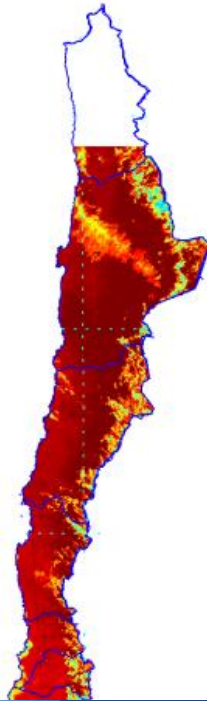
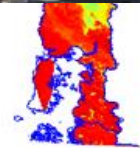


Seminario Energía Solar Fraunhofer CSET

Perspectivas y Desafíos en Evaluación de Recurso Solar para Chile

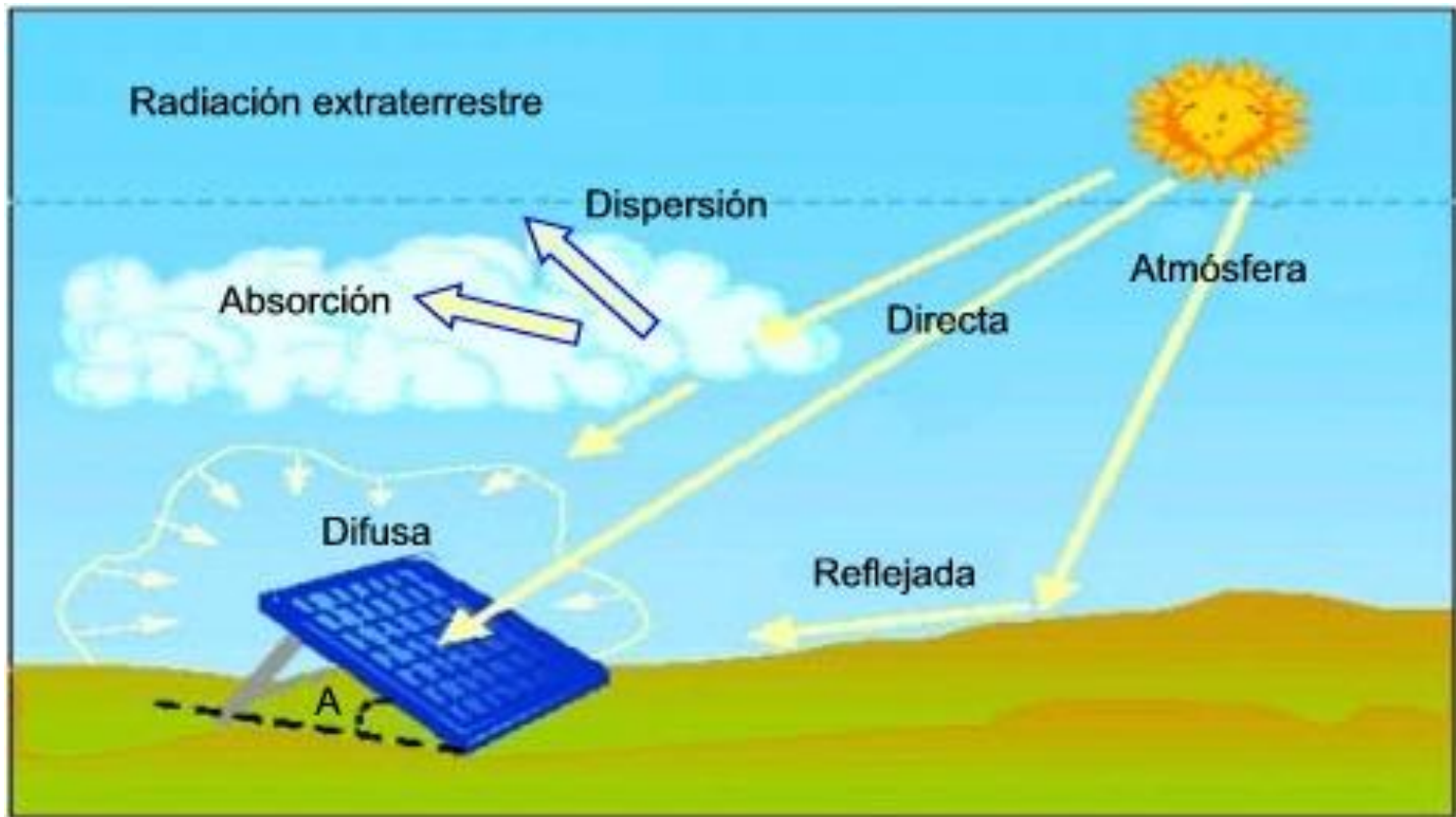


Rodrigo Escobar
Escuela de Ingeniería PUC
FCR CSET



Contenidos

- Características de la radiación solar en Chile
- Perspectivas futuras y desafíos
- Programa del Seminario



Concentración: Directa Normal (DNI)

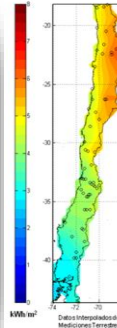


PV y SST: Global en plano del colector



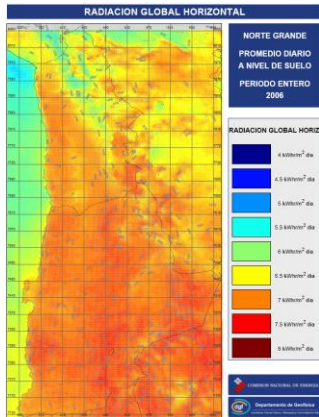
Algunas características de la radiación en Chile

Algunas fuentes de datos disponibles



Actinograph and heliograph measurements (published for 1961-1984 + unpublished) from the *National Solarimetric Archive*, covering most of Chile.

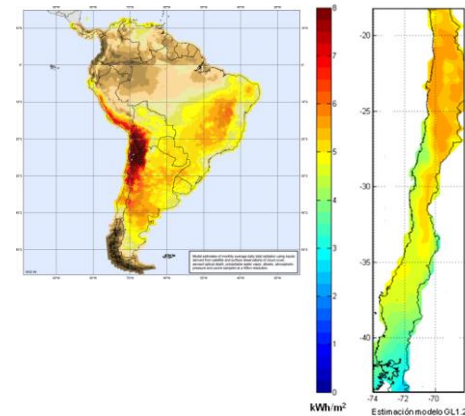
Pyranometer Data (National Meteorological Agency, DMC) available for 18 locations with incomplete time series.



Some other measurement stations: government, university, privates: none of BSRN standard until 2010 → UC/DICTUC (Fondef) network).



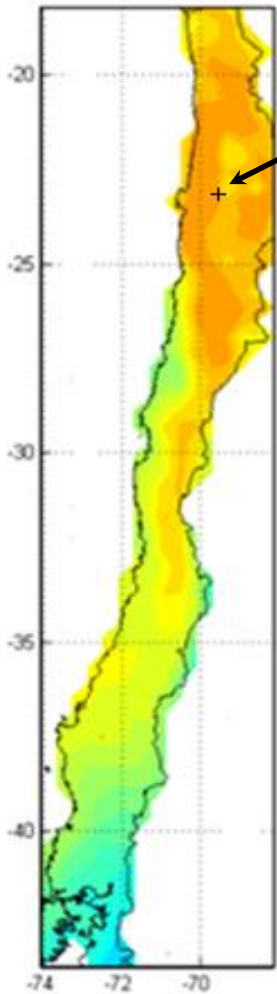
Satellite-derived data from INPE, Brazil, NREL (SWERA project) and a new model by the authors (FONDEF).



