



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI | RED ECOS



Agrovoltaicos; Conceptos, Aplicaciones y Caso de Estudio



Proyecto Parcela Agrovoltaica
Sostenible y Educativa (PASE)

2024

CRÉDITOS



Autores: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Dra. Teresa de Jesús Ruiz Sánchez
M.I. Miguel Ángel Guevara Nieto

Diseño y edición: Dra. Teresa de Jesús Ruiz Sánchez

Financiamiento: Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTEI), CDMX

Proyecto: Parcela Agrovoltáica Sostenible y Educativa (PASE)

Responsable del Proyecto: Dr. Aarón Sánchez Juárez

Institución: Instituto de Energías Renovables (IER) – UNAM

1ª Edición: Febrero de 2024 (100 ejemplares)

ISBN: En trámite

[Esta portada se ha diseñado con recursos de Flaticon.com.](#)

Todos los derechos reservados

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, transmitida o almacenada de manera alguna sin el permiso previo de la SECTEI

Impreso y hecho en México



PRÓLOGO

Los convenios mundiales que establecen como prioridad el ejecutar acciones que mitiguen los efectos del cambio climático, tales como la Agenda 2030 de la ONU; influyen en las políticas nacionales de los diversos sectores. Así, en el 2021, el secretario de Agricultura y Desarrollo Rural, Víctor Villalobos Arámbula, sostuvo que “este sector está llamado a reinventar los sistemas agroalimentarios de manera sostenible y abastecer de alimentos sanos, inocuos, nutritivos y sobre todo asequibles a toda la población”.

Por tal motivo, la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTEI) de la CDMX en su búsqueda de proyectos que beneficien al desarrollo tecnológico de dicha ciudad, estableció un vínculo de colaboración con el Instituto de Energías Renovables (IER) de la UNAM. Así, surge el Proyecto Parcela Agrovoltáica Sostenible y Educativa (PASE), con el objetivo general de “**Contribuir a la preservación del Suelo de Conservación de la CDMX y a la mejora en la calidad de vida de los productores del campo en la región mediante Proyectos Agrovoltáicos**”.

Este proyecto integra los siguientes beneficios: a) Fortalecimiento de agricultura protegida mediante uso de cubierta fotovoltaica, con preservación del suelo; b) Reducción del consumo de agua de riego al disminuir la pérdida por evaporación en los cultivos; c) Generación de energía eléctrica limpia con reducción de las emisiones de carbono; d) Incremento en la eficiencia de conversión eléctrica debido al efecto de enfriamiento producido por los cultivos; e) Uso de deshidratadores solares para productos seleccionados para conferirles un valor agregado e incrementar la economía de las comunidades rurales; y, f) Generación de conocimiento y tecnología para su replicación en otras zonas.



Por ello, y con la finalidad de hacer una divulgación del impacto del proyecto PASE, se desarrollaron dos cuadernillos: “Secado Solar de Alimentos; Conceptos y Aplicaciones”; y el presente documento, con título “Agrovoltaicos; Conceptos, Aplicaciones y Caso de Estudio”. En este cuadernillo, se presenta los conceptos básicos para comprender los sistemas agrovoltaicos; su aplicación, potencial en la agricultura protegida y beneficios adicionales; así como las principales características del proyecto PASE.

Va dirigido a todos los productores agropecuarios para mostrar que es posible cultivar, generar energía eléctrica y captar agua de lluvia en un mismo terreno: energía para cubrir las necesidades eléctricas que fortalecen su actividad productiva, terreno para cultivos de productos agrícolas y agua para satisfacer parte de sus necesidades de riego. También, se desea motivar a estudiantes y personas que deseen aprender e iniciarse en la aplicación de sistemas agrovoltaicos para implementar acciones de desarrollo sustentable.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Salud y Producción Animal (CEPIPSA), de la facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, por las facilidades para la implementación del proyecto. Al Tecnológico Nacional de México Campus Tláhuac III y a la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, por el apoyo para brindar estudiantes de servicio social y prácticas profesionales, que han sido las manos auxiliaadoras para desarrollo de actividades relevantes del proyecto.

