2.50	2.84	3.39	0.50
Burgos	4.47	4.99	5.36	5.73	6.35	0.46	3.28	4.10	4.46	4.81	5.26	0.46	2.31	2.84	3.39	3.70	4.48	0.52
Cáceres	5.64	6.05	6.40	6.64	6.93	0.36	4.67	5.03	5.39	5.57	6.03	0.34	3.06	3.82	4.03	4.55	4.78	0.46
Cádiz	5.40	5.72	5.88	6.11	6.32	0.24	4.31	4.91	5.11	5.43	5.53	0.35	3.40	3.88	4.36	4.49	4.65	0.36
Castellón	4.29	5.11	5.43	5.55	5.86	0.34	2.98	3.80	4.24	4.50	4.86	0.48	2.57	2.95	3.45	3.78	4.11	0.48
Ceuta	4.65	5.09	5.25	5.41	6.01	0.28	3.54	4.23	4.51	4.64	5.03	0.34	2.93	3.34	3.64	3.87	4.35	0.39
CiudadReal	5.57	5.99	6.19	6.40	6.65	0.26	4.44	5.09	5.21	5.42	5.74	0.30	3.33	3.61	4.14	4.42	4.59	0.40
Córdoba	5.80	6.08	6.31	6.39	6.55	0.22	4.38	5.13	5.40	5.50	5.74	0.33	3.32	3.89	4.26	4.54	4.74	0.44
Cuenca	5.15	5.56	5.86	6.06	6.38	0.31	3.95	4.55	4.77	4.99	5.51	0.31	3.01	3.21	3.68	4.06	4.45	0.44
Girona	3.86	4.58	4.81	5.28	5.48	0.44	2.96	3.36	3.79	4.14	4.44	0.44	2.35	2.76	2.99	3.29	3.87	0.35
Granada	5.51	5.82	5.99	6.16	6.38	0.23	4.47	5.04	5.17	5.24	5.56	0.26	3.14	3.96	4.23	4.52	4.71	0.44
Guadalajara	5.27	5.85	6.17	6.34	6.60	0.37	4.27	4.84	5.13	5.26	5.72	0.30	3.17	3.51	3.88	4.21	4.57	0.40
Huelva	5.71	6.08	6.29	6.49	6.65	0.26	4.66	5.30	5.41	5.66	5.73	0.30	3.20	4.02	4.45	4.59	5.03	0.42
Huesca	4.82	5.39	5.78	6.05	6.33	0.37	3.69	4.32	4.55	4.73	5.14	0.34	2.99	3.38	3.76	4.04	4.44	0.38
Jaén	5.69	5.92	6.12	6.30	6.49	0.22	4.56	4.96	5.22	5.29	5.64	0.25	3.06	3.89	4.24	4.30	4.64	0.41
LasPalmas	1.40	2.40	2.98	3.41	4.11	0.70	2.20	3.00	3.18	3.60	4.15	0.45	2.78	3.15	3.34	3.59	4.10	0.31
León	4.64	5.16	5.83	5.98	6.53	0.49	3.39	4.47	4.70	5.06	5.56	0.47	2.38	2.95	3.57	3.91	4.35	0.55
Lleida	4.95	5.58	5.86	6.03	6.26	0.34	4.16	4.40	4.49	4.64	5.06	0.21	3.30	3.47	3.69	3.96	4.36	0.32

IRRAD. DIRECTA $kw h m^{-2} dia^{-1}$	OCTUBRE						NOVIEMBRE						DICIEMBRE					
	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ
ACoruña	0.80	1.21	1.40	1.62	2.18	0.32	0.52	0.61	0.81	0.94	1.24	0.20	0.28	0.52	0.56	0.78	0.96	0.18
Albacete	1.73	2.02	2.53	2.67	3.21	0.43	1.22	1.42	1.63	1.85	2.23	0.28	0.81	1.08	1.25	1.43	1.70	0.25
Alicante	2.06	2.43	2.71	2.93	3.20	0.30	1.32	1.68	1.78	2.04	2.39	0.23	1.00	1.31	1.44	1.62	1.80	0.20
Almeria	2.06	2.67	2.90	3.05	3.31	0.33	1.48	1.74	2.03	2.24	2.54	0.29	1.15	1.37	1.60	1.71	1.98	0.22
Avila	1.26	1.80	2.12	2.43	2.93	0.46	0.83	1.14	1.31	1.58	1.88	0.27	0.59	0.89	1.01	1.17	1.48	0.22
Badajoz	1.56	2.17	2.39	2.97	3.47	0.46	0.96	1.29	1.69	1.93	2.38	0.39	0.60	0.94	1.07	1.32	1.61	0.27
Barcelona	1.60	1.73	1.99	2.36	2.58	0.31	0.96	1.28	1.47	1.60	1.89	0.23	0.80	1.07	1.21	1.32	1.45	0.17
Bilbao	0.66	1.26	1.59	1.83	2.13	0.41	0.53	0.71	0.83	1.00	1.60	0.23	0.49	0.62	0.68	0.84	1.16	0.16
Burgos	0.83	1.42	1.85	2.11	2.62	0.48	0.55	0.75	0.95	1.14	1.41	0.22	0.36	0.53	0.67	0.86	1.37	0.24
Cáceres	1.29	1.95	2.38	2.93	3.40	0.52	1.06	1.18	1.60	1.92	2.33	0.39	0.76	0.90	1.09	1.31	1.67	0.28
Cádiz	1.86	2.51	2.73	3.09	3.77	0.47	0.97	1.63	2.00	2.27	2.60	0.41	1.09	1.25	1.54	1.75	2.02	0.28
Castellón	1.69	2.10	2.35	2.65	2.99	0.33	1.14	1.54	1.67	1.82	2.23	0.27	0.88	1.21	1.37	1.57	1.70	0.23
Ceuta	1.21	1.95	2.21	2.48	3.13	0.43	0.34	1.40	1.66	1.73	2.58	0.42	0.77	0.97	1.16	1.39	1.77	0.30
CiudadReal	1.71	2.02	2.44	2.83	3.43	0.46	0.91	1.33	1.64	1.90	2.12	0.33	0.63	0.94	1.16	1.36	1.64	0.27
Córdoba	1.66	2.18	2.49	3.04	3.64	0.52	1.13	1.60	1.81	2.09	2.45	0.38	0.76	1.09	1.46	1.63	1.89	0.32
Cuenca	1.31	1.59	2.10	2.64	2.93	0.53	0.69	1.19	1.41	1.73	2.13	0.38	0.62	0.85	1.17	1.34	1.64	0.28
Girona	1.34	1.65	2.00	2.26	2.54	0.36	0.94	1.17	1.49	1.59	1.84	0.25	0.75	1.08	1.16	1.38	1.45	0.21
Granada	1.70	2.40	2.67	3.21	3.57	0.48	1.07	1.62	1.85	2.27	2.60	0.42	0.87	1.34	1.54	1.76	2.04	0.30
Guadalajara	1.29	1.83	2.10	2.71	3.19	0.54	0.73	1.24	1.46	1.70	2.01	0.34	0.59	0.83	1.09	1.26	1.56	0.29
Huelva	1.85	2.35	2.74	3.02	3.75	0.43	0.90	1.62	1.94	2.26	2.59	0.40	0.91	1.23	1.36	1.66	1.91	0.28
Huesca	1.50	1.96	2.27	2.60	2.79	0.37	1.02	1.25	1.48	1.58	1.92	0.22	0.63	0.87	1.09	1.23	1.34	0.20
Jaén	1.48	2.24	2.60	3.06	3.49	0.47	0.97	1.55	1.78	2.16	2.35	0.37	0.93	1.19	1.40	1.63	1.82	0.26
LasPalmas	2.33	2.78	2.93	3.14	3.58	0.28	1.59	2.15	2.27	2.51	2.78	0.29	1.23	1.73	1.89	2.17	2.56	0.30
León	0.75	1.44	2.05	2.29	2.77	0.51	0.55	0.96	1.24	1.32	1.63	0.27	0.37	0.62	0.91	1.06	1.23	0.25
Lleida	1.72	2.02	2.30	2.60	2.93	0.35	0.91	1.24	1.44	1.58	1.76	0.22	0.48	0.73	0.91	1.06	1.17	0.21

