



CHILE  
AVANZA  
CONTIGO

FUNDACIÓN  
FUCOA



# Sistemas agrivoltaicos: perspectiva y tendencias futuras

**Marcia Montedónico**

Centro de Energía – U. de Chile

Doctorado en Ciencias Silvoagropecuarias y Veterinarias

– FCA – U. de Chile

10 de octubre 2024



**POTENCIAL SOLAR**



**NEXO SUELO - AGUA- ENERGÍA – ALIMENTACIÓN**



**SISTEMAS AGRIVOLTAICOS**



**MICRORREDES**



**POLÍTICAS PÚBLICAS**



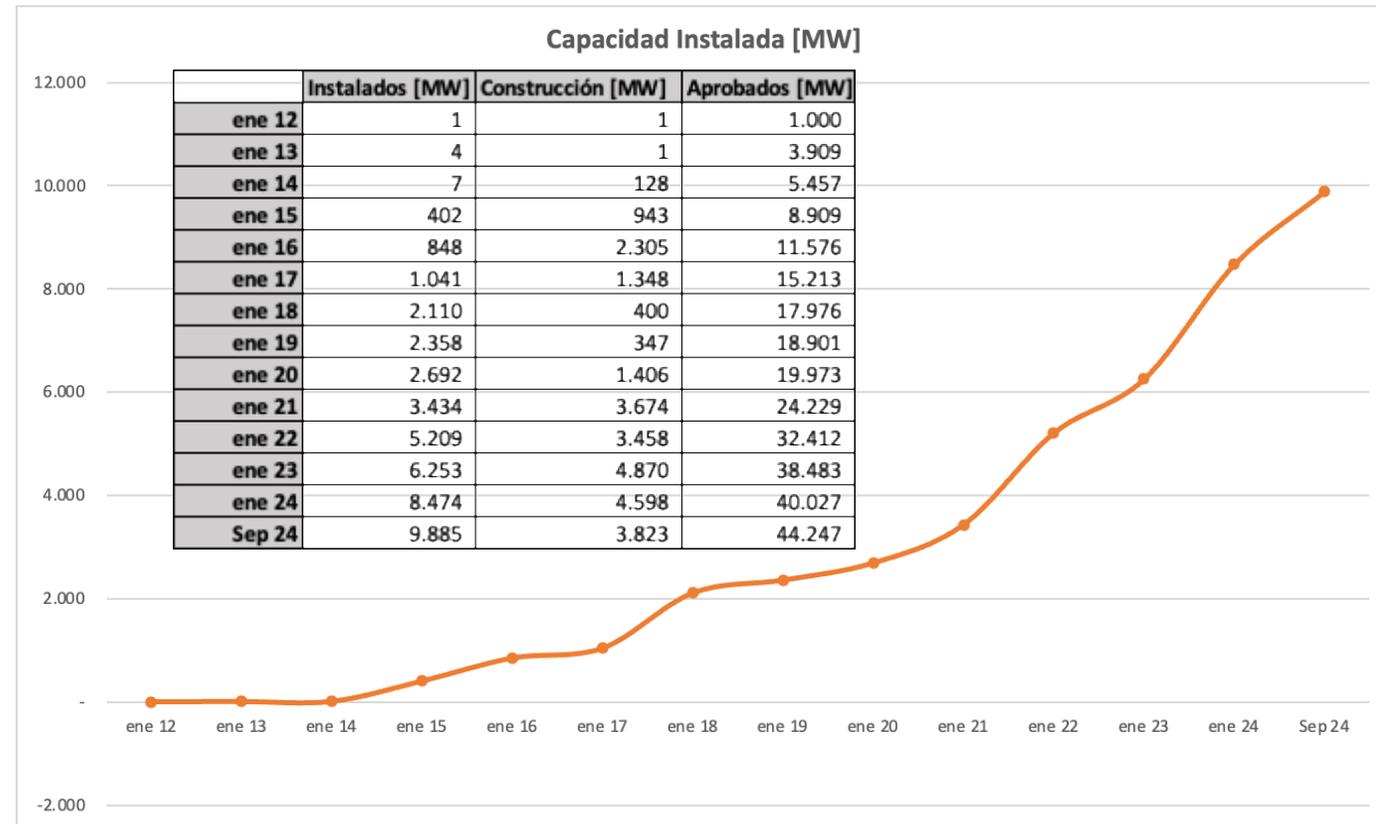
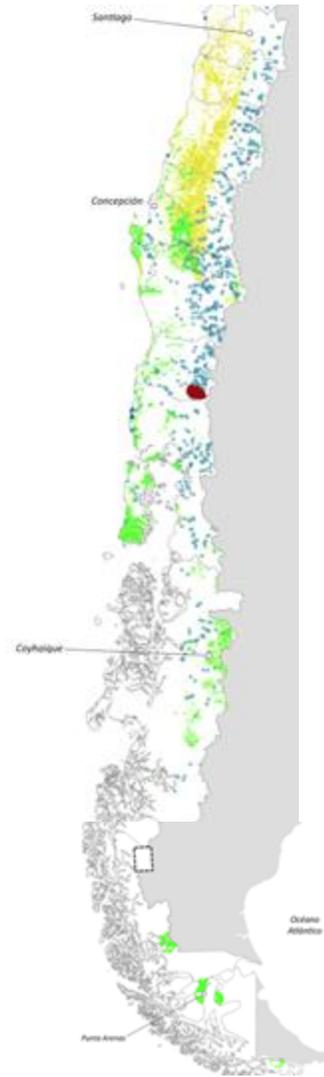
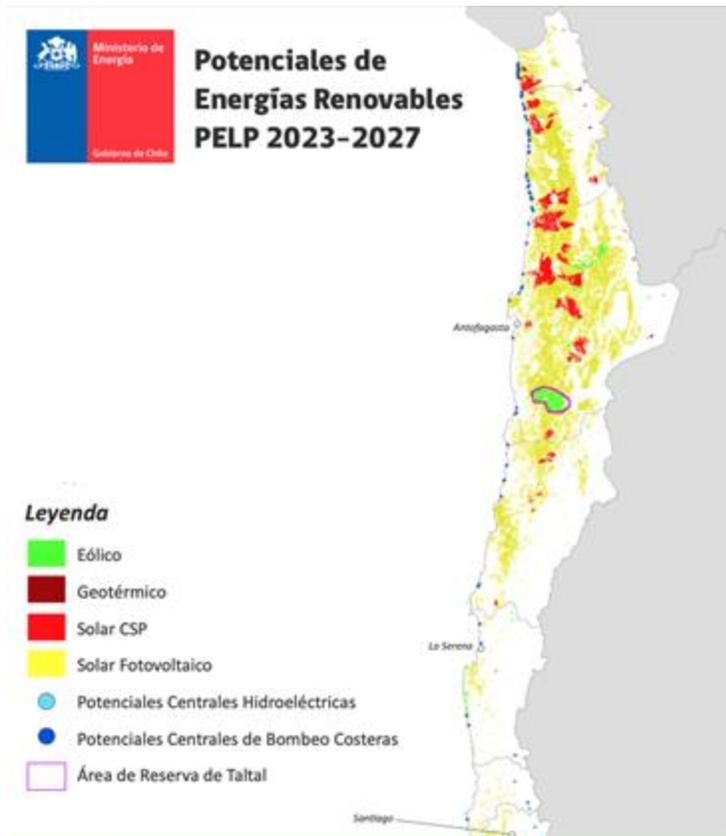
**CO-CONSTRUCCIÓN**

**INTER-TRANSDISCIPLINA**

**PARTICIPACIÓN**



# Energía solar fotovoltaica en Chile

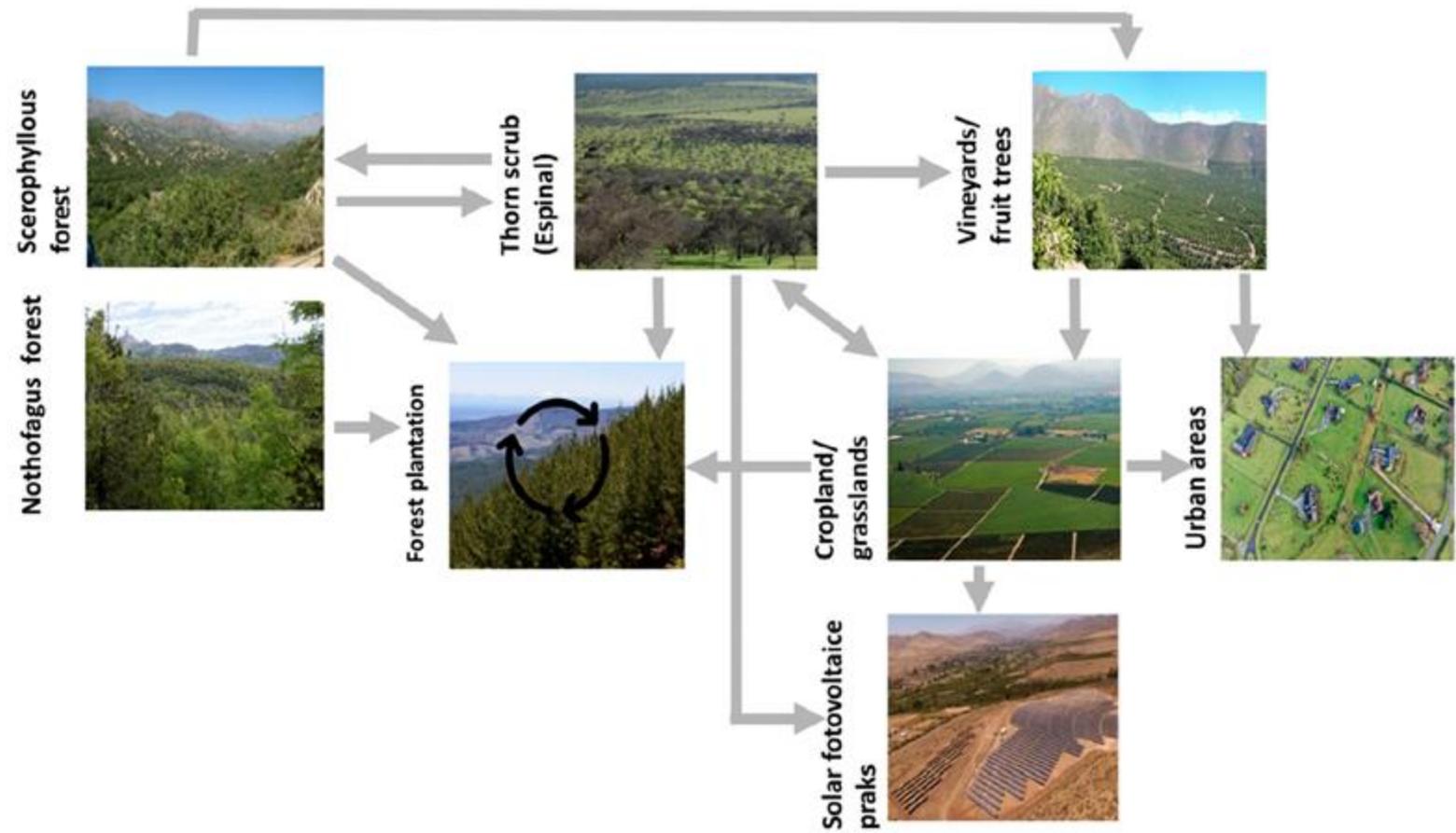
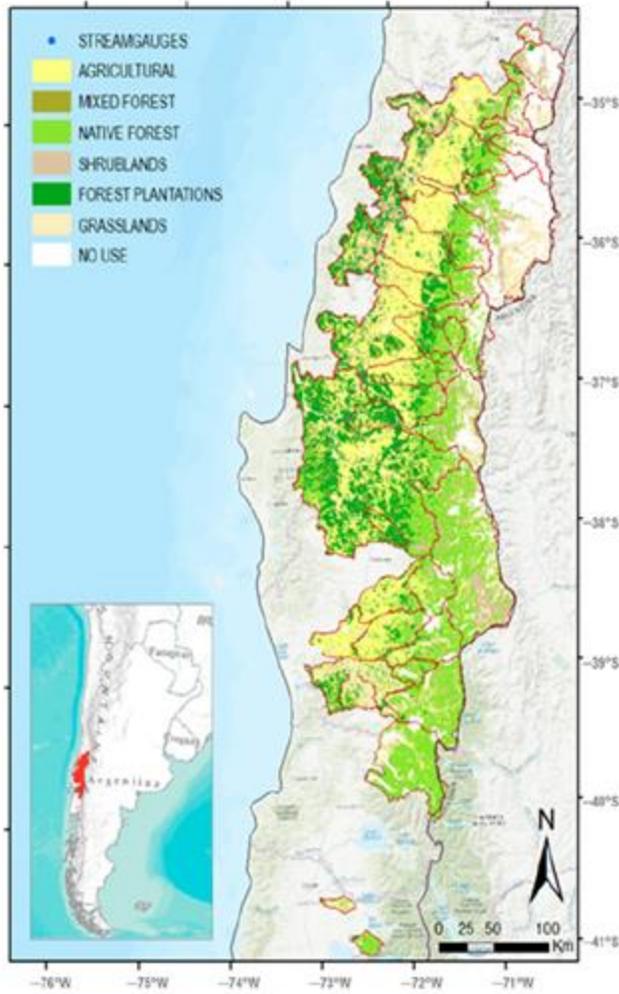