A la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación, por el financiamiento otorgado para el desarrollo e implementación del proyecto PASE.



RENUNCIA

Este “Cuadernillo” se ha elaborado en relación al proyecto “Parcela Agrovoltaica, Sostenible y Educativa”, PASE, financiado por la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México, SECTEI-CDMX; desarrollado, implementado y dirigido por el Instituto de Energías Renovables (IER) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y puesto en operación en el Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Salud y Producción Animal (CEPIPSA) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), en la comunidad de San Miguel Topilejo, Tlalpan, CDMX.

Ninguna de las instituciones anteriores ofrece garantía alguna sobre el uso y aplicaciones de esta publicación. Este documento fue escrito de buena fe. La información y datos, los que provienen de fuentes públicas, se consideran correctos en la fecha de su publicación. La mención explícita o implícita de marcas comerciales, fabricantes, productos y servicios no implica que ellas hayan aportado apoyos, patrocinios, endoso o recomendación a los autores o instituciones mencionadas; solo se incluyen para facilitar el entendimiento de los temas cubiertos.

La reproducción total o parcial de esta publicación puede autorizarse bajo solicitud expresa a:

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, CDMX.

Cualquier comentario, sugerencia o aclaración debe dirigirse por escrito a:

Dr. Aarón Sánchez Juárez

Correo: asj@ier.unam.mx



CONTENIDO

Introducción.....	1
Concepto Agrovoltaico.....	2
Sistema Fotovoltaico (SFV).....	3
Agricultura Protegida	4
Potencial Agrovoltaico en México.....	5
Proyecto PASE – Localización e Impactos.....	7
Objetivos	8
Infraestructura.....	9
Inicio de Cultivos.....	14



INTRODUCCIÓN

Entre los efectos adversos que han traído a nuestro planeta las acciones de desarrollo, se encuentran una demanda excesiva de energía y el cambio de uso de tierras de cultivo a zonas habitacionales o industriales. Esto ha producido que se tengan que generar alternativas para que se priorice el uso de recursos de una manera más amigable con el ambiente para reducir el calentamiento global.

Así, se origina como una solución factible, la integración del uso de suelo para una agricultura sostenible con energías renovables, principalmente con energía solar fotovoltaica, surgiendo un nuevo concepto; **Sistemas Agrovoltaicos**. Esta técnica fue propuesta en Alemania en 1981 [1].

No obstante, los sistemas agrovoltaicos empezaron a tomar notoriedad hasta la década pasada como resultado de los estudios de su rendimiento, realizados en Francia, los que constatan que se puede lograr un incremento del 35 al 73 % en la productividad global de la tierra [2]. Adicionalmente, según un artículo publicado en Nature, en 2019, para suministrar la demanda de energía mundial sería necesario que sólo un 1 % de los terrenos cultivables se emplearan para la generación eléctrica solar [3].

Sin embargo, para determinar la productividad “real” de la tierra, es necesario establecer claramente el tipo de cultivos (especies) para los cuales es beneficiosa la disminución de los rayos solares (agricultura protegida), así como las condiciones climáticas particulares de la región. Es decir, se requiere de proyectos en los cuales se pueda obtener los datos experimentales del tipo de cultivo y sus condiciones (climáticas, estacionales, riego, etc.) para su aplicación y replicación en el suelo de nuestro país.

Así, el caso de estudio agrovoltaico lo constituye el Proyecto Parcela Agrovoltaica Sostenible y Educativa (PASE) que tiene diversos objetivos incluido el mencionado previamente.



