

# **PROYECTO “Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía” CLAVE CS2309.1 Informe final**





COORDINACIÓN DE SEGURIDAD HÍDRICA  
SUBCOORDINACIÓN DE AGUA, ENERGÍA Y PROYECTOS  
PRODUCTIVOS

**Jefe de Proyecto:** Dr. Ulises Dehesa Carrasco

**Colaboradores:**




M. C. Irving Juvenal Álvarez Celso  
Dr. Ulises Dehesa Carrasco  
Dr. Eduardo Venegas Reyes  
M. Sc. Marcia Adriana Yáñez Kernke  
M.C. Anthony Michel  
L.A.G. Olga García Villa  
M.C. José Alfredo Díaz Magaña  
Ing. Emir Delgado Quezada  
M.C. Pedro Rivera Ruíz

**México, 2023**

 	<p align="center"><b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b></p>	 
<p align="center">Página X de Y</p>	<p align="center">México, 2023</p>	<p align="center">Clave: <b>F.C0.2.04.01</b></p>



## Agradecimientos

La Subcoordinación de Agua, Energía y Proyectos Productivos agradece a la L.A.G. Olga García Villa por el apoyo brindado en la gestión del proyecto. Se agradece también al Ing. Oscar Santiago Martínez Gómez, al Ing. Luis Gómez Tagle, a Ismael de Jesús Salgado y personal de mantenimiento por el apoyo brindado en la construcción de la cocina solar tipo CPC.

 	<p align="center"><b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b></p>	 <p align="right">IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
<p align="center">Página X de Y</p>	<p align="center">México, 2023</p>	<p align="right">Clave: <b>F.C0.2.04.01</b></p>

## RESUMEN

En este informe se presentan los resultados del proyecto interno CS2309.1 de la Subcoordinación de Agua, Energía y Proyectos Productivos. En este trabajo se presentan las actividades de difusión, donde se realizó un curso taller de Tecnologías del Agua, dirigido a integrantes de las Comunidades de Aprendizaje Campesino (CACs) de los Reyes; Arcángel San Rafael; La Esperanza Verde; Huamantla Floreciendo; Ejidos Unidos Hasat; Cultivando Vida y Esperanza; Sembrando Vida y Esperanza en Ayala; Chautla Vive Del Estado De Morelos. Se presenta también el diseño, construcción y evaluación experimental de una cocina solar basada en CPC, donde los resultados son satisfactorios. Adicionalmente se presenta la construcción de una base para una bicibomba. Otra actividad importante que se realizó en el área fue la evaluación de cultivos de semillas criollas de maíz y frijol, así como el manejo del área demostrativa de la Subcoordinación de Agua, Energía y Proyectos productivos. Se compraron materiales para habilitar nuevos espacios para la producción de fertilizantes y plaguicidas naturales, los cuales se generan in situ a partir de insumos externos, pero de fácil acceso. No fue posible tener listos todos los bio-insumos, solamente a final del año se pudieron elaborar algunos. Por lo tanto, se considera que a futuro el rendimiento de los cultivos se podrá optimizar a partir de la aplicación regular y adecuada de bio-insumos de calidad. Se implementaron en el área cultivos de maíz, frijol, tomate Cherry, calabaza, camote y sandía. Se presenta también el proceso de construcción y puesta en marcha de un bio-abrevadero, que funciona con una bomba solar.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b>	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página X de Y	México, 2023	Clave: F.C0.2.04.01

## INDICE DE CONTENIDO

1. Promoción y difusión de las diferentes alternativas en el manejo de huertos (Curso Taller Tecnologías del Agua).....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Desarrollo.....	1
2. Desarrollo de tecnologías sostenibles .....	8
2.1. Cocina solar .....	8
2.1.1. Desarrollo.....	8
1.1.2. Referencias .....	20
2.2 Bicibomba .....	21
2.2.1 Desarrollo.....	21
3. Evaluación de cultivos de semillas criollas y construcción de un bio-abrevadero para fauna silvestre .....	29
4.6. Presencia de plagas y enfermedades en cultivos .....	49
3.2.1. Introducción.....	63
3.2.2. Desarrollo.....	64
Desarrollo de plaga (larva de gusano soldado (Spodoptera exigua) .....	73
3.3. Referencias.....	80
3.3. Bioabrevadero.....	82
3.3.1. Desarrollo.....	82
4. CONCLUSIONES.....	90

## 1. Promoción y difusión de las diferentes alternativas en el manejo de huertos (Curso Taller Tecnologías del Agua)

### 1.1. Introducción

Se llevó a cabo el curso taller de “Tecnologías del Agua” en el aula magna del centro de capacitación del IMTA los días 28 de septiembre y 5 de octubre de 2023. El curso estuvo dirigido a las Comunidades de Aprendizaje Campesino (CACs) de los Reyes; Arcángel San Rafael; La Esperanza Verde; Huamantla Floreciendo; Ejidos Unidos Hasat; Cultivando Vida y Esperanza; Sembrando Vida y Esperanza en Ayala; Chautla Vive Del Estado De Morelos.

Objetivo del curso: Dar a conocer las diferentes ecotecnologías desarrolladas en el instituto y que pueden ser de utilidad para las comunidades de aprendizaje.

Las actividades del curso se describen en la tabla 1.

Tabla 1.1 Actividades del Curso Taller “Tecnologías del Agua”

28 de septiembre
Hora Actividad
10:00 a 10:30 Apertura del evento
10:30 -11:30 Las eco tecnologías y los sistemas agrovoltaicos
11:30 – 13:00 Sistema SCALL
13:00 – 14:30 Recorrido por las instalaciones del IMTA
5 de octubre
10:00 a 11:00 La importancia de beber agua de buena calidad
11:00 -12:30 Experiencia Sistema de potabilización en comunidades.
12:30 – 14:00 La importancia de agroecología
14:00 – 14:30 Cierre de actividades

### 1.2. Desarrollo

A las 10:00 horas del 28 de septiembre de 2023 se dio la bienvenida al curso taller por parte de la Mtra. Malinali Domínguez Mares y el Dr. Ulises Dehesa Carrasco.



Figura 1.1. Bienvenida al curso taller “Tecnologías del Agua”.

A las 10:30 se impartió la plática de las eco tecnologías y los sistemas agrovoltaicos, donde se dio un panorama de algunas eco-tecnologías que se han desarrollado e implementado en el IMTA.



Figura 1.2. Platica de eco tecnologías y los sistemas agrovoltaicos.

A las 11:30 horas se impartió la plática de Sistema SCALL, es decir, sistemas de captación de agua de lluvia.



Figura 1.3. Platica de Sistema SCALL.

A las 13:00 horas se realizó un recorrido por las instalaciones del IMTA, donde también se visitó el área demostrativa de la Subcoordinación de Agua Energía y Proyectos Productivos.



Figura 1.4. Visita al área demostrativa Agua Energía y Proyectos Productivos.

Adicionalmente en el área demostrativa se les explicaron a los participantes algunas técnicas de agroecología que se han implementado en el IMTA.





Figura 1.5. Explicación de compostaje en el área demostrativa Agua Energía y Proyectos Productivos.

El 05 de octubre tuvo lugar la segunda parte de la capacitación destinada a las CACs. El Dr. Ulises Dehesa Carrasco recibió un reconocimiento por parte de las Comunidades de Aprendizaje Campesino.



Figura 1.6. Reconocimiento otorgado al Dr. Ulises Dehesa Carrasco.



 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b>	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 5 de 91	México, 2023	Clave: F.C0.2.04.01

El Mtro. Pedro Rivera impartió el curso de “Manejo Integral de Cuencas y Plan de Manejo de los Recursos Naturales a Nivel de Finca y Microcuenca”.





Figura 1.7. Curso impartido por el Mtro. Pedro Rivera.

En la figura 1.8 se puede ver a los participantes del curso por parte de las CACs.



Figura 1.8. Participantes del curso.

	<p align="center"><b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b></p>	
<p align="center">Página 6 de 91</p>	<p align="center">México, 2023</p>	<p align="center">Clave: F.C0.2.04.01</p>

Posteriormente la Dra. Jennifer Bañuelos impartió el curso de la “Experiencia de Sistema de Potabilización en Comunidades”.



Figura 1.9. Curso impartido por la Dra. Jennifer Bañuelos.

Posteriormente la estudiante de posgrado Karen Yarely Bahena Rabadán impartió el curso de la “Importancia de Beber Agua de Calidad”.



Figura 1.10. Curso Impartido por la estudiante de posgrado Karen Yarely Bahena Rabadán.

Finalmente el Dr. Ulises Dehesa Carrasco dio por clausurado el curso.



Figura 1.11. Clausura del curso.

## 2. Desarrollo de tecnologías sostenibles

### 2.1. Cocina solar

Se propuso el diseño de una cocina solar a partir de materiales disponibles en el mercado mexicano. Uno de los criterios de diseño es que se pueda reutilizar un recipiente de acero inoxidable para membranas de osmosis inversa de baja presión, cuyas dimensiones son: 10.16 cm de diámetro, y 90 cm de longitud.