Government-sponsored weather simulation using WRF model.

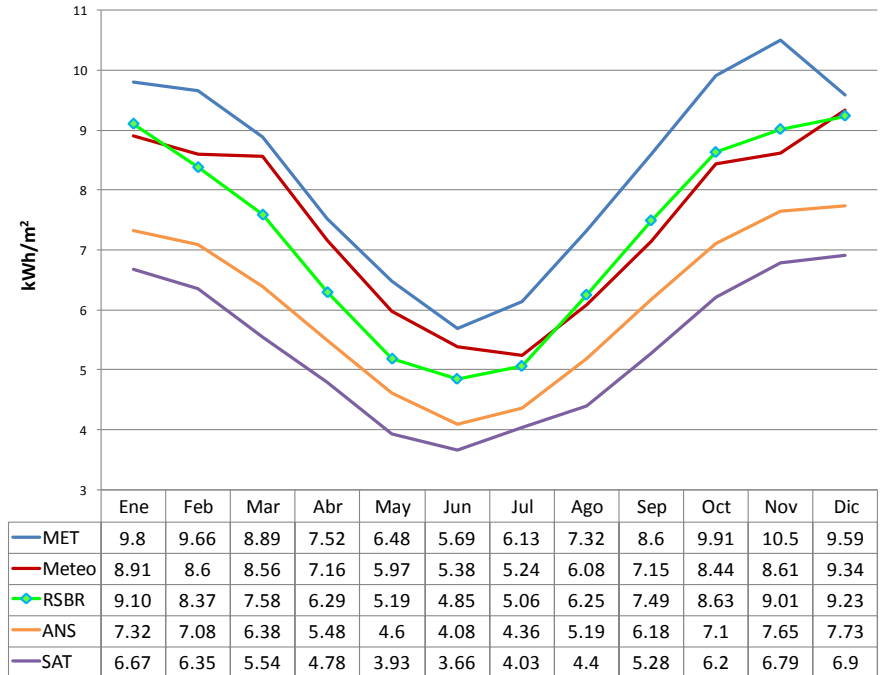
Ortega, A., Escobar, R., Colle, S., Abreu, S. (2010). *The State of Solar Energy Resource Assessment in Chile*. *Renewable Energy*, 35, 11, 2514-2524.

Datos específicos para un lugar



A copper mining operation at *El Tesoro*, believed to be *THE PLACE* in Chile

Comparison of monthly averages from all data sources indicate that yearly **Global Horizontal Irradiation** could be anywhere from **3050 to 1960 kWh/m²** ... without considering any uncertainty related to measurement quality or long-term averages.



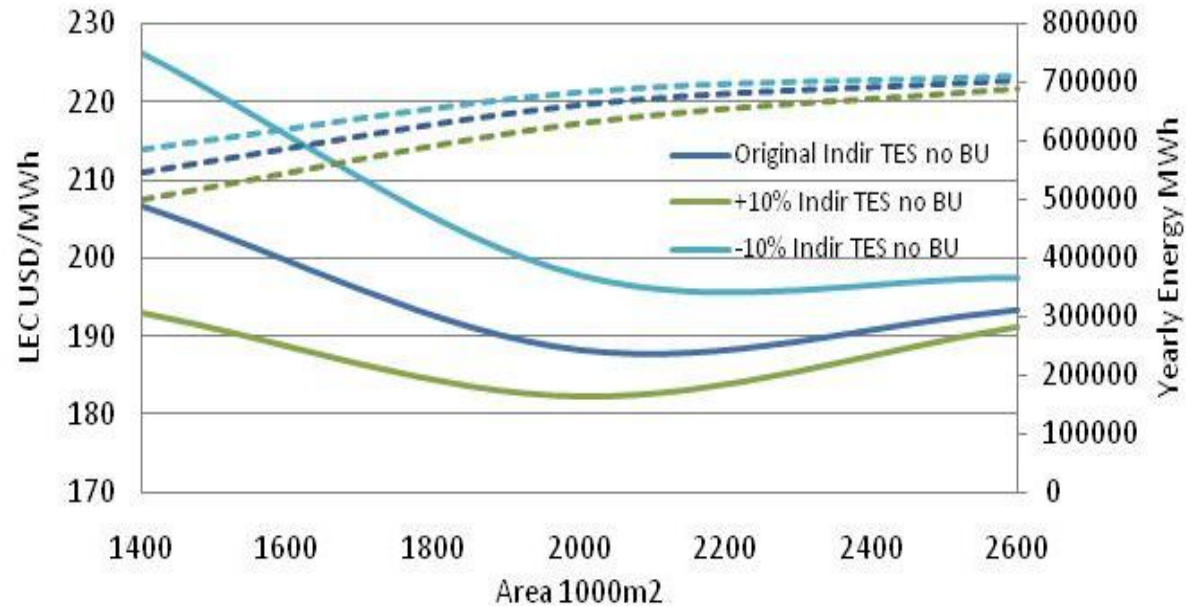
A 40% difference exists between the Max and Min values.

Serious lack of quality data up to current standards: both in format and procedures.

High uncertainty: so much data, that we can use no data!

Efecto de la incertidumbre en los datos

- El tamaño de planta óptimo depende de la radiación (anual, horaria, o de diseño).
- Variaciones en costo son no lineales (CSP) o lineales (PV).
- Plantas CSP pequeñas se ven más afectadas por la incertidumbre.
- Plantas CSP de gran tamaño con TES se ven menos afectadas.