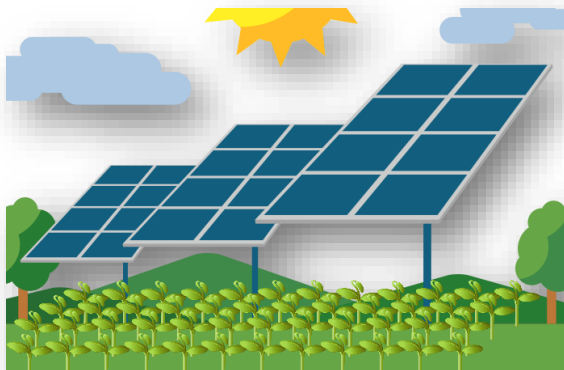
CONCEPTO AGROVOLTAICO

Con la palabra **agrovoltaica** está uno refiriéndose, al aprovechamiento simultáneo de una misma superficie de terreno para producción agrícola y obtención de energía mediante sistemas fotovoltaicos. Con la instalación de módulos solares sobre el suelo de cultivo, se tiene una cubierta que provee protección a éstos de la luz directa procedente del Sol; disminuyendo la evaporación y generando condiciones adecuadas para el crecimiento de ciertas especies. Así, se producen espacios más frescos, lo que beneficia tanto a los cultivos como a la operación eficiente del sistema fotovoltaico para una mayor generación de electricidad [4,5].

Adicionalmente, se favorece el autoconsumo de energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos y necesaria para las actividades agrícolas.

Un sistema agrovoltaico también repercute en un ahorro hídrico hasta de un 29%, dado que la sombra producida reduce la evapotranspiración de las plantas, manteniendo la cantidad de agua en el suelo y disminuyendo su requerimiento en el riego, así como la pérdida de nutrientes [4,6].

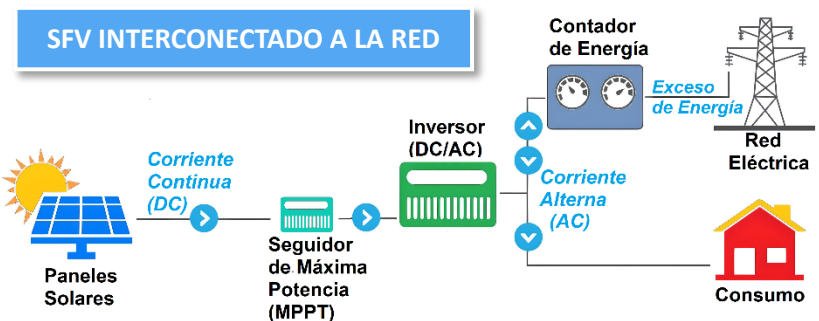
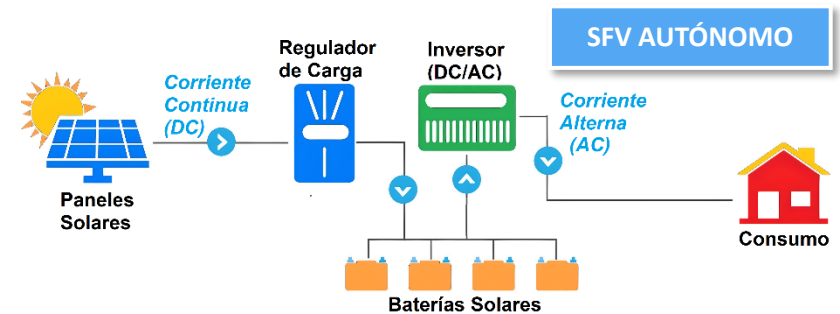
Cabe mencionar que, la instalación de módulos solares requiere de una estructura elevada para permitir el paso de los agricultores, motocultores y diversos equipos agrícolas.



SISTEMA FOTOVOLTAICO (SFV)

Un SFV es la integración de equipos, partes y componentes cuya función es absorber la luz solar, transformarla en electricidad (generación) y acondicionarla para su consumo en los aparatos o equipos eléctricos. Esta transformación se realiza en las celdas solares con las que se construyen los módulos o placas fotovoltaicas, La mayor parte de los módulos fotovoltaicos comerciales están fabricados con silicio cristalino. Cabe mencionar que no toda la radiación solar produce corriente eléctrica, pues existen pérdidas debidas a la reflexión y transmisión [7].

Los principales componentes y tipos de sistemas fotovoltaicos se muestran en las siguientes imágenes.





