



El Recurso Solar: Disponibilidad y potencial de uso

Jesús Polo Martínez

**DER (Dep. de Energía)
CIEMAT**

Avda. Complutense, 22 28040 Madrid

jesus.polo@ciemat.es

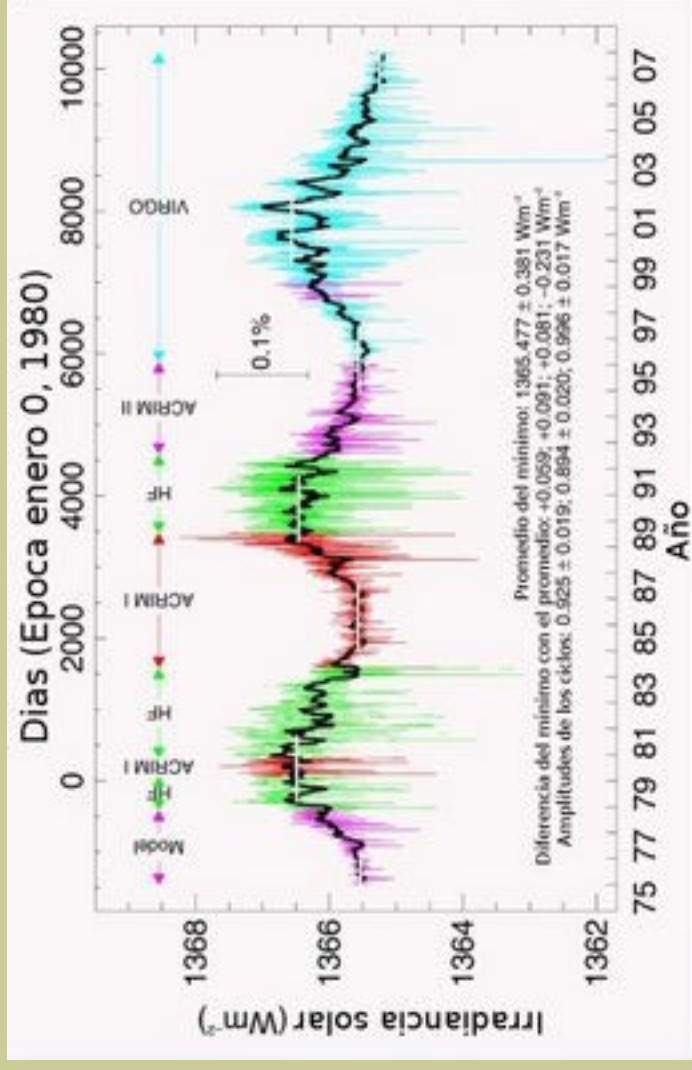
Fundamentos - La Constante Solar

$$\Phi = 3.86 \times 10^{26} \text{ W}$$

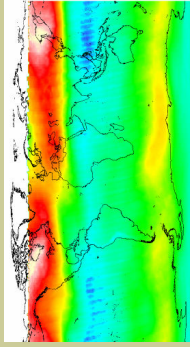


Densidad de flujo radiante ó irradiancia a 1 AU

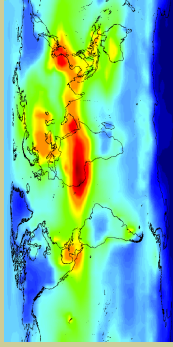
$$\frac{\Phi}{4\pi R^2} = 1367 \text{ W m}^{-2}$$



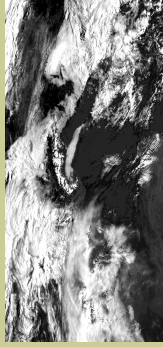
Fundamentos - Atenuación de la Radiación Solar



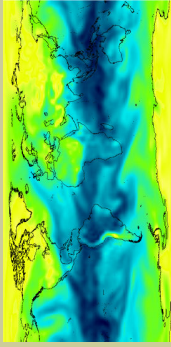
Ozono.....
Absorción (1%)



Moléculas de aire.....
Dispersión Rayleigh (15%)



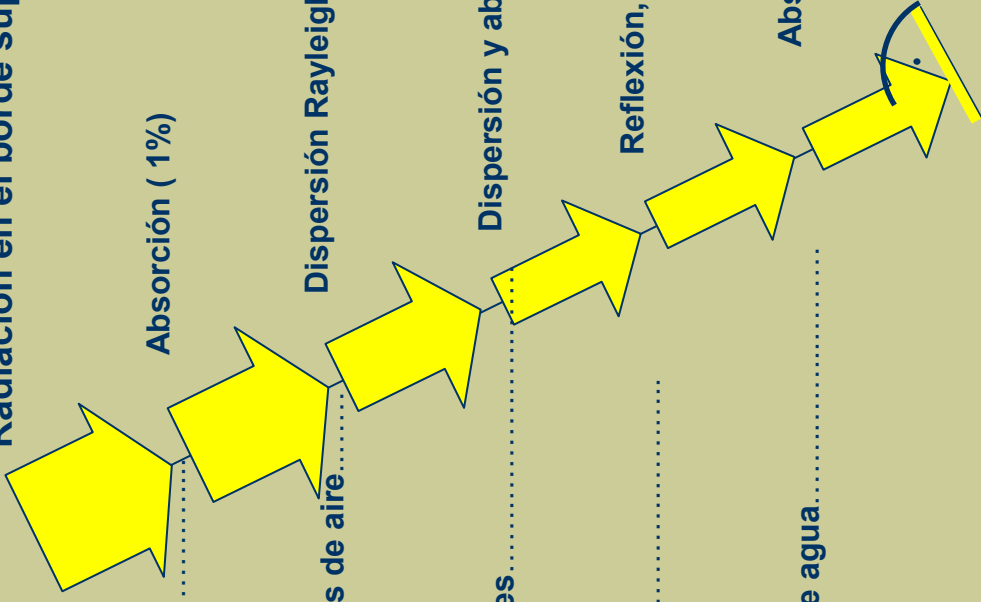
Aerosoles.....
Dispersión y absorción (15% - 100%)



Nubes.....
Reflexión, dispersión, absorción (max. 100%)