**POTENCIAL  
> 2.350.000 MW  
(2MM MW de PV)**

Fuente: PELP 2021, MinEnergía/GIZ, U Chile, 2014.

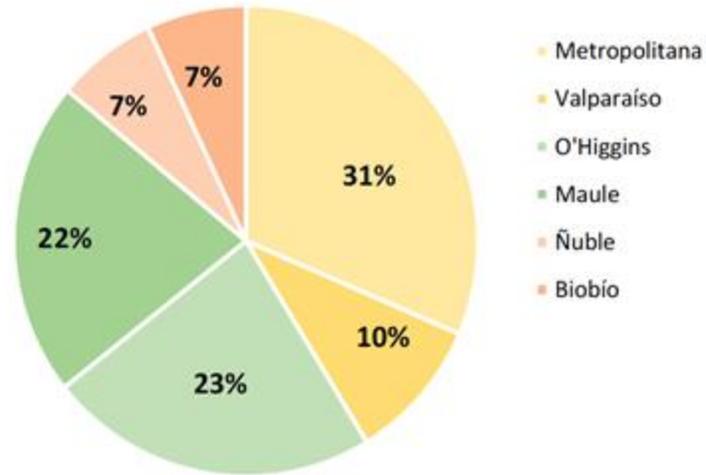
Fuente: Elaboración propia (Centro de Energía), basada en el reporte mensual de la Comisión Nacional de Energía de Chile

# Cambio de Uso de Suelo Agrícola → Infraestructura Fotovoltaica

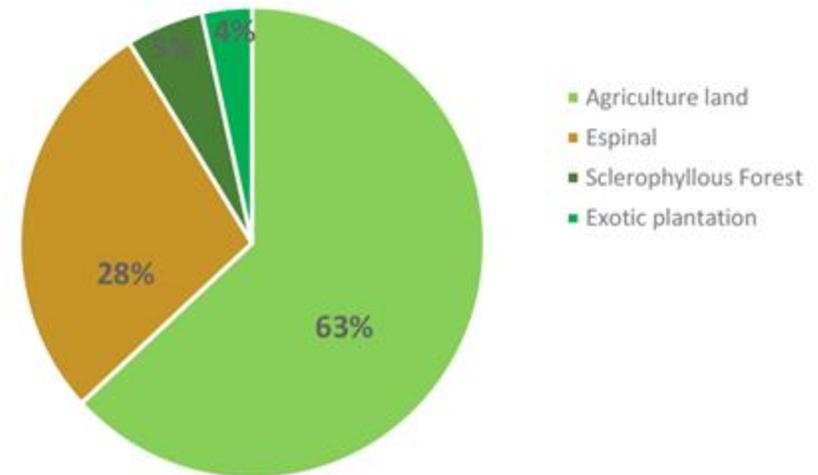


# Cambio de Uso de Suelo Agrícola → Infraestructura Fotovoltaica

(A)

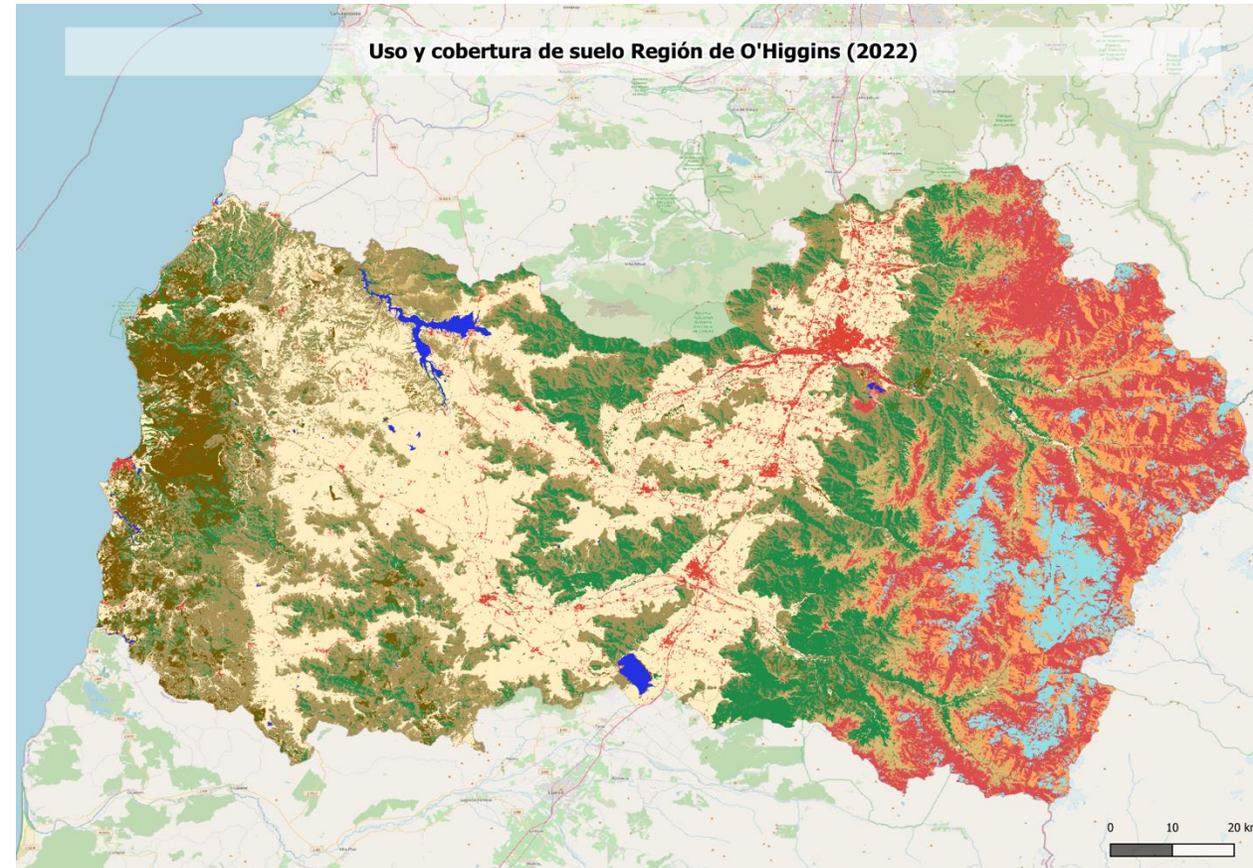
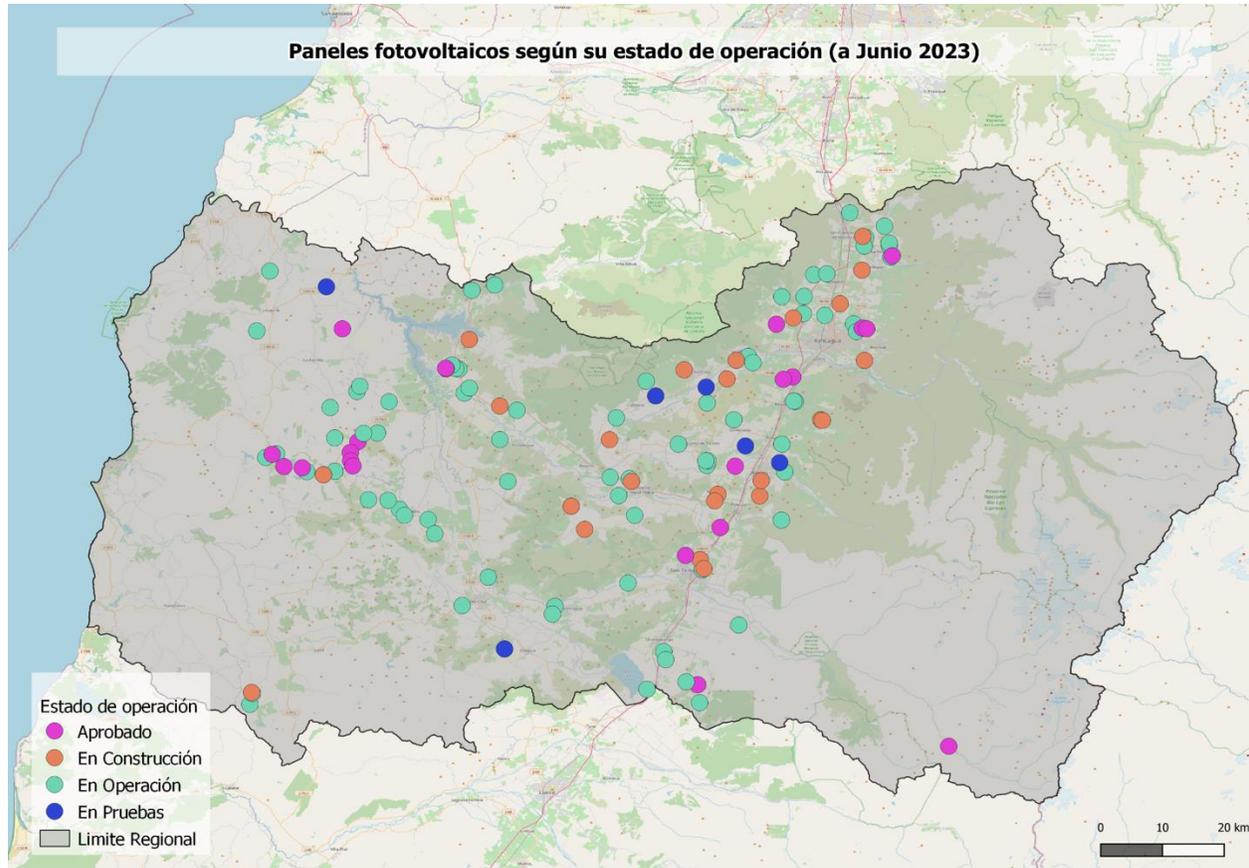