La tecnología propuesta para la cocina solar fue un concentrador parabólico compuesto (CPC), ya que esta tecnología permite alcanzar mayores temperaturas, concentrando la radiación solar sin requerir un sistema de seguimiento. Otro de los parámetros de diseño es que se pueda usar un tambo de 200 L como estructura de soporte para las costillas del CPC.

#### 2.1.1. Desarrollo

El CPC propuesto para la cocina solar está compuesto de dos parábolas truncadas con un ángulo de inclinación de 5°, de tal forma, que capte la mayor radiación posible. En la figura 2.1 se puede ver la geometría de una de las costillas que le darán forma a la lámina reflectiva. Los parámetros considerados se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Parámetros ópticos del trazado de rayos

Parámetro	Cantidad
Reflectividad del acero galvanizado	0.588 (Echazú et al., 2000)
Error de pendiente	3.63 mrad (Venegas et al., 2012)
Error especular	3 mrad (Venegas et al., 2012)
Distancia focal de las parábolas	3.84 cm
Ancho	56 cm
Largo	84.5 cm



Figura 2.1. Perfil de CPC de una costilla.



Figura 2.2. Diseño conceptual de la cocina solar

Se llevó a cabo el trazado de rayos considerando un ángulo de incidencia de  $0^\circ$  y otro ángulo de incidencia de  $23.45^\circ$  considerando que la declinación varía de  $-23.45^\circ$  a  $23.45^\circ$  a lo largo del año. En la figura 2.3 se puede ver el trazado de rayos para un ángulo de incidencia de  $0^\circ$ .

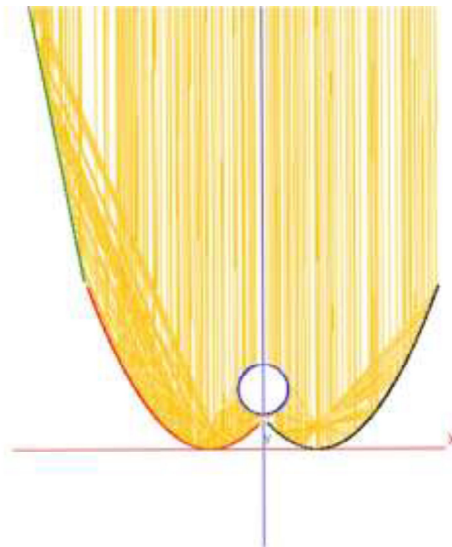


Figura 2.3. Trazado de rayos para un ángulo de incidencia de  $0^\circ$ .

En la figura 2.4 se puede ver la distribución de la radiación incidente en el receptor cilíndrico para un ángulo de incidencia de  $0^\circ$ , donde se puede ver que la potencia incidente en el receptor es de 242.68 W.

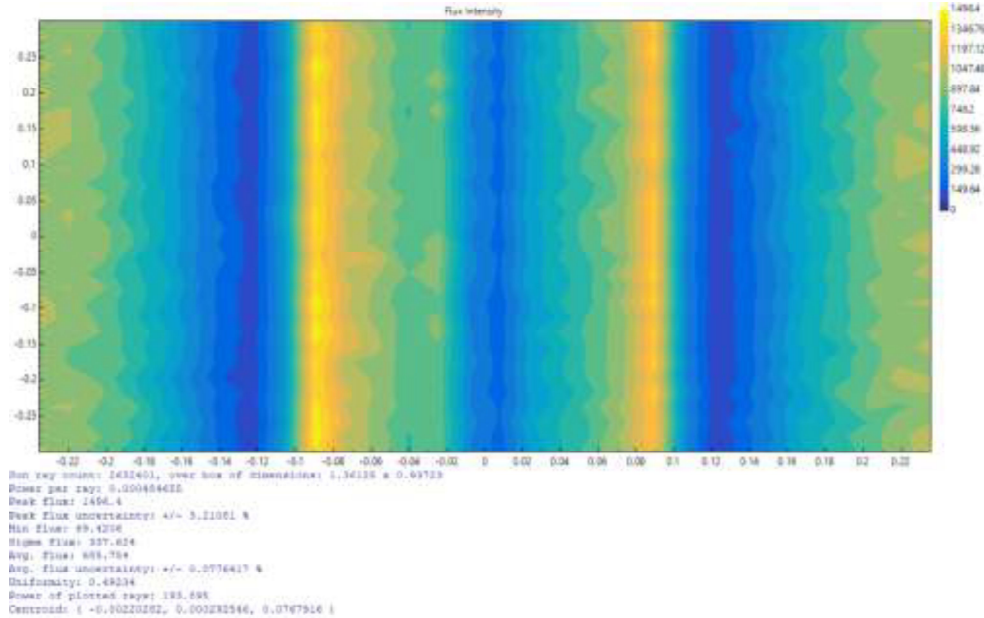


Figura 2.4. Distribución de la radiación incidente en el receptor para un ángulo de incidencia de  $0^\circ$ .

En la Figura 2.5 se puede ver el trazado de rayos para un ángulo de incidencia de  $23.45^\circ$ , donde se observa que la radiación se carga más a un lado del receptor.

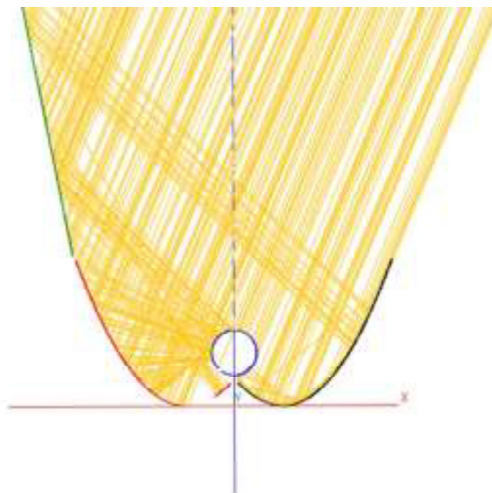


Figura 2.5. Trazado de rayos para un ángulo de incidencia de  $23.45^\circ$ .

En la figura 2.6 se puede ver la distribución de la radiación sobre el receptor para un ángulo de incidencia de  $23.45^\circ$ , donde se puede ver una potencia incidente de 336.09 W.

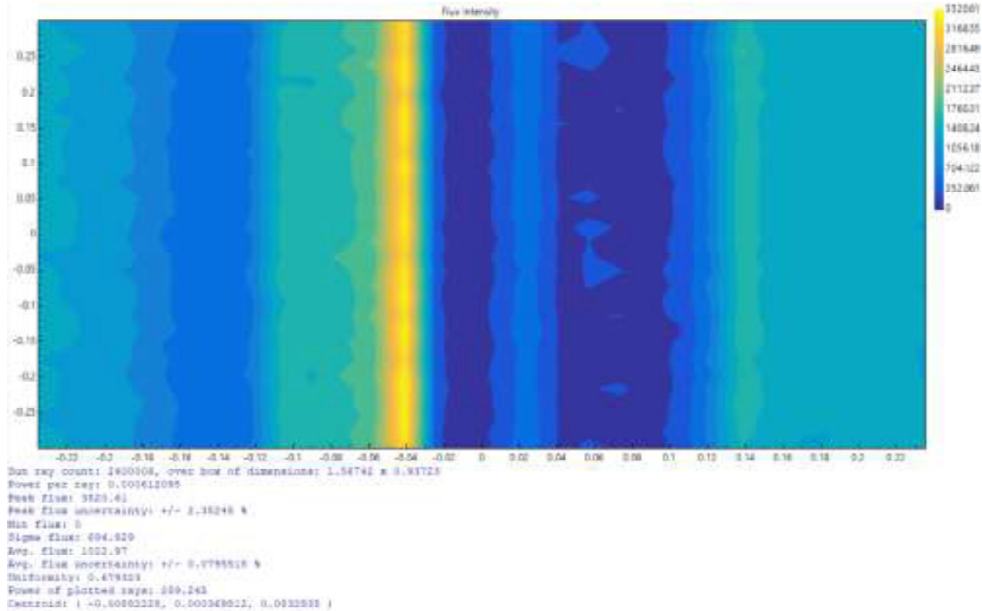


Figura 2.6. Distribución de la radiación incidente para un ángulo de incidencia de 23.45°.

En la figura 2.7 se puede ver el trazado de rayos para un ángulo de incidencia de - 23.45°, donde se observa que la parte inferior del receptor no recibe radiación directa.

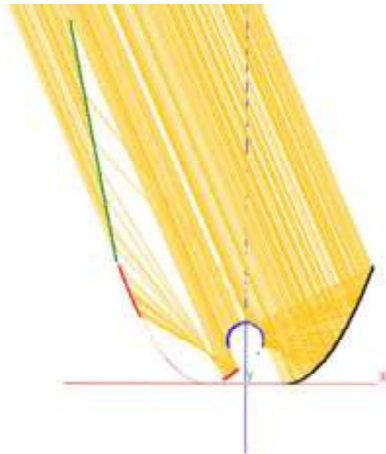


Figura 2.7. Distribución de la radiación incidente para un ángulo de incidencia de - 23.45°.