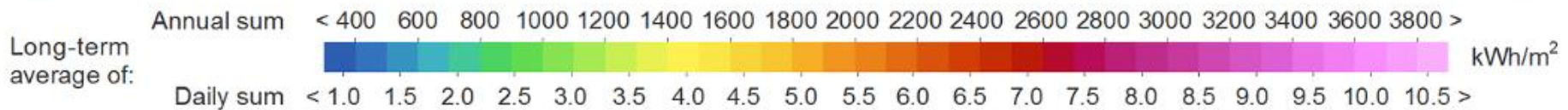
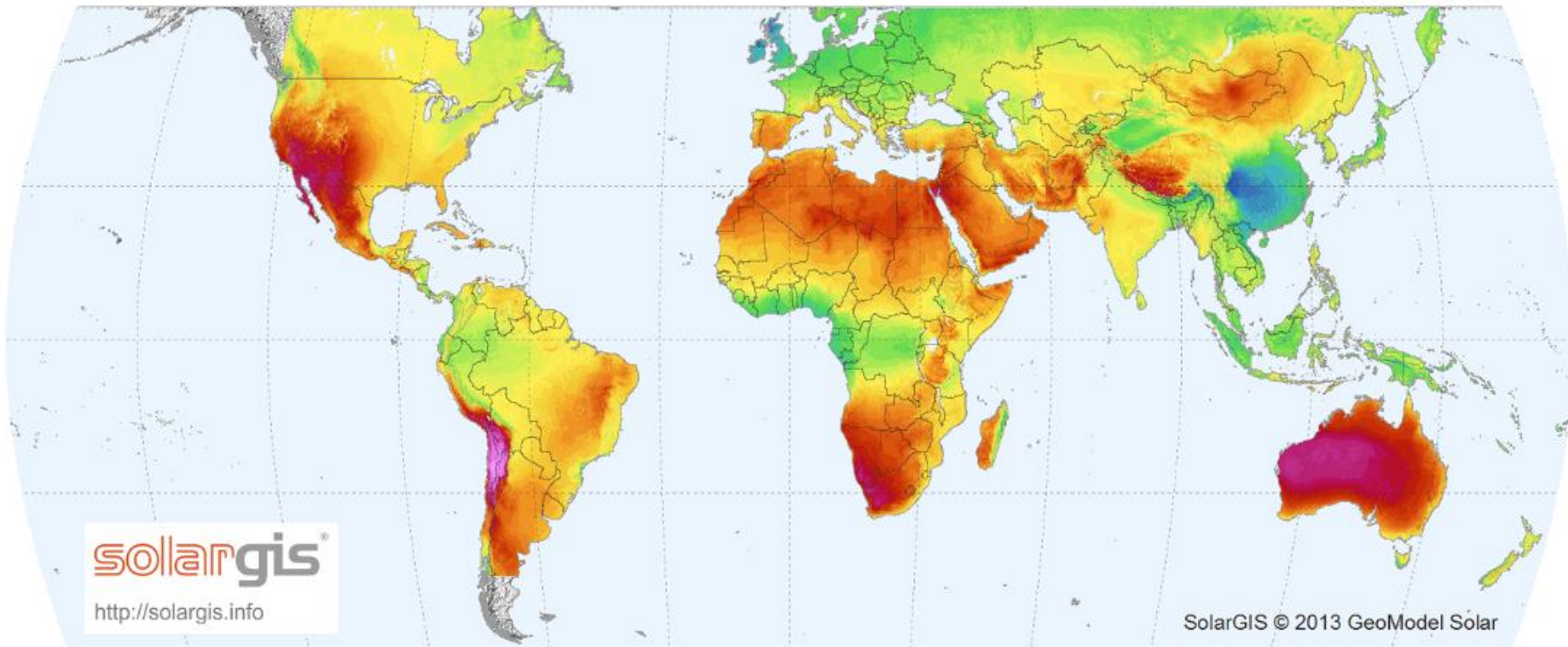


- Sobreestimar la radiación disponible provoca un sub-dimensionamiento de los sistemas → problemas para satisfacer demanda, costo adicional para respaldo.
- Subestimar la radiación provoca un sobredimensionamiento de los sistemas → costo de capital mayor al necesario y sub-utilización de los sistemas.
- Normalmente se acepta una incertidumbre de 5 a 10% y se prefiere un TMY P90.

Chile en el mundo

WORLD MAP OF DIRECT NORMAL IRRADIATION

GeoModel
SOLAR



- Radiación solar en total anual más alta del mundo debido a las condiciones geográficas y atmosféricas: altura, nubosidad, aerosoles.



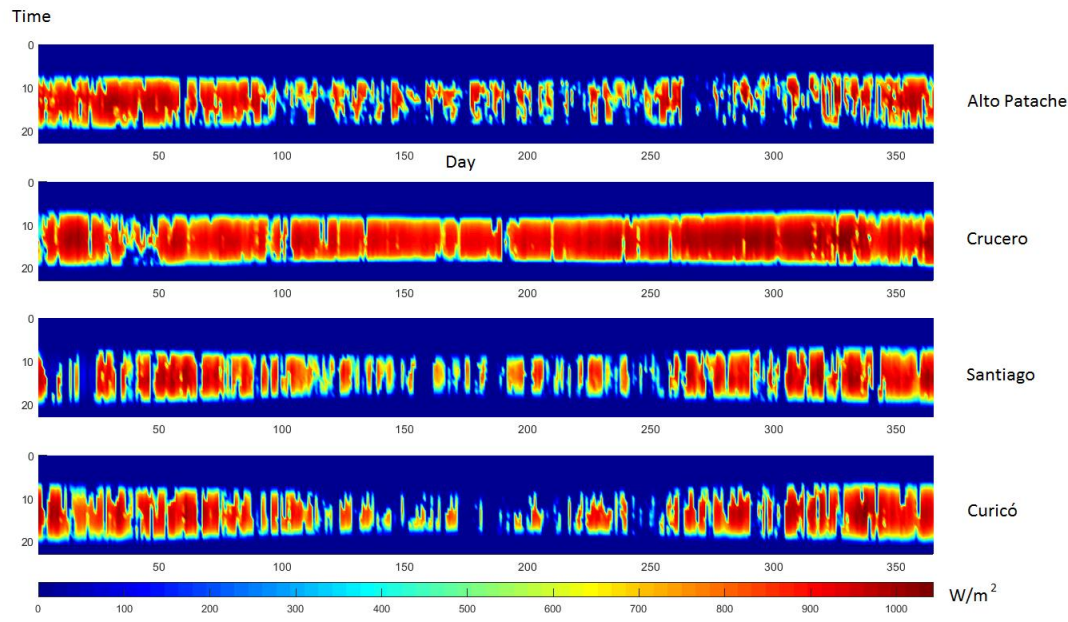
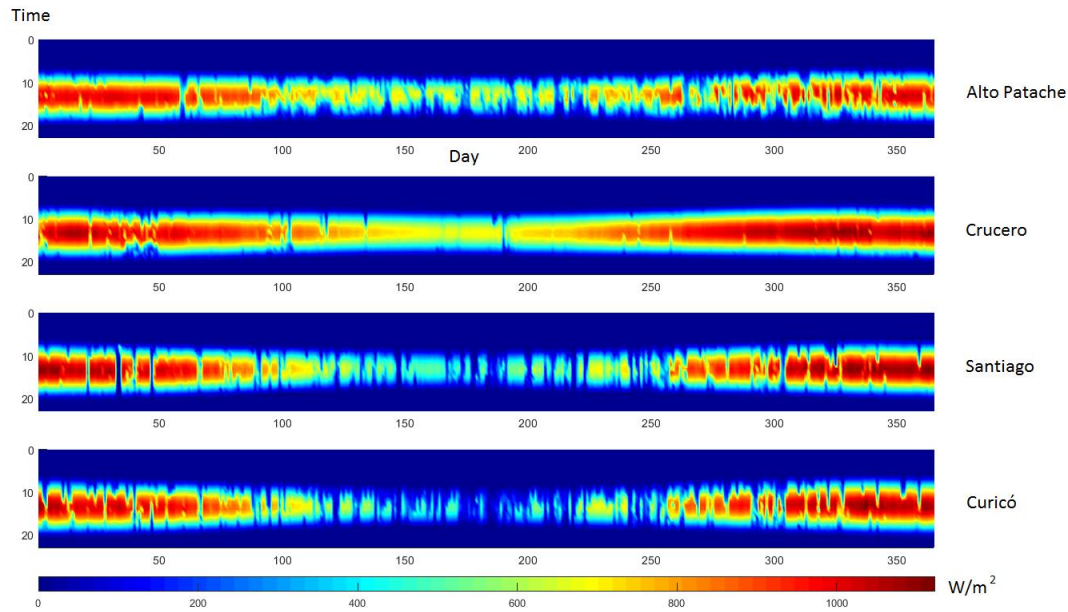
En general cada día existe algún tipo de nubosidad en el norte.