IRRAD. DIRECTA $kw h m^{-2} dia^{-1}$	ENERO						FEBRERO						MARZO					
	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ
Logroño	0.48	0.80	0.94	1.02	1.32	0.18	1.00	1.26	1.48	1.67	2.22	0.31	1.82	2.08	2.45	2.79	3.73	0.45
Lugo	0.36	0.62	0.79	0.98	1.44	0.28	0.56	0.94	1.09	1.40	2.11	0.41	0.65	1.80	1.94	2.22	3.87	0.61
Madrid	0.77	1.19	1.39	1.81	2.21	0.39	1.24	1.84	2.29	2.35	2.76	0.39	1.72	2.85	3.10	3.43	4.46	0.59
Málaga	0.73	1.59	1.95	2.14	2.28	0.35	1.54	1.90	2.31	2.77	3.33	0.50	2.33	2.78	3.17	3.35	3.87	0.40
Melilla	1.33	1.67	1.95	2.15	2.37	0.27	1.52	2.25	2.57	2.73	3.48	0.42	1.95	2.84	3.20	3.50	4.02	0.48
Murcia	1.32	1.56	1.86	1.99	2.32	0.28	1.61	2.12	2.45	2.68	3.24	0.39	2.25	3.03	3.23	3.37	3.88	0.38
Ourense	0.46	0.65	0.87	1.19	1.51	0.30	0.59	0.97	1.27	1.91	2.32	0.47	0.57	1.90	2.28	2.55	4.11	0.67
Oviedo	0.61	0.79	0.94	1.10	1.47	0.22	0.61	1.11	1.28	1.53	1.86	0.35	1.15	1.71	1.85	2.17	3.38	0.45
Palencia	0.58	0.87	0.95	1.17	1.57	0.25	1.09	1.61	1.77	1.99	2.51	0.35	1.61	2.51	2.88	3.16	4.14	0.56
PalmadeMallorca	0.87	1.20	1.37	1.49	1.85	0.24	1.12	1.54	1.93	2.27	2.76	0.45	2.09	2.34	2.70	3.16	3.43	0.43
Pamplona	0.36	0.58	0.81	1.02	1.25	0.25	0.77	1.16	1.38	1.58	2.06	0.35	1.30	1.87	2.19	2.52	3.43	0.50
Pontevedra	0.44	0.69	0.96	1.14	1.75	0.32	0.65	1.00	1.21	2.01	2.28	0.50	0.63	1.93	2.24	2.55	4.03	0.66
Salamanca	0.61	0.97	1.21	1.37	1.72	0.27	1.00	1.62	1.94	2.17	2.51	0.39	1.66	2.46	2.70	3.21	4.28	0.57
SanSebastian	0.39	0.55	0.74	0.97	1.23	0.25	0.66	0.90	1.22	1.44	1.76	0.32	1.30	1.58	1.88	2.27	2.88	0.44
SantaCruzdeTenerife	1.27	1.72	2.01	2.27	2.53	0.31	1.34	2.04	2.32	2.67	3.29	0.51	1.86	2.31	2.52	3.02	3.37	0.41
Santander	0.50	0.63	0.80	1.02	1.19	0.21	0.69	0.91	1.31	1.49	1.78	0.31	1.42	1.68	2.05	2.34	3.00	0.39
Segovia	0.60	0.77	1.13	1.34	1.91	0.40	0.73	1.37	1.59	2.13	2.59	0.44	1.51	2.32	2.77	3.02	4.27	0.58
Sevilla	0.71	1.59	1.86	2.09	2.54	0.38	1.53	2.18	2.47	2.89	3.32	0.44	2.59	2.96	3.32	3.61	4.38	0.45
Soria	0.52	0.87	1.04	1.37	1.86	0.35	0.58	1.56	1.77	2.03	2.46	0.40	1.56	2.40	2.76	3.08	4.19	0.59
Tarragona	0.82	1.27	1.49	1.58	1.92	0.27	1.46	1.96	2.27	2.47	2.73	0.32	2.18	2.57	3.01	3.18	3.78	0.39
Teruel	0.76	1.15	1.41	1.68	1.96	0.33	1.29	1.83	2.18	2.40	2.85	0.38	1.98	2.61	2.97	3.23	4.28	0.51
Toledo	0.77	1.23	1.54	1.69	2.22	0.36	1.29	1.94	2.20	2.56	2.96	0.39	2.16	2.89	3.22	3.60	4.39	0.53
Valencia	0.97	1.50	1.66	1.88	2.30	0.29	1.69	2.13	2.30	2.45	3.14	0.35	2.19	2.97	3.14	3.47	3.89	0.37
Valladolid	0.60	0.86	0.97	1.23	1.61	0.28	1.07	1.61	1.79	2.02	2.55	0.36	1.70	2.49	2.75	3.17	4.22	0.56
Vitoria	0.35	0.59	0.72	0.94	1.37	0.24	0.48	0.79	1.27	1.50	1.86	0.41	1.27	1.57	2.01	2.38	3.30	0.49
Zamora	0.56	0.85	0.99	1.25	1.42	0.24	1.16	1.62	1.85	2.27	2.52	0.38	1.47	2.56	2.79	3.29	4.26	0.57
Zaragoza	0.59	1.06	1.25	1.35	1.82	0.25	1.36	1.93	2.21	2.40	2.74	0.33	2.26	2.85	3.21	3.39	4.14	0.40