En la figura 2.8 se puede ver la distribución de la radiación sobre el receptor para un ángulo de incidencia de -23.45°, donde se puede ver una potencia incidente de 227.96 W.

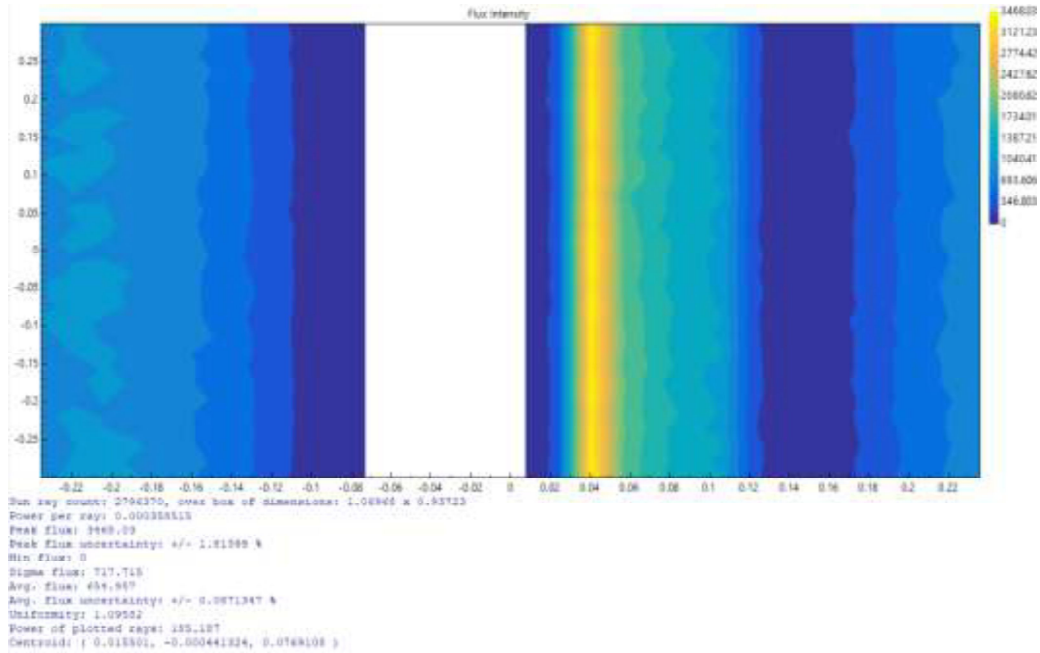


Figura 2.8. Distribución de la radiación incidente para un ángulo de incidencia de -23.45°.

En la tabla 2.2 se pueden ver las potencias incidentes en el receptor para los diferentes ángulos de incidencia.

Tabla 2.2. Potencia incidente para diferentes ángulos de incidencia.

Angulo de incidencia	Potencia incidente
0° (equinoccios)	193.89 W
23.45° (solsticio de invierno)	289.24 W
-23.45° (solsticio de verano)	185.19 W

Una vez definida y verificada la geometría de la cocina solar tipo CPC se realizaron los dibujos mecánicos para poder construirla usando como base la mitad de un tambo de 200 L, donde se colocarán las costillas que le darán forma al CPC. En la Figura 2.9 se puede observar una de las mitades del tambo de 200 L con uno de los orificios donde pasará el receptor cilíndrico.







Figura 2.9 Mitad del tambo de 200 L.

En la figura 2.10 se puede ver el tambo con los orificios hechos donde pasará el receptor cilíndrico de acero inoxidable.



Figura 2.10. Tambo con los orificios donde pasará el receptor cilíndrico.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexa Agua-Energía</b>	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 14 de 91	México, 2023	Clave: F.C0.2.04.01

En la figura 2.11 se puede ver una de las cuatro costillas de madera que darán forma a la lámina reflectiva de la cocina tipo CPC. Las costillas son de madera y se cortaron con una caladora. Las costillas van atornilladas a la cara interna del tambo y van alineadas de manera paralela, de tal forma que le den una forma uniforme a la lámina reflectiva.



Figura 2.11. Costilla de soporte con forma de CPC.

En las orillas del marco se puso silicón de alta temperatura para sellar la cavidad. En la figura 2.12 se puede ver el tambo con el marco que sostiene a la lámina reflectiva.



Figura 2.12. Estructura base de la cocina solar.

En la figura 2.13 se pueden ver las costillas y la solera que le darán forma a la lámina reflectora del CPC.

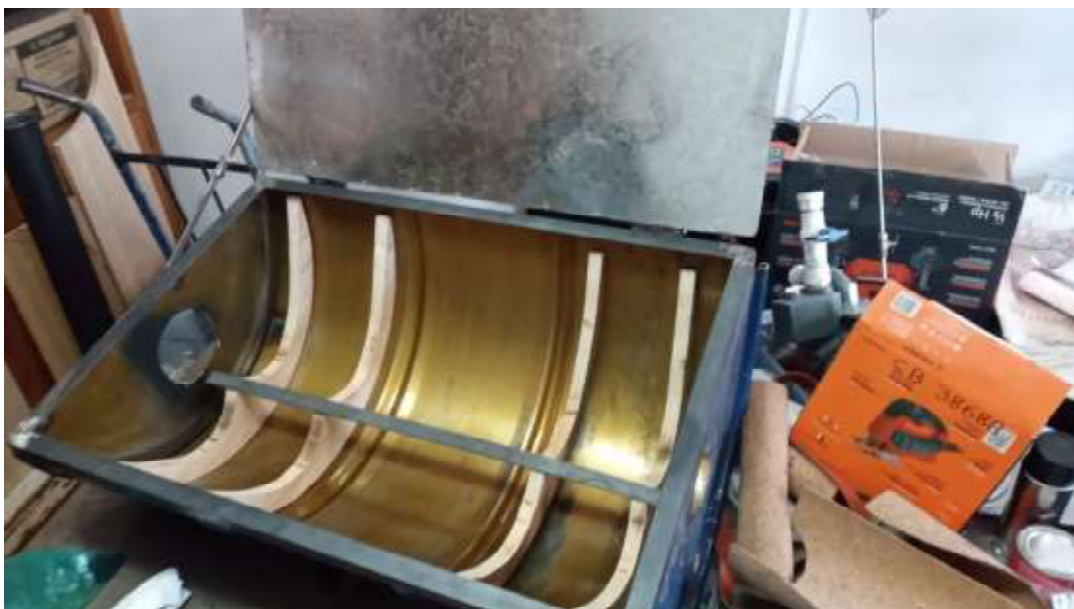


Figura 2.13. Cocina solar con las costillas colocadas.

Se colocó aislamiento térmico en las paredes internas del tanque. En la figura 2.14 se puede ver colocada una de las láminas reflectoras, donde se puede ver que la lámina toma la forma del perfil del CPC.



Figura 2.14. Colocación de una lámina reflectora.

Posteriormente se colocó la segunda lámina reflectora, como se puede ver en la figura 2.15.



Figura 2.15. Colocación de las láminas reflectoras.

Finalmente se colocó el receptor cilíndrico, que es donde se va a meter la canaleta que contendrá la comida (ver figura 2.16).



Figura 2.16. Cocina solar con el receptor instalado.

Se instrumentó la cocina solar para evaluar su rendimiento térmico. Se colocaron termopares tipo T y un piranómetro clase A modelo SP Lite2 de la marca Kipp&Zonen para medir la irradiancia solar. En la figura 2.17 se puede ver donde se colocaron los termopares. En la tabla 2 se pueden ver la correspondencia de cada temperatura.

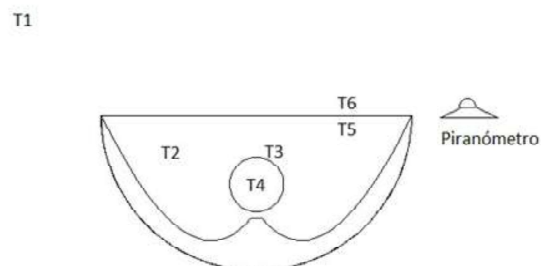


Figura 2.17. Instrumentación de la cocina solar.

Tabla 2.3. Mediciones en la cocina solar.

Variable	Descripción
T1	Temperatura ambiente
T2	Temperatura del aire en la cavidad
T3	Temperatura del receptor
T4	Temperatura dentro del receptor
T5	Temperatura interior de la cubierta
T6	Temperatura exterior de la cubierta
Piranómetro	Irradiancia solar



Figura 2.17. Cocina solar instrumentada.

La cocina solar tuvo un costo aproximado de \$3,680.00. Se obtuvieron las mediciones de temperatura e irradiancia en la cocina solar, para este experimento se llenó con 3.8 L de agua la canaleta que va dentro del tubo receptor, en la figura 2.18 se pueden ver las temperaturas e irradiancia medidas. En la figura 18 se pueden ver las temperaturas y la irradiancia medidas el 29 de noviembre de 2023, las mediciones se tomaron cada 10 s. La prueba tuvo una duración aproximada de 2.63 h. La temperatura T4 corresponde al agua contenida en la canaleta y el receptor, se puede observar que la temperatura se mantuvo por encima de los 70°C y llegó hasta 98 °C.