(B)



- SEIA: 244 proyectos fotovoltaicos aprobados desde 2015 (entre Valparaíso y Bío Bío).
- Área total instalada y bajo construcción es de 6.840 ha.
- 4.317 ha (63%) previamente utilizadas para propósitos agrícolas han sido destinadas a generación fotovoltaica en los últimos 7 años.
- 1.916 ha de *espinal* convertidas a fotovoltaico.
- En Bío Bío casi toda el área destinada a fotovoltaico era utilizada previamente en agricultura.

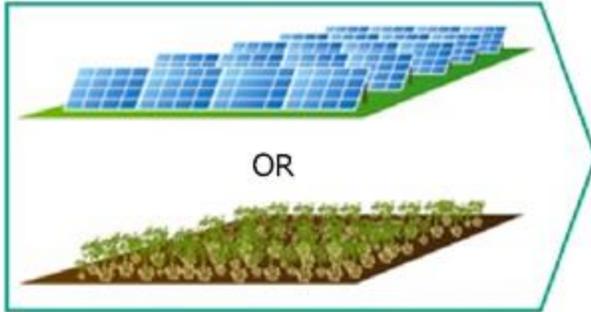
# Cambio de Uso de Suelo Agrícola → Infraestructura Fotovoltaica



- Región de O'Higgins: 83 proyectos en operación.
- La mayor parte está sobre suelo agrícola.
- 55 proyectos aprobados y en construcción.

# ¿QUÉ ES UN SISTEMA AGRIVOLTAICO?

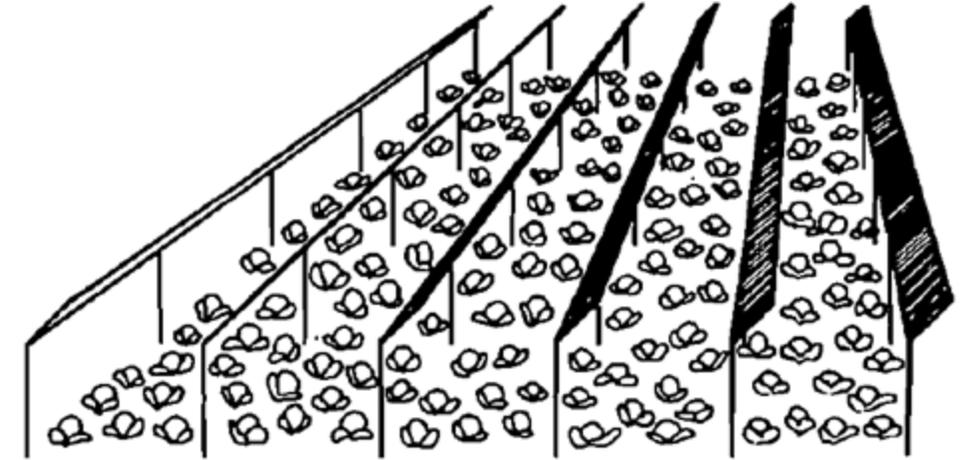
**AGRICULTURA + FOTOVOLTAICO = AGRIVOLTAICO**



100% Solar energy production OR  
100% Agriculture production  
= 100% Land use



80% Solar energy production AND  
80% - 100% Agriculture production  
>= 160% Land use

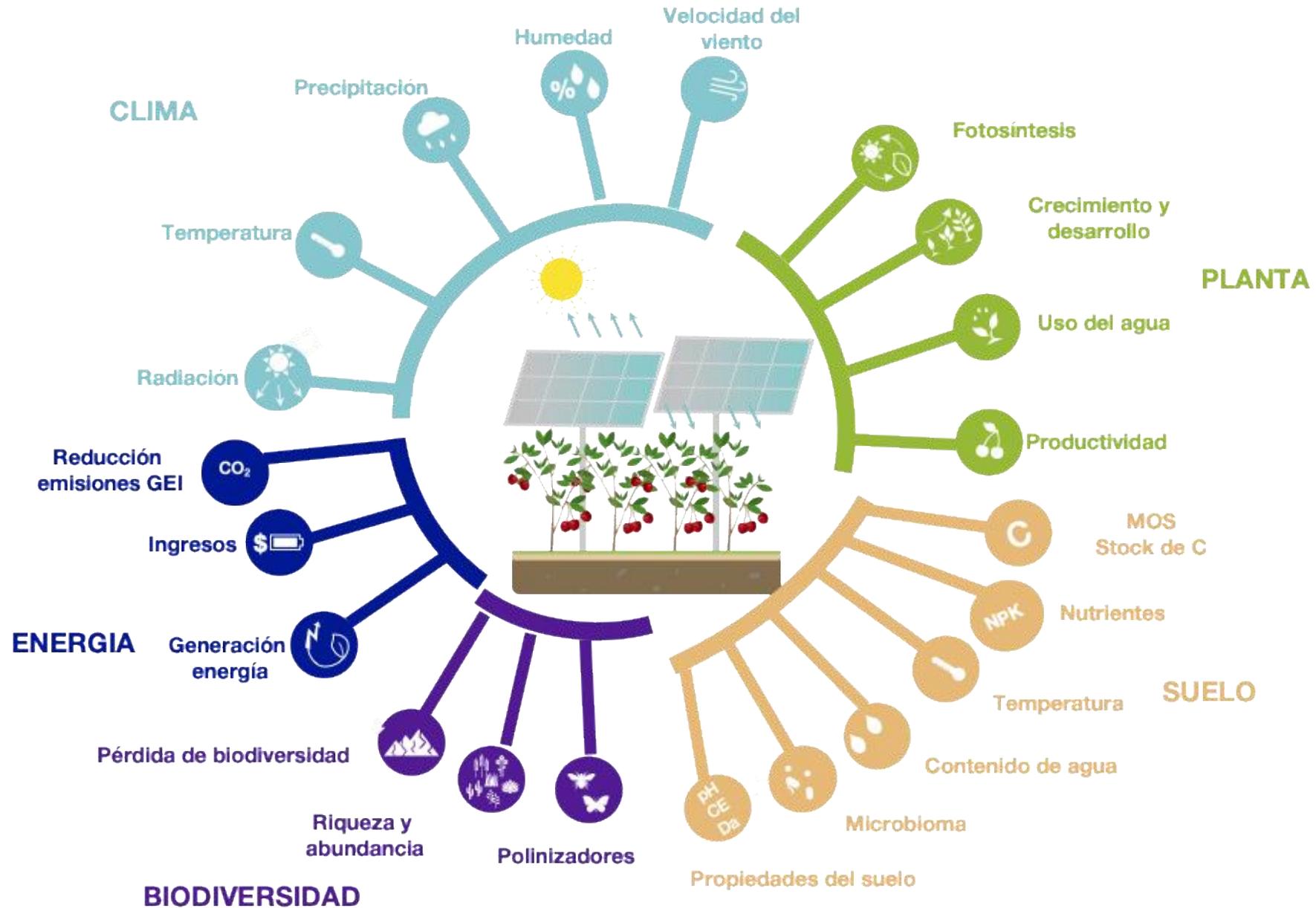


# Diferentes tipos (diseño) de sistemas agrivoltaicos

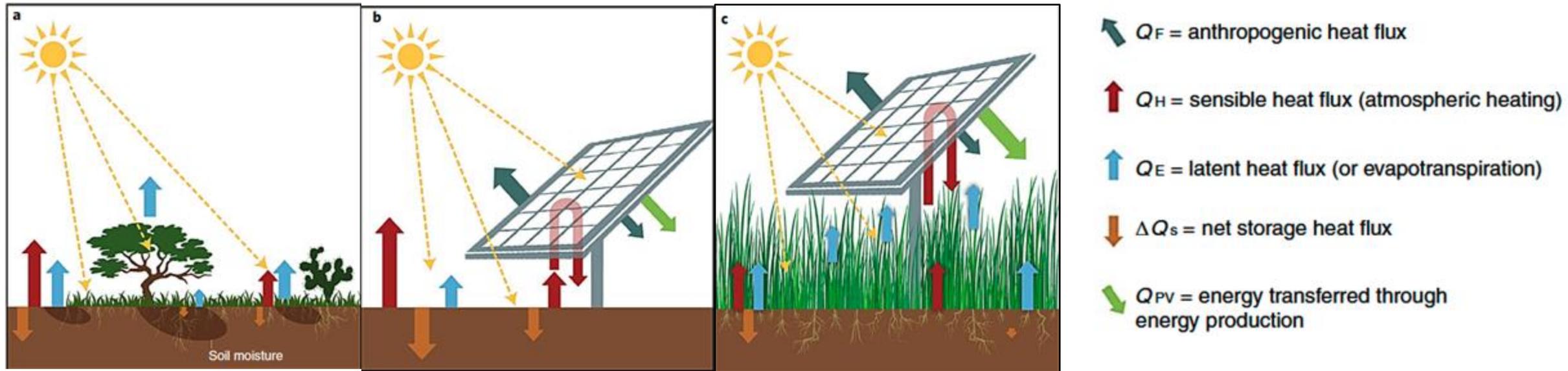


<b>DESIGN</b>	<b>CEILING</b>	<b>HIGH</b>	<b>VERTICAL</b>	<b>SPACED ROWS</b>	<b>HERDING</b>
<b>MAIN APPLICATION</b>	<b>Fruit trees</b>	<b>Fruit trees Horticulture</b>	<b>Vineyard Cereals</b>	<b>Horticulture Cereals</b>	<b>Livestock grazing Grassland</b>