AGRICULTURA PROTEGIDA

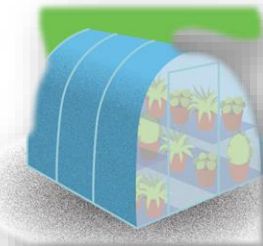
También llamada agricultura bajo cubierta. Su finalidad es crear condiciones adecuadas para el desarrollo de los cultivos con base en sus requerimientos climáticos. Para ello, existen diversos tipos de estructuras, tales como [8,9]:

- a) **Invernadero.** Estructura alta y fija para controlar de forma eficiente los principales factores ambientales que afectan a los cultivos tales como lluvias e inundaciones. Representa el máximo nivel tecnológico y de protección para las plantas cultivadas



- b) **Casa o malla sombra.** Regula la cantidad de luz solar que llega a las plantas. Se recomienda en sitios donde la radiación solar es muy alta con climas secos, ya que no protege de la lluvia. La altura depende del cultivo; normalmente está entre los 3 y 5 m.

- c) **Macrotúnel o túnel alto.** Esta estructura es fácil construcción tiene forma semicircular y está cubierta por malla sombra o polietileno. Se emplea principalmente, en producción de hortalizas y plantas ornamentales.



- d) **Microtúnel, túnel bajo o mini invernadero.** Estructura pequeña y construida con arcos sobre los que se adhieren cubiertas de plástico. Disminuye los efectos perjudiciales de las bajas temperaturas en los cultivos. El microtúnel es retirado para que permita a la planta llegar a su altura máxima. Así, requiere de labores similares a las del sistema abierto.



POTENCIAL AGROVOLTAICO EN MÉXICO

La factibilidad de estos sistemas requiere considerar los siguientes aspectos:

- (1) **SUPERFICIE Y TIPO DE CULTIVO.** Dadas las características de la agricultura protegida, se considera que el sistema agrovoltaico puede aplicarse a cultivos que utilizan estructura de malla sombra.

De acuerdo con datos de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), de 2022; México es una potencia exportadora de cultivos bajo cubierta, con ventas por 5.8 millones de toneladas. Actualmente, gran parte de la agricultura protegida de hortalizas se lleva a cabo con invernaderos y malla sombra [10]. Así mismo, según la SADER, desde el 2016 la técnica de la malla sombra es la más usada [11]. En 2022, representó el 44% (superficie de más de 20 mil hectáreas) de la superficie cultivable [10].

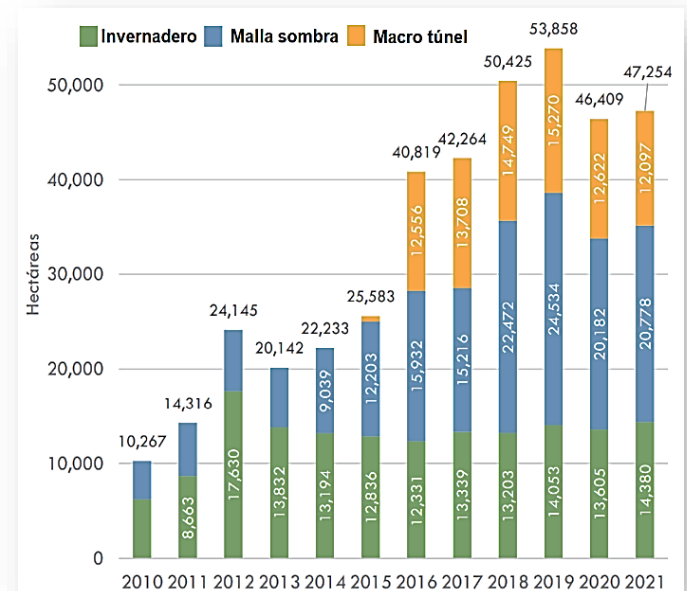


Imagen tomada de referencia [11]



POTENCIAL AGROVOLTAICO EN MÉXICO

(2) INTENSIDAD DE RADIACIÓN SOLAR. En la imagen se muestra el mapa con la distribución de la Irradiación Horizontal Global (GHI) con localidades que, en 2022, tenían algún proyecto agrovoltaico. Generalmente, la GHI es alta y adecuada para sistemas agrovoltaicos en latitudes inferiores a 45° y zonas cercanas al ecuador, entre las cuales se encuentra nuestro país. No obstante, una GHI por sí sola no indica condiciones óptimas, depende además de la agricultura local y factores como condiciones climáticas, suelo y disponibilidad de agua. Por ello, existen sitios con una GHI baja en donde se han implementado proyectos agrovoltaicos [12].