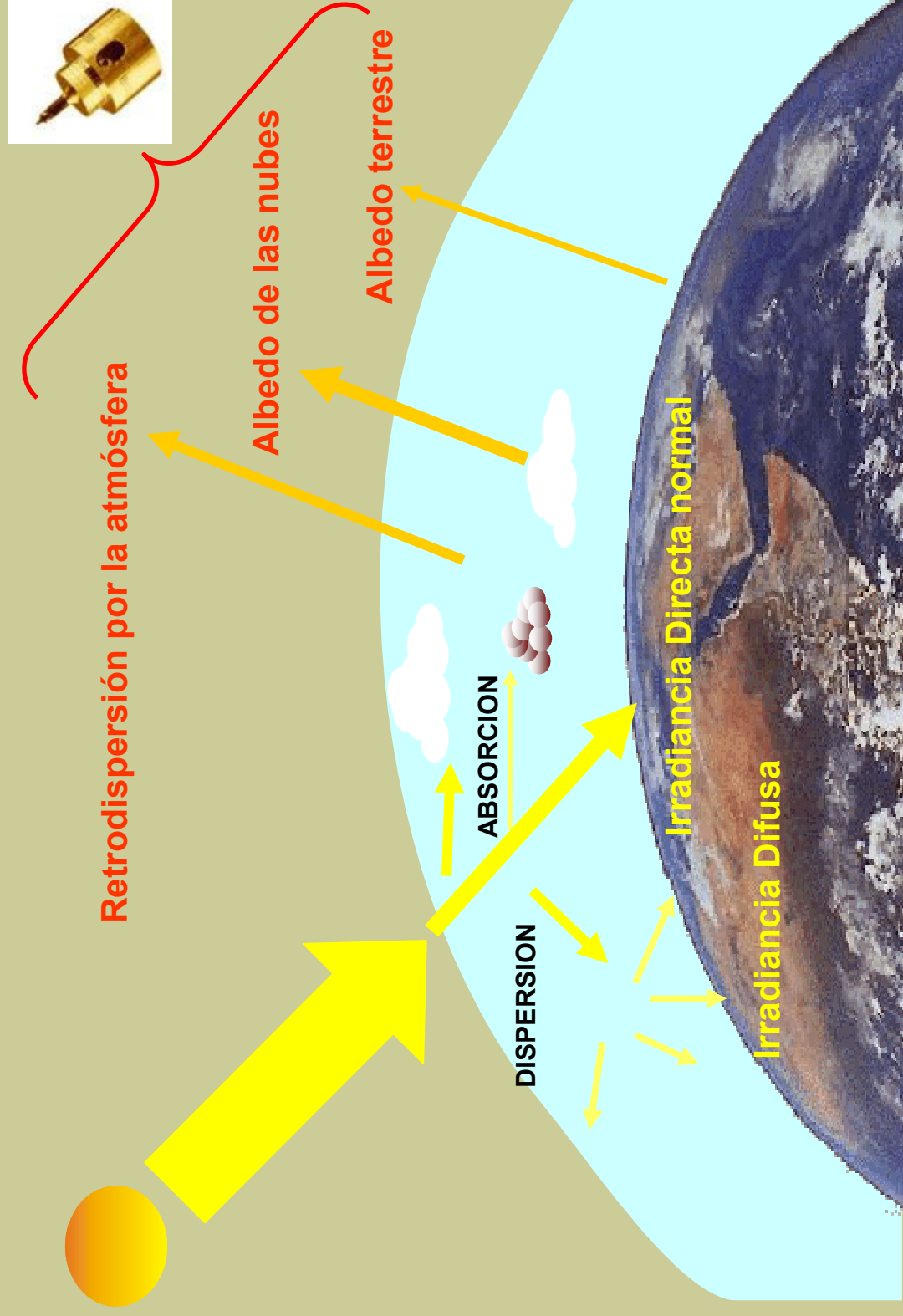
Vapor de agua.....
Absorción (15%)

Radiación en el borde superior de la atmósfera (TOA)



Irradiancia directa normal en la superficie terrestre

Componentes de la Radiación Solar



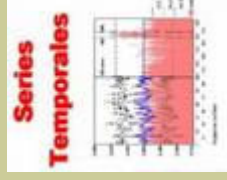
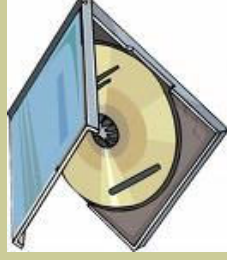
Fundamentos – Recurso Solar

El análisis del recurso solar consiste en aportar información de la radiación solar de un lugar o una región, con la mayor precisión y fiabilidad posible, teniendo en cuenta la tecnología propuesta para el emplazamiento.

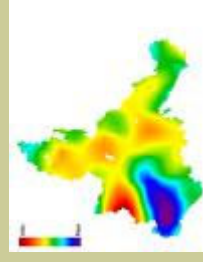
Tecnología



Tipo de Información



DATOS



MAPAS



ESTADISTICA

Objetivo

**Cuantificación,
simulación**

**Selección de
emplazamiento**

**Extrapolación,
variabilidad**

Metodologías para estimar el Recurso Solar

- Emplear medidas de calidad in situ de las tres componentes de la radiación solar.



- Interpolación espacial de medidas en estaciones cercanas.



- Estimación de radiación solar a partir de imágenes de satélite.

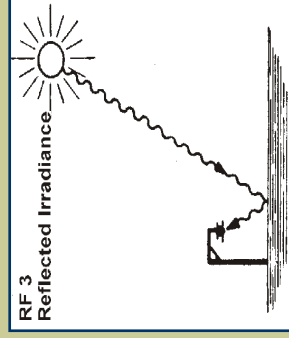
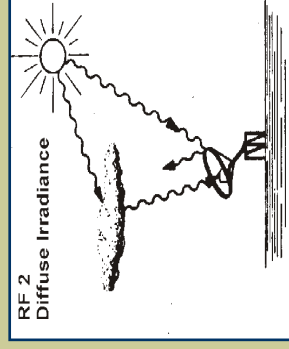
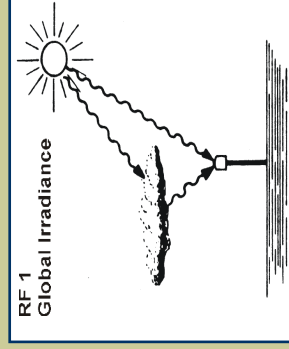


Medida de la radiación solar



Pirheliómetro: medida de irradiancia directa debe montarse en un sistema de seguimiento del disco solar

