

# Actividad: cálculo de radiación en el plano horizontal

## Energía Solar Fotovoltaica

Oscar Perpiñán Lamigueiro

En esta actividad vas a estimar las medias mensuales de la radiación global en el plano horizontal con el siguiente itinerario:

1. Obtén series temporales de **medidas diarias** de radiación solar de 3 estaciones meteorológicas cercanas (recomendable longitud temporal de 10 años).
2. Filtra cada una de las 3 series empleando límites físicos.
3. Para cada ubicación, calcula las 12 medias mensuales de radiación diaria a partir de las series filtradas.
4. Elige una localización dentro del perímetro definido por las tres estaciones. Obtén las **12 medias mensuales** en esta localización empleando interpolación espacial (IDW)<sup>1</sup> a partir de las **12 medias mensuales** de la radiación filtrada de cada estación (punto 3).
5. Obtén medias mensuales de radiación solar diaria de un servicio satelital (preferiblemente CMSAF, empleando QGIS o software similar; véanse los anexos 1 y 2) para una región que cubra las tres estaciones<sup>2</sup>.
6. Compara las medias mensuales de cada una de las tres estaciones con las correspondientes estimaciones satelitales empleando métricas estadísticas (MBD, RMSD, MAD).
7. Combina la estimación satelital en la localización del punto 4 con las medias mensuales obtenidas en ese punto haciendo la media aritmética para cada mes.

---

<sup>1</sup>Las distancias entre las estaciones no se pueden calcular a partir de las coordenadas de latitud y longitud. Es necesario convertirlas a coordenadas UTM. Se puede utilizar la calculadora geodésica del Instituto Geográfico Nacional, <https://www.ign.es/web/calculadora-geodesica> usando los valores por defecto ("Transformación de Datum", sistema ETRS89.). En este formulario se rellenan los valores de latitud y longitud y se obtienen los valores de las coordenadas UTM x e y, con las que se puede calcular la distancia entre dos puntos con  $\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$ .

<sup>2</sup>Los datos de radiación proporcionados por CMSAF son medias diarias de **irradiancia** ( $W/m^2$ ). Por tanto, debes multiplicarlos por 24 para obtener valores diarios de **irradiación**.

## 1. Anexo: CM-SAF

CM-SAF proporciona datos derivados de imágenes de satélite:

- *Operational Products*: conjuntos de datos proporcionados casi en tiempo real.
- *Climate Data Records (CDR)*: series temporales de medidas de longitud, consistencia, y continuidad suficiente para determinar la variabilidad y cambios en el clima.

Los datos de radiación global se denominan *Surface incoming shortwave radiation (SIS)*. Para esta práctica utilizaremos las medias mensuales del CDR, disponibles en la siguiente dirección: [https://wui.cmsaf.eu/safira/action/viewProduktDetails?eid=22200\\_22483&fid=36](https://wui.cmsaf.eu/safira/action/viewProduktDetails?eid=22200_22483&fid=36).

Para obtener estos datos para una región de interés hay que seguir este procedimiento:

1. Elegir la región: *Change projection / spatial resolution / domain*. En este apartado se puede definir la región de forma gráfica en el mapa o rellenando en los recuadros de longitud y latitud que hay a continuación. Una vez definida la zona, pasamos al siguiente apartado.
2. Definir el rango temporal: *Proceed to time range selection*. En este apartado se indica el comienzo y final deseado. Al ser medias mensuales, obtendremos un fichero raster para cada mes de este rango. Por ejemplo, si elegimos un rango temporal que incluye 10 años, obtendremos 120 ficheros raster. Para esta práctica lo haremos de forma simplificada, eligiendo únicamente un año para obtener 12 ficheros raster, por ejemplo desde 2023-01-01 hasta 2023-12-31.
3. Una vez definida la región y el rango temporal, se puede realizar la solicitud: *Add to order cart*. Para poder finalizar la solicitud es necesario tener usuario y contraseña. Si no es así, hay que registrarse de forma gratuita.
4. Tras realizar la solicitud se recibirá una notificación por correo electrónico pasado un tiempo que depende del tamaño de los ficheros solicitados. En este correo se incluye un enlace para realizar la descarga de los ficheros.

Los ficheros tienen asignado un nombre específico cuyo significado se explica en [este documento](#).

## 2. Anexo: QGIS

QGIS es un proyecto de código abierto de un [sistema de información geográfica \(SIG\)](#). Este software es capaz de manejar datos vectoriales (puntos, líneas y polígonos) y tipo raster (matrices de datos georeferenciados).

Es recomendable la lectura de [este tutorial](#) para aprender a trabajar con ficheros tipo raster, y [este tutorial](#) para trabajar con datos vectoriales.

Hay varios plugins que proporcionan capacidades adicionales. [Este documento](#) es una guía en el proceso de instalación y utilización de plugins. En esta práctica emplearemos el [Point sampling tool](#), para extraer valores de un fichero raster en un punto concreto. También hay herramientas ya instaladas disponibles en la “Caja de Herramientas” dentro del menú “Procesos”.

### Procedimiento

1. Añadir capa ráster: leer los 12 ficheros “.nc” de CMSAF con las medias mensuales de radiación diaria<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup>Dentro del fichero pueden aparecer dos capas, “SIS” y “SISc”. Esta última es un modelo de cielo claro que no es de interés en esta práctica.

2. Una vez añadidas las capas, crear un grupo e incluir las 12 capas.
3. Establecer la proyección del grupo a EPSG:4326 (longitud-latitud)<sup>4</sup>.
4. Calculador raster: doble click en la capa, y en la expresión del cuadro inferior multiplicar por 24 (create on-the-fly raster). **Esta operación puede omitirse y realizar la multiplicación después de extraer los valores en los puntos.**
5. Añadir capa de texto delimitado: leer fichero “.csv” que contienen las ubicaciones de las estaciones y de la localización en la que se realiza la interpolación con IDW. Este fichero debe tener una columna con el nombre de la estación o un identificador alfanumérico y dos columnas numéricas con la longitud y la latitud. Se puede tomar como ejemplo el fichero “SIAR.csv” disponible en moodle. No hay que olvidar establecer la proyección a EPSG:4326.
6. Utilizar *Point sampling tool*
  - a) *Layer containing sampling points* : Nombre de la capa creada en el punto anterior (fichero “.csv”).
  - b) *Layers with bands to get values from*: 12 SISmm y la columna que identifica a las estaciones.
  - c) *Output point vector layer*: Pulsar *Browse* y crear un nuevo fichero.
  - d) Aceptar: aparece una nueva capa con el nombre del fichero creado.
  - e) En esta nueva capa, con el botón derecho aparece un menú de opciones: tabla de atributos (valores extraídos). También se puede exportar (botón derecho encima de esta capa, exportar y crear un fichero delimitado por comas).

---

<sup>4</sup>Esta información se puede extraer de los metadatos de las capas, disponibles en “Propiedades >Información” con el botón derecho del ratón