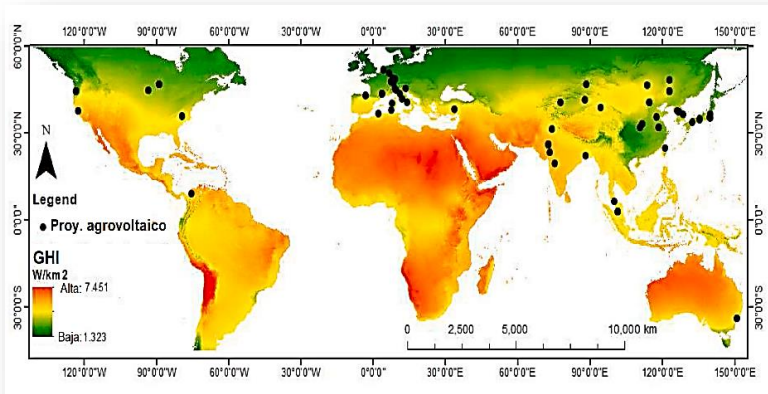


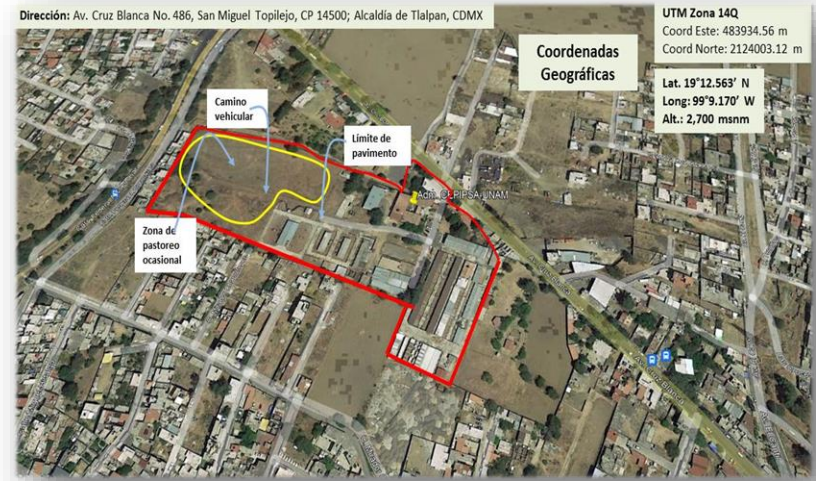
Imagen tomada de referencia [12]

Con base en los aspectos a considerar para la factibilidad del desarrollo de proyectos agrovoltaicos, se aprecia que, México tiene no sólo un buen potencial con más de 20 mil hectáreas de cultivo, que se incrementan anualmente, además de una alta GHI; sino que debe ser un compromiso la aplicación de estos sistemas para obtener un desarrollo económico sostenible.



PROYECTO PASE - LOCALIZACIÓN E IMPACTOS

El proyecto Parcela Agrovoltaica Sostenible y Educativa (PASE) se desarrolla en el Centro de Enseñanza Práctica e Investigación para la Producción y Salud Animal (**CEPIPSA - UNAM**), en el pueblo de San Miguel Topilejo, Alcaldía de Tlalpan [13].