Piranómetro: medida de irradiancia global y difusa

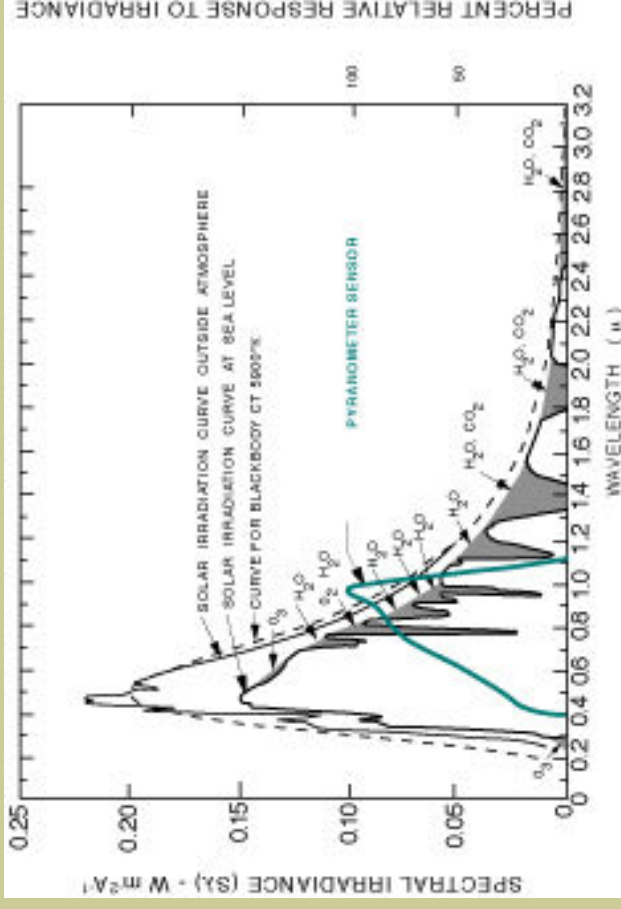


*Seminario sobre Energía Solar Termoeléctrica
Fundación Gómez Pardo, 29/10/09*

Medida de la radiación solar

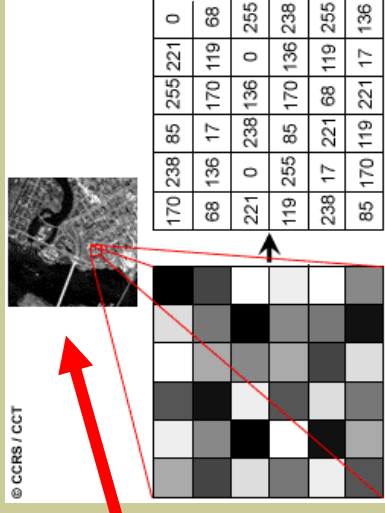
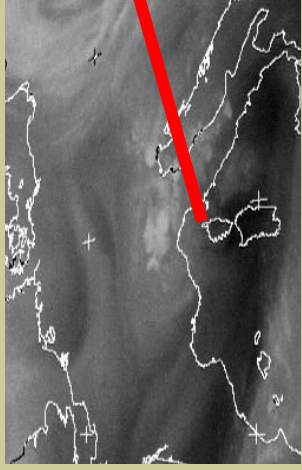


LICOR LI-200



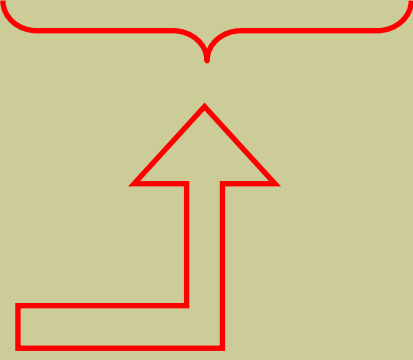
Rotating Shadowband Radiometer (RSR)

Estimación a partir de imágenes de satélite

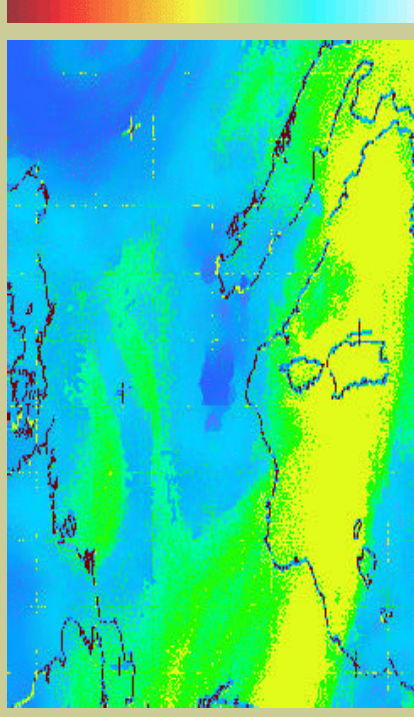


Indice de

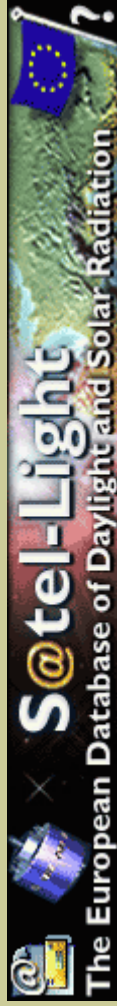
$$\text{nubosidad } n = \frac{\rho_n - \rho_g}{\rho_n - \rho_g}$$



$I_G = f(n)$
 $I_n = f(I_G)$
SIG



Bases de datos basadas en información de satélite



1996-2000

SOLEMI
Solar Energy Mining

SOLEMI is the European Member States initiative within the EU 5th Framework Programme for Action and Research on the use of satellite data for the solar energy community. The service is mainly based on the use of satellite data for the determination of solar radiation temporal resolution. Using data from both Meteosat Librarians at C2 and Meteosat Librarians at C3, solar radiation maps and hourly time-series can be generated for the entire area of Europe.

SOLEMI has a long term experience in atmospheric data processing and solar radiation modelling. The service is based on the use of the SOLEMI methodology, which will be updated to the latest standards derived from further research.

For more and request information see www.solemi.com

or contact us directly via

Email : info@solemi.com
Telephone : +49 8152 28 2271
Fax : +49 8152 28 1841

A Spin-Off from CIEMAT

IRSOLAV

Investigaciones y Recursos Solares Avanzados, S.L.

En la actualidad IRSOLAV presenta una amplia oferta de servicios y productos que satisfacen las necesidades de un amplio espectro de clientes: desde el suministro de datos para el desarrollo de aplicaciones, pasando por productos bajo petición o cursos de formación personalizados.

Servicios

- Acceso a IRSOLAV
- Suministro de datos
- E-SOLAV
- Soluciones para aplicaciones de energía solar
- Metodología
- Enlaces
- Noticias
- Consultar.asp

Suministro de datos
Análisis del Recurso Solar y Sistemas E. Solar
Soluciones para aplicaciones de energía solar

© 2003 Investigaciones y Recursos Solares Avanzados S.L. IRSOLAV
Powered by Meteo and Skycontrol

HelioClim
"Providing Information on Solar Radiation"

search the site ? Heliosat

Our site lives here: <http://www.helioclim.net/index.html>

Home News Info Education Links Publications Heliosat Radiation Data Linkie Factor Calibration ESRA

This seminar is an on-going effort of **Ecole des Mines de Paris, Centre d'Énergétique, Groupe Télédetection & Modélisation**, to provide information on solar radiation. It is a companion to the **SODA Web** service.

The item **Education** is available in English and French. It contains courses on the climatology of the radiation over Europe. Also available are applets Java for the course of the sun in the sky. Units and Terminology are dealt with.