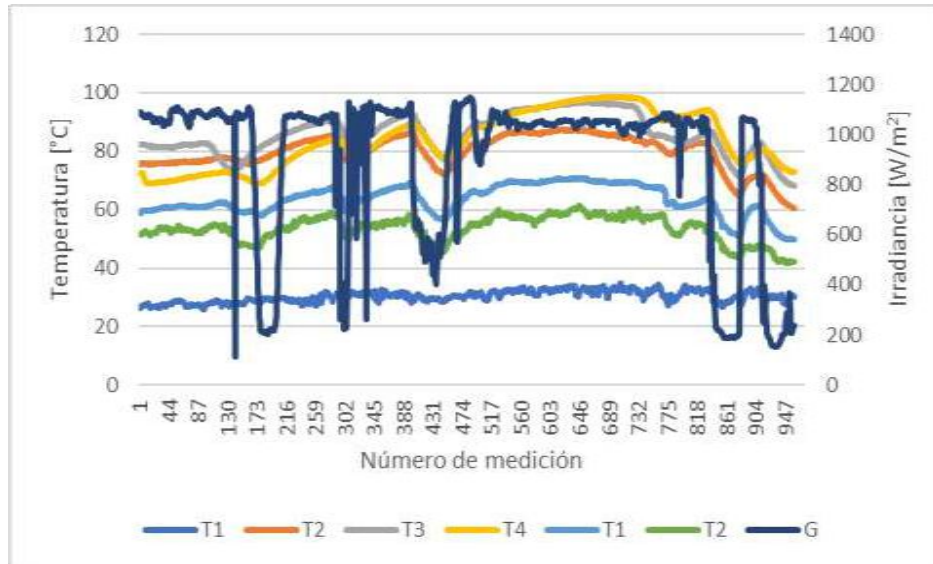


Figura 2.18. Mediciones de temperatura e irradiancia.

De acuerdo al estándar S580 de la American Society of Agricultural Engineering (ASAE), se registro la potencia en intervalos de 10 minutos de acuerdo a la siguiente ecuación

$$P_i = (T_2 - T_1)MC_v / 600 \quad (1)$$

Donde  $P_i$  es la potencia para el intervalo  $i$ ,  $T_2$  es la temperatura final del agua,  $T_1$  es la temperatura inicial del agua,  $M$  es la masa del agua y  $C_v$  la capacidad calorífica del agua. Adicionalmente se calculan los valores promedio para cada intervalo de la insolación, temperatura ambiente y la temperatura del agua.

La potencia del cocedor solar debe ser corregida a una insolación estándar de 700 W/m<sup>2</sup> multiplicando la potencia por 700 W/m<sup>2</sup> y dividiendo entre la insolación promedio en el intervalo correspondiente.

$$P_{st} = P_i(700/l_i) \quad (2)$$

Se debe restar la temperatura ambiente de la temperatura del agua para cada intervalo.

$$T_d = T_w - T_a \quad (3)$$

Posteriormente se grafica la potencia estándar  $P_{st}$  contra la diferencia de temperatura para obtener la ecuación de la potencia estándar (ver figura 2.19).

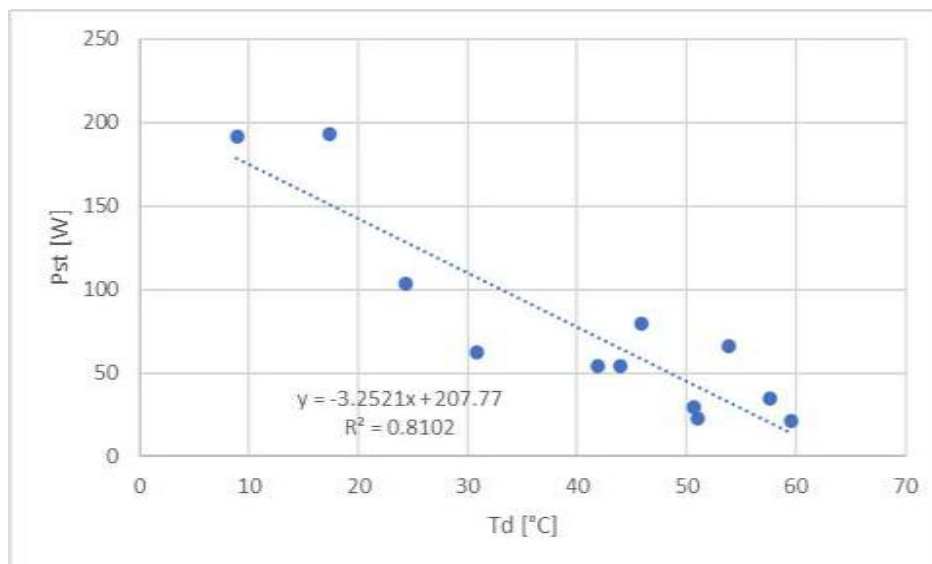


Figura 2.19. Curva de la potencia estándar de la cocina solar.

Se llevó a cabo de manera exitosa el diseño, construcción y evaluación experimental de la cocina solar, ya que se alcanzaron temperaturas por encima de los 70 °C por un periodo de 2.63 h. La temperatura máxima registrada fue de 98 °C. De acuerdo a lo anterior se considera que la cocina solar es adecuada para cocer alimentos.




### 1.1.2. Referencias

R. D. Echazú, C. A. Cadena, L.R. Saravia Mathon, Estudio de materiales reflectivos para concentradores solares. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. 4 (2000) 11-16. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/79370>

E. Venegas-Reyes, O. Jaramillo, R. Castrejón-García, J. O. Aguilar, F. Sosa-Montemayor, Design, construction, and testing of a parabolic trough solar concentrator for hot water and low enthalpy steam generation, J. Renew. Sustain. Energy. 4 (2012) 053103. <https://doi.org/10.1063/1.4751461>

Duffie J. A. and Beckman W. A. (1980). Solar Engineering of Thermal Processes. John Wiley & Sons. 2a Edición.



 	<p align="center"><b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b></p>	 <p align="right"><b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
<p align="center">Página 21 de 91</p>	<p align="center">México, 2023</p>	<p align="right">Clave: <b>F.C0.2.04.01</b></p>

ASAE S580.1 Testing and Reporting Solar Cooker Performance. American Society of Agricultural and Biological Engineers.

## **2.2 Bicibomba**

Se rehabilitó una bicibomba que se desarrolló en el IMTA, para esto se propuso el diseño y construcción de un nuevo soporte para la bicicleta y que estará acoplado mecánicamente a la bomba.

### **2.2.1 Desarrollo**

De acuerdo al diseño se cortaron los tramos de PTR de 1.5" para posteriormente soldar las piezas que componen al soporte. En la figura 29 se pueden ver algunos cortes de PTR.



Figura 2.20. Cortes de PTR para la estructura de soporte.

Se soldaron dos piezas que son las que conformarán el soporte en forma de A. En la figura 2.21 se puede ver uno de los subensambles.



Figura 2.21. Subensamble del soporte

Posteriormente se soldó el soporte de la bomba. En la figura 2.22 se puede ver el subensamble del soporte donde se colocará la bomba.



Figura 2.22. Subensamblaje del soporte de la bomba.

En la figura 2.23 se puede ver el subensamblaje del soporte en A., que está compuesto por dos piezas rectangulares.



Figura 2.23. Subensamble del soporte en A.

Una vez que estuvieron listos los subensambles se procedió a pintarlos. En la figura 2.24 se pueden ver los subensambles pintados.

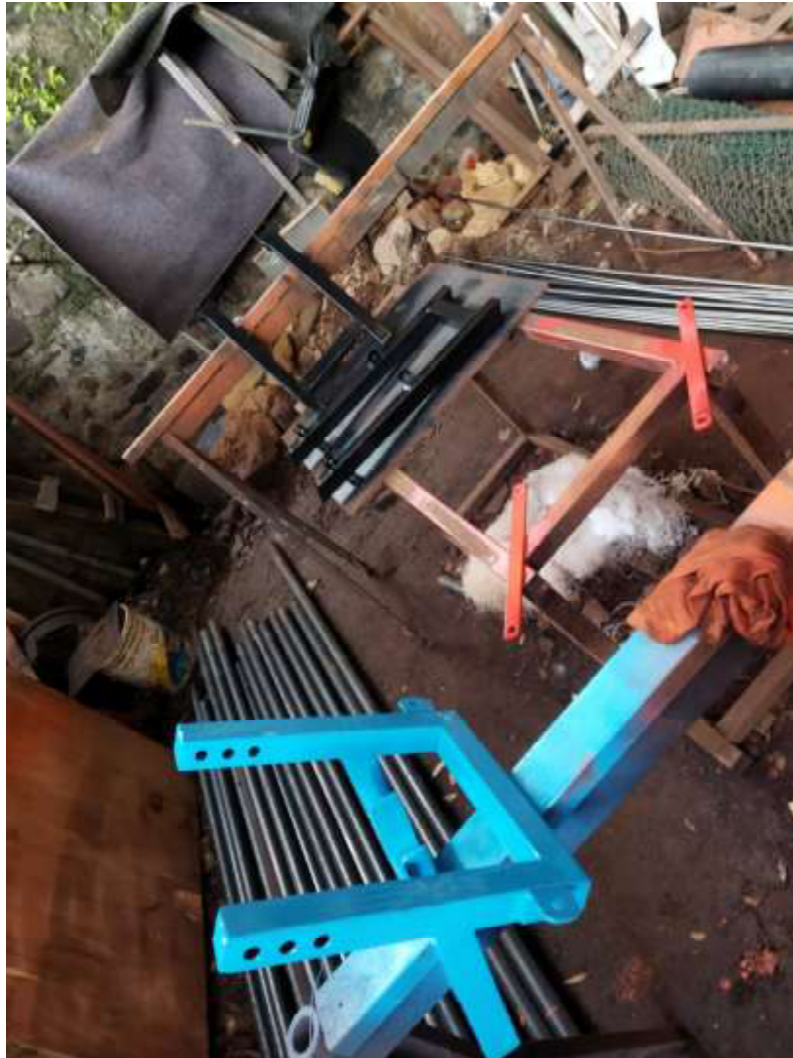


Figura 2.24. Subensambles pintados.