Busca afectar favorablemente en los siguientes sectores:

- a) **Impacto Social**
 - Reducción de la pobreza
 - Adopción y asimilación de nuevas tecnologías
 - Apoyo integral a la formación de recursos humanos
- b) **Impacto Económico**
 - Crecimiento económico
 - Fomento a la economía local
- c) **Impacto Ambiental**
 - Uso de energías renovables
 - Menor contaminación
 - Reducción de las mermas



OBJETIVOS

En el proyecto PASE para cumplir con el objetivo general, se establecieron los siguientes objetivos particulares:

- a) Desarrollar e Implementar una Planta Agrovoltaica con una superficie aproximada de 350 m² y potencia pico fotovoltaica de 39.36 kW.
- b) Estudiar el crecimiento de cultivos específicos sembrados tanto a cielo abierto como debajo de la cubierta fotovoltaica.
- c) Establecer un sistema de monitoreo en tiempo real de las variables climáticas, el crecimiento de los cultivos y la calidad del producto agrícola.
- d) Ofrecer orientación en actividades de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas a agricultores y estudiantes de la región.
- e) Desarrollar e Implementar una planta de deshidratado solar para el secado de los productos seleccionados y conferirles un valor agregado.
- f) Impulsar la inserción de grupos de productores agrícolas en la participación del proyecto, llevando a cabo las acciones que conlleven a la solución de la problemática y mejora de sus cultivos.
- g) Promover los beneficios de la técnica agrovoltaica tanto con productores vecinos como en instituciones educativas de la región.



INFRAESTRUCTURA

La instalación PASE está integrada por ocho sistemas o componentes principales, los cuales se describen brevemente, a continuación:

(1) GENERADOR ELÉCTRICO SOLAR FOTOVOLTAICO (GESFV).

- Instalado sobre la Estructura Metálica a 3.6 m sobre el nivel del suelo.
- Consta de 72 módulos fotovoltaicos (MFV), integrando 4 Sistemas FV interconectados a la Red Eléctrica Local del CEIPSA:
 - 24 MFV con celdas m-Si PERC tipo p y un inversor de 15.0 kW;
 - 24 MFV con celdas m-Si PERL tipo p y un inversor de 15.0 kW;
 - 12 MFV con celdas m-Si PERC tipo p agrupados de 4 en 4, cada grupo con un inversor de 2.0 kW;
 - 12 MFV con celdas m-Si bifaciales, agrupados de 4 en 4, cada grupo con un inversor de 2.0 kW.
- Producción de energía eléctrica estimada en 5.3 MWh mensual que aporta el 70% del consumo eléctrico de CEIPSA.
- La generación eléctrica evita la emisión de 2.3 ton de CO₂.





(2) ESTRUCTURA METÁLICA ELEVADA.

- Tiene forma rectangular, con dimensiones de 12.72 m x 19.40 m y 3.0 m de altura.
- Compuesta por 25 columnas de acero, cuadradas, de 15.0 cm de lado y vigas de cerramiento tipo IPS de 10.0 cm de patín por 15.0 cm de peralte.
- Columnas ancladas con 4 tornillos de 19.0 mm de diámetro. Embebidas en un dado de concreto armado de 40.0 cm x 40.0 cm por 65.0 cm de profundidad, que descansa en una zapata cuadrada de concreto armado de 145.0 cm de lado por 15.0 cm de espesor.
- Cuenta con canaletas para recolectar el agua de lluvia que se conduce hacia el tanque de almacenamiento.



(3) TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA CAPTURADA POR LOS MFV

- Dimensiones: 10.0 m de diámetro y 1.80 m de altura. (capacidad útil de 140 m³).
- Elaborado con paredes cilíndricas metálicas y una membrana de contención.



(4) RED HIDRÁULICA / SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEO

- Se integra con tubos y accesorios de PVC.
- Consiste de una línea general de 1" que sale de los tanques de mezcla y se divide en dos ramas secundarias de ¾": una hacia las parcelas de cultivos a cielo abierto y otra hacia las que están bajo cubierta fotovoltaica.



(5) MICRO PARCELAS

- Se instalaron cajones con el objeto de confinar a las micro parcelas y garantizar un mejor control de las variables a medir.
- Son 24 cajones debajo de la cubierta fotovoltaica y 6 cajones fuera de ésta. Características de los cajones:
 - Sin fondo, hecho con tablas de madera de 19 mm espesor x 20 cm de alto x 250 cm de largo.
 - Contiene 1.25 m³ de tierra de cultivo (mezcla de tierra de campo, composta y estiércol).
 - Densidad de cultivo para 16 plantas espaciadas cada 50 cm.
 - Sistema de riego por goteo (2 L/h en cada gotero).