IRRAD. DIRECTA <i>kwh m⁻²dia⁻¹</i>	ABRIL						MAYO						JUNIO					
	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ
Logroño	1.81	2.48	3.04	3.48	4.31	0.64	1.87	3.22	3.56	3.99	4.41	0.59	2.76	4.41	4.60	4.90	5.61	0.66
Lugo	1.08	1.82	2.18	2.88	3.83	0.73	1.58	2.12	2.97	3.53	3.99	0.72	1.94	3.32	3.94	4.37	5.08	0.75
Madrid	2.79	3.24	3.94	4.23	4.92	0.64	2.44	3.81	4.38	4.87	5.41	0.72	3.67	5.14	5.85	6.36	6.49	0.77
Málaga	3.54	3.87	4.31	4.85	5.69	0.56	3.76	4.57	4.84	5.28	5.79	0.48	4.31	5.58	5.78	6.08	6.36	0.51
Melilla	3.56	4.16	4.63	4.97	5.66	0.54	3.94	4.29	4.51	4.90	5.13	0.37	3.97	4.71	4.97	5.16	5.89	0.41
Murcia	3.70	4.25	4.36	4.87	5.39	0.46	3.19	4.47	4.64	4.96	5.42	0.49	3.97	4.88	5.59	5.84	6.22	0.59
Ourense	0.94	2.02	2.70	3.31	4.22	0.83	1.98	2.44	3.47	3.92	4.64	0.80	2.46	3.98	4.65	5.27	5.73	0.80
Oviedo	1.29	2.01	2.35	2.85	3.71	0.59	0.97	2.21	2.66	3.04	3.54	0.63	1.76	2.38	2.96	3.45	4.02	0.59
Palencia	1.77	2.78	3.61	4.00	4.93	0.76	2.56	3.46	3.90	4.46	5.06	0.67	3.71	4.69	5.59	5.91	6.20	0.76
PalmadeMallorca	2.73	3.60	3.99	4.22	4.78	0.52	2.87	3.85	4.37	4.65	4.95	0.51	3.83	4.81	5.19	5.51	6.10	0.54
Pamplona	1.11	1.92	2.50	3.01	4.11	0.72	1.65	2.85	3.33	3.64	4.28	0.62	2.69	3.83	4.35	4.67	5.43	0.71
Pontevedra	1.06	2.15	2.67	3.23	4.38	0.77	2.12	2.61	3.45	3.95	4.78	0.81	2.68	3.91	4.69	4.90	5.44	0.67
Salamanca	2.07	2.81	3.54	4.03	4.76	0.71	2.31	3.79	4.13	4.56	5.36	0.71	3.50	4.99	5.62	6.01	6.46	0.85
SanSebastian	1.41	2.10	2.41	2.94	3.87	0.58	1.53	2.51	2.87	3.37	3.85	0.56	2.15	2.81	3.35	3.66	4.40	0.55
SantaCruzdeTenerife	2.13	3.48	4.07	4.54	5.11	0.80	2.55	3.63	4.03	4.54	5.58	0.79	2.62	3.91	4.52	5.08	5.73	0.76
Santander	1.60	2.37	2.64	2.98	3.63	0.50	2.00	2.51	2.92	3.43	3.96	0.51	2.13	3.01	3.38	3.82	4.31	0.54
Segovia	2.12	2.51	3.26	3.85	4.46	0.72	2.13	3.12	3.89	4.30	4.95	0.72	3.25	4.62	5.31	5.61	6.15	0.76
Sevilla	3.20	3.77	4.17	4.88	5.48	0.62	3.66	4.38	4.70	5.21	5.77	0.56	3.68	5.47	5.98	6.31	6.70	0.74
Soria	2.11	2.70	3.39	3.70	4.44	0.63	2.15	3.35	3.76	4.03	4.50	0.61	2.88	4.42	4.99	5.40	5.74	0.74
Tarragona	3.03	3.63	3.95	4.34	4.76	0.47	3.13	3.92	4.21	4.50	4.95	0.45	3.74	4.41	5.06	5.35	5.96	0.64
Teruel	2.45	3.22	3.87	4.09	4.75	0.62	2.24	3.79	4.19	4.34	4.62	0.56	2.94	4.80	5.15	5.38	6.32	0.73
Toledo	2.90	3.36	4.02	4.63	5.16	0.70	3.22	4.02	4.40	4.78	5.50	0.57	3.93	5.24	5.95	6.37	6.60	0.75
Valencia	3.23	4.04	4.43	4.60	5.52	0.49	3.65	4.20	4.67	4.92	5.26	0.45	3.82	4.75	5.48	5.63	6.25	0.59
Valladolid	1.80	2.86	3.64	4.05	4.81	0.72	2.43	3.64	4.29	4.61	5.19	0.70	3.85	4.61	5.66	6.02	6.16	0.75
Vitoria	1.50	1.95	2.42	2.88	3.72	0.63	1.14	2.57	3.20	3.56	3.78	0.65	2.35	3.35	3.76	4.23	4.87	0.65
Zamora	2.04	3.04	3.61	4.07	4.88	0.68	2.74	3.80	4.18	4.67	5.49	0.70	3.59	5.09	5.81	6.16	6.41	0.82
Zaragoza	2.96	3.60	4.23	4.39	4.88	0.52	3.45	4.13	4.60	5.00	5.17	0.45	4.20	5.15	5.52	5.85	6.21	0.56

IRRAD. DIRECTA	JULIO						AGOSTO						SEPTIEMBRE					
	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ
$kwh\ m^{-2}dia^{-1}$																		
Logroño	3.67	4.69	5.04	5.47	5.86	0.53	3.13	3.85	4.12	4.42	4.83	0.44	2.48	2.78	3.22	3.37	4.47	0.45
Lugo	2.30	3.59	4.10	4.55	4.81	0.59	2.55	3.18	3.68	4.10	4.51	0.54	1.79	2.13	2.80	3.00	3.73	0.54
Madrid	5.52	5.92	6.28	6.54	6.80	0.36	4.38	4.88	5.15	5.39	5.87	0.33	3.20	3.61	4.03	4.37	4.76	0.44
Málaga	5.62	5.79	5.92	6.02	6.16	0.15	4.30	4.83	5.04	5.22	5.46	0.30	3.37	3.93	4.22	4.54	4.82	0.36
Melilla	4.37	4.73	5.03	5.19	5.62	0.32	3.77	4.28	4.41	4.60	4.95	0.26	3.30	3.45	3.87	4.11	4.55	0.35
Murcia	5.10	5.57	5.72	5.82	6.05	0.22	4.12	4.48	4.69	4.94	5.23	0.27	3.12	3.51	3.87	4.08	4.44	0.35
Ourense	3.13	4.55	4.98	5.44	5.71	0.62	3.26	3.80	4.29	4.69	5.29	0.53	2.16	2.49	3.26	3.48	4.24	0.60
Oviedo	2.07	2.47	2.96	3.39	4.36	0.56	1.61	2.27	2.73	2.93	3.63	0.57	1.58	1.95	2.44	2.80	3.46	0.51
Palencia	4.82	5.45	5.85	6.10	6.54	0.41	4.08	4.63	4.86	5.16	5.61	0.38	2.73	3.09	3.73	4.00	4.62	0.49
PalmadeMallorca	4.80	5.14	5.47	5.62	5.96	0.31	3.58	4.18	4.49	4.78	4.94	0.37	2.30	2.82	3.23	3.52	3.85	0.42
Pamplona	3.22	4.33	4.58	5.12	5.87	0.59	2.82	3.43	3.92	4.14	4.47	0.47	2.19	2.64	2.91	3.34	4.32	0.51
Pontevedra	2.52	4.19	4.84	5.15	5.50	0.70	2.78	3.64	4.15	4.59	5.06	0.58	1.95	2.38	3.06	3.49	4.02	0.60
Salamanca	4.81	5.67	6.05	6.31	6.67	0.46	4.18	4.78	5.10	5.40	5.88	0.44	2.77	3.31	3.76	4.05	4.42	0.45
SanSebastian	2.16	2.91	3.30	3.73	4.63	0.60	1.59	2.46	2.78	3.25	3.85	0.55	1.64	2.21	2.56	2.84	3.30	0.44
SantaCruzdeTenerife	3.88	4.96	5.28	5.50	5.72	0.53	3.22	4.44	4.71	4.96	5.24	0.47	2.37	3.58	4.03	4.44	4.79	0.61
Santander	2.31	3.08	3.32	3.70	4.69	0.52	2.06	2.58	2.95	3.19	3.83	0.48	1.58	2.14	2.55	2.99	3.24	0.45
Segovia	4.46	5.40	5.85	6.08	6.56	0.50	3.70	4.46	4.62	5.13	5.67	0.44	2.77	3.24	3.55	4.03	4.31	0.46
Sevilla	5.84	6.13	6.25	6.40	6.63	0.21	4.52	5.22	5.44	5.57	5.74	0.34	3.20	4.04	4.44	4.63	4.93	0.42
Soria	4.33	5.13	5.39	5.73	6.37	0.51	3.02	4.08	4.32	4.68	5.26	0.44	2.58	2.98	3.37	3.84	4.23	0.49
Tarragona	4.18	5.16	5.33	5.61	6.01	0.39	3.14	3.62	3.90	4.17	4.43	0.37	2.45	2.90	3.21	3.58	3.86	0.44
Teruel	4.71	5.36	5.54	5.81	6.09	0.33	3.73	4.21	4.46	4.71	5.22	0.36	2.73	3.23	3.57	3.94	4.34	0.38
Toledo	5.44	6.03	6.34	6.54	6.72	0.31	4.56	4.97	5.30	5.46	5.88	0.31	3.27	3.71	4.06	4.49	4.69	0.41
Valencia	5.03	5.44	5.63	5.79	6.03	0.24	3.74	4.28	4.54	4.74	4.96	0.33	2.89	3.44	3.70	4.04	4.32	0.38
Valladolid	4.88	5.70	5.85	6.11	6.59	0.40	3.98	4.64	4.92	5.20	5.64	0.41	2.65	3.21	3.76	4.06	4.68	0.49
Vitoria	2.76	3.56	4.10	4.56	5.05	0.59	2.34	3.13	3.41	3.74	4.27	0.51	1.78	2.34	2.70	3.00	3.93	0.48
Zamora	4.94	5.51	6.13	6.21	6.55	0.43	4.19	4.73	4.98	5.41	5.83	0.41	2.55	3.19	3.77	3.99	4.56	0.51
Zaragoza	5.10	5.65	5.92	6.19	6.42	0.33	4.02	4.44	4.70	4.85	5.31	0.32	3.15	3.38	3.73	4.05	4.46	0.38

