

Aumento de la Resiliencia de la Agricultura en Zonas Semiáridas: Efectos del Agro PV en el Microclima de la Horticultura

Fabian Spera ^{1,2}, Frederik Schönberger ¹, Francisco Moraga ¹ and David Jung ¹

¹ Fraunhofer Chile Research - Center for Solar Energy Technologies, General del Canto 421, Oficina 402 Providencia, Santiago, Chile.

² Estudiante de B. Eng., Renewable Energies, +56 9 50843759, fabian.spera@fraunhofer.cl

Introducción

Chile atraviesa una profunda crisis hídrica que se ha extendido por 12 años, una cifra que supone un récord como el periodo más seco desde 1961. La disponibilidad promedio de agua disminuyó a nivel nacional en un 23%. Las regiones del centro al norte son las más afectadas, lo que provoca que grandes extensiones de tierras de cultivo se sequen y queden inutilizables para la agricultura [1].

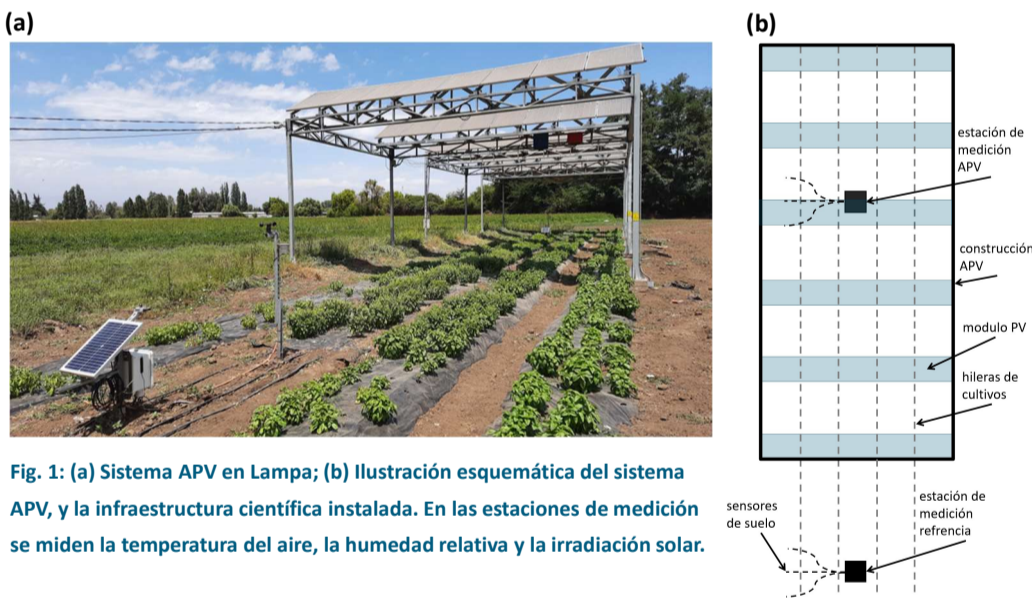
Por otra parte, Chile es el país con la mayor irradiación solar medida del planeta, con hasta 11 kWh/m²/día [2]. En este contexto, el concepto Agro PV (APV) tiene el potencial para no sólo proteger los cultivos de la irradiación solar, sino también aumentar la eficiencia del uso de la tierra. Barron-Gafford et al. investigaron los cambios microclimáticos bajo un sistema APV en comparación con los datos de referencia en el clima árido del desierto de Arizona en Estados Unidos [3]. Los resultados han demostrado que un sistema APV tiene el potencial de afectar positivamente al crecimiento de los cultivos [3].

En el presente trabajo, se exponen los datos microclimáticos que se midieron durante un período de 81 días, desde noviembre de 2021 hasta mediados de enero de 2022. Este estudio cuantifica por primera vez la alteración del microclima bajo un sistema APV en un contexto semiárido de Chile.

Método y datos

Fraunhofer Chile instaló tres sistemas piloto APV en la Región Metropolitana de Santiago. En particular, este trabajo se centra en el sistema piloto APV ubicado en la comuna de Lampa (Fig. 1 (a)). El sistema APV tiene una capacidad de 12,48 kWp con 48 paneles fotovoltaicos distribuidos en 6 filas y una superficie total de 224 m². Los módulos se instalaron a una altura de 3,9 m con una inclinación fija de 27° y un acimut de 330°.

Durante el periodo de medición, se cultivó albahaca y se regó mediante un sistema de riego por goteo. La temperatura media del aire oscila entre 9 °C en julio y 21 °C en enero [4]. Por otro lado, la irradiancia horizontal global (GHI) en el lugar tiene una media de 5,65 kWh/m²/día y la precipitación media anual desde 2010 hasta 2021 está documentada con 153 mm/año [4, 5].