# Impactos del sistema agrivoltaico



# Efectos causados por los paneles fotovoltaicos



**Cambios en el intercambio de energía a mediodía en sistemas naturales, paneles solares fotovoltaicos y un sistema agrivoltaico.**

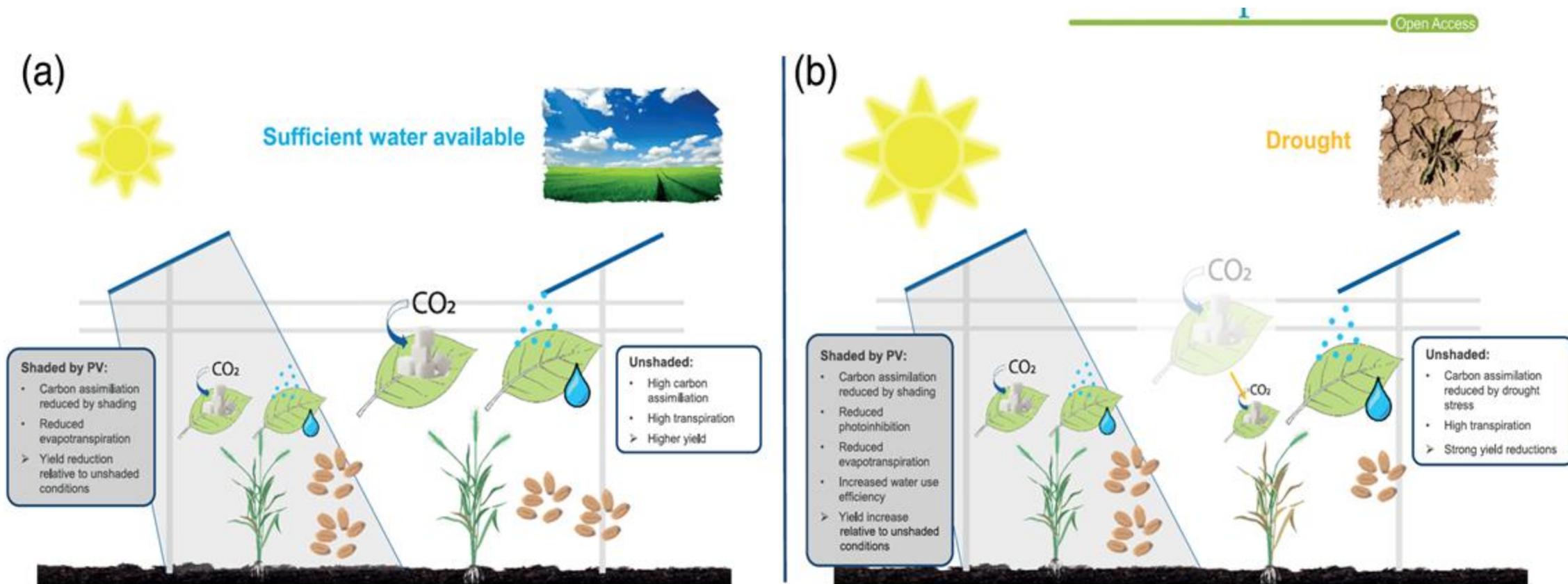
**Disminuye la evapotranspiración** Debido a la eliminación de la vegetación (flechas azules).

**Aumento del calor y de la temperatura localizada**

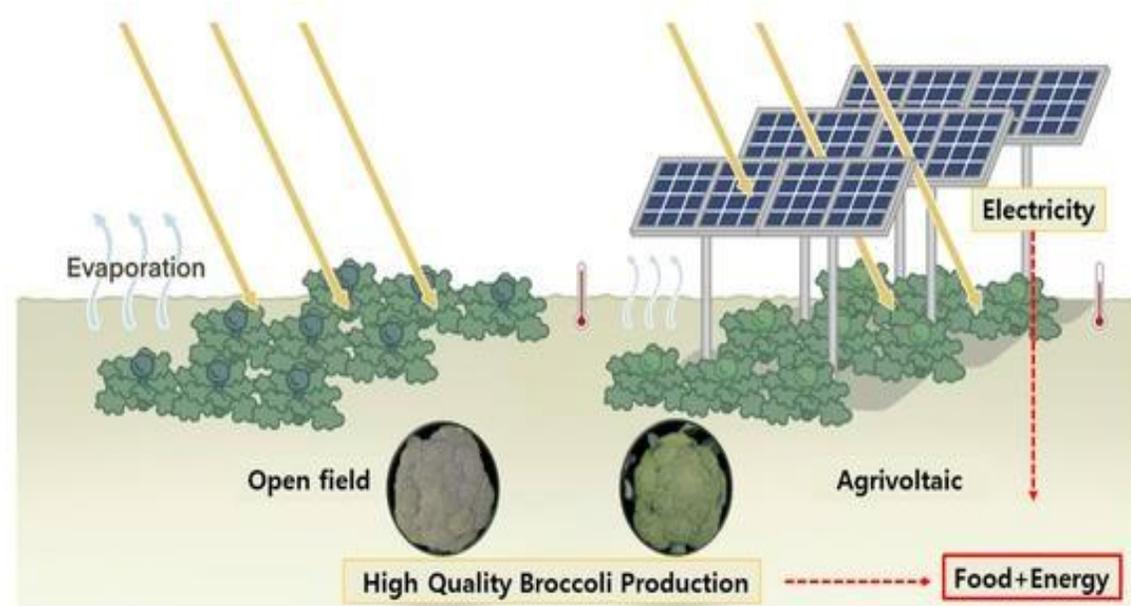
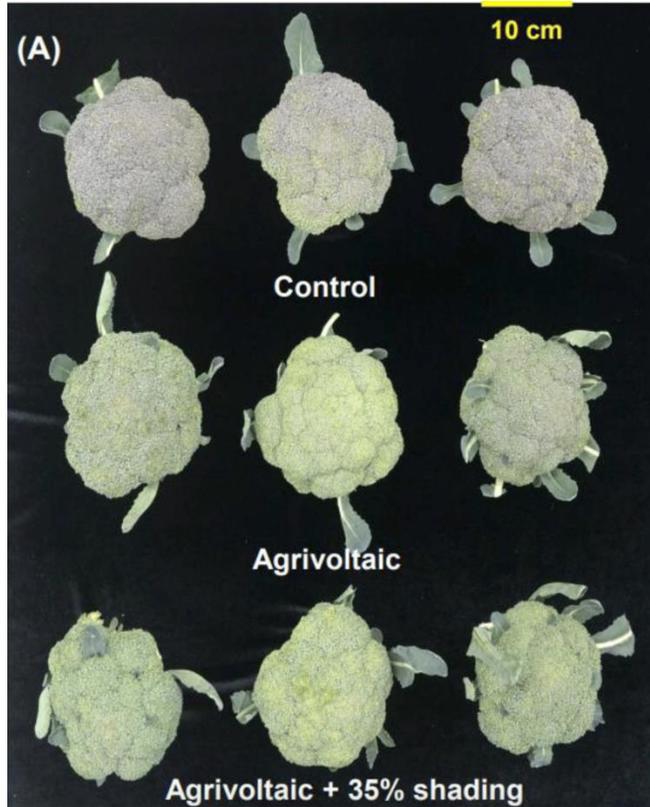
Introducir cultivos o vegetación restaura los flujos de calor latente y debería reducir la pérdida de calor sensible a la atmósfera.

# Efectos causados por los paneles fotovoltaicos

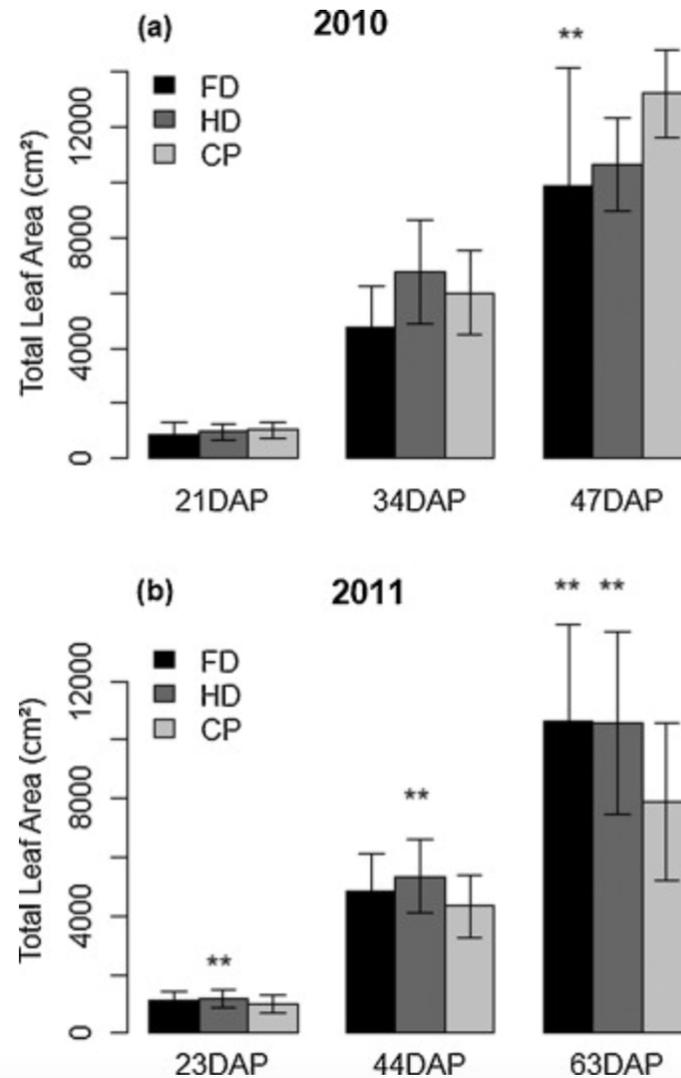
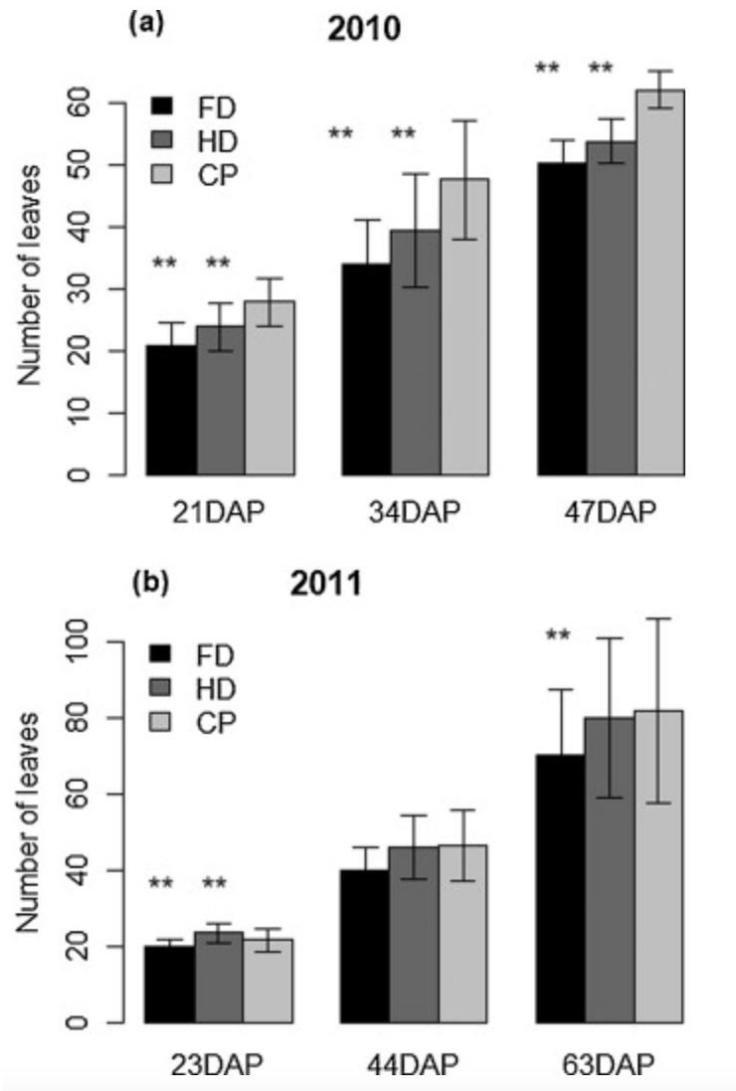
✓ Aumento del rendimiento de cultivos en condiciones de sequía