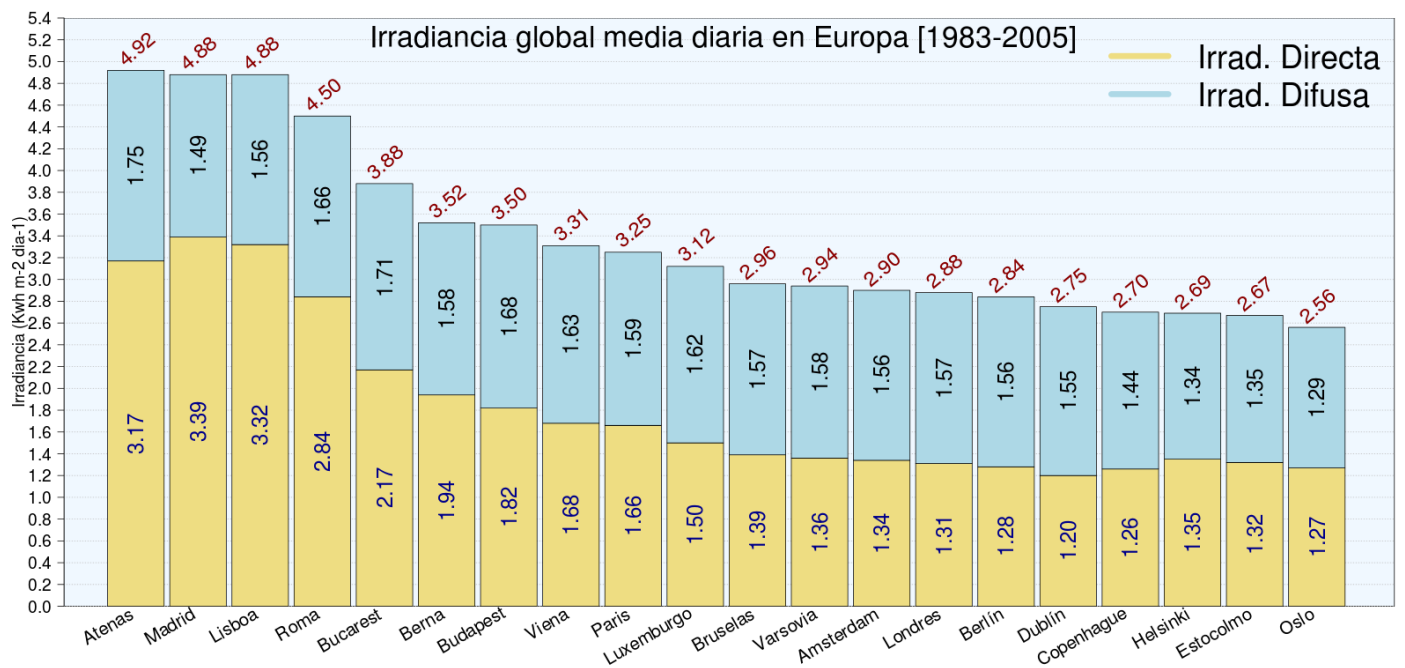
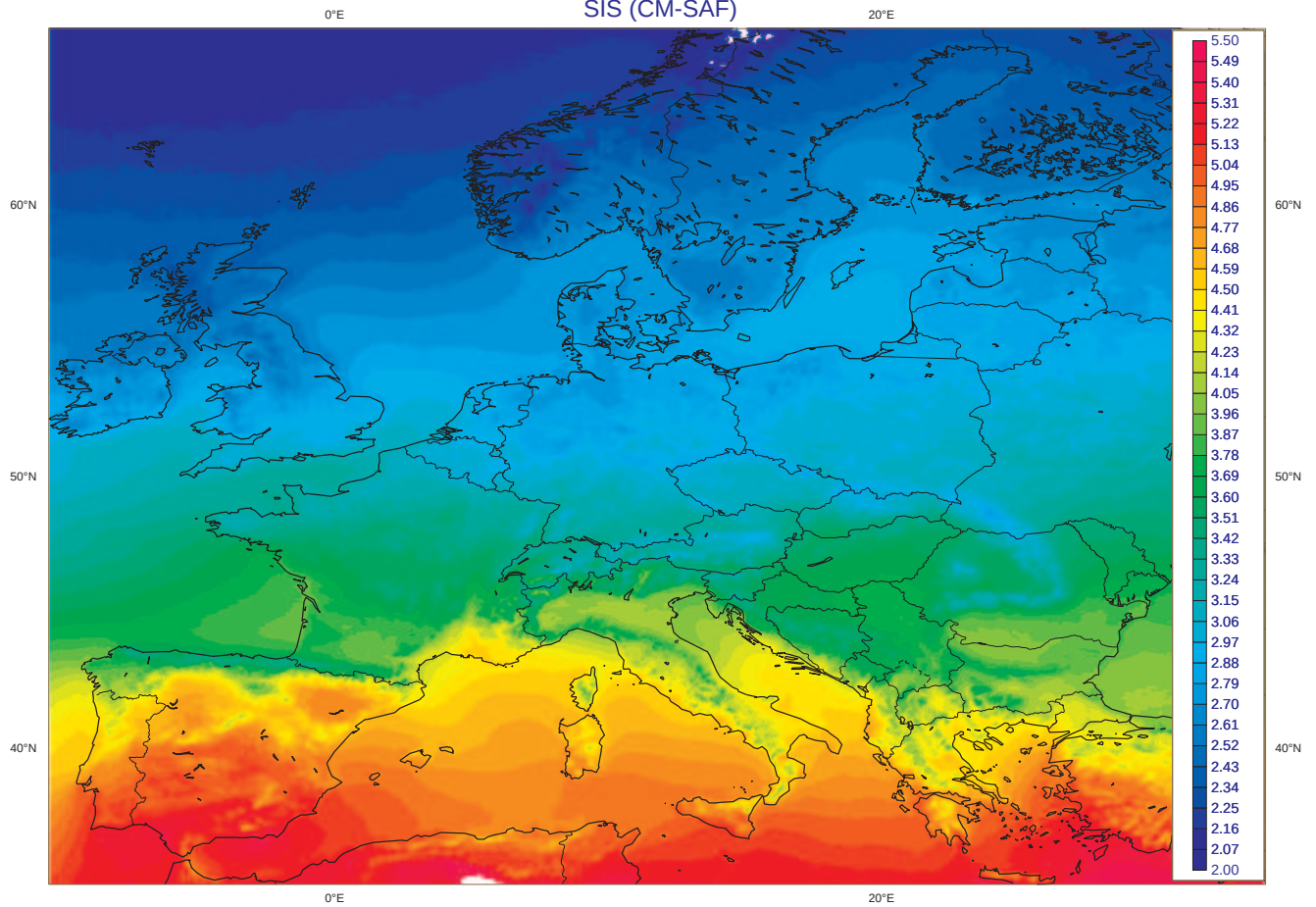
IRRAD. DIRECTA		OCTUBRE					NOVIEMBRE					DICIEMBRE							
$kwh\,m^{-2}dia^{-1}$		MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ	MIN.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	MAX.	σ
	Logroño	0.87	1.57	1.76	2.23	2.48	0.45	0.66	0.98	1.08	1.16	1.24	0.14	0.49	0.68	0.75	0.90	1.23	0.20
	Lugo	0.71	1.20	1.36	1.74	2.26	0.37	0.45	0.64	0.80	0.97	1.37	0.24	0.33	0.54	0.61	0.77	0.98	0.18
	Madrid	1.34	1.85	2.14	2.79	3.21	0.52	0.84	1.19	1.56	1.86	2.10	0.36	0.45	0.87	1.13	1.32	1.56	0.29
	Málaga	1.74	2.47	2.78	3.03	3.67	0.45	1.28	1.68	1.89	2.21	2.58	0.34	0.98	1.27	1.49	1.75	1.94	0.29
	Melilla	1.88	2.48	2.77	3.03	3.53	0.41	1.36	1.88	2.07	2.24	2.68	0.31	1.33	1.53	1.67	1.88	2.35	0.24
	Murcia	1.95	2.44	2.74	2.89	3.23	0.33	1.49	1.71	1.86	2.11	2.33	0.23	1.15	1.38	1.49	1.70	1.93	0.23
	Ourense	0.66	1.31	1.49	1.85	2.51	0.40	0.45	0.73	0.86	1.04	1.50	0.26	0.32	0.54	0.65	0.84	1.21	0.22
	Oviedo	0.82	1.20	1.58	1.76	2.10	0.34	0.62	0.84	0.96	1.05	1.58	0.20	0.56	0.63	0.80	0.86	1.18	0.17
	Palencia	1.10	1.62	2.10	2.33	2.79	0.48	0.82	0.91	1.13	1.40	1.61	0.25	0.52	0.68	0.77	1.01	1.30	0.23
	PalmadeMallorca	1.67	1.93	2.25	2.35	2.54	0.25	1.16	1.34	1.50	1.58	2.04	0.20	0.74	1.12	1.22	1.31	1.58	0.18
	Pamplona	0.89	1.44	1.56	2.02	2.47	0.44	0.54	0.84	1.00	1.11	1.44	0.21	0.48	0.58	0.72	0.89	1.19	0.19
	Pontevedra	0.74	1.44	1.61	1.91	2.55	0.42	0.47	0.75	0.93	1.20	1.62	0.31	0.24	0.60	0.71	0.95	1.16	0.24