The **Heliosat** method converts Meteosat satellite images into data maps of solar radiation. The method calls upon libraries describing the solar geometry, the satellite geometry and clear-sky models. These libraries are freely available as sources in C as well as the method Heliosat.

The **calibration of Meteosat images** is an important element for the exploitation of large time-series of images.

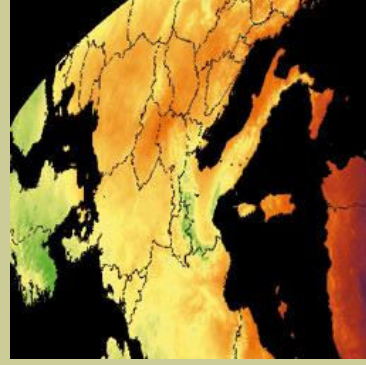
By the means of the method Heliosat, the

Lectures

- ESRA VOL. 1
- ESRA VOL. 2

Reports

1994-2005

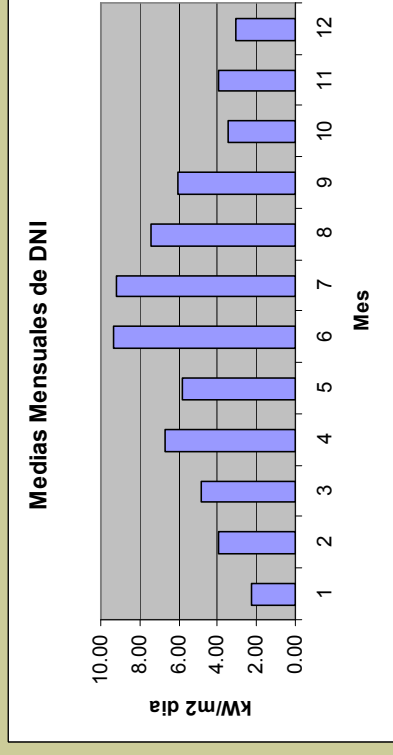
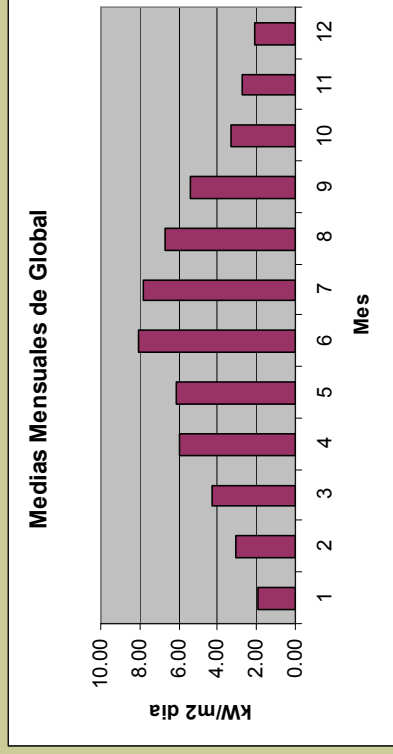


meteocontrol
Energy & Weather Services

Seminario sobre Energía Solar Termoeléctrica
Fundación Gómez Pardo, 29/10/09

Magnitudes más empleadas

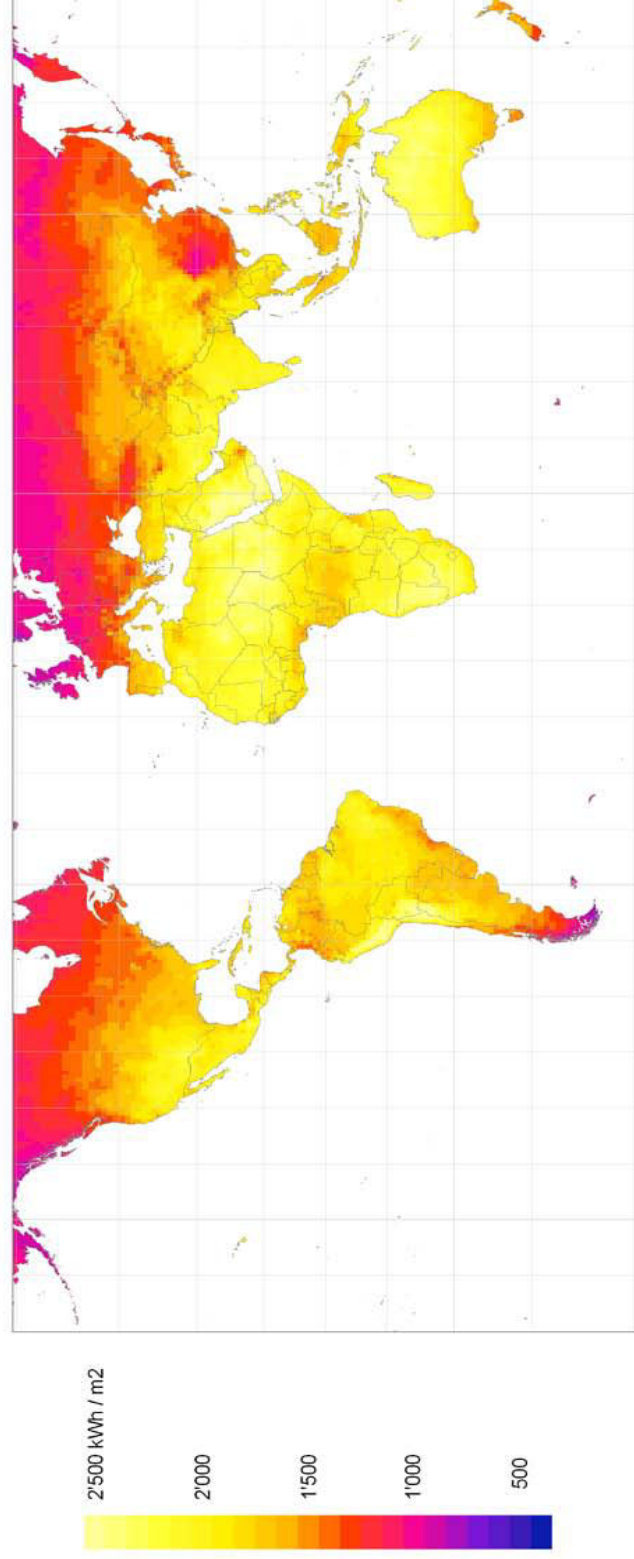
- Medias de alta frecuencia: 10-minutales, medias horarias, I_G , I_B
- Irradiación diaria: suma de la irradiancia horaria, $G = \sum I_G$
- Medias mensuales = promedio de la irradiación diaria en cada mes



- Irradiación acumulada anual = suma durante un año de la serie de irradiación diaria = $\sum \text{dias_mes} * G$
1753 kWh m⁻² año⁻¹ 2015 kWh m⁻² año⁻¹