# Efectos causados por los paneles fotovoltaicos



# Efectos causados por los paneles fotovoltaicos



CULTIVO LECHUGAS

FD: Full Density PV (sombra)

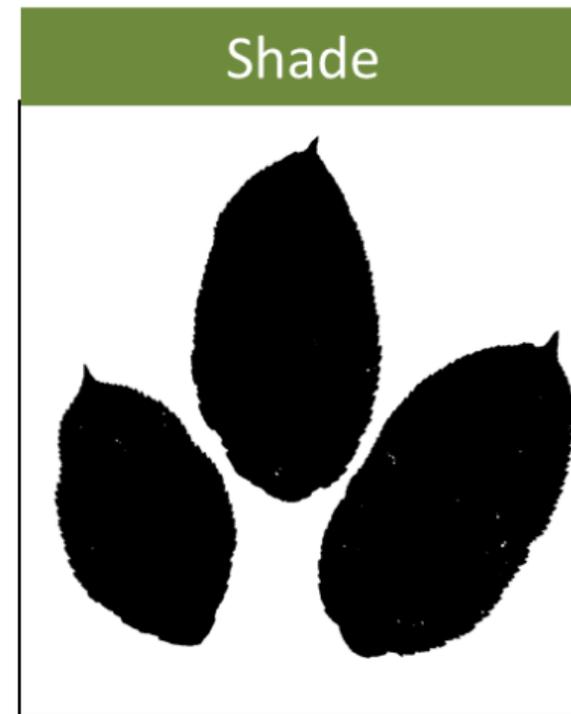
HD: Half Density PV (sombra parcial)

CP: Control (pleno sol)

DAP: Days After Planting

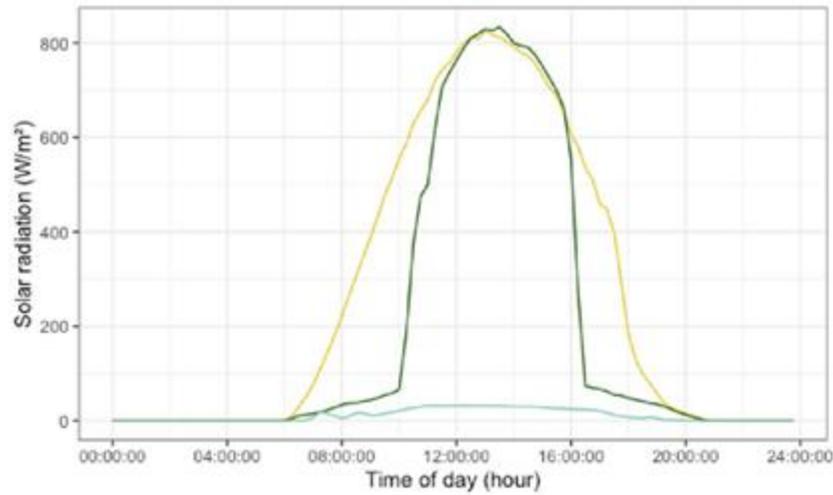
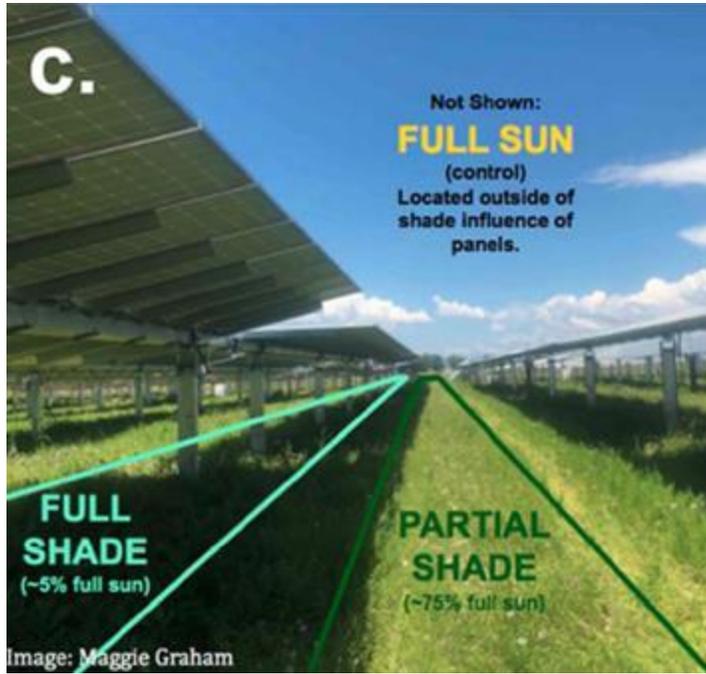
# Efectos causados por los paneles fotovoltaicos

- ✓ Área Foliar Específica (AFE) y fotosíntesis en manzanos

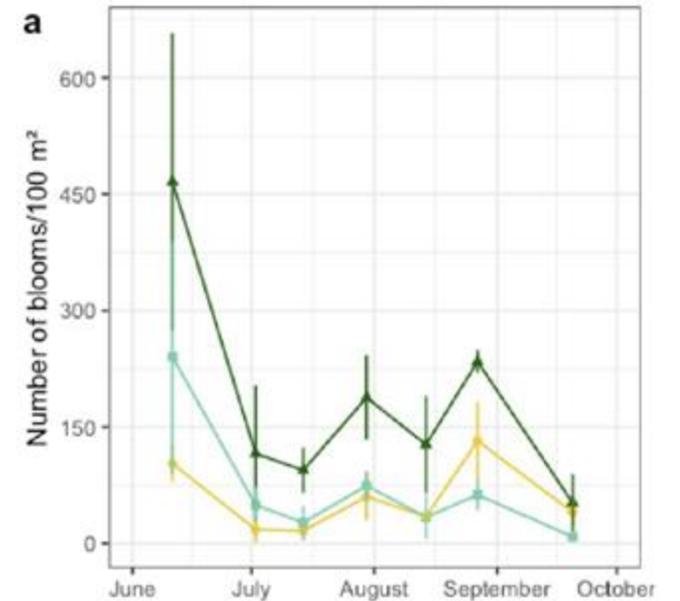


**AFE ( $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$ ) es mayor en "shade"  $\rightarrow$  menor capacidad fotosintética**

# Efectos causados por los paneles fotovoltaicos



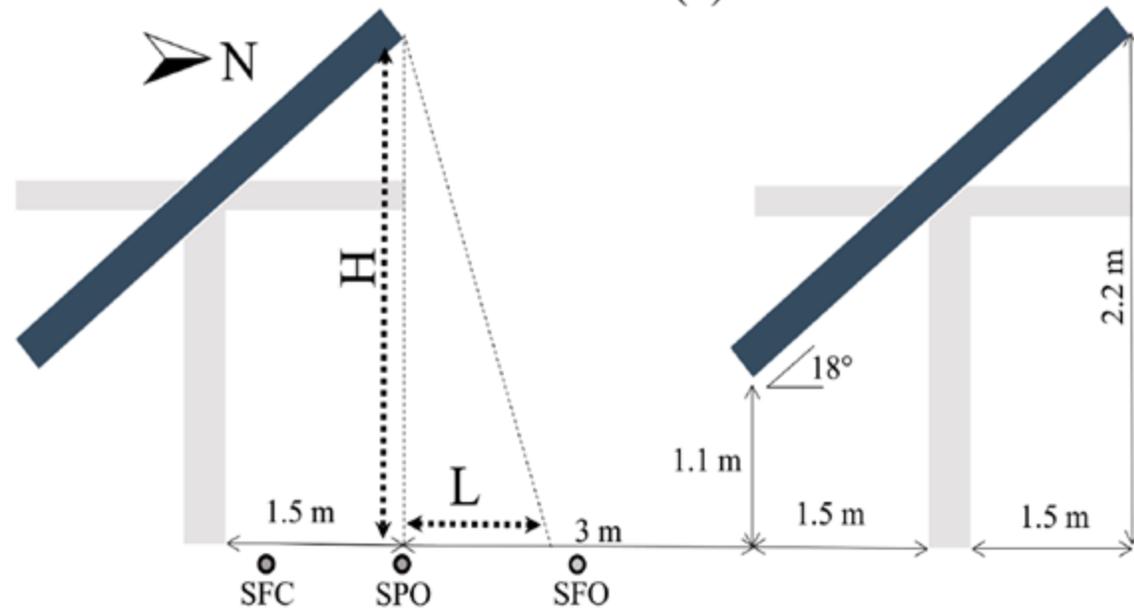
Los gradientes de sombra dentro del sistema agrivoltaico influyen en la composición y abundancia de flores y polinizadores y el retraso en el tiempo de floración entre los tratamientos.