	Salamanca	1.16	1.75	2.22	2.47	2.94	0.49	0.79	1.07	1.37	1.50	1.84	0.28	0.62	0.76	0.84	1.15	1.52	0.24
	SanSebastian	0.56	1.12	1.44	1.65	2.08	0.41	0.45	0.65	0.83	0.93	1.48	0.22	0.45	0.54	0.66	0.78	0.94	0.14
	SantaCruzdeTenerife	2.16	2.84	3.16	3.47	3.91	0.46	1.45	2.12	2.35	2.53	2.92	0.34	1.09	1.68	1.95	2.10	2.63	0.36
	Santander	0.54	1.14	1.51	1.73	2.01	0.38	0.46	0.62	0.79	0.98	1.40	0.22	0.52	0.57	0.67	0.74	0.96	0.11
	Segovia	1.10	1.71	2.06	2.25	3.00	0.47	0.62	0.99	1.23	1.51	1.67	0.30	0.51	0.73	0.88	1.16	1.57	0.26
	Sevilla	1.99	2.39	2.65	3.15	3.66	0.44	1.12	1.74	2.01	2.22	2.61	0.39	1.01	1.24	1.45	1.70	1.99	0.28
	Soria	0.90	1.56	1.95	2.41	2.78	0.50	0.58	1.01	1.28	1.45	1.83	0.32	0.62	0.79	0.98	1.17	1.49	0.24
	Tarragona	1.60	1.88	2.10	2.43	2.60	0.30	0.96	1.31	1.53	1.69	2.03	0.25	0.80	1.10	1.31	1.43	1.60	0.21
	Teruel	1.51	1.87	2.36	2.61	3.00	0.43	0.94	1.31	1.49	1.62	1.98	0.24	0.70	0.95	1.18	1.24	1.45	0.20
	Toledo	1.47	2.13	2.36	2.85	3.25	0.45	1.03	1.33	1.61	1.92	2.16	0.32	0.63	0.95	1.17	1.26	1.64	0.26
	Valencia	1.86	2.28	2.55	2.86	3.14	0.35	1.25	1.61	1.76	2.00	2.41	0.26	1.02	1.25	1.40	1.55	1.81	0.21
	Valladolid	1.11	1.72	2.17	2.35	2.99	0.50	0.79	0.98	1.24	1.37	1.72	0.26	0.57	0.68	0.74	1.02	1.28	0.22
	Vitoria	0.72	1.36	1.53	1.95	2.34	0.43	0.52	0.74	0.84	1.02	1.44	0.21	0.39	0.56	0.65	0.74	1.05	0.17
	Zamora	1.01	1.65	2.27	2.56	2.90	0.49	0.61	1.02	1.18	1.42	1.90	0.28	0.42	0.71	0.80	1.00	1.27	0.22
	Zaragoza	1.57	1.97	2.38	2.69	2.95	0.41	1.03	1.39	1.47	1.60	1.85	0.20	0.66	0.97	1.08	1.22	1.38	0.20