Distribución en el mundo

Yearly sum of global irradiance

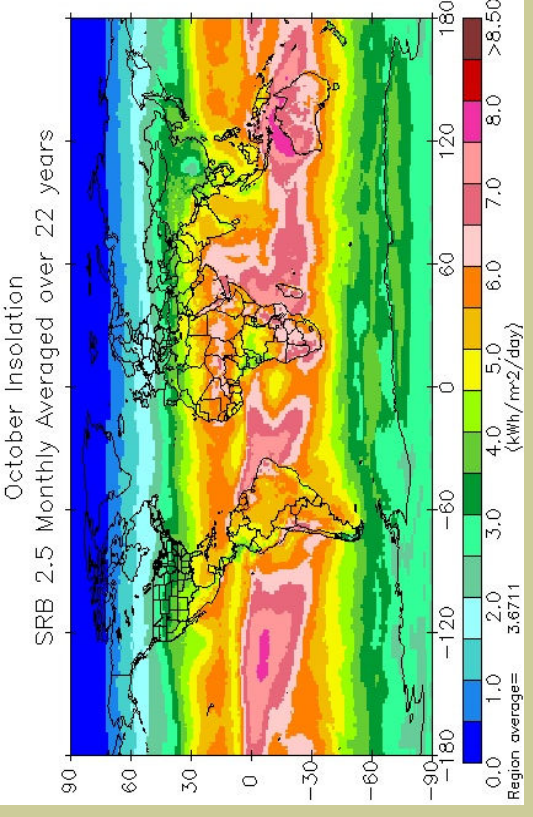
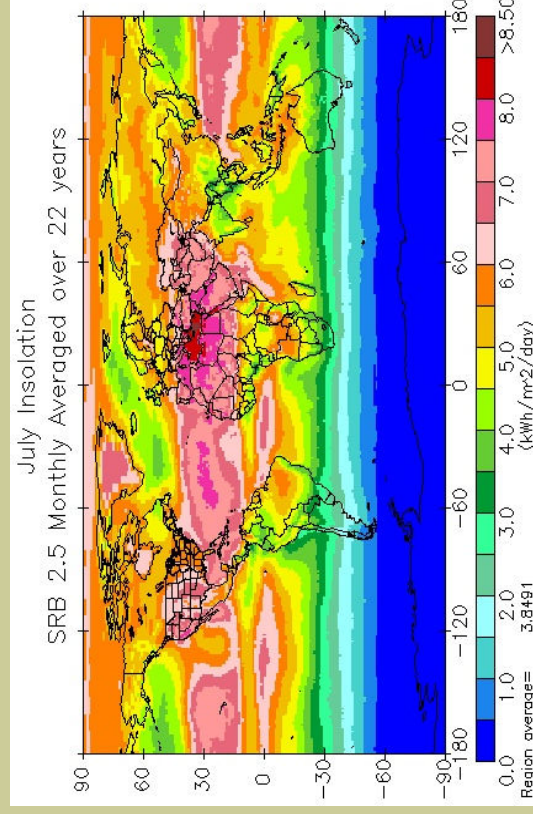
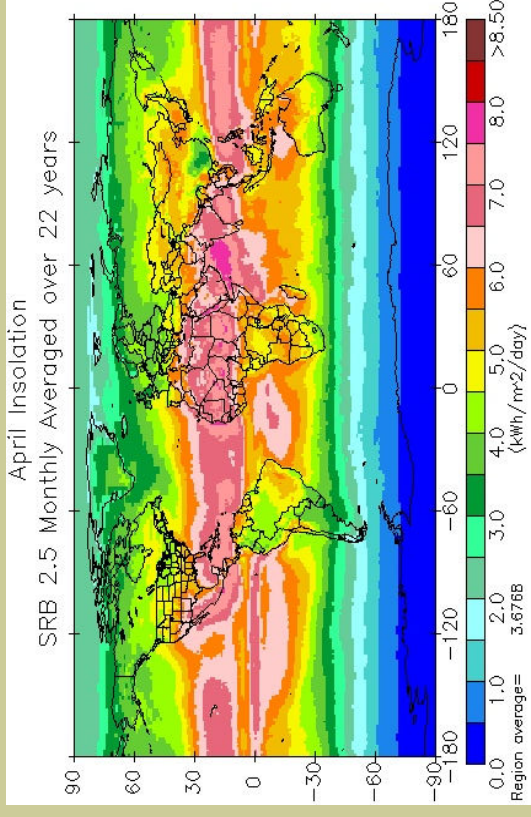
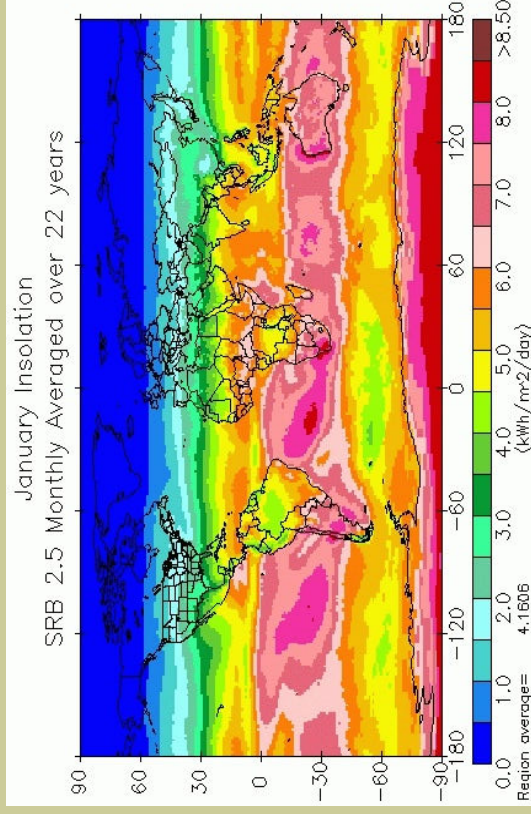


Source: Meteonorm 6.0 (www.meteonorm.com); uncertainty 10%
Period: 1981 - 2000; grid cell size: 1°