Configuración experimental de los sensores y análisis de datos

Se instalaron dos estaciones de medición idénticas (Fig. 1 (b)): Una debajo del sistema APV y otra estación de referencia en campo abierto. Los datos microclimáticos fueron recogidos por un datalogger Campbell CR310, utilizando una tasa o frecuencia de muestreo de 1 minuto. Los piranómetros de células de silicio Apogee SP-110 miden la GHI a la misma altura de los paneles FV para los datos de referencia y debajo del sistema APV a una altura de unos 0,8 m. Los sensores DECAGON Device VP-4 miden la temperatura del aire y la humedad relativa. Tres DECAGON STM recogen datos sobre la humedad (en contenido volumétrico de agua, CVM%) y la temperatura del suelo. Estos sensores están colocados alrededor de la estación de medición en un perímetro de 2 m a una profundidad de 0,15 m. En este trabajo se analizaron los datos registrados en el periodo entre el 29.10.2021 y el 17.1.2022, y fueron procesados con el lenguaje de programación Python.

Resultados y discusión

El gráfico de dispersión de la Fig. 2 (a) muestra la irradiación solar de los 81 días en intervalos de 15 minutos. Este gráfico muestra la variación de la componente GHI y la caída que experimenta la irradiación solar registrada al mediodía bajo el sistema APV en comparación con el sistema de referencia. La GHI en el sistema APV es, en promedio, un 40% inferior a la de la zona de referencia.

Adicionalmente, bajo igual volumen de riego, la humedad del suelo fue en promedio 29% mayor bajo el sistema APV en comparación al sistema de referencia, con humedades relativas medias de 27.29 CVM% y 21.16 CVM% respectivamente (Fig. 2 (b)). Sumado a lo anterior, se observa que la humedad del suelo bajo el sistema APV y en la zona de referencia muestran peaks idénticos cuando se riega y tendencias generales, ya que ambas disminuyen a lo largo del periodo de tiempo analizado.

Por otra parte, la temperatura del suelo bajo el sistema APV fue en promedio 2,83 °C menos que lo registrado en el sistema de referencia (Fig. 3 (a)). La temperatura del suelo de ambas estaciones de medición muestra un patrón de aumento y una fluctuación similares a lo largo del periodo de medición.

Además, durante la noche, la temperatura mínima diaria del aire bajo el sistema APV fue en promedio 0,19 °C superior, mientras que la temperatura máxima diaria del aire bajo el sistema APV fue en promedio 0,21 °C inferior (Fig. 3 (b)). Por lo tanto, la temperatura tiende a estabilizarse bajo el sistema APV. Finalmente, es posible observar que las diferencias de temperatura aumentan con el incremento de la temperatura del aire.