6. Mapa del campo medio de Irradiancia Global en Europa y valores medios de Irradiancias Global, Directa y Difusa en las principales capitales europeas [1983-2005]

Con el fin de tener una visión general comparativa de la radiación recibida en los diferentes países europeos, se muestra un mapa de irradiancia global media en plano horizontal en Europa promediada para el período 1983-2005 junto con un diagrama de barras con los valores medios de las irradiancias global, directa y difusa en orden decreciente para las principales capitales europeas.

A la vista de este mapa radiativo es manifiesto que España es el país europeo que recibe en promedio, con una diferencia sustancial, la mayor cantidad de radiación sobre una superficie horizontal, por lo que es el que ofrece, sin ningún género de dudas, un mayor potencial de aprovechamiento de la fuente de energía solar. Otra característica importante es la de ser asimismo el país que muestra los mayores contrastes, gradientes radiativos y complejidad en la distribución de dicha energía radiativa. Esto no es sin embargo de extrañar, ya que este mapa radiativo es reflejo de la variedad de regiones climáticas existentes en España condicionada a su vez por la diversidad orográfica de la península Ibérica. En cuanto a los valores medios de irradiancia para las distintas capitales europeas, es Madrid la ciudad que recibe la mayor cantidad de radiación directa ($3,39 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) y es la segunda capital después de Atenas en irradiancia global ($4,88 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$). Además es de destacar que el valor de irradiancia directa media en Madrid representa más del doble de los registrados en otras capitales como Berlín, París o Londres.

Irradiancia Global media en Europa [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)



A. La Radiación Solar.

La atmósfera de la Tierra se puede considerar como una gran máquina térmica cuya fuente de energía es la radiación electromagnética que procede del Sol y que tiene su origen en las reacciones nucleares que se producen en su núcleo fruto de la continua transformación de Hidrógeno en Helio. De forma análoga a una máquina térmica artificial y en una visión simplificada, el calor entra en la atmósfera desde un foco caliente localizado donde la energía solar es absorbida, en la superficie de la Tierra, mientras el foco frío se encuentra donde la radiación terrestre de onda larga es emitida hacia el espacio, principalmente en la alta troposfera. Sin embargo, a diferencia de una máquina térmica ordinaria no existe un sistema de engranajes y mecanismos fijos, sino que existe una autorregulación de los flujos de energía del sistema Tierra-Atmósfera según está en funcionamiento, pudiéndose considerar el tiempo atmosférico como una serie de incidentes que tienen lugar en la enorme máquina natural atmosférica impulsada por la energía solar. Un ejemplo podría ser la producción de nubes que modifican la entrada de energía solar en la atmósfera al contribuir de forma importante al albedo y afectando igualmente a la cantidad de energía de onda larga saliente desde la superficie de la Tierra. Aunque obviamente la complejidad del motor atmosférico es infinitamente mayor que la de cualquier máquina diseñada por el ingenio humano, los principios físicos básicos en los que se basa son los mismos (McIlveen, 2010).

En la distribución espectral de la energía electromagnética procedente del Sol, casi la totalidad de la energía que llega a la tierra lo hace en forma de radiación de onda corta ($< 4,0\mu m$), con un máximo de intensidad cerca de $0,5\mu m$ debido a la alta temperatura de la fotosfera solar¹. Teniendo en cuenta que el Sol tiene un comportamiento radiativo que se puede aproximar a la de un cuerpo negro y suponiendo una temperatura de la fotosfera solar de aproximadamente $5776K$, se puede estimar utilizando la Ley de Stefan y conociendo el radio solar², que la Luminosidad solar o potencia total

radiante es de $\mathcal{L} = 3,83 \cdot 10^{26}W$. Solo una fracción muy pequeña de esta energía es interceptada por la Tierra. Conociendo la distancia orbital de la Tierra R , es posible calcular la irradiancia I_R o flujo de energía radiante por unidad de área perpendicular al haz incidente: $I_R = \frac{\mathcal{L}}{4\pi R^2}$. Debido a la pequeña excentricidad de la órbita terrestre y a la consecuente variación³ de la distancia de la Tierra al Sol R , esta cantidad no es constante a lo largo del año, siendo la variación máxima del 7%. La energía incidente en el tope de la atmósfera en una superficie perpendicular al haz incidente para la distancia media de la Tierra al Sol se denomina Constante Solar, S . El valor de la Constante Solar considerado actualmente es de $1366Wm^{-2} \pm 3Wm^{-2}$ (con oscilaciones periódicas de aproximadamente $1Wm^{-2}$ relacionadas con la actividad solar). El valor medio de energía solar incidente en la Tierra es $\pi R_T^2 S$, donde R_T es el radio de la Tierra (Ver Figura A.1). Dividiendo esta energía por la superficie de la Tierra obtenemos la energía incidente media por unidad de área: $\frac{\pi R_T^2 S}{4\pi R_T^2} = \frac{S}{4} = 341,3Wm^{-2}$. Teniendo en cuenta el albedo medio ($\alpha = 0,3$) o fracción de la radiación incidente que es reflejada por el sistema Tierra-Atmósfera, la energía media por unidad de área que no es reflejada es $(1 - \alpha)\frac{S}{4} = 239Wm^{-2} = 5,7kWh \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$ (Trenberth et al., 2009).

Como se indicó anteriormente, la radiación solar que llega a la Tierra tiene una longitud de onda menor que $4\mu m$. La longitud de onda correspondiente al máximo de radiación solar es de $0,5\mu m$ coincidiendo con el centro del rango visible del espectro solar ($0,4 - 0,7\mu m$). El rango visible representa el 40 % de la energía incidente, mientras que un 8 % corresponde a radiación ultravioleta ($0,2 - 0,4\mu m$) y el 52 % al infrarrojo cercano ($> 0,7\mu m$). Aproximadamente el 18 % de

cuadrado en todas las direcciones teniendo en cuenta una temperatura superficial de $5800K$ es: $E_s = \sigma T^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 5776^4 \approx 63,1MWm^{-2}$. Considerando la fotosfera como una esfera de radio $R_f = 695,000km$, su luminosidad total es $\mathcal{L} = 4\pi R_f^2 E_s \approx 4\pi (695 \cdot 10^6)^2 63,1 \cdot 10^6 = 3,83 \cdot 10^{26}W$

³La distancia Tierra-Sol aumenta un 3.5 % desde el perihelio (3 de Enero) al afelio (4 de Julio)

¹La fotosfera solar es la relativamente fina capa superficial del Sol formada principalmente por Hidrógeno y Helio.

²La potencia radiada por la fotosfera solar por metro

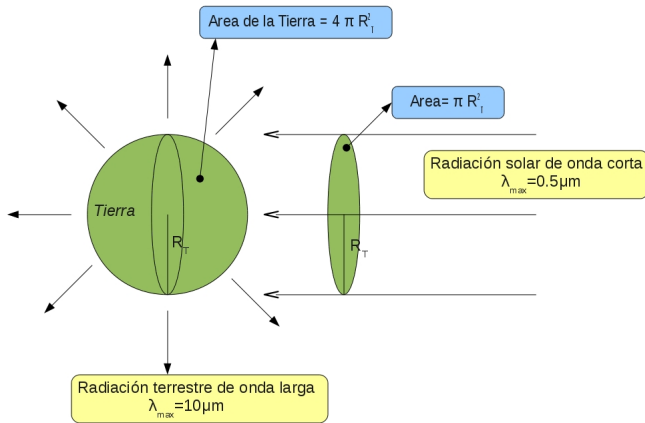


Figura A.1.: Energía radiativa incidente de onda corta procedente del Sol y energía saliente de onda larga de la Tierra

la energía es absorbida por el vapor de agua y el ozono. El vapor de agua absorbe en varias bandas entre $0,9\mu m$ y $2,1\mu m$ mientras que la absorción del ozono se concentra en 3 bandas espectrales $0,2 - 0,31\mu m$, $0,31 - 0,35\mu m$ y $0,45 - 0,85\mu m$. La radiación de longitudes de onda menores que $0,285\mu m$ raramente penetran en la atmósfera por debajo de $20km$. Considerando que el albedo medio del sistema Tierra-Atmósfera de aproximadamente igual a 0.3, la energía absorbida disponible para calentar la superficie y la atmósfera es del 70 %. La superficie de la Tierra absorbe aproximadamente la mitad de la energía incidente en el tope de la atmósfera y radia a su vez esta energía en forma de radiación de onda larga ($> 3\mu m$). La mayor parte de esta energía emitida por la Tierra en el infrarrojo es absorbida por el vapor de agua, el dióxido de carbono y el ozono de la atmósfera y el resto, aproximadamente un 10 % escapa al espacio a través de la ventana atmosférica en el infrarrojo ($8 - 13\mu m$), llamada así por el alto grado de transparencia que presenta la atmósfera a la radiación en este rango de longitudes de onda.