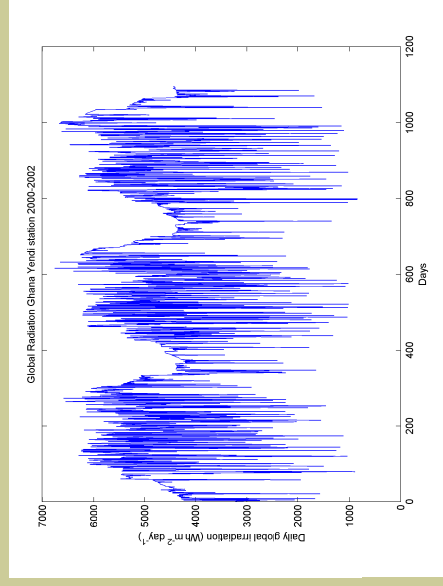
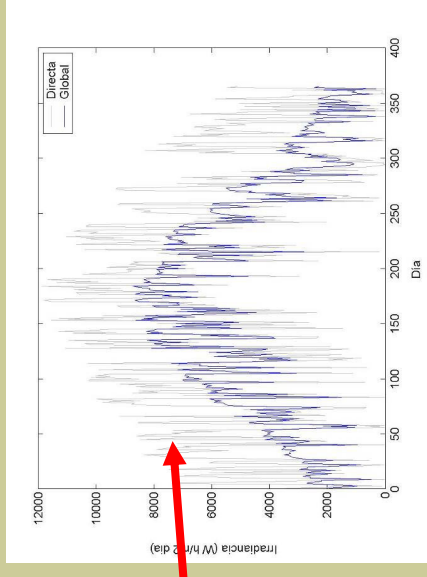
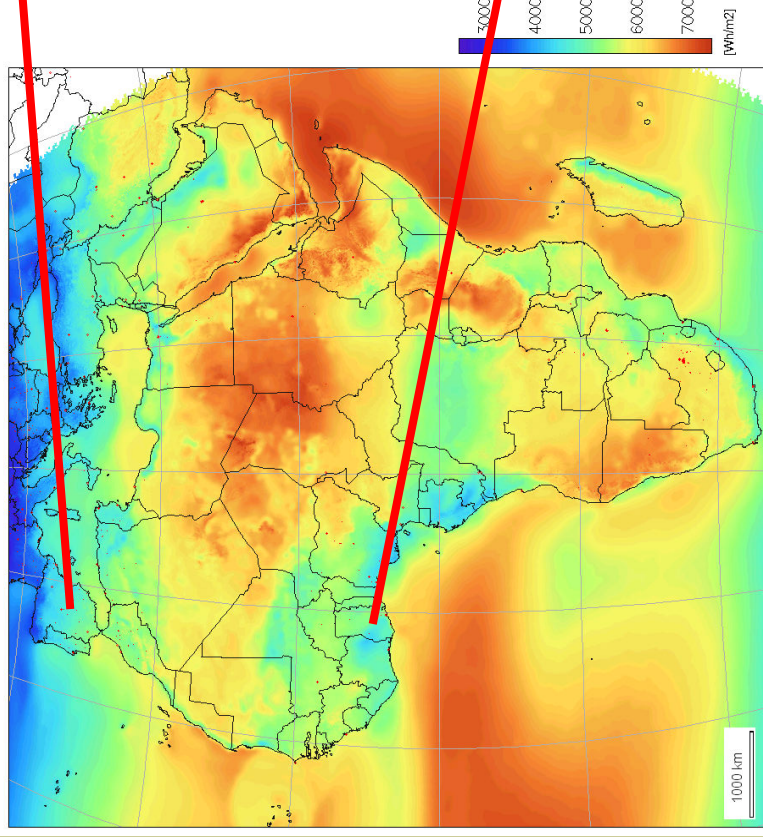
June 2008

Efectos estacionales



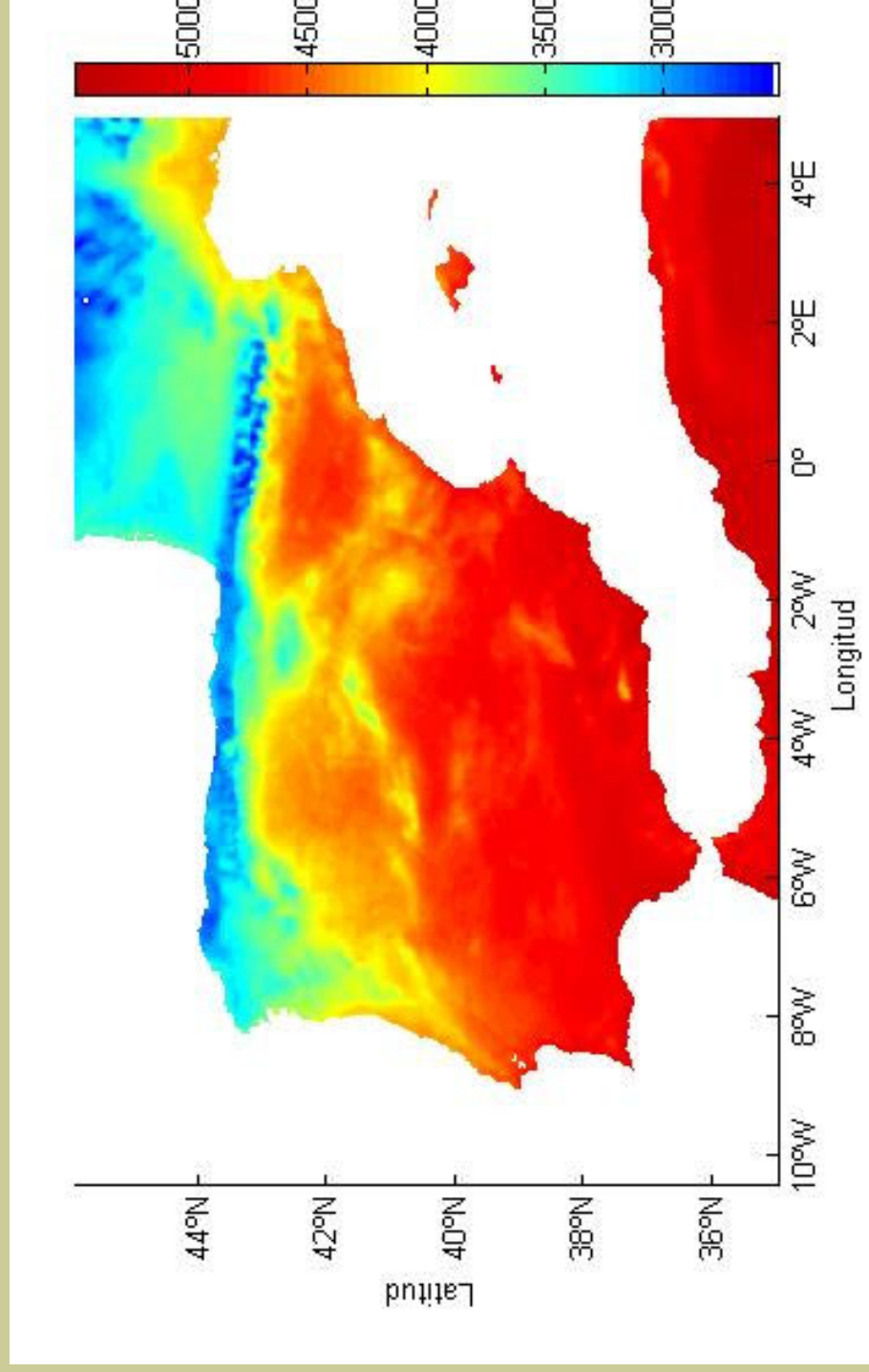
Variabilidad climática

Global horizontal irradiation (1985-2004)
(annual average of daily sums, Gh)