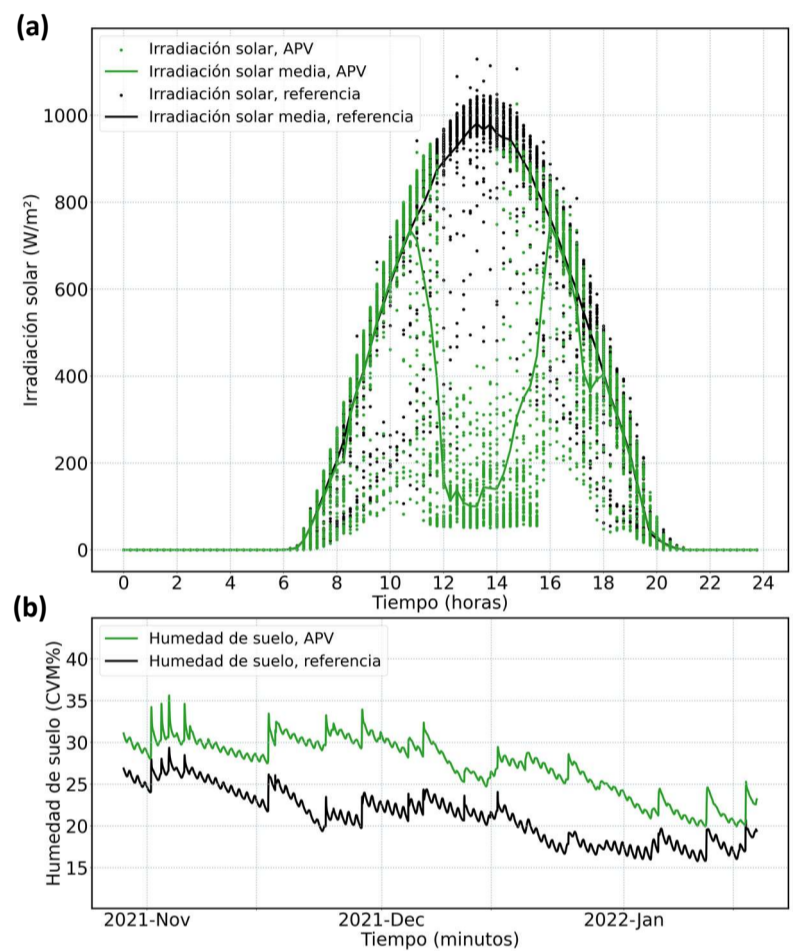


Fig. 2: (a) Irradiación solar con y sin influencia del sistema APV para cada día, trazada en intervalos de 15 minutos para todo el periodo de medición, con valores medios en W/m²; (b) Humedad del suelo en resolución horario en CVM% durante todo el periodo de observación

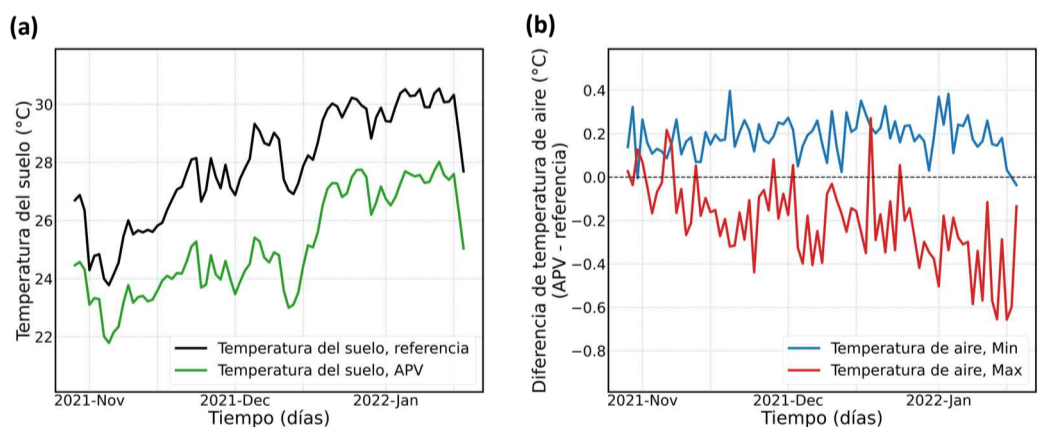


Fig. 3: (a) Temperatura del suelo medida en °C a lo largo de todo el periodo de medición y mostrada en un intervalo de tiempo de un día (diario); (b) Diferencia horaria de temperatura del aire entre los valores Mínimo y Máximo en °C durante todo el periodo de medición.

Conclusión

Los datos analizados muestran que el sistema APV crea potencialmente un entorno más controlado para los cultivos y, por tanto, podría influir positivamente en la productividad de las tierras de cultivo [3]. Además, los resultados muestran que se puede ahorrar agua de riego debido a la mayor humedad del suelo medida bajo el sistema APV [3]. El sombreado del sistema APV reduce la irradiación solar y la temperatura del suelo. El aumento de la temperatura del aire durante la noche puede estar relacionado a la cobertura que brindan los paneles fotovoltaicos, limitando el flujo de calor desde la tierra [3]. Los resultados del presente estudio son limitados debido a la ausencia de una documentación detallada de las prácticas agrícolas, los parámetros específicos de riego y el análisis del rendimiento. Como trabajo futuro se sugiere analizar datos durante un periodo de tiempo más prolongado y en diferentes instalaciones de APV, para seguir identificando y cuantificando el potencial de esta tecnología en el aumento de la resiliencia de la agricultura en climas semiáridos como el que predomina en la zona central de Chile.

[1] Ministerio de Agricultura, Dirección General de Aguas (2019): Gobernanza escenarios Hídricos 2030, En línea de: <https://escenarioshidricos.cl/wp-content/uploads/2020/06/portafolio.pdf>

[2] Alejandra Molina, et. al, A solar radiation database for Chile (2017): En línea de: https://www.researchgate.net/publication/320770268_A_solar_radiation_database_for_Chile

[3] Greg A. Barron-Gafford, et. al, Agrivoltaics provide mutual benefits across the food-energy-water nexus in drylands (2019), En línea de: https://www.researchgate.net/publication/335583033_Agrivoltaics_provide_mutual_benefits_across_the_food-energy_water_nexus_in_drylands

[4] Explorador Solar, Ministerio de Energía, Chile (2022), Recurso solar y datos meteorológicos, En línea de: https://solar.minenergia.cl/temp/reporteMeteo_1XWE6BI.pdf

[5] Dirección General de Aguas (2022): Explorador Climático, En línea de: <https://explorador.cr2.cl/>