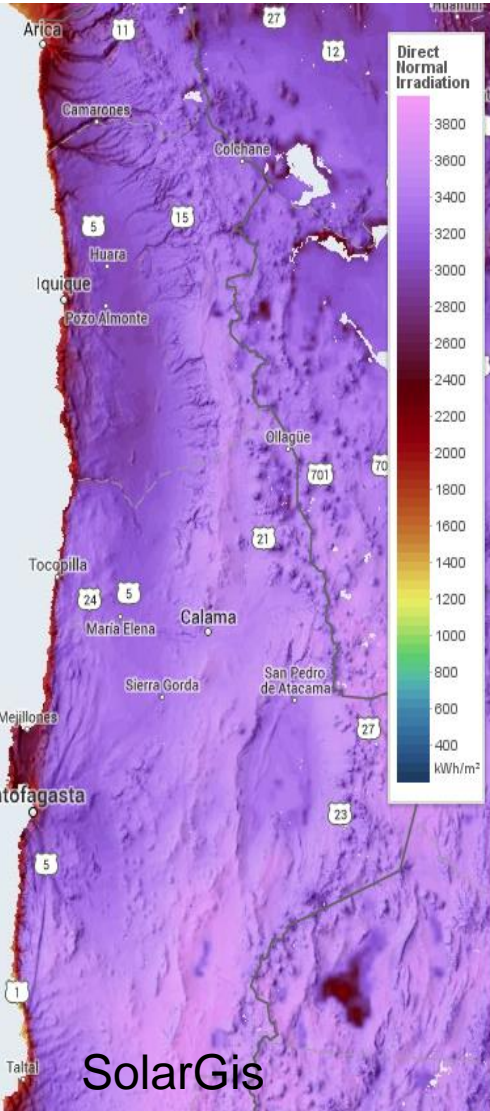
Afecta mínimamente a los sistemas PV pero puede tener gran impacto en CSP y CPV.

Series horarias medidas – GHI y DNI

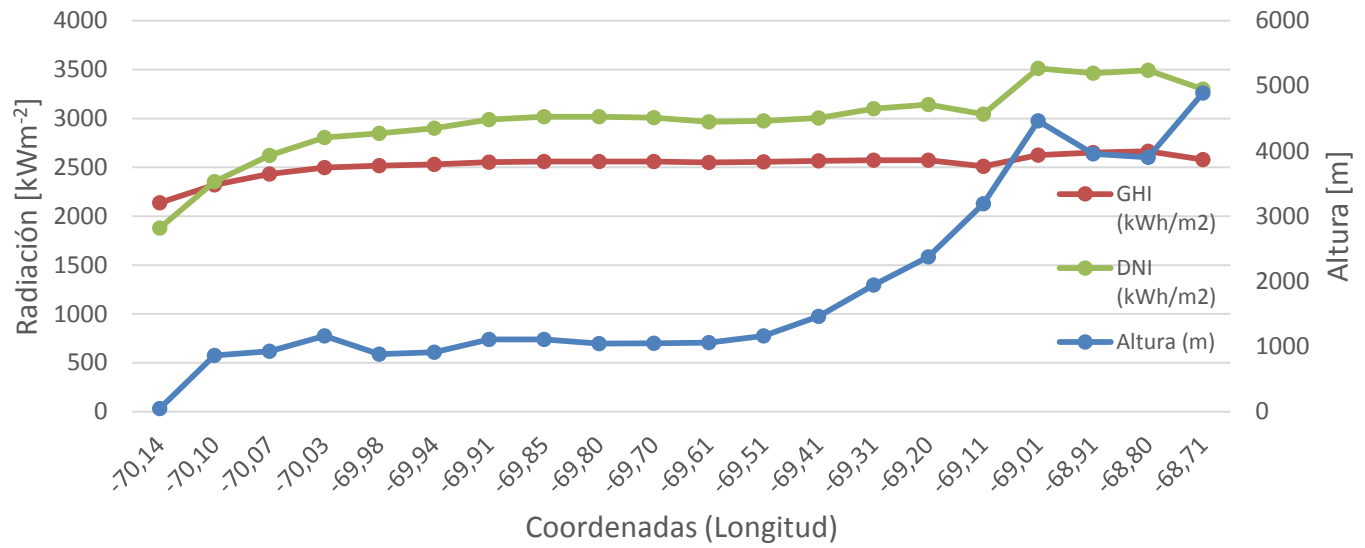
Estacionalidad
verano – invierno
(variabilidad
astronómica)

Variabilidad
atmosférica
(nubosidad y
aerosoles)