Distribución en España

Promedio anual de irradiancia global diaria ($\text{Wh m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$)



Análisis del Recurso Solar para STPs

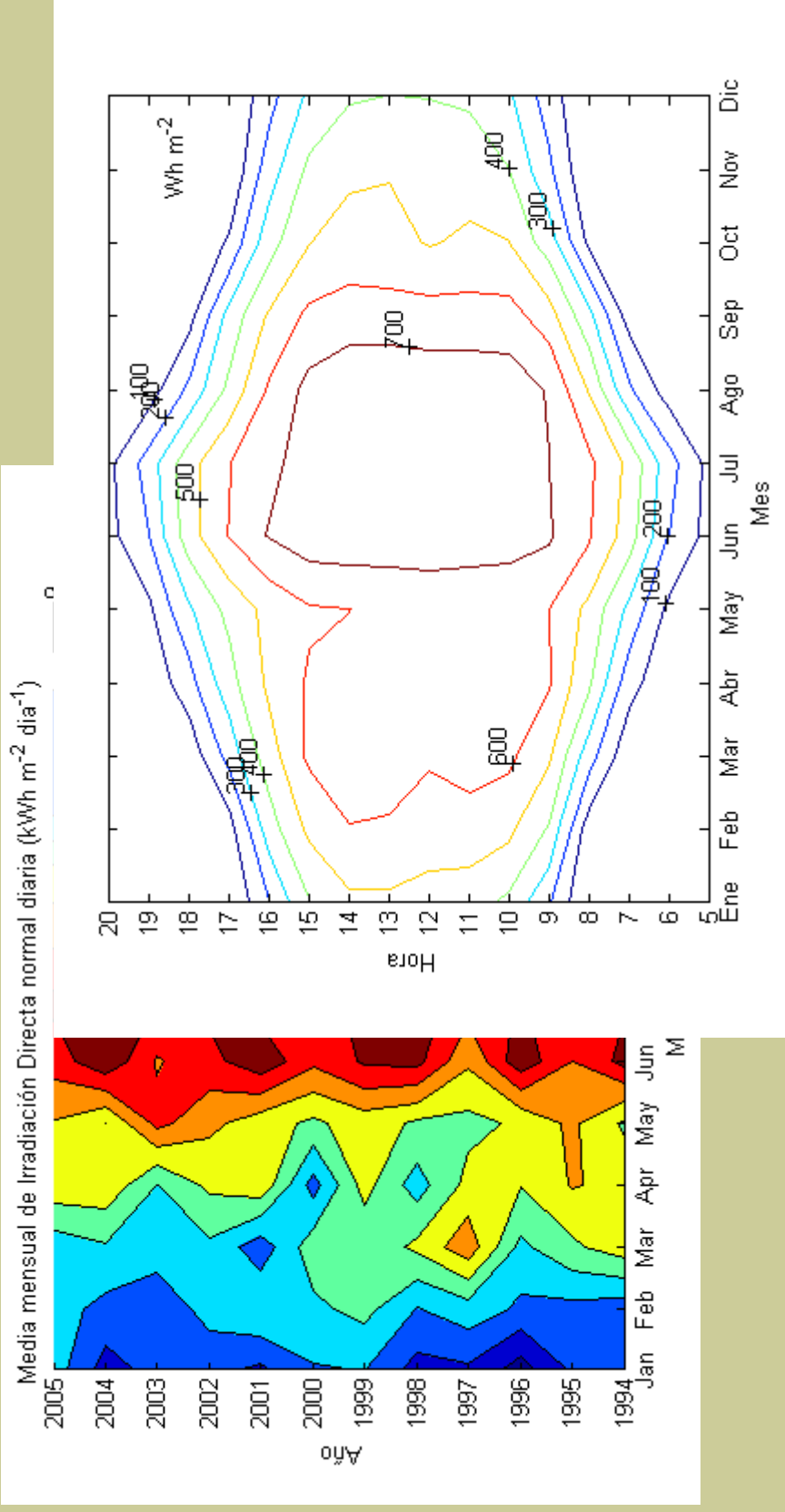
Se requiere disponer de datos medidos de calidad de las tres componentes, al menos 1 año.