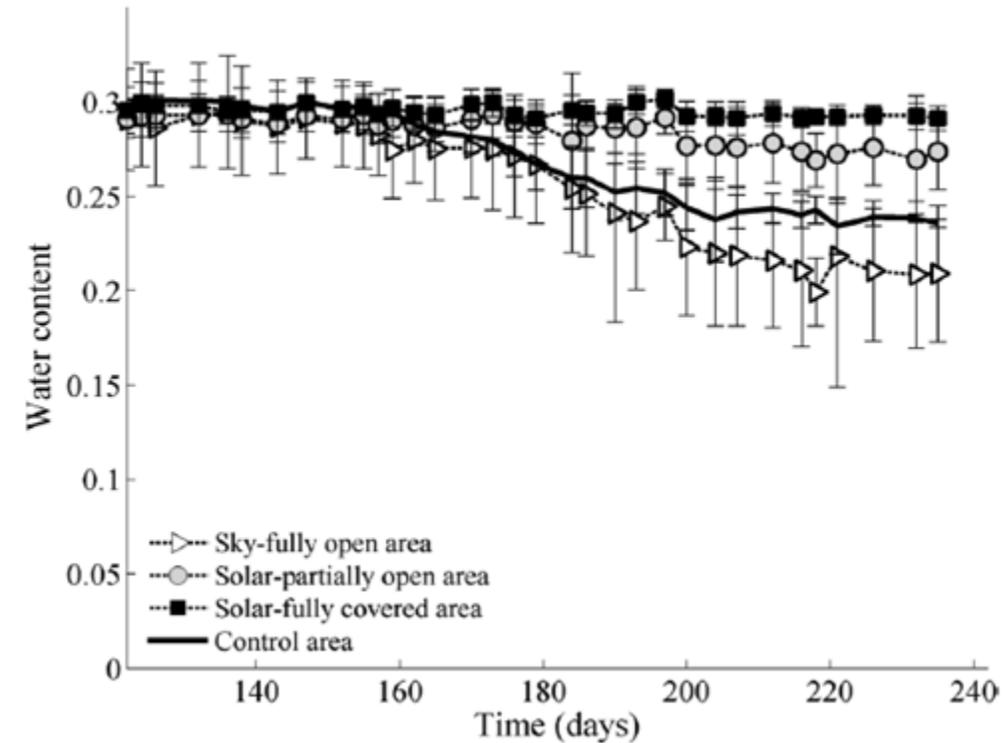
# Efectos causados por los paneles fotovoltaicos



timeSeries: Depth 6



SFO: pleno sol  
SPO: sombra parcial  
SFC: sombra total



- ✓ Reducción radiación
- ✓ Reducción evapotranspiración
- ✓ Disminución de la pérdida de contenido de agua del suelo

# Efectos causados por los paneles fotovoltaicos

✓ Protección contra eventos climáticos extremos

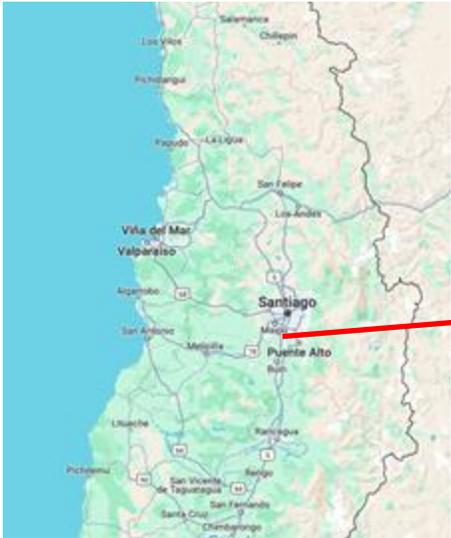


✓ Sombra para el ganado



# Análisis de los efectos de paneles solares de un sistema agrivoltaico de 7 años sobre las propiedades del suelo en la región Metropolitana

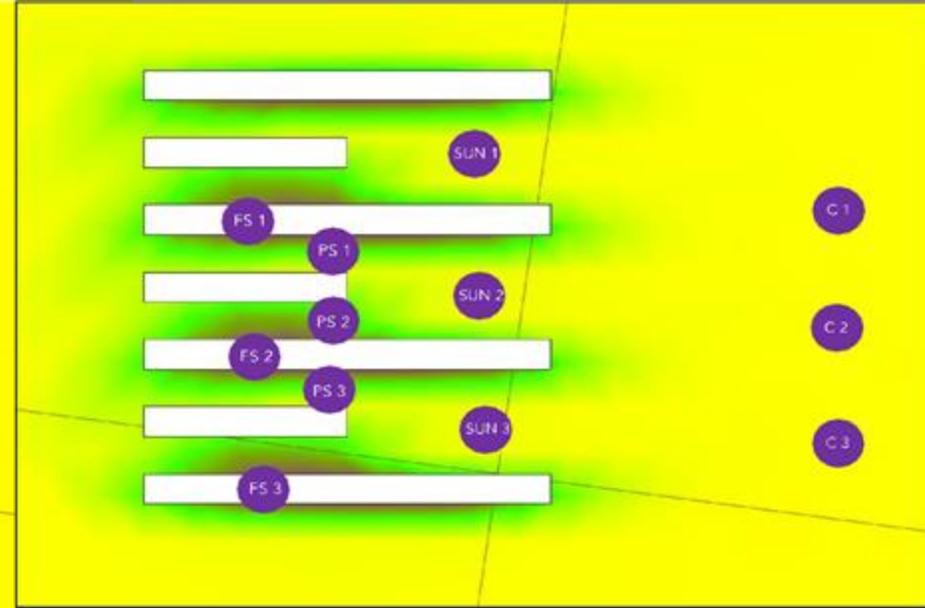
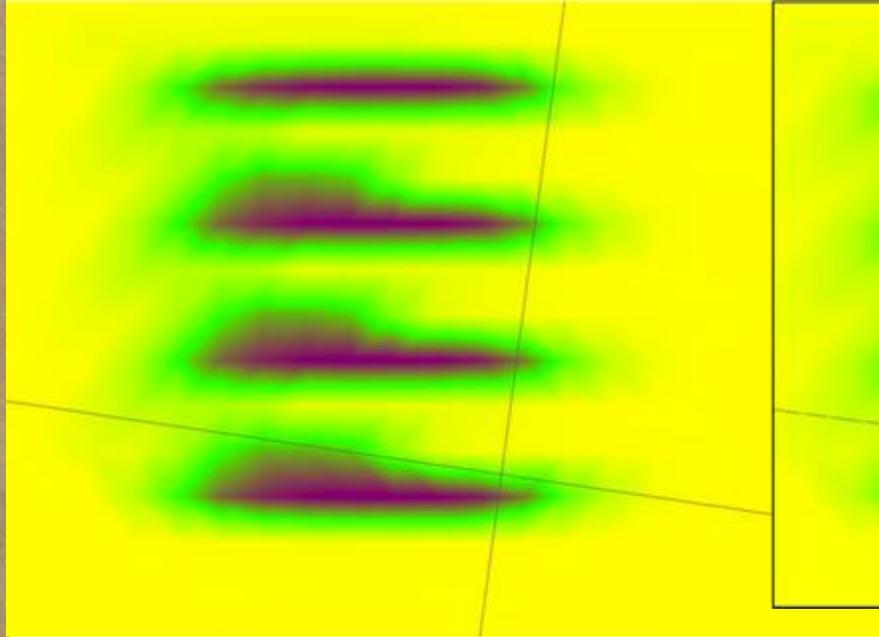
Estación Experimental "Germán Greve Silva" Universidad de Chile (Rinconada de Maipú), Región Metropolitana



- Superficie estructura 335 m<sup>2</sup>
- Orientación Norte, inclinación 20°
- Estructura de madera, altura 3,2 m
- Total 55 módulos: 4 x 10 y 3 x 5
- Potencia total instalada: 17,325 kW
- Pradera natural



# METODOLOGÍA: Tratamientos, Repeticiones y Análisis



- Muestras recolectadas en enero 2024.
- Dos profundidades: 0-15 cm y 15-30 cm.

TRATAMIENTOS (sectores):