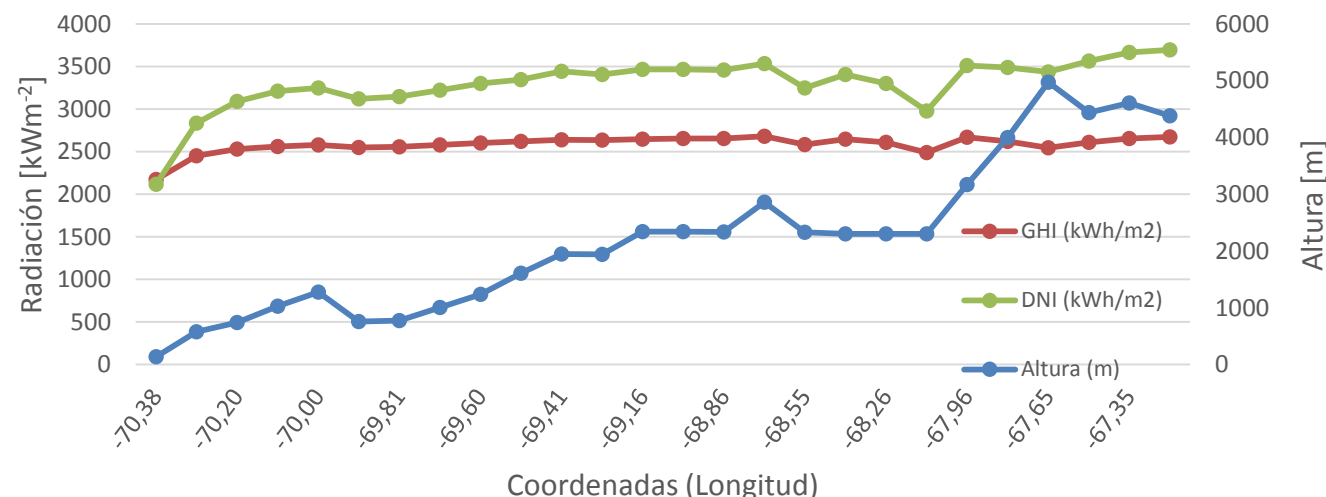




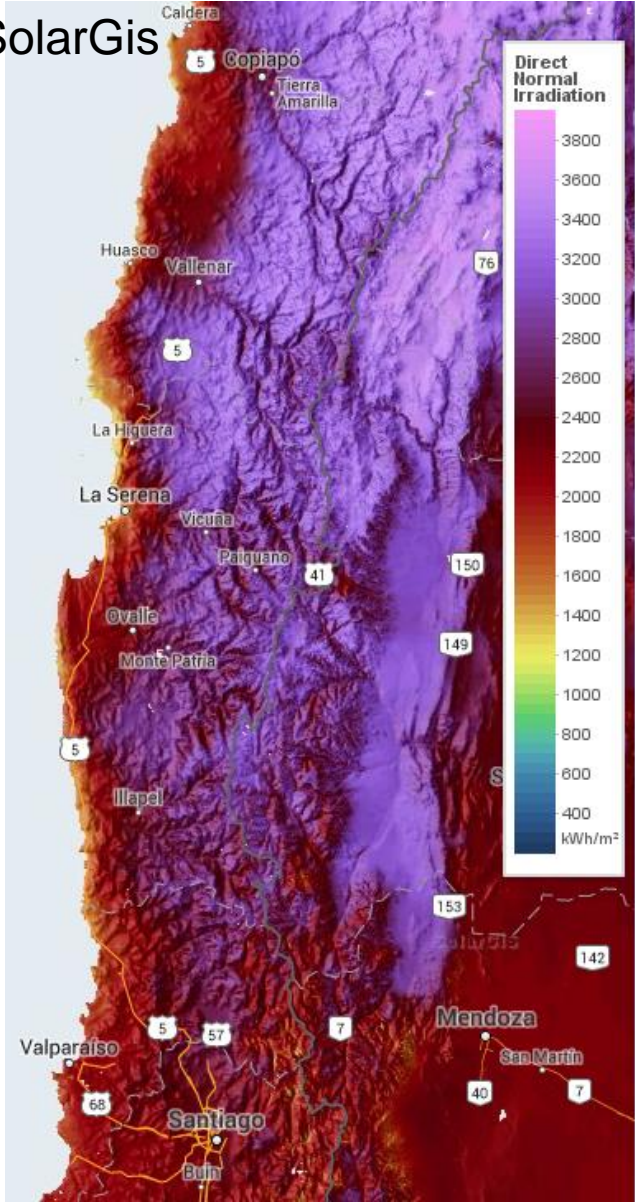
Radiación incidente - Iquique



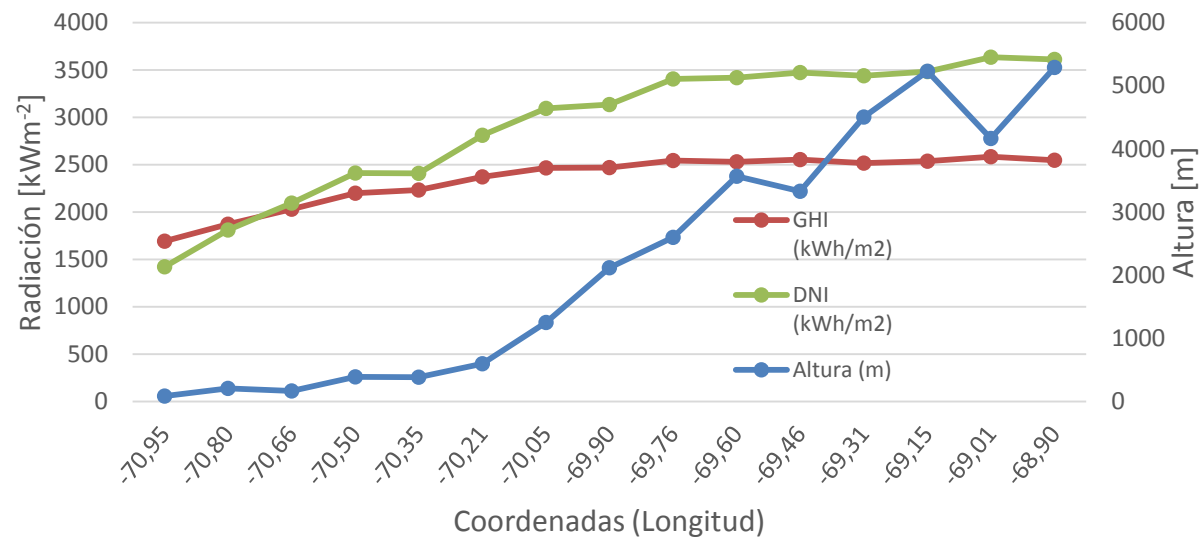
Radiación incidente - Antofagasta



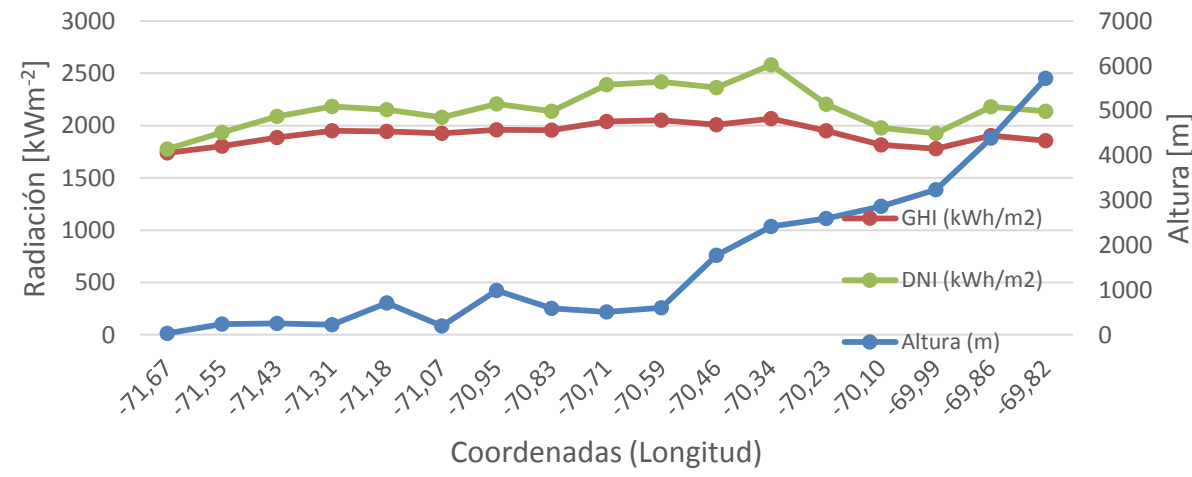
Clara diferencia entre zonas costeras e interiores.
 Niveles de DNI 50% mayores que en España.