Tras atravesar la atmósfera, la radiación solar alcanza la superficie de la Tierra en forma de radiación directa y difusa, siendo la radiación directa la que procede directamente del disco solar sin haber sufrido ningún proceso de dispersión atmosférica. La radiación difusa, que únicamente se refiere a la radiación que llega a la superficie tras ser dispersada en la atmósfera por las nubes, partículas en

suspensión y moléculas que constituyen los gases atmosféricos constituye en promedio en condiciones de cielo despejado entre el 15 y el 20 % de la radiación total incidente en superficie o radiación global. Sin embargo, la radiación difusa es muy sensible a la cantidad de nubes existentes, de manera que considerando una cobertura nubosa que cubra la mitad del cielo, esta proporción aumenta hasta valores próximos al 50 % en superficie. Los mayores difusores son las nubes aunque la dispersión por las moléculas del aire o dispersión de Rayleigh, es también importante. Este tipo de dispersión se produce cuando las partículas difusoras tienen un tamaño mucho menor que la longitud de onda de la radiación ⁴ y es más importante para longitudes de onda corta que para las longitudes de onda mayores, siendo responsable del color azul del cielo. Sin embargo la difusión debido a las pequeñas gotas nubosas y partículas, al tener tamaños comparables a la longitud de onda de la radiación no producen alteración del color (dispersión de Mie) ya que afectan por igual a todas las longitudes de onda, motivo por el cual las nubes son blancas y la calima y la niebla dan un aspecto gris al cielo.

De la radiación solar media incidente en el tope de la atmósfera, $341,3Wm^{-2}$, la absorción de irradiancia de onda corta debido a las moléculas, los aerosoles y las nubes supone aproximadamente un 20 % de la energía incidente y contribuye al calentamiento de la atmósfera. Los procesos de retrodispersión y reflexión hacia el espacio debido a las nubes suponen un 23 %. Por tanto, un 57 % de la irradiancia llega a la superficie de la Tierra donde dependiendo de las características reflectantes de la superficie, aproximadamente el 8 % de la energía incidente es reflejada. Así pues, el albedo medio resultante del sistema Tierra-Atmósfera, sumando los procesos de retrodispersión, reflexión por las nubes y reflexión en la superficie terrestre es del $23 \% + 8 \%=31 \%$. Del 57 % de la irradiancia de onda corta que llega a la superficie de la Tierra, en promedio, un 30 % lo hace como irradiancia directa, y un 27 % como irradiancia difusa.

⁴Las moléculas del aire tienen un tamaño $\sim 10^{-4}\mu m$, valor mucho menor que la longitud de onda de la radiación $\sim 0,5\mu m$

B. Software utilizado y tabla de conversión de unidades

	Joule	Kwh	kcal
Joule	1	$2,777 \cdot 10^{-7}$	$2,3901 \cdot 10^{-4}$
Kwh	$3,6 \cdot 10^6$	1	860,4
kcal	4184	$1,11622 \cdot 10^{-3}$	1

Cuadro B.1.: Tabla de conversión de unidades

Software utilizado para el tratamiento de los datos Para este trabajo se han utilizado las siguientes herramientas informáticas:

- Para el tratamiento de los datos: scripts en Bash y Perl y comandos CDO (Climate Data Operators) (Schulzweida et al., 2011).
- Para la representación gráfica de los datos: MAGICS (ECMWF, 2011) y R (<http://www.r-project.org/>).

C. Lista de Acrónimos

- AEMET: Agencia Estatal de Meteorología.
- AEROCOM: AEROSol Comparisons between Observations and Models
- AOD: Aerosol Optical Depth
- AVHRR: Advanced Very High Resolution Radiometer
- BNDC: Banco Nacional de Datos Climatológicos de AEMET
- BSRN: Baseline Surface Radiation Measurement
- CAL: Effective cloud albedo
- CERES: The Clouds and the Earth's Radiant Energy System
- CDO: Climate Data Operator
- CM-SAF: Climate-Satellite Application Facilities
- CRN: Centro Radiométrico Nacional
- DWD: Deutscher Wetterdienst
- ECMWF: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
- ERA: ECMWF Re-Analysis
- ERBE: Earth Radiation Budget Experiment
- ESRA: European Solar Radiation Atlas
- ESV: Essential Climate Variables
- EUMETSAT: European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites
- GCOS: Global Climate Observing System
- GERB: Geostationary Earth Radiation Experiment
- GEWEX: Global Energy and Water Cycle Experiment
- GRAS-SAF: GNSS Receiver for Atmospheric Sounding
- INM: Instituto Nacional de Meteorología
- IR: Infra-Red
- ISO: International Organization for Standardization
- ISCCP: International Satellite Cloud Climatology Project
- kWh: Kilowatio hora
- LUT: Look Up Tables
- MAD: Mean Absolute Desviation
- MAGIC: Mesoscale Atmospheric Global Irradiance Code
- MAGICS: Meteorological Applications Graphics Integrated Colour System
- MFG: Meteosat of First Generation
- MVIRI: Meteosat Visible Infra-red Imager
- NOAA: National and Oceanic Atmospheric Administration
- OMM: Organización Meteorológica Mundial
- RRN: Red Radiométrica Nacional
- RTM: Radiative Transfer Model
- SAF: Satellite Application Facilities
- SD: Standard Deviation
- SEVIRI: Spinning Enhanced Visible and Infra-Red Imager
- SGS: Sistema de Gestión de Calidad
- SID: Surface Incoming Direct Radiation
- SIS: Surface Incoming Radiation SRB: Solar Radiation Budget
- UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change
- UV: Ultra-Violet
- WRC: World Radiation Center
- WV: Water Vapour

Agradecimientos:

Para la realización de este trabajo se han utilizado datos de variables de irradiancia en superficie generados y suministrados por el CM-SAF (Climate Monitoring) de EUMETSAT, liderado por el Servicio Meteorológico Alemán; Deutscher Wetterdienst (DWD) (www.cmsaf.eu).

Los autores también quieren expresar su agradecimiento a Antonio Labajo Salazar, quién dió un gran impulso a la renovación y modernización del equipamiento y a la implantación de un sistema de gestión de la calidad en la red radiométrica que ha obtenido la certificación UNE-EN-ISO 9001:2008 desde finales del año 2007. Beatriz Navascués Fernández-Victorio dirigió las actividades realizadas en las redes especiales de AEMET en el periodo 2006-2008 y promovió y apoyó desde entonces la confección del atlas a partir de los datos del SAF de Clima. María Palomo ha llevado a cabo la depuración de las series históricas de datos radiométricos de la RRN.