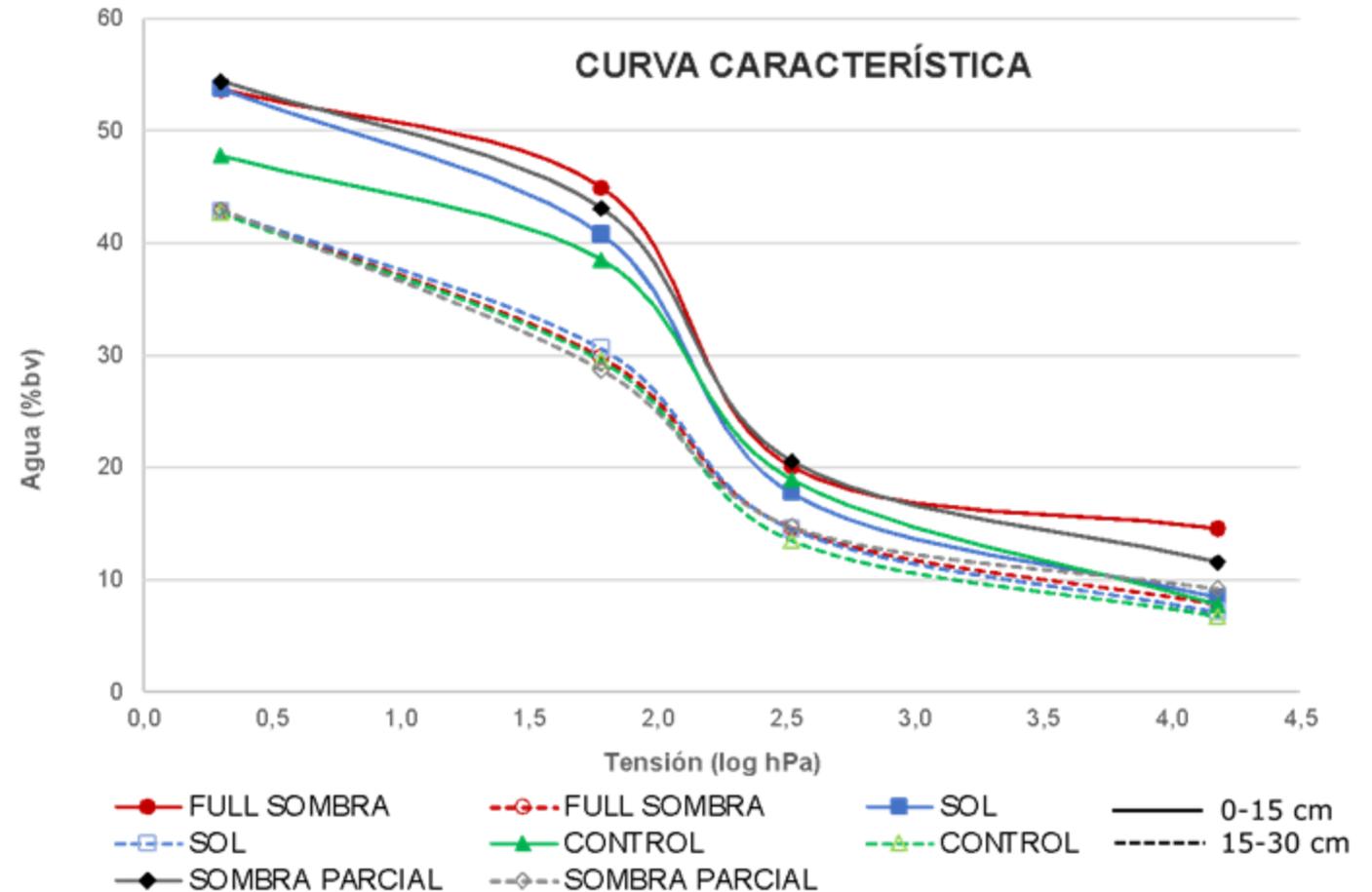
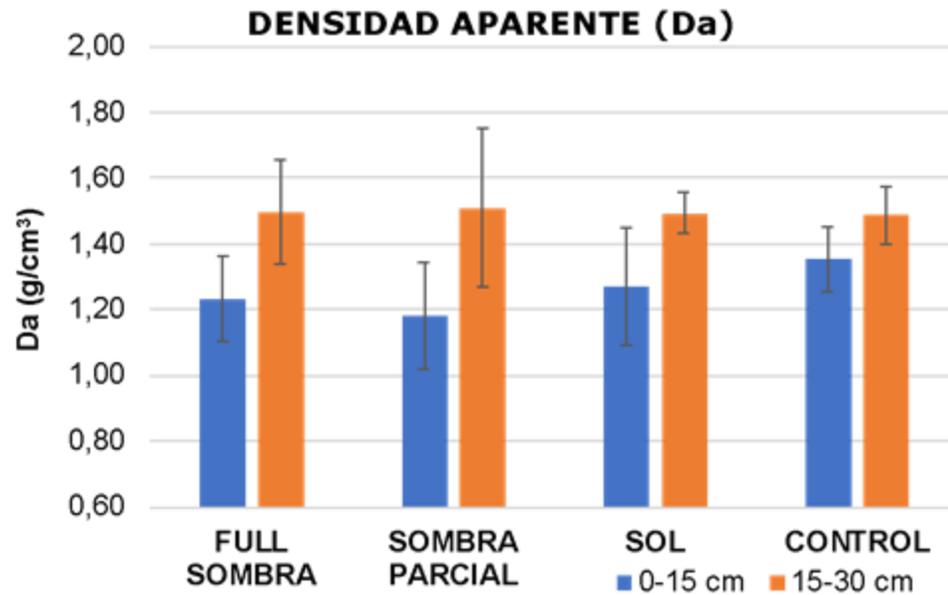
- **FS: Full Sombra**
- **PS: Sombra Parcial**
- **SUN: Full Sol**
- **C: Control**

4T X 3R x 2P = **24 MUESTRAS**

**Análisis:**

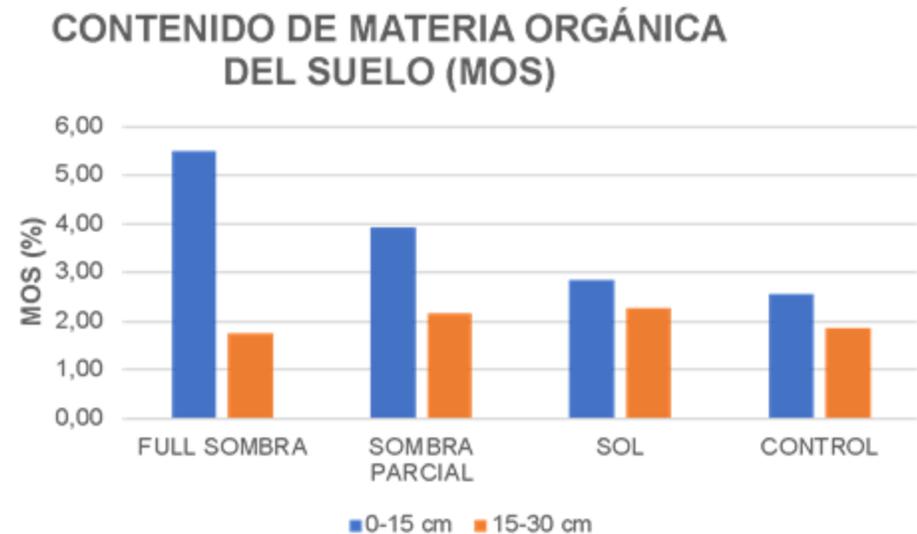
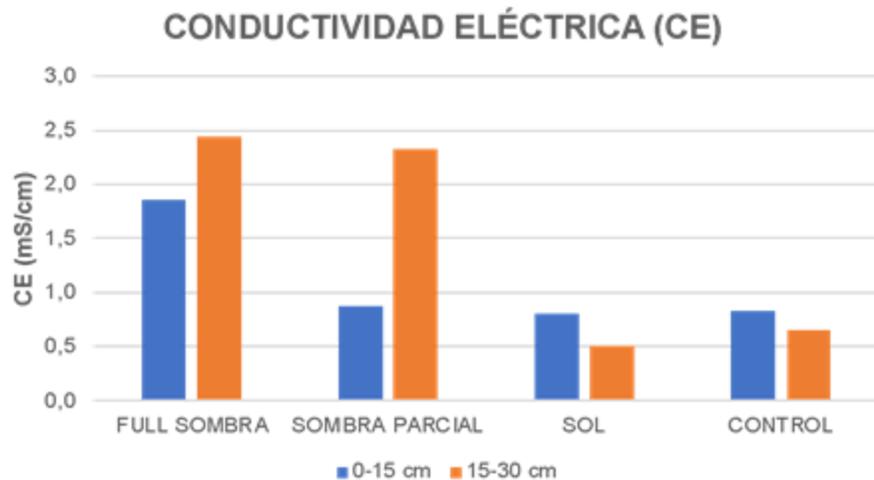
Propiedades físicas y químicas del suelo

# RESULTADOS PRELIMINARES

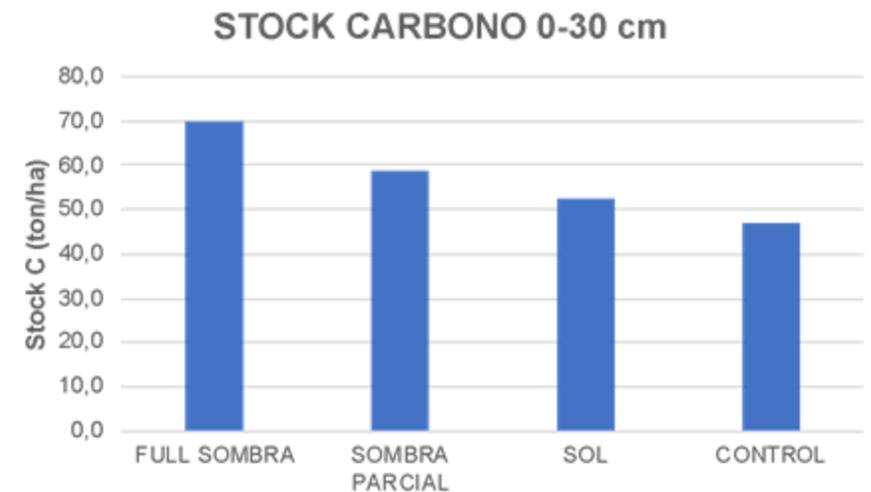


- Textura muy homogénea Franco Arenosa (Fa)
- Da: es menor bajo AgroPV en 0-15 y aumenta hacia SOL y C
- Bajo AgroPV (FS principalmente) (0-15) tiene la mayor capacidad de retención de agua

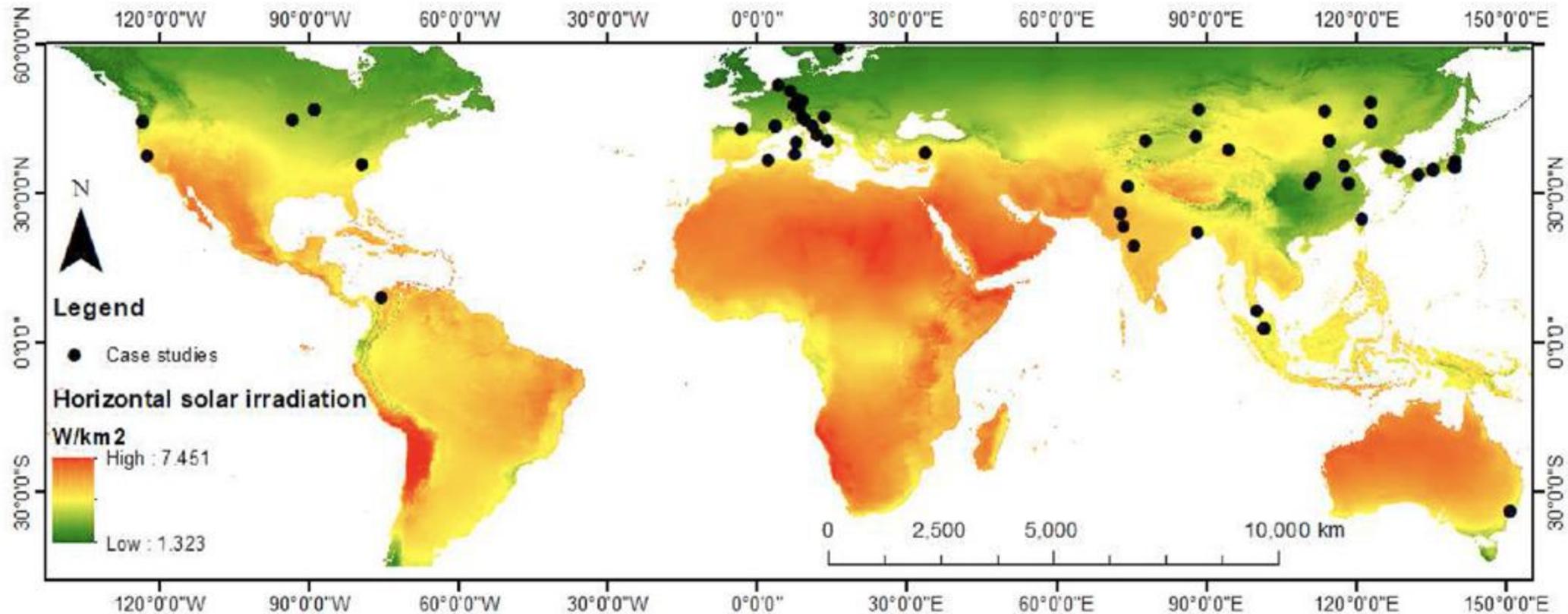
# RESULTADOS PRELIMINARES



- CE: FS y PS ligeramente salino. Paneles PV son una barrera a las pp y lixiviación de sales.
- Contenido de MOS es mayor en sectores con sombra (FS y PS), posiblemente debido a mayor contenido de agua y presencia de especies beneficiadas por la sombra (mayor biomasa).
- Stock C de 0-30 cm muestra ser mayor en sectores FS y PS, disminuyendo hacia SUN y C.