- Se sembrarán dos especies diferentes que presenten similitudes de requerimientos de agua y nutrientes.



(6) EQUIPO DE SECADO SOLAR

- Un deshidratador solar tipo túnel con capacidad de 100 kg.
- 4 deshidratadores solares tipo gabinete con capacidad de 20 kg.



(7) CASETA PARA CAPACITACIÓN Y SERVICIOS

- Un aula abierta de 40 m² para impartir cursos y talleres.
- 2 cubículos de 9.0 m² para oficinas de investigadores y almacenamiento de equipo audio-visual.



(8) SISTEMA DE MONITOREO

- Cuenta con 2 Sistemas de Adquisición de Datos interconectados a sensores de las sig. variables:
 - Para las condiciones a cielo abierto y bajo cubierta FV: Temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad de viento, dirección de viento (a 50 cm en cielo abierto y a 4 m en cubierta FV), precipitación pluvial (cielo abierto), gradiente de temperatura cada 50 cm (debajo de cubierta FV).
 - Para condiciones de MFV: Temperatura de placa del módulo; voltaje, corriente, potencia y energía generada en DC y transformada a AC.
- Posee un Sistema de Adquisición de Datos y Control de Riego interconectados a sensores que registran y activan el sistema de irrigación automático, tanto para cielo abierto como bajo cubierta FV, con seguimiento de las siguientes variables:
 - Humedad relativa del suelo
 - Temperatura del suelo

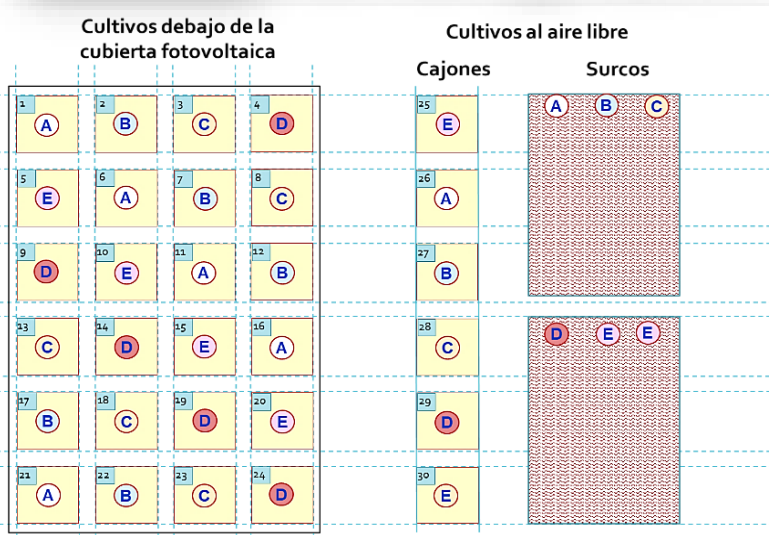




INICIO DE CULTIVOS

Para el inicio de cultivos, en septiembre de 2023, se seleccionaron 10 especies de hortalizas: cebolla morada, cebolla blanca, lechuga italiana, lechuga sangría, coliflor, acelga, brócoli, puerro, col verde y col morada. Ello considerando que, estas especies pueden sembrarse bajo malla sombra y las características climáticas de la localidad de Topilejo. En las siguientes imágenes se presenta la distribución del cultivo tanto a cielo abierto (aire libre; en cajones y surcos), como bajo la cubierta fotovoltaica, así como, el estado de los cultivos representativos al 19 de octubre y 16 de noviembre de 2023 [13].

Hortalizas con similitudes	
(A)	Brócoli y Puerro
(B)	Cebolla morada y Col verde
(C)	Lechuga italiana y Col morada
(D)	Cebolla blanca y Coliflor
(E)	Lechuga sangría y Acelga



DEBAJO DE LA CUBIERTA FV



A CIELO ABIERTO



19 DE OCTUBRE DE 2023

DEBAJO DE LA CUBIERTA FV



A CIELO ABIERTO



16 DE NOVIEMBRE DE 2023

Los resultados de su desarrollo, el posterior seguimiento de las condiciones y sus efectos en los cultivos, proporcionaran información para la mejora y replicación del proyecto agrovoltaico.