Radiación incidente - Copiapó



Radiación incidente - Santiago

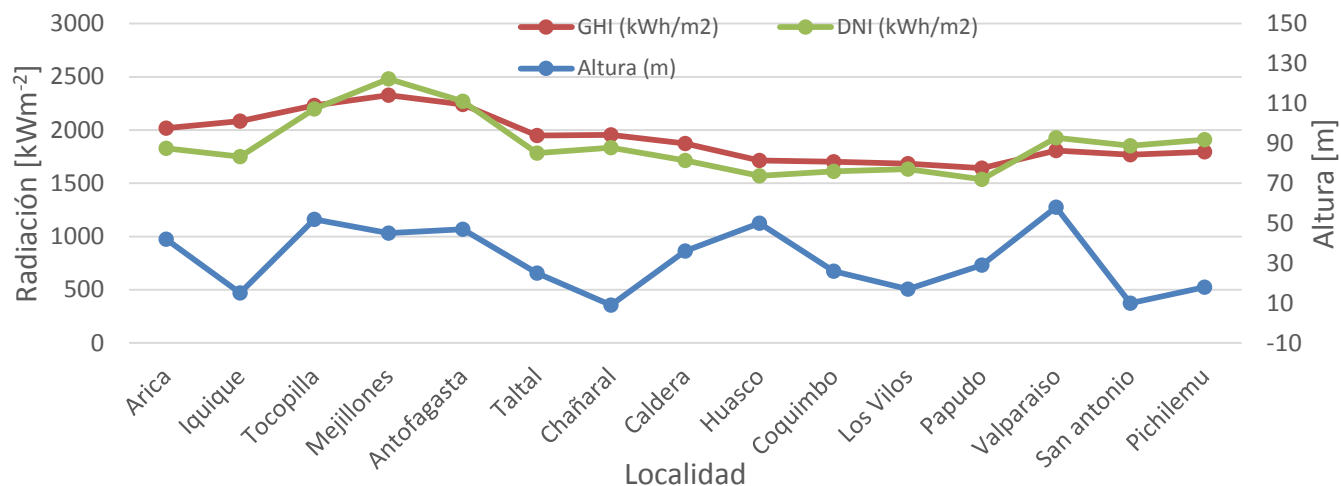


Región de Atacama influenciada por clima costero.
Niveles de DNI aptos para CSP hasta Santiago.

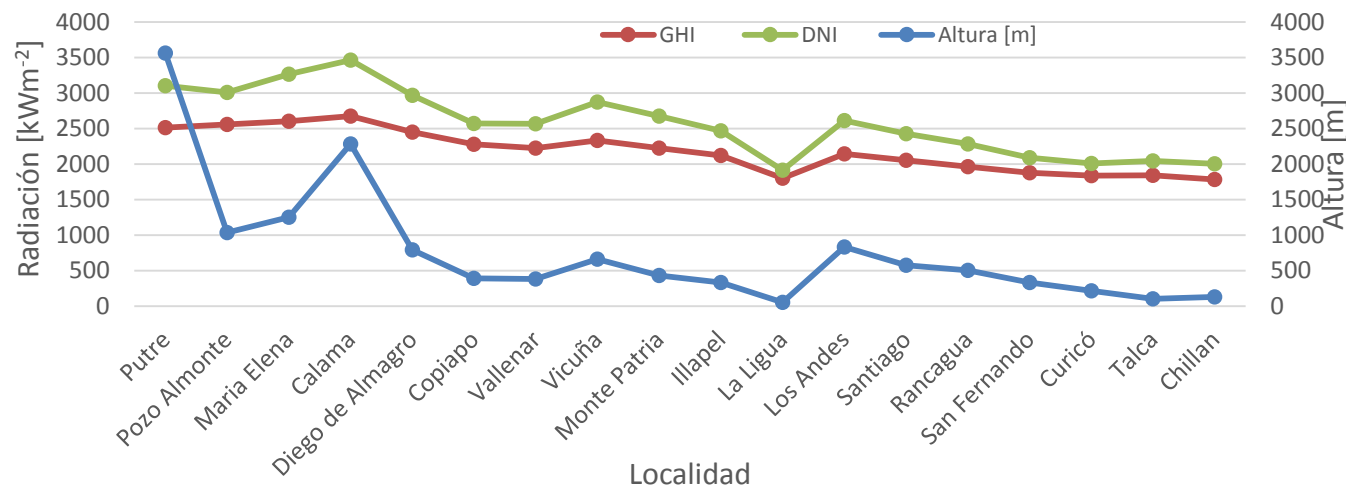
Direct Normal Irradiation (DNI) Chile Mainlands



Radiación incidente en costa chilena



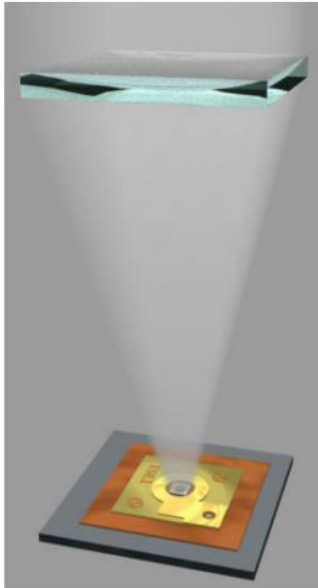
Radiación incidente en ciudades fuera de la costa.



Pequeña variación con la latitud.
Mayor influencia de la altura y longitud.

Perspectivas y futuras líneas de investigación en PUC/CSET

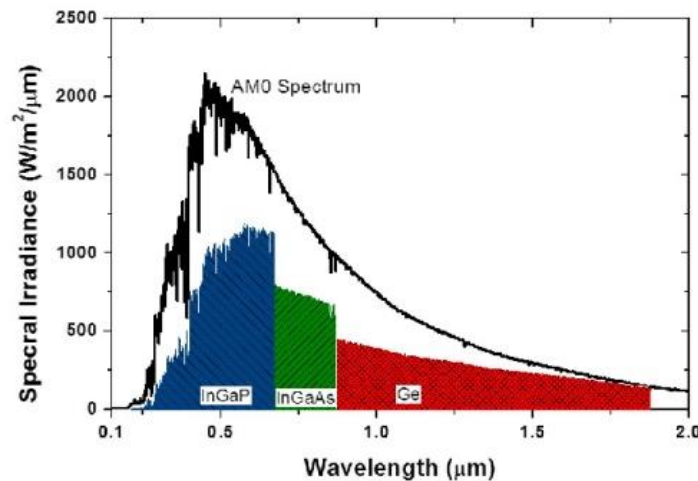
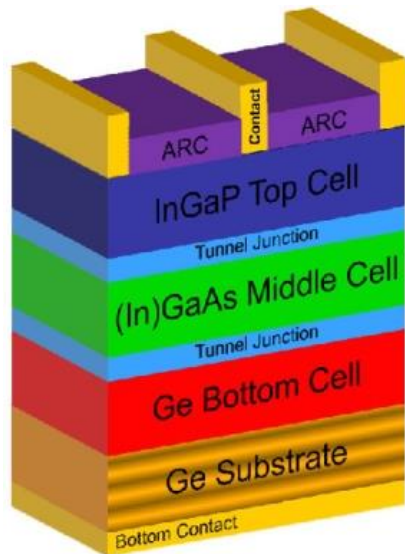
Concentración PV