Finalmente se armo el soporte tipo A para la bici-bomba, como se puede ver en la figura 2.25.







Figura 2.26. Soporte de la bici-bomba armado

En la figura 2.27 se puede ver el sistema de bicibomba completo, donde destacan la bomba, el soporte y la bicicleta.



Figura 2.27. Sistema de bicibomba.



 	<b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexa Agua-Energía</b>	 
Página 29 de 91	México, 2023	Clave: F.C0.2.04.01

### 3. Evaluación de cultivos de semillas criollas y construcción de un bio-abrevadero para fauna silvestre

#### 3.1 Manejo de cultivos regionales de Oaxaca: Maíz de Valles Centrales y Frijol de la Región Papaloapan

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en el Área Demostrativa de Huertos correspondientes al proyecto interno 2023 de la Subcoordinación de Agua, Energía y Proyectos Productivos, donde se emplearon tecnologías regionales correspondientes a los cultivos de maíz y frijol.





El maíz tiene un ciclo de 108 días, 2.2 metros de altura y hojas delgadas, favoreciendo la penetración de luz al frijol. El frijol florea a los 45 días y maduran a los 90 días después de la siembra. Ambos cultivos muestran cierta tolerancia a la sequía.

Para programar el riego en el módulo 1 se sembró el maíz el 21 de febrero y el frijol el 10 de marzo. En el módulo 2 se estableció maíz el 28 de febrero y el frijol el 17 marzo. En el módulo 3 se plantó maíz el 07 de marzo y en el módulo 4 se sembró frijol el 14 de marzo.

Para el módulo 2, los requerimientos del riego fue 30.66 cm. En este aspecto se puede señalar que al considerar la fecha de siembra una semana más, se incrementó la lámina en 2.9 mm, que equivale para el módulo un gasto de 1% de agua aplicada y un tiempo de aplicación de 13.36%. La lámina de riego más alta fue en el segundo y tercer riego de mayo donde se aplicándose 44.9 mm/dec, que es donde se tuvo la mayor evapotranspiración diaria de 4.49 mm/día.

En el módulo 3 los requerimientos de agua alcanzaron un total de 30.82 cm. observándose la fecha de siembra una semana posterior a la del módulo 1 y se observó un incrementó en la lámina riego de 0.045 mm y de 0.016 mm con respecto al módulo 2, que equivale para el módulo un incremento de 1.48% de agua aplicada y un aumento del tiempo de aplicación de 25.05%.

Para el módulo 4, los requerimientos de agua de los cultivos fue un total de 27.48 cm debido al establecimiento únicamente frijol. La lámina de riego mayor fue en el tercer riego de mayo donde se aplicó 48.5 mm/dec, pero donde se estimó la mayor evapotranspiración diaria de 4.47 mm/día en la etapa media final de la etapa del cultivo.

 	<b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b>	 
Página 30 de 91	México, 2023	Clave: F.C0.2.04.01

El número de riegos en el módulo 1 fue de 15 riegos, en el módulo 2 fueron 12 riegos, en el módulo de riego 3 fueron 16 riegos y en el módulo 4 fueron 13 riegos. Conviene aclarar que hubo cosecha de maíz en los módulos 1, 2 y 3, pero no se cosechó frijol en los módulos 1, 2 y 4 debido a que no floreció. En el módulo 1 se cosechó 3.87 ton/ha de maíz en el módulo 2 el rendimiento de maíz fue de 2.98 to/ha y en el módulo 3 se cosecho 2.28 ton/ha de maíz.

En el marco de la divulgación actual del manejo de semillas criollas, en México, se ha implementado desde 2021, vía el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), un programa para la investigación del nexo agua-energía y sistemas productivos desarrollados para formular estrategias tecnológicas y de generación de electricidad basado en el uso de la mini hidráulica y secado solar, para eficientar la producción intensiva de alimentos derivados del uso de semillas criollas, en zonas rurales y urbanas. IMTA, 2021.

En este contexto, el IMTA adecuó una superficie denominada Área Demostrativa de Huertos, que es un área demostrativa experimental donde existen módulos experimentales que permiten simular las condiciones agrícolas rurales.





En esta área se puede aplicar riego por goteo y riego por gravedad los que se han utilizado para establecer cultivos de maíz criollo, cebolla, ejote, fresa, arándano, rábano, ejote chino y sésamo.

Cabe mencionar que en estos módulos se han realizado proyectos que consideran el Nexo Agua – Energía mencionado anteriormente en la producción de alimentos y energía a pequeña escala con tecnología de turbina hidráulica y energía solar.

En este trabajo se emplearon dichos módulos para el manejo de dos cultivos regionales de Oaxaca: maíz criollo de Valles Centrales y frijol negro criollo de la Región Papaloapan.

### 3.1.1 Siembras Criollas

De manera general se puede definir a las semillas criollas como aquellas que han sido desarrolladas por los propios agricultores en sus campos de cultivo, de acuerdo con las condiciones socio-ecológicas particulares de sus parcelas y de sus territorios, pero también en función de lo que demanda el mercado y su desarrollo se da a partir de criterios que no suelen basarse de forma exclusiva en la productividad de la semilla, sino que toman en consideración la calidad nutricional y las preferencias culturales,

 	<b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b>	 
Página 31 de 91	México, 2023	Clave: F.C0.2.04.01

porque generalmente las semillas criollas se cultivan para el autoconsumo, a diferencia de las certificadas, que se usan mayoritariamente para la siembra comercial. Gutiérrez, 2022.

Existe una red nacional de semillas nativas y criolla en Latinoamérica cuyo objetivo principal es el rescate y revalorización de variedades criollas o tradicionales, para aumentar la disponibilidad de semillas para la producción familiar –ya sea para el autoconsumo o el abastecimiento de mercados locales- en el marco del fortalecimiento de la soberanía alimentaria. FAO, 2023.

El uso de semillas criollas en México data desde el inicio de la agricultura y forma parte de la vida de los pueblos en las diferentes regiones del mundo. No solo los granos son considerados semillas criollas, también lo son las plantas, flores, árboles nativos, plantas medicinales, etc.; que se reproducen de manera local. Estas semillas son preservadas y mejoradas por las comunidades locales, esto representa un esfuerzo por parte de los agricultores ante la presión del uso de semillas modificadas y agroquímicos. IMTA, 2021.



En este contexto se utilizan semillas criollas en sistemas tradicionales de producción en lotes de divulgación para dar a conocer sistemas de cultivo de maíz y frijol que ayuden a reducir daños al medio ambiente y generar menor contaminación del suelo, contaminación del agua superficial y subterránea, reducción de la biodiversidad, así como enfermedades provocadas por los agroquímicos tanto en los agricultores, como en los consumidores de los productos.

### 3.1.2 Requerimientos de Agua de los Cultivos

El requerimiento de agua de los cultivos se refiere a la necesidad que tienen las plantas para compensar la pérdida hídrica por la evapotranspiración, que es solucionado mediante la lluvia o a través de la aplicación del riego.

En este contexto, es indispensable compensar dicha evapotranspiración, ya que con ello se obtienen altos rendimientos aceptables y calidad de producto de interés económico que se cosecha.

Para lograr lo anteriormente expuesto, se considera que es necesario definir el requerimiento de agua del cultivo durante todo su ciclo agrícola, consumo diario durante los períodos críticos, cuantificación del déficit, probabilidad de ocurrencia del déficit y estimación de pérdidas, de acuerdo con el clima y, las características del

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b>	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 32 de 91	México, 2023	Clave: F.C0.2.04.01

cultivo y del suelo. Cabe mencionar que la planta comienza a presentar estrés hídrico y baja de rendimiento a partir de una humedad aprovechable entre 35-60%.