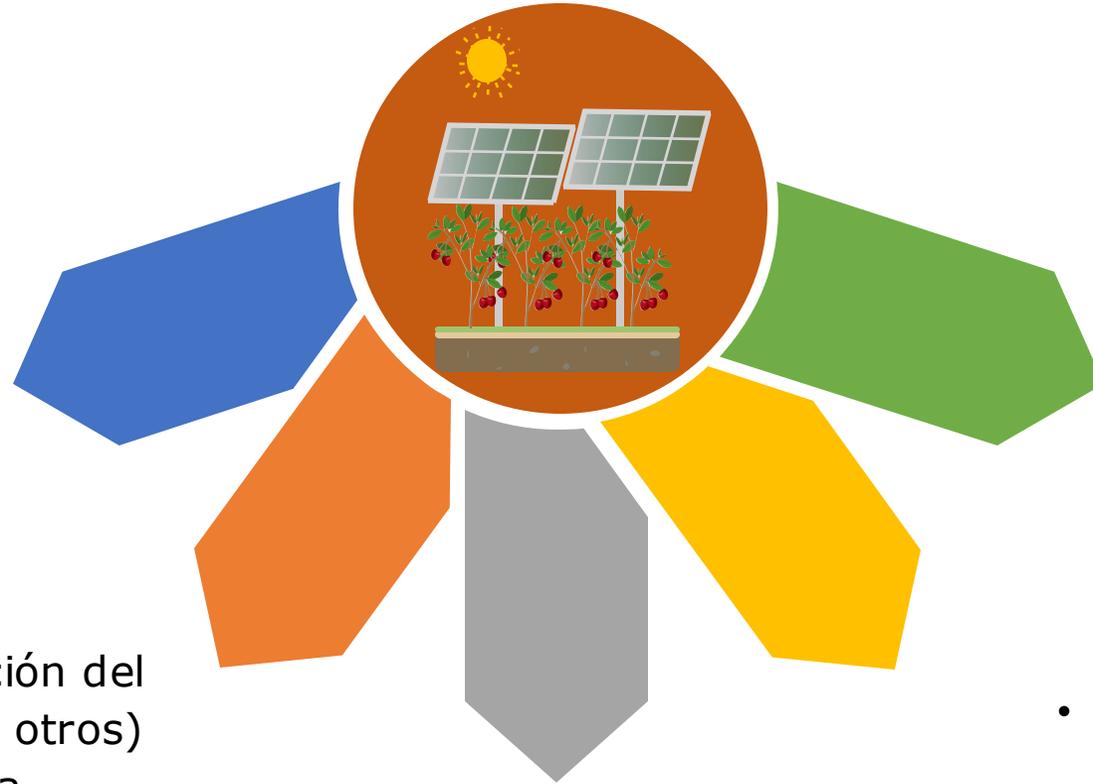


# MAPA DE PUBLICACIONES Y DE IRRADIACIÓN



**Mapa de irradiación horizontal global que muestra 49 proyectos agrivoltaicos mencionados en 98 publicaciones, a fines de enero de 2022.**

# Áreas de investigación y tendencias futura



Diseño de sistemas agrivoltaicos (materiales, soiling)

- Impactos en la modificación del microclima ( $T^{\circ}$ ,  $H^{\circ}$ , PAR, otros)
- Eficiencia del uso de agua
- Cambios en la disponibilidad de nutrientes
- Efectos de la sombra en cultivos y ganado

- Replicación y scaling up
- Monitoreo y evaluación de largo plazo

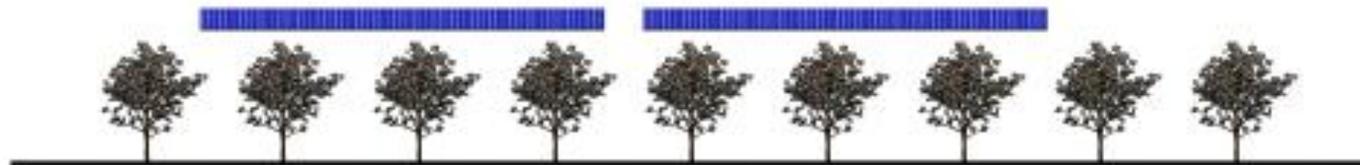
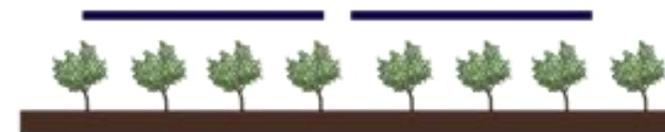
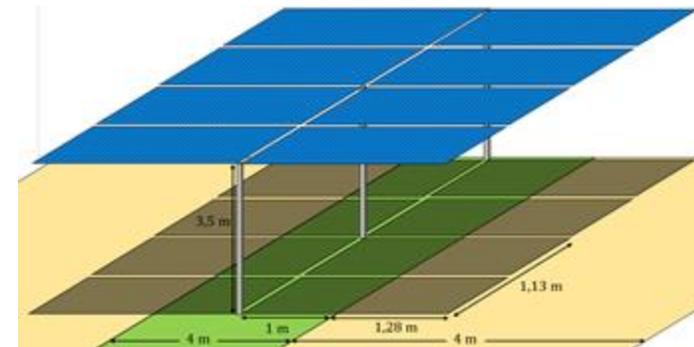
- Potencial de mitigación del Cambio Climático
- Evaluación de impactos ambientales

- Factibilidad económica y financiamiento
- Investigación social
- Percepción de stakeholders
- Recomendaciones de política

# Sistema Agrivoltaico para enfrentar la sequía en la región de Coquimbo

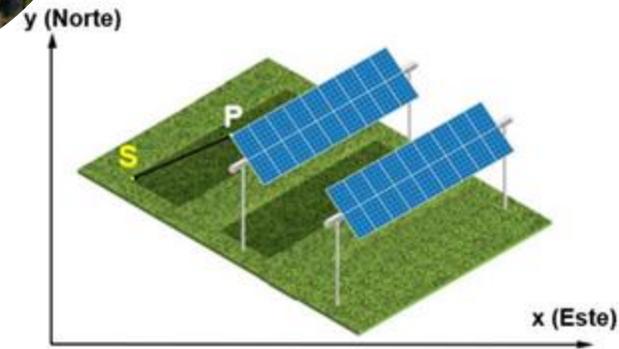
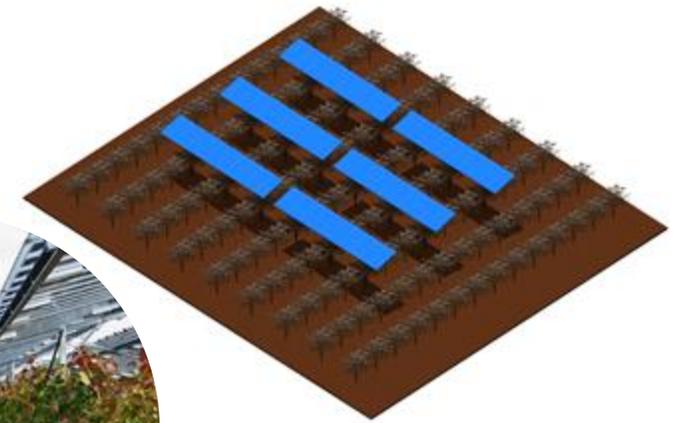


PROYECTO:  
**SISTEMA AGRIVOLTAICO  
PARA UN HUERTO DE CEREZOS  
DE LA REGIÓN DEL MAULE**



# MEMORIAS DE TÍTULO – FCFM – U.DE CHILE

1. Propuesta de un sistema agrivoltaico en frutales para el contexto chileno – [Javiera Chasco, 2023.](#)
2. Estudio del impacto de paneles fotovoltaicos en un proyecto agrivoltaico en Chile – [Dana Pérez, 2023.](#)
3. Sistema de gestión de energía para un sistema agrivoltaico en una plantación de cerezos – [Javier Prado, 2024.](#)
4. Consumo energético en el sector agrícola chileno y potencial de integración de sistemas agrivoltaicos - [Francisco Bull, 2024.](#)
5. Evaluación de soluciones agrivoltaicas mediante el uso de una herramienta basada en un sistema de información geográfico (sig) - [Giovanni Benedetto, 2024.](#)



# MAPA DE PROYECTOS AGRIVOLTAICOS EN CHILE



Fuente: Memoria Ing. Elect.  
FCFM Giovanni benedetto,  
2024.

Fuente: Elaboración propia, Giovanni Benedetto, Centro de Energía Universidad de Chile  
Actualización: julio 2024

# Próximas Charlas sobre sistemas agrivoltaicos

Título	Nombre	Hora	Lugar
<b>Efectos del Agro PV en el microclima en cultivos hortícolas en la Región Metropolitana</b>	<b>Frederik Schoenberger</b> Fraunhofer Chile	13:00 HRS	Sala 2 online
<b>Piloto AgroPV en la fruticultura de la Región de Ñuble</b>	<b>Víctor Pizarro C.,</b> Universidad Adventista de Chile	14:00 HRS	Sala 2 online
<b>Policy brief AgroPV: Análisis legislativo y recomendaciones de políticas a partir de experiencias internacionales para habilitar la combinación de paneles fotovoltaicos con la agricultura</b>	<b>Frederik Schoenberger</b> Fraunhofer Chile	14:00 HRS	Sala 2
<b>AgroPV: ahorrar agua produciendo energía en la Región de Coquimbo</b>	<b>Ian Homer B.</b> Universidad de Chile	16:00 HRS	Sala 6 online



CHILE  
AVANZA  
CONTIGO

FUNDACIÓN  
FUCOA



¿Gracias!

Agrivoltaic-Lab: Viviana Araus, Juan Manuel González,  
Rodrigo Palma, Marcia Montedonico  
[mmontedonico@centroenergia.cl](mailto:mmontedonico@centroenergia.cl)