Seminario sobre Energía Solar Termoeléctrica
Fundación Gómez Pardo, 29/10/09

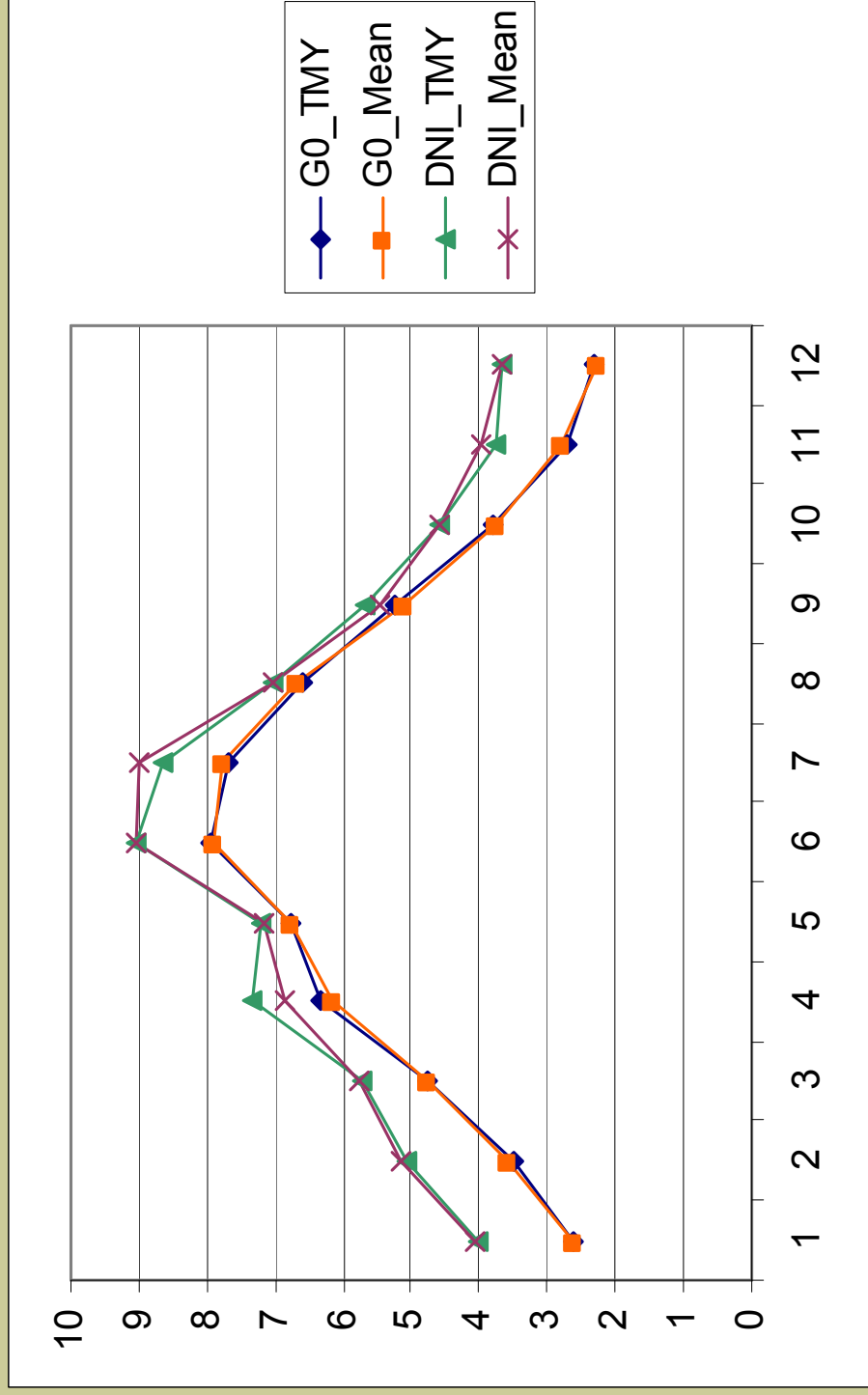
Análisis del Recurso Solar para STPs

Necesidad de largas series temporales para hacer una buena estadística



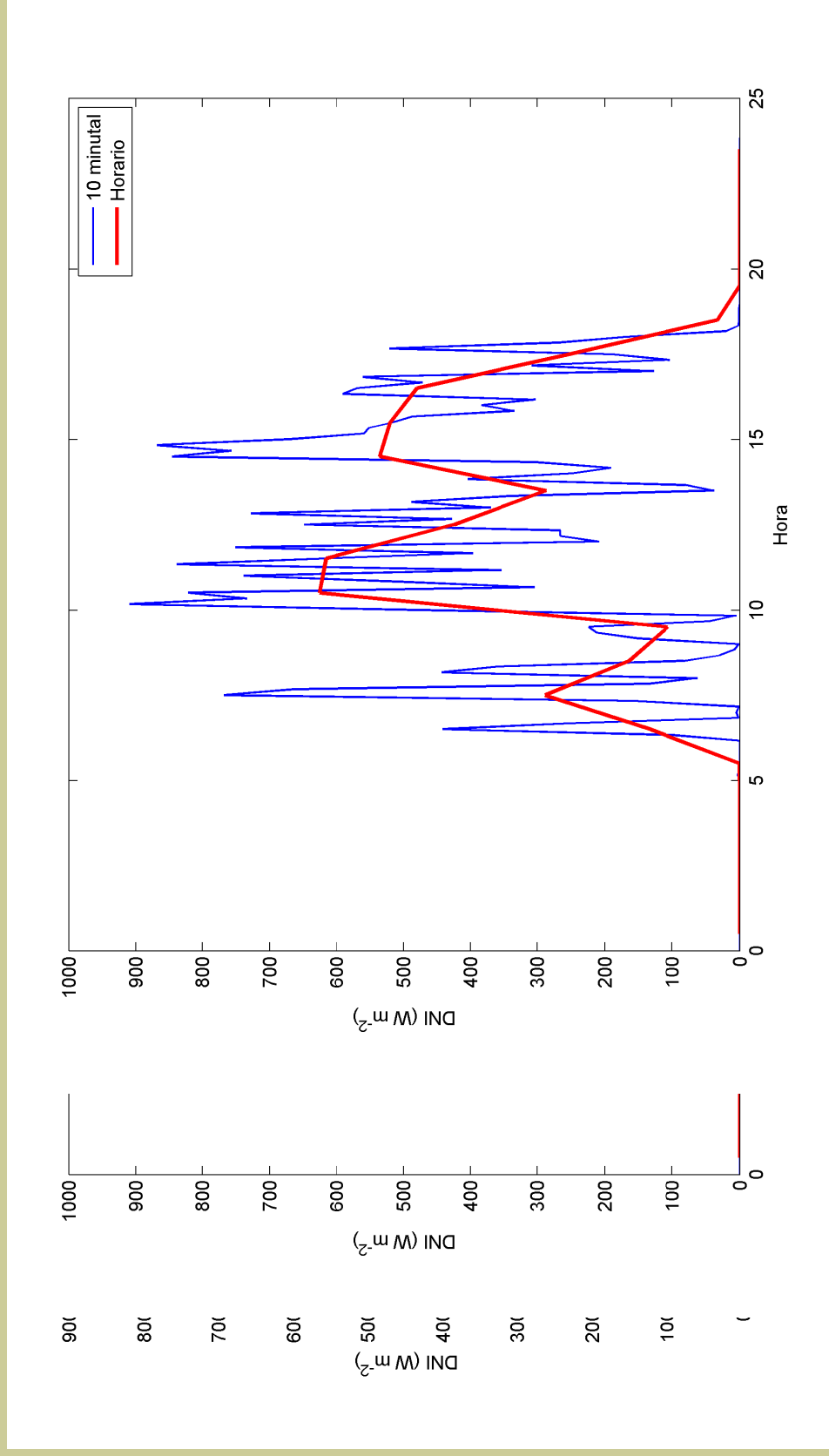
Análisis del Recurso Solar para STPs

Generación del TMY



Análisis del Recurso Solar para STPs

Series temporales con alta resolución temporal (10 minutos)

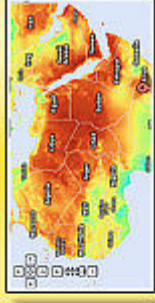


Areas de I+D en Recurso Solar

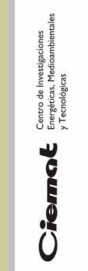
- **Mejora de la estimación de DNI a partir de satélite**
- **Integración de información: medidas, bases de datos, satélite**
- **Influencia de la topografía (GIS, sombras, terreno complejo)**
- **Mejora de la resolución (espacial y temporal)**
- **Predicción de radiación solar muy corto plazo, <6 hr (“nowcasting”)**
- **Predicción de radiación solar medio plazo 1-5 días (“short-term forecasting”)**

Areas de I+D en Recurso Solar

36th Task of SHC (Solar Heating and Cooling) - IEA



<http://www.iea-shc.org/task36/index.html>



Seminario sobre Energía Solar Termoeléctrica
Fundación Gómez Pardo, 29/10/09



¡ GRACIAS !