En el marco de este trabajo se empleó el software desarrollado por técnicos de la FAO llamado CROPWAT© versión 8.0. Swennenhuis, J. (2009). CROPWAT versión 8.0, que es un programa que utiliza el método de Penman-Monteith para determinar la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>0</sub>).

Este método incluye datos de radiación solar diaria, temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa máxima, humedad relativa mínima y velocidad de viento, para estimar la evapotranspiración de referencia, como se muestra en la ecuación 2.1, la cual fue revisada por el ASCE (American Society of Civil Engineers). Walter et al., 2005.





$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)} \quad \text{Ecuación 3.1.}$$

Donde: ET<sub>0</sub> es la evapotranspiración de referencia (mm día<sup>-1</sup>); R<sub>n</sub> es la radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>); R<sub>a</sub> es la radiación extraterrestre (MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>); G es el flujo del calor de suelo (MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>); T es la temperatura media del aire a 2 m de altura (°C); u<sub>2</sub>: velocidad del viento a 2 m de altura (m s<sup>-1</sup>); e<sub>s</sub> es la presión de vapor de saturación (kPa); e<sub>a</sub>: presión real de vapor (kPa); e<sub>s</sub> – e<sub>a</sub> es el déficit de presión de vapor (kPa); Δ es la pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C<sup>-1</sup>); γ: constante psicrométrica (kPa °C<sup>-1</sup>)

### 3.1.3 Sistemas de Riego

El Riego por goteo y el riego por gravedad tecnificado utilizado en el Área Demostrativa de Huertos tiene como objetivo el uso racional del agua de riego en los módulos a fin de desarrollar e incrementar la eficiencia del riego a nivel parcelario para generar una cultura de la tecnificación del manejo y uso del agua.

En este contexto, se utiliza el software RIGRAV para la aplicación controlada del agua a la parcela que permita un diseño y trazo de riego conforme a la receta de riego que indique de manera explícita y sencilla como aplicar el riego de manera eficiente y uniforme al responsable de la aplicación del riego en la parcela. En esta receta se muestra el tiempo de riego por tendida o puesta de riego, el número de tendidas de riego y el tiempo total para regar la parcela con base en una lámina de riego por aplicar y del gasto de riego total disponible a la entrada de la parcela.

 	<b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b>	 
Página 33 de 91	México, 2023	Clave: F.C0.2.04.01

La utilización de este programa permite realizar un diseño de riego ajustado a las condiciones requeridas para cada lote en cuestión, con parámetros como el contenido de humedad al momento del riego, la constante de humedad a saturación, coeficiente de conductividad hidráulica a saturación, la presión en el frente de humedecimiento, y el coeficiente de rugosidad como valores dependientes del tipo de suelo. Además de la longitud de surcos, pendiente topográfica de la parcela, lámina de riego y el gasto óptimo.



El RIGRAV utiliza el modelo hidrológico, en el cual la principal simplificación consiste en presentar de manera integral la ecuación de conservación de la masa (Ecuación 3.2), para la fase de avance (IMTA, 2007).

$$Qg t= \int A (x,t)s_0 dx + \int Z (x,t)s_0 dx \quad (3.2)$$

Dónde: Qg gasto de riego de la melga o surco [L<sup>3</sup> T<sup>-1</sup>]; s es la posición del frente de avance en el tiempo [L]; A área hidráulica de la sección transversal del escurrimiento superficial [L<sup>2</sup>]; x es la longitud del surco o melga [L]; Z área hidráulica de la sección transversal del escurrimiento subterráneo [L<sup>2</sup>]; t tiempo [T] y para la representación de la lámina de riego infiltrada, se utiliza la ecuación de Green y Ampt. La versión de este RIGRAV está adaptada para la simulación y diseño del riego para condiciones de surcos y melgas cerradas.

#### 3.1.4 Área Demostrativa de Huertos del IMTA

El Área Demostrativa de Huertos se ubica en las instalaciones del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua en la Colonia Progreso de Jiutepec, Morelos, en las coordenadas UTM son: 483372 E y 2087824 N. Figura 4.1. Esta Área se ubica a una altitud de aproximada de 1,363 msnm, con temperatura promedio anual de 14.62 °C y precipitación promedio anual de 1,033.6 mm.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b>	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 34 de 91	México, 2023	Clave: F.C0.2.04.01

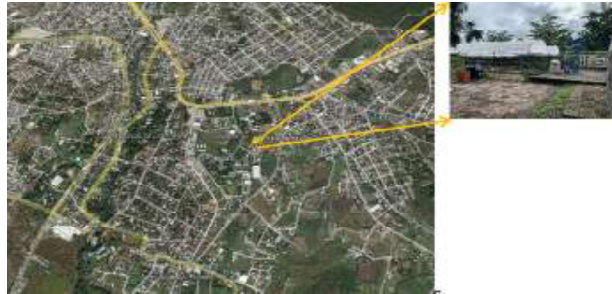


Figura 3.1 Ubicación del Área Demostrativa

El Área Demostrativa de Huertos se divide en cuatro lotes de 8.8 m de largo por 1.75 m de ancho. Figura 3.2.







Figura 3.2. Lotes experimentales en el Área Demostrativa de Huertos

En esta Área se tiene un sistema de riego por goteo alimentado por bombeo solar y un sistema de riego por gravedad que tiene como fuente de abastecimiento una cisterna conectada a una manguera.

### 3.1.5 Paquetes tecnológicos de cultivos establecidos en el Área Demostrativa de Huertos

Los paquetes tecnológicos empleados, a excepción de las equidistancias entre plantas, presentan semejanzas en cuanto al tipo de cultivo, esto es, es el mismo paquete tecnológico de maíz establecido en el módulo 1, módulo 2 y módulo 3, el paquete tecnológico de frijol para los módulos 1, módulo 2 y módulo 4.

Con respecto al maíz, se caracteriza por tener un ciclo de 108 días de la siembra a la cosecha, tiene 2.2 m de altura y hojas delgadas, lo cual favorece la penetración de luz al frijol; además muestran cierta tolerancia a la sequía.

 	<b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b>	 
Página 35 de 91	México, 2023	Clave: F.C0.2.04.01

Para el frijol, estos florecen a los 45 días y maduran a los 90 días después de la siembra. Su hábito de crecimiento es de guía; el grano por ser pequeño y negro tiene preferencia para consumo regional. Debido a su precocidad escapa al daño de enfermedades como el que causa la roya o chahuistle y, además, es ligeramente tolerante a la sequía.

La forma de siembra de los dos cultivos en Valles Centrales y Región del Papaloapan de Oaxaca, de acuerdo con Servicios del Sur, 2007 y Sagarpa, 2015, la siembra de maíz y frijol se hace al mismo tiempo y en el mismo surco a “tapapie”. Los surcos deben estar separados a 30-60 cm. y a 40 cm entre matas de maíz depositándose semillas de 5 - 8 cm de profundidad. Para frijol se depositan en forma intercalada 2 a 3 granos separados a 30 cm. entre cada 2 matas de maíz. sembrando 3 semillas de frijol entre cada 2 matas de maíz. En ambos casos la semilla debe quedar a 5 cm. de profundidad.

La siembra realizada fue un intercalado de maíz - frijol en los módulos 1 y 2 con diferentes espaciamentos entre semillas, siendo para el módulo 1 el maíz separado 20 cm de frijol. En el módulo 2 están separadas cada 30 cm, en el módulo 3 se siembran de 2-3 semillas a 5-8 cm de profundidad. El módulo 4 se siembra el frijol con 40 cm de distancia entre ellas y de 5 - 8 cm de profundidad.

La recomendación de cosecha para el maíz es cuando las plantas presentan la mayor parte de las hojas amarillentas y el grano está “masoso blando”, se “zacatea” arrancando primeramente las hojas inferiores de la planta y después se corta la parte superior a la mazorca, con el fin de obtener forraje de mejor calidad; después de cortado, el rastrojo se ata en pequeños manojos y se dejan secar en el campo de 15 a 20 días. La mazorca se cosecha manualmente cuando el grano está “masoso duro” y contiene alrededor de 30% de humedad.

Con respecto al frijol, se puede iniciar cuando el 80% de las vainas están secas, se recomienda no cosechar después de esta etapa para evitar pérdidas por desgrane. Después de arrancar las plantas de frijol se llevan a una “era” para que se sequen y proceder a “varearlo” para separar el grano.