Bibliografía

- [1] Barkstrom, B. R., E. Harrison, G. Smith, R. Green, J. Kibler, R. Cess, and the ERBE Science Team, 1989: The Earth Radiation Budget Experiment (ERBE) archival and April 1985 results. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 70, 1254–1262.
- [2] Barry R., Chorley R.; 2010 “Atmosphere Weather and Climate” ; Ed. Routledge.
- [3] Berrisford, P., D. Dee, K. Fielding, M. Fuentes, P. Kallberg, S. Kobayashi, and S. Uppala, 2009: The ERA-Interim archive. ERA Report Series 1.
- [4] Coughlan, M., and R. Avissar, 1996: The global energy and water cycle experiment (GEWEX) continental scale international project (GCIP): An overview, *J. Geophys. Res.*, 101, 7139–7147
- [5] ECMWF; 2011: “Magics++ User Guide”; <http://www.ecmwf.int/publications/manuals/magics/magplus/manuals/pdf/index.html>
- [6] Font Tullot I., 1983. “Atlas climático de España”; Instituto Nacional de Meteorología (actualmente AEMET). ISBN: 84-500949-5-X.
- [7] Font Tullot, I.; 1984 “Atlas de la Radiación Solar en España”; Instituto Nacional de Meteorología (actualmente AEMET).
- [8] Gupta, S., Stackhouse Jr., P., S. Cox, J. Mikovitz, and T. Zhang, 2006: Surface radiation budget project completes 22-year data set. *GEWEX News*, 16, 12–13.
- [9] Hammer, A., Heinemann, D., Hoyer, C., R., K., Lorenz, E., Mller, R., and Beyer, H.; 2003: Solar energy assessment using remote sensing technologies. *Remote Sensing of the Environment*, 86:423–432.
- [10] Harries, J. E., Russell, J. E., Hanafin, J. A et al. , 2005: The Geostationary Earth Radiation Budget Project, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 86, 945 – 960, doi:10.1175/BAMS-86-7-945.
- [11] Kinne, S. et al, 2006: An AeroCom initial assessment optical properties in aerosol component modules of global models”, *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 1815–1834.
- [12] Krämer, M., Ri. Müller, H. Bovensmann, J. Burrows, J.-U. Grooß, D. S. McKenna, Ro. Müller, Th. Woyke, J. Brinkmann, E.P. Röth, R. Ruhnke, G. Günther, J. Hendricks, E. Lippert, K. S. Carslaw, Th. Peter, A. Zieger, Ch. Brühl, B. Steil and R. Lehmann; 2003: “Intercomparison of Numerical Stratospheric Chemistry Models under Polar Vortex Conditions”. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 45, 51–77.
- [13] McIlveen R.; 2010 “Fundamentals of Weather and Climate”; Oxford University Press
- [14] Mueller, R., Dagestad, K., Ineichen, P., Schroedter-Homscheidt, M., Cros, S., Dumortier, D., Kuhlemann, R., Olseth, J., Piernavieja, G., Resie, C., Wald, L., and Heinemann, D.; 2004: Rethinking satellite based solar irradiance modelling. the SOLIS clear-sky module. *Remote Sensing of the Environment*, 91:160–174.
- [15] Mueller, R. W., C. Matsoukas, A. Gratzki, H.D. Behr, R. Hollmann;

- 2009: The CM SAF operational scheme for the satellite based retrieval of solar surface irradiance – A LUT based eigenvector approach, *Remote Sens. Environ.*, 113, 1012–1024.
- [16] Müller R., Trentmann J., Stöckli R., Posselt R.; 2011: Algorithm Theoretical Baseline Document (ATBD); Meteosat (MVIRI) Solar Surface Irradiance and effective Cloud Albedo Climate Data Sets MVIRI_HEL, The MAGIC SOL method; EUMETSAT Satellite Application Facility on Climate Monitoring; SAF/CM/DWD/ATBD/MVIRI_HEL; v1.1
- [17] Pinker R.T. and I. Laszlo, 1992: Modelling Surface Solar Irradiance for Satellite Applications on a Global Scale, *J. Appl. Meteor.*, 31, 194–211.
- [18] Posselt R., Müller R., Trentmann J., Stöckli R.; 2011: Validation Report; Meteosat (MVIRI) Solar Surface Irradiance and effective Cloud Albedo Climate Data Sets; EUMETSAT Satellite Application Facility on Climate Monitoring; SAF/CM/DWD/VAL/MVIRI_HEL; v1.1
- [19] Qian, T., A. Dai, K. E. Trenberth, and K. W. Oleson, 2006: Simulation of global land surface conditions from 1948 to 2004: Part I: Forcing data and evaluations. *J. Hydrometeorol.*, 7, 953–975
- [20] Rossow, W. B., and E. Duenas, 2004: The international satellite cloud climatology project (ISCCP) web site: An online resource for research. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 85, 167–172
- [21] Sancho J.M., Sánchez de Cos M.C. y Jiménez C.; 2011 “Comparación de medidas de irradiancia global de la red radiométrica oficial española para 2006 con valores estimados por satélite”; *Tethys, Journal of Mediterranean Meteorology & Climatology*; Número 8; (<http://www.tethys.cat/es/node/323>)
- [22] Scharmer, K., and J. Greif., 2000: *European Solar Radiation Atlas: fundamentals and maps*, Ecole des Mines de Paris, Paris.
- [23] Schulz J., Albert, P., Behr, H. D., Caprion, D., Deneke, H., Dewitte, S., Dürr, B., Fuchs, P., Gratzki, A., Hechler, P., Hollmann, R., Johnston, S., Karlsson, K. G., Manninen, T., Müller, R., Reuter, M., Riihelä, A., Roebeling, R., Selbach, N., Tetzlaff, A., Thomas, W., Werscheck, M., Wolters, E., y Zelenka, A., 2009: Operational climate monitoring from space: the EUMETSAT Satellite Application Facility on Climate Monitoring (CM-SAF), *Atmos Chem Phys*, 9, 1687–1709, doi:10.5194/acp-9-1687-2009.
- [24] Schulzweida U. and Kornblueh L.: *Climate Data Operators User’s Guide*; 2011; Max-Planck-Institut für Meteorologie; <https://code.zmaw.de/projects/cdo/wiki/Cdo#Documentation>
- [25] Skartveit, A., Olseth, J., and Tuft, M.; 1998: An hourly diffuse fraction model with correction for variability and surface albedo. *Solar Energy*, 63:173–183.
- [26] Trenberth, K., Fasullo, J., Kiehl, J.; 2009: *Earth Global Energy Budget*; Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 90, Issue 3, pp. 311–323
- [27] Trentmann J., Träger-Chatterjee C., Müller R., Posselt R., Stöckli R.; 2011: Product User Manual (PUM); Meteosat (MVIRI) Solar Surface Irradiance and effective Cloud Albedo Climate Data Sets; EUMETSAT Satellite Application Facility on Climate Monitoring; SAF/CM/DWD/PUM/MVIRI_HEL; v1.1

- [28] Vázquez, Manuel; 2005: “Atlas de radiación solar de Galicia”; Laboratorio de Enerxía Solar; Universidad de Vigo; ISBN: 84-609-7101-5
- [29] Vera Mella, Nelson, 2004: Atlas climático de irradiación solar a partir de imágenes del satélite NOAA. Aplicación a la península Ibérica. Tesis de la Universitat Politècnica de Catalunya
- [30] Wallace J., Hobbs P.; 2006 “Atmospheric Science”; Elsevier
- [31] Wielicki, B. A., B. R. Barkstrom, E. F. Harrison, R. B. Lee III, G. L. Smith, and J. E. Cooper, 1996: Clouds and the Earth’s Radiant Energy System (CERES): An earth observing system experiment. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 853–868.
- [32] Zelelnka A. and Lazic D. 1987 Supplementing network global irradiance data, advances in solar energy technology. In Proc. 1986 Biennial Congress ISES, Hamburg. Pergamon 4: 3861-3865.