REFERENCIAS

- [1] Iberdrola. (s.f.). *Energía agrovoltaica, cuando la agricultura y las renovables se dan la mano*. Recuperado en feb. de 2024, de <https://www.iberdrola.com/innovacion/energia-agrovoltaica>
- [2] Fundeen. (s.f.). *Energía agrovoltaica: cómo funciona y qué ventajas tiene - Cambio climático*. Recuperado en feb. de 2024, de <https://www.fundeen.com/blog-energias-renovables/energia-agrovoltaica-que-es-funcionamiento>
- [3] Adeh, E.H., Good, S.P., Calaf, M. et al. (2019). Solar PV Power Potential is Greatest Over Croplands. *Sci. Report*, 9 (11442). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47803-3>
- [4] SUNENERGY SYSTEM. (s.f.). *La Energía Agrovoltaica: Una Solución para el Cambio Climático y la Agricultura*. Recuperado en feb. de 2024, de <https://sunenergysystem.net/energia-agrovoltaica/>
- [5] Masters in Solar. (20 de dic. de 2022). *¿En qué consiste la agrovoltaica y qué aplicaciones tiene?* Recuperado en feb. de 2024, de <https://mastersinsolar.es/base-de-conocimiento/blog-energia-solar/en-que-consiste-la-agrovoltaica-y-que-aplicaciones-tiene/>
- [6] Neo Lux. (01 de dic. de 2022). *Energía agrovoltaica - Eficiencia energética*. Recuperado en feb. de 2024, de <https://www.neoluxenergy.com/blog/post/agrovoltaico>
- [7] Auto Solar. (s.f.). *Efecto fotovoltaico*. Recuperado en feb. de 2024, de <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/efecto-fotovoltaico#:~:text=No%20toda%20la%20radiaci%C3%B3n%20solar,se%20genera%20la%20corriente%20el%C3%A9ctrica>
- [8] Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (03 de ene. de 2017). *Tipos de estructura para la agricultura protegida*. Recuperado en feb. de 2024, de <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/tipos-de-estructura-para-la-agricultura-protegida>
- [9] Cedillo Portugal, E., & Calzada Sandoval, M. L. (2012). *La horticultura protegida en México. Situación actual y perspectivas*. Encuentros UNAM, pp. 1-10. https://issuu.com/fesaragon/docs/horticultura_protegida_en_mexico
- [10] Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (25 de ago. de 2022). *Agricultura protegida ubica a México entre los principales productores de frutas y hortalizas*. Recuperado en feb. de 2024, de <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/agricultura-protegida-ubica-a-mexico-entre-los-principales-productores-de-frutas-y-hortalizas?idiom=es%2%A0#:~:text=Detall%C3%B3%20que%20en%202021%2C%20M%C3%A9xico,dos%20mil%20700%20hect%C3%A1reas%20anuales>
- [11] Asociación Mexicana de Horticultura Protegida A.C. (AMHPAC). (2022). *AMHPAC informa*. Recuperado en feb. de 2024, de https://amhpac.org/negociosymercados/socios/v2/wp-content/uploads/2023/09/AMHPAC-te-informa-2022_V3.pdf
- [12] Mamun, M. A. A. et. al. (2022). A review of research on agrivoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 161 (112351). ISSN 1364-0321. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112351>
- [13] Sánchez Juárez, Aarón (noviembre 2023). *Parcela Agrovoltaica, Sostenible y Educativa, "PASE"*. Informe estado actual del proyecto. IER-UNAM

Material didáctico auspiciado por la
**SECRETARÍA DE EDUCACIÓN, CIENCIA,
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (SECTEI) DE
LA CDMX**



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI | **RED ECOS**

A través del Proyecto “PARCELA
AGROVOLTAICA SOSTENIBLE Y
EDUCACIONAL” (PASE), que se está
desarrollando por el Instituto de Energías
Renovables (IER) de la UNAM; bajo la
responsabilidad técnica del
Dr. AARÓN SÁNCHEZ JUÁREZ.