### 3.1.6 Datos climáticos para determinar los requerimientos de riego para cultivos establecidos en el Área Demostrativa de Huertos

Los datos climáticos se obtuvieron de la CNA-SMN-CG-GMC-SMAA, estación climática 17071 Progreso del municipio Jiutepec, Morelos con datos disponibles en la base de datos a marzo del período 1951 - 2010. Se ubica en las coordenadas la latitud 14 Q 483821 m E, 2087542 N a una altitud de 1,366 msnm., Con dichos datos se efectuó el cálculo de la ETo. Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Datos climáticos para calcular la ETo del Área Demostrativa

Mes	Tem min °C	Temp máx. °C	Humedad %**	Viento km/día	Insolación hr	Radiación MJ/m2/día	ETo mm/día
Enero	11.4	27.3	57	8.2	5.19	13.5	2.16
Febrero	12.5	29.0	49	8.6	6.10	16.1	2.64
Marzo	14.0	31.4	45	9.3	6.96	19.0	3.31
Abril	16.2	32.9	46	9.1	7.06	20.3	3.78
Mayo	17.3	32.7	53	7.0	6.66	19.9	3.91
Junio	17.2	29.9	64	6.7	6.01	18.8	3.75
Julio	16.0	28.5	69	7.5	6.28	19.2	3.72
Agosto	16.0	28.3	72	7.8	6.00	18.6	3.59
Septiembre	16.0	27.3	71	7.0	5.43	17.0	3.22
Octubre	14.7	27.5	68	7.3	5.37	15.5	2.82
Noviembre	12.7	27.4	61	7.5	5.26	13.8	2.34
Diciembre	11.5	26.8	55	7.7	4.90	12.6	2.02
Promedio	14.6	29.1	59	7.9	5.94	17.0	3.11

Fuente: Conagua 2021, \*Datos mundiales, 2021, \*\*Nasa, 2021

Cabe mencionar que el Área Demostrativa está cubierta, razón por la cual no hay inferencia directa de la lluvia y por ello los cálculos de requerimientos de riego se condicionan a una lámina de lluvia menor a 0.5 mm.

No obstante, en el Tabla 3.2 se muestran los datos climáticos de precipitación en el área donde se ubica el Área Demostrativa y el cálculo de la precipitación efectiva empleando el método USDA S.C.

Tabla 3.2. Precipitación efectiva del Área Demostrativa

Mes	Precipitación promedio mensual mm	Precipitación efectiva mm
Enero	9	8.9
Febrero	7.7	7.6

Mes	Precipitación Promedio mensual mm	Precipitación Efectiva mm
Julio	186	130.6
Agosto	213.2	140.5



Marzo	4.5	4.5
Abril	12.3	12.1
Mayo	58.2	52.8
Junio	211.5	139.9

Septiembre	232.6	146
Octubre	81.9	71.2
Noviembre	12	11.8
Diciembre	4.7	4.7
Promedio	1,033.60	730.5

Con respecto a los factores del requerimiento de riego utilizados, como es el coeficiente de cultivo, se puede mencionar que éste representa el efecto combinado de cuatro características:

Altura del Cultivo, relacionado con la interacción entre el cultivo, el viento y dificultad en el paso del agua entre las plantas y la atmósfera.

Albedo o reflectancia del cultivo, considerada como la fracción de la radiación solar reflejada por el cultivo en el proceso de evapotranspiración

Resistencia del cultivo a la transferencia del agua en el área foliar;

Evaporación del Cultivo producida en el suelo y que es afectado por la cobertura vegetal.

La estimación de Evapotranspiración (ET<sub>c</sub>) incorpora los efectos de los diferentes factores meteorológicos para establecer la demanda de agua que realiza la atmósfera.

Por esto, el coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) varía con las condiciones particulares del cultivo, viéndose afectado por el clima sólo en una pequeña proporción.

En el Cuadro 3.3 se muestran algunos factores de requerimiento de agua por los cultivos establecidos en el Área Demostrativa, como son el coeficiente de cultivo, etapas de cultivo, profundidad de las raíces y agotamiento crítico.

Tabla 3. 1. Factores de requerimiento de agua por cultivo

Factores	Maíz	Frijol
Coeficiente de cultivo K <sub>c</sub> (mm/mm)	0.3	0.4
	1.2	1.15
	0.35	0.35
Etapas de cultivo (días)	20	20
	35	30
	40	40
	30	20
Profundidad radical (m)	1.2	0.7
	1.5	0.9
Agotamiento crítico (Fracción)	0.35	0.35
	0.35	0.35

Los rangos de profundidad máxima efectiva de las raíces y las fracciones de agotamiento de la humedad en el suelo para condiciones sin estrés hídrico se obtienen de Allen, 1998.

Con respecto a las consideraciones de las características del suelo, por ser suelo alterados, se tomó la decisión de seleccionar en los datos que muestra el programa, los suelos Medium loam.

### 3.1.7 Programación de los requerimientos de riego para cultivos establecidos en módulos del Área Demostrativa de Huertos

Para la programación del riego se estableció que:

En el módulo 1 se sembrará maíz el 21 de febrero y del frijol el 10 de marzo.

En el módulo 2 se estableció maíz el 28 de febrero y frijol el 17 marzo.

En el módulo 3 se plantó maíz el 07 de marzo y 23 de junio

En el módulo 4 se sembró frijol el 14 de marzo.

Con respecto al combate de malas hierbas, se hizo la limpia a mano y una escarda con azadón 45 días después de nacidas las plantas y después es manual.

Para los requerimientos de agua por los cultivos se consideran que las etapas fisiológicas del maíz se cumplen en 108 días y en el frijol son 90 días.

Para el módulo 1, los requerimientos de agua de los cultivos fueron lámina de riego total de 30.37 cm.

De esta lámina de riego total, en el primer riego de mayo se aplicó la mayor lámina de riego unitaria que fue de 4.45 mm/dec, donde se tuvo la mayor evapotranspiración diaria de 4.5 mm/día. Tabla 3.4. Figura 3.3.

Tabla 3. 2. Requerimiento de agua por etapa en el módulo 1

Mes	Etapa	Kc	Etc	Requerimiento de riego
		Coeficiente	mm/día	mm/dec
Febrero	Inicial	0.30	0.85	6.80
Marzo	Inicial	0.30	0.92	9.20
Marzo	Des	0.34	1.13	11.30

Marzo	Des	0.60	2.12	23.30
Abril	Des	0.91	3.29	32.90
Abril	Medio	1.14	4.20	42.80
Abril	Medio	1.16	4.40	44.00
Mayo	Medio	1.16	4.45	44.50
Mayo	Fin	1.09	4.24	42.40
Mayo	Fin	0.77	2.95	32.50
Junio	Fin	0.46	1.75	14.00
Requerimiento de riego total				303.70

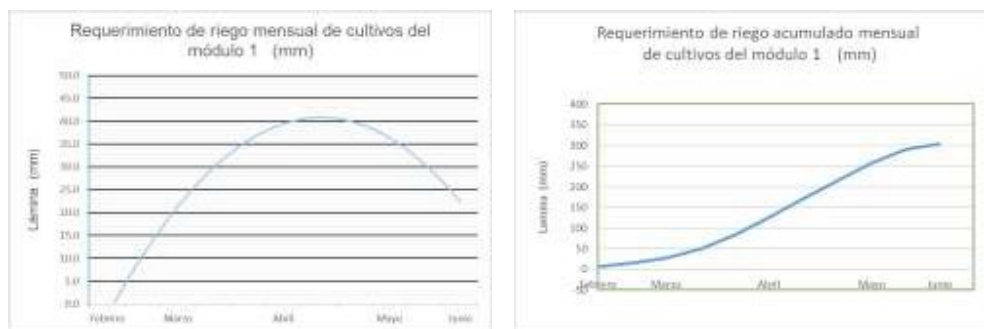


Figura 3. 1. Requerimientos de riego en el módulo 1

Con respecto a las láminas brutas y netas y los gastos calculados por fecha de riego de riego en el módulo 1, se observa que la fecha más crítica fue el 9 de mayo, etapa media del maíz y etapa final del frijol, ya que es la mayor necesidad de aplicación de riego con lámina bruta de 23.4 mm y lámina neta de 22.2 mm, requiriendo un gasto de al menos 0.54 l/s/ha. Tabla 3.5, Figura 3.4.

Tabla 3. 3. Láminas de riego y gastos en el módulo 1

Fecha	Día	Etapa	Agotamiento.	Lámina neta	Lámina bruta	Caudal o gasto
			%	mm	mm	l/s/ha
03 de marzo	11	inicial	7.00	9.5	10.0	0.11
16 de marzo	24	Desarrollo	7.00	13.1	13.8	0.12
25 de marzo	33	Desarrollo	7.00	15.1	15.9	0.20
02 de abril	41	Desarrollo	8.00	19.2	20.3	0.29
08 de abril	47	Desarrollo	7	19.7	20.8	0.40
14 de abril	53	Desarrollo	8	23.7	24.9	0.48
19 de abril	58	Medio	7	21.4	22.5	0.52
24 de abril	63	Medio	8	21.9	23.0	0.53
29 de abril	68	Medio	8	22.0	23.1	0.54
04 de mayo	73	Medio	8	22.2	23.3	0.54
09 de mayo	78	Medio	8	22.2	23.4	0.54

14 de mayo	83	Medio	7	21.4	22.5	0.52
19 de mayo	88	Fin	7	21.2	22.3	0.52
26 de mayo	95	Fin	8	21.9	23.1	0.38
4 de junio	104	Fin	7	21.7	22.9	0.23
08 de junio	fin	Fin	2			

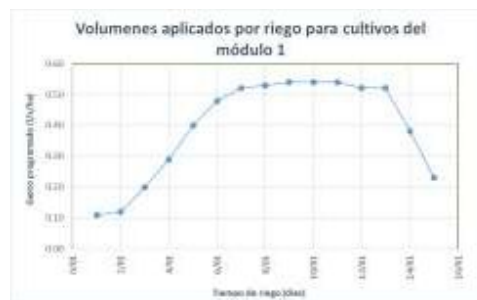


Figura 3. 2. Láminas brutas y volúmenes aplicados en el módulo 1

Para el módulo 2 los requerimientos de agua de los cultivos fue un total de 30.66 cm.