Fraunhofer ISE



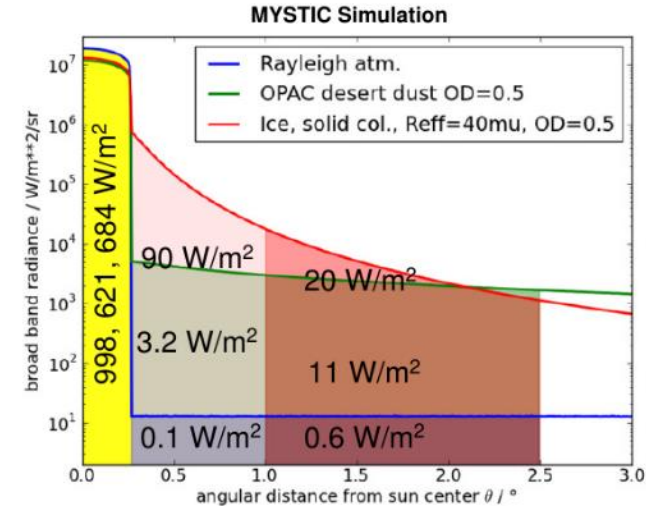
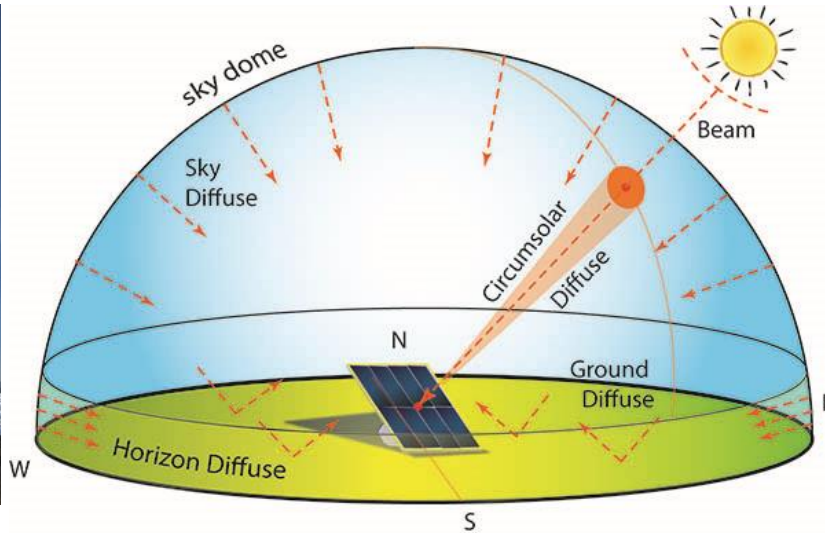
Uso de celdas de alta eficiencia y concentración permite obtener mayores producciones.



Se logra mayor eficiencia al utilizar una mayor parte del espectro de radiación.

Requiere la caracterización espectral de la radiación.

Radiación Circumsolar



Aerosoles distorsionan la forma del sol y modifican la DNI: distribución de irradiancia alrededor del disco solar tiene efectos importantes en el desempeño de concentradores.

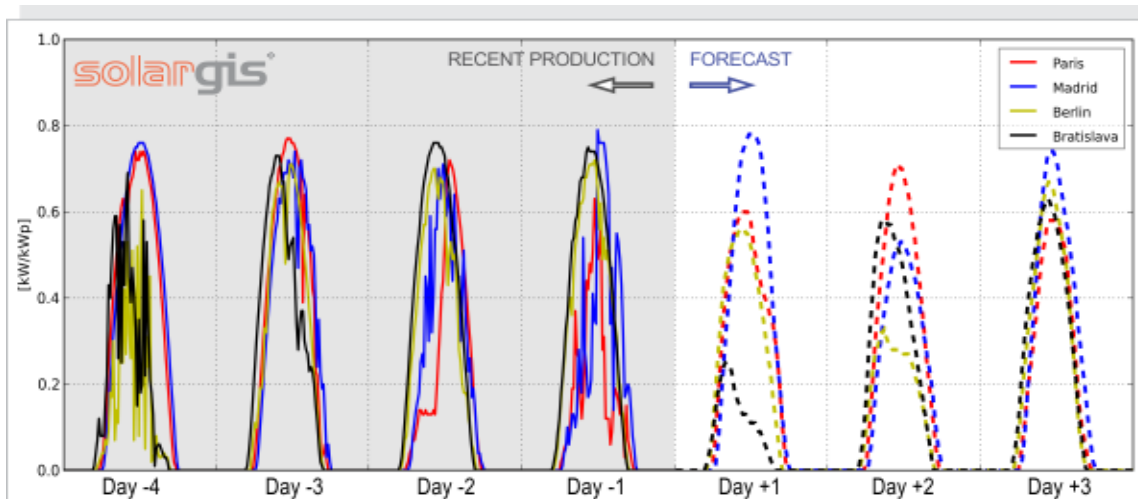
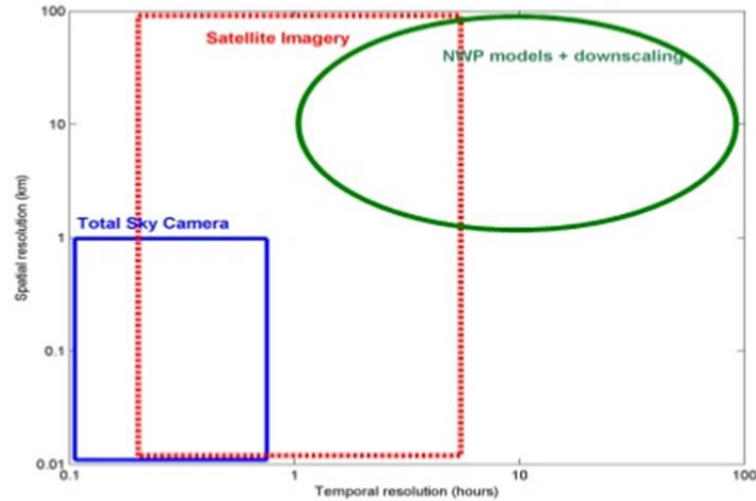
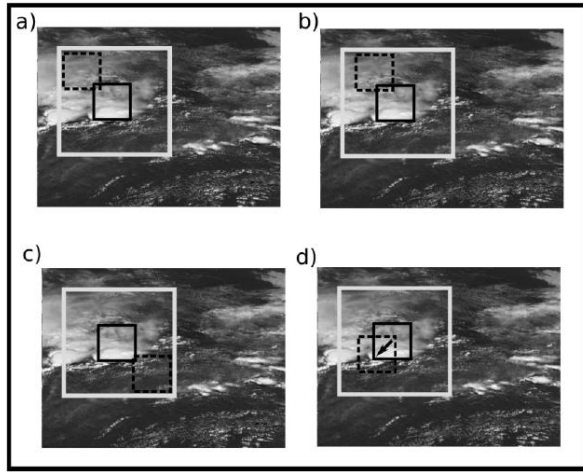
Requiere caracterizar forma del disco solar y evaluar impacto en sistemas CSP y CPV.



DLR @ PSA, Es

Predicción del recurso solar

Imagen n_0 ,
Tiempo t

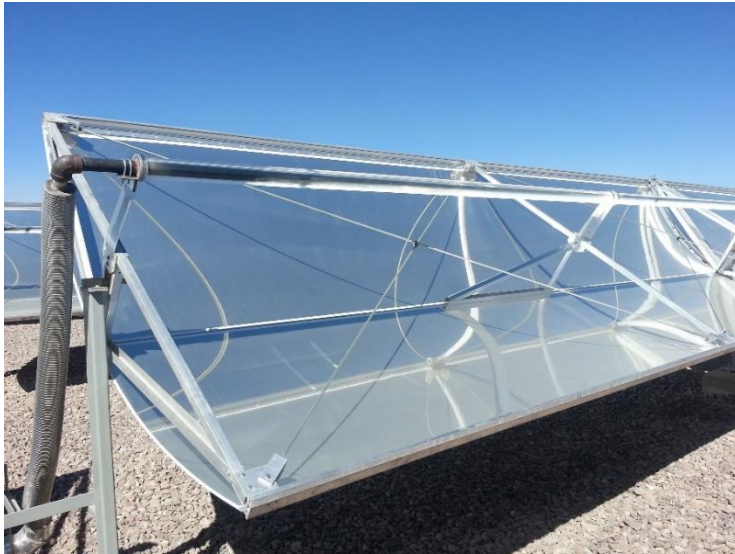


The recent electricity production (up to -4 days) and forecast (up to +3 days) of PVOUT in four cities for a certain configuration of a PV system

- © SolarGis 2015

Predecir el recurso solar disponible en el futuro (horas/días) permitirá una mejor planificación de los despachos facilitando la integración de las plantas solares a los sistemas interconectados considerando variabilidad de producción y demanda.

Caracterización de Ensuciamiento





Cristian Cortes: Investigador de Fraunhofer CSET en el área de Evaluación del Recurso Solar. Ingeniero Civil Mecánico de la Pontificia Universidad Católica de Chile y Magíster en Ciencias de la Ingeniería por la misma casa de estudio. Su experiencia incluye medición del recurso solar en terreno y su estimación a través de imágenes satelitales. Fue uno de los autores del Atlas Solar de Chile y cuenta con publicaciones en congresos nacionales e internacionales, además de artículos en revistas científicas.

Charla: “Estimación Satelital del Recurso Solar”

Una primera aproximación al recurso solar disponible en un sitio determinado, lo constituye la modelación de la radiación solar incidente en la superficie terrestre a través de imágenes satelitales. Esta alternativa permite, entre otras cosas, seleccionar con una incertidumbre acotada un lugar apto para desarrollar una campaña de medición y posteriormente implementar tecnologías solares.

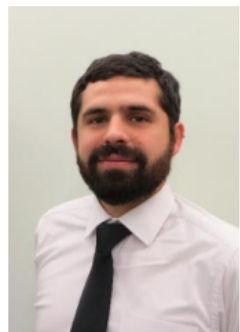


Eduardo Soto: Ingeniero Electricista de la Universidad Técnica Federico Santa María en Valparaíso y Máster en Energías Renovables de la Universidad de Zaragoza. En el área académica, ha trabajado en diversos proyectos de fomento de I+D+i. Durante la especialización en energías renovables, desarrolló sistemas de monitorización de variables energéticas en viviendas de España, en el marco del proyecto europeo Renaissance de Concerto en España. Ha desempeñado diferentes funciones en proyectos pilotos de energía solar desde la ingeniería básica, ingeniería de detalle y construcción en el norte de Chile.

Fundador de Solar Robotics, organización de fomento de para el desarrollo de sistemas automáticos que se recargan con energía solar y socio fundador de la Carrera Solar Atacama de la ONG La Ruta Solar. Actualmente es el CEO de Phineal SpA, empresa especialista en ingeniería eléctrica y energías renovables con foco en energía solar. Dentro de las empresas de Phineal se encuentran: CENTRAL, phiNet y Solar Robotics.

Charla: “Chile, país de contrastes: medición de radiación solar para proyectos fotovoltaicos”

Experiencia en la instalación de estaciones de medición de GHI, DNI, medición de polvo (soiling) y otras variables meteorológicas. Desarrollo de plataforma phiNet, seguimiento de la producción y auditorías de plantas fotovoltaicas.



Alan Pino: Investigador de Fraunhofer CSET en el área de Concentración Solar. Ingeniero Civil Mecánico de la Pontificia Universidad Católica de Chile y Magíster en Ciencias de la Ingeniería por la misma casa de estudio. Ha participado en la publicación de libros, artículos en congresos nacionales e internacionales y artículos en revistas científicas.

Charla: “Red de estaciones solarimétricas PUC/DICTUC/FCR”

Los proyectos solares de gran tamaño requieren de una inversión económica inicial importante. Por este motivo, la evaluación del recurso solar es fundamental para estimar con mayor certeza la energía que es capaz de entregar un sistema, y así, reducir el riesgo financiero del proyecto. Las estaciones de medición instaladas en terreno son capaces de registrar datos de radiación solar con baja incertidumbre.



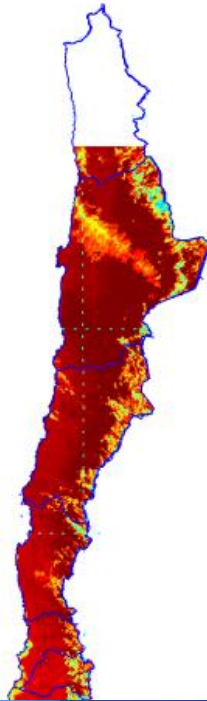
Raul Cordero: El Dr. Raul R. Cordero cuenta con un doctorado en Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile y un Doctorado en Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Hannover (Alemania). Ha generado más de 60 publicaciones relacionadas con Óptica Aplicada y Óptica Atmosférica. Lidera un grupo de investigaciones atmosféricas polares (www.antarctica.cl) y es Profesor Asociado en el Departamento de Física de la Universidad de Santiago de Chile.

Charla : “Mediciones del espectro solar en el desierto de Atacama”

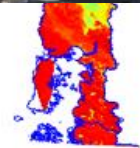
En este estudio se reportan los resultados de mediciones de la irradiancia espectral global realizadas bajo condiciones de cielo despejado en siete locaciones en el desierto de Atacama (ubicadas entre los paralelos 22º y 28º) cuyas alturas variaron entre los 114 m (en Antofagasta, sobre la costa del Pacífico Sur) y los 5100 m (en la meseta de Chajnantor). La comparación de las mediciones en estas locaciones permitió la caracterización de la influencia de los factores que determinan el espectro de la irradiancia global en el desierto de Atacama: la columna de gases absorbentes, los aerosoles, y la altura.

Seminario Energía Solar Fraunhofer CSET

Perspectivas y Desafíos en Evaluación de Recurso Solar para Chile



Rodrigo Escobar
Escuela de Ingeniería PUC
FCR CSET



Rockrigo
Alain Pinot
Black Paul
Cristiano
Edward
Alvin Molin
Black Salado