En este aspecto se puede señalar que al considerar la fecha de siembra una semana más, se incrementó la lámina en 2.9 mm, que equivale para el módulo un gasto de 1% de agua aplicada y un tiempo de aplicación de 13.36%. La lámina de riego total fue en el segundo y tercer riego de mayo donde se aplicó la mayor lámina de riego unitaria que fue de 44.9 mm/dec, donde se tuvo la mayor evapotranspiración diaria de 4.49 mm/día. Tabla 3.6. Figura 3.5.

Tabla 3. 4. Requerimiento de agua por etapa en el módulo 2

Mes	Etapa	Kc Coeficiente	Etc mm/día	Requerimiento de riego mm/dec
Febrero	Inicial	0.30	0.85	0.90
Marzo	Inicial	0.30	0.92	9.20
Marzo	Inicial	0.30	0.99	9.90
Marzo	Des	0.42	1.44	15.80
Abril	Des	0.71	2.57	25.70
Abril	Des	1.00	3.75	37.50
Abril	Medio	1.15	4.39	43.90
Mayo	Medio	1.15	4.44	44.40
Mayo	Medio	1.15	4.49	44.90
Mayo	Fin	0.99	3.81	41.90
Junio	Fin	0.65	2.48	24.80
Junio	Fin	0.41	1.54	7.70

Requerimiento de riego total

306.60

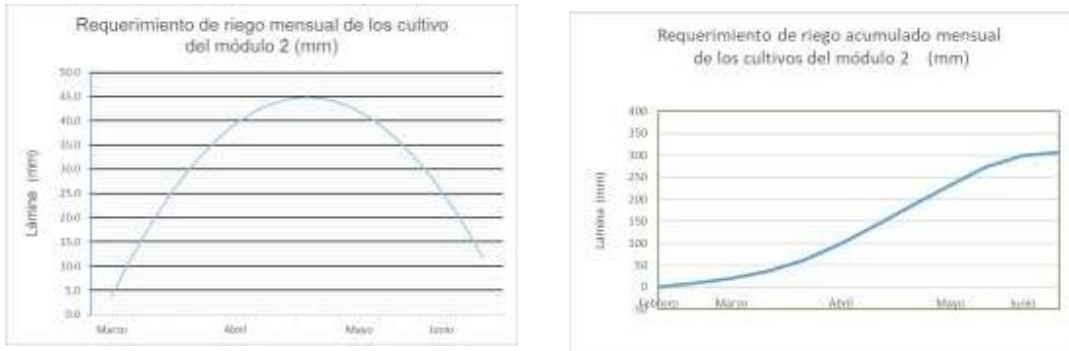


Figura 3.3. Requerimientos de riego en el módulo 2

Las láminas brutas y netas y los gastos calculados por fecha de riego de riego en el módulo 3, presentan fechas más críticas el 15 y 20 de mayo, etapa final del maíz y del frijol.

La lámina bruta fue de 31.39 mm y lámina neta de 29.82 mm, requiriendo un gasto máximo de 0.55 l/s/ha. Tabla 3.7, Figura 3.6.

Tabla 3.5. Láminas de riego y gastos en el módulo 2

Fecha	Día	Etapa	Agotamiento	Lámina neta	Lámina bruta	Caudal o gasto
			%	mm	mm	l/s/ha
09 marzo	10	inicial	7.00	9.1	9.6	0.11
21 de marzo	22	inicial	7.00	12.2	12.8	0.12
01 de abril	33	Desarrollo	8.00	16.9	17.7	0.19
08 de abril	40	Desarrollo	7.00	17.9	18.9	0.31
14 de abril	46	Desarrollo	8	20.1	21.2	0.41
20 de abril	52	Desarrollo	8	22.5	23.6	0.46
25 de abril	57	Medio	8	21.9	23.1	0.53
30 de abril	62	Medio	8	21.9	23.1	0.53
05 de mayo	67	Medio	8	22.2	23.3	0.54
10 de mayo	72	Medio	8	22.2	23.3	0.54
15 de mayo	77	Medio	8	22.4	23.6	0.55
20 de mayo	82	Medio	8	22.4	23.6	0.55
26 de mayo	88	Fin	8	22.8	24.0	0.46
01 de	94	Fin	7	21.5	22.7	0.44

junio						
10 de junio	103	Fin	8	22.2	23.4	0.30
15 de junio	fin	Fin	2			

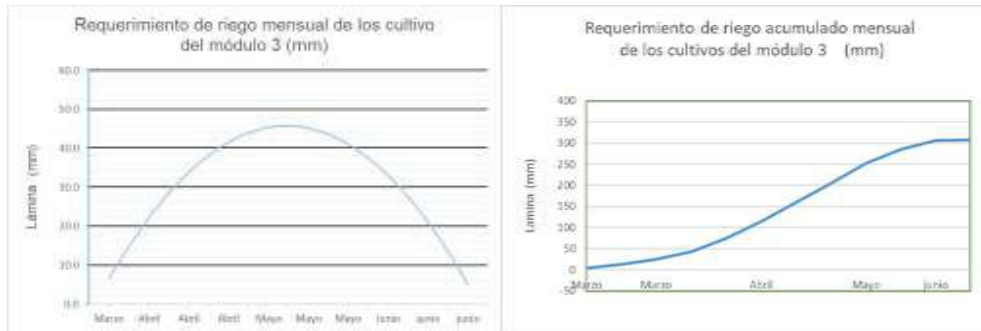


Figura 3. 4. Requerimientos de riego en el módulo 3

Para el módulo 3 los requerimientos de agua de los cultivos fue un total de 30.82 cm.

En este aspecto se puede señalar que al considerar la fecha de siembra una semana más, se incrementó la lámina riego de 4.5 mm con respecto al módulo 1 y de 1.6 mm con respecto al módulo 2, que equivale para el módulo 3 un incremento de 1.48% de agua aplicada y un tiempo de aplicación de 25.05%.

La lámina de riego total fue en el tercer riego de mayo donde se aplicó la mayor lámina de riego unitaria que fue de 47.8 mm/dec, donde se tuvo la mayor evapotranspiración diaria de 4.35 mm/día. Tabla 3.8. Figura 3.7.

Tabla 3. 6. Requerimiento de agua por etapa en el módulo 3

Mes	Etapa	Kc Coeficiente	Etc mm/día	Requerimiento de riego mm/dec
Marzo	Inicial	0.30	0.92	3.70
Marzo	Inicial	0.30	0.99	9.90
Marzo	Des	0.31	1.06	11.70
Abril	Des	0.51	1.85	18.50
Abril	Des	0.80	3.00	30.00
Abril	Medio	1.07	4.08	40.80
Mayo	Medio	1.15	4.43	44.30
Mayo	Medio	1.15	4.48	44.80
Mayo	Fin	1.13	4.35	47.80
Junio	Fin	0.88	3.32	33.20
junio	Fin	0.56	2.08	20.80
junio	Fin	0.37	1.36	2.70
Requerimiento de riego total				308.20

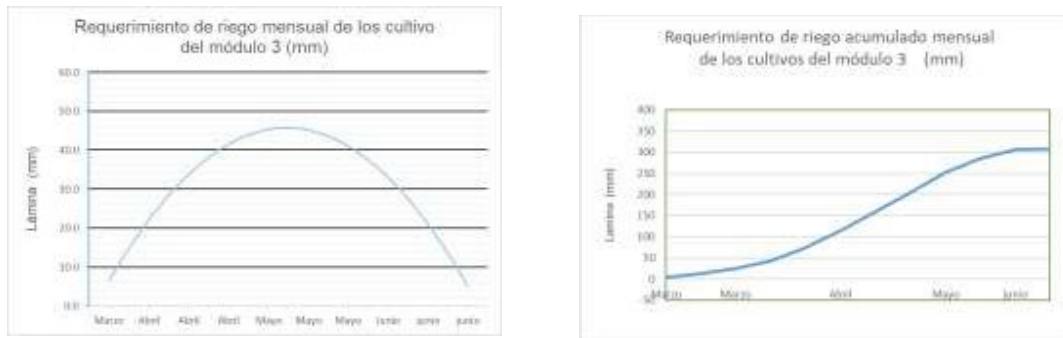


Figura 3. 5. Requerimientos de riego en el módulo 3

Con respecto a las láminas brutas y netas y los gastos calculados por fecha de riego de riego en el módulo 3, se observa que la fecha más crítica fue el 15 y 20 de mayo, etapa media del maíz, ya que es la mayor necesidad de aplicación de riego con lámina bruta de 23.6 mm y lámina neta de 22.8 mm.

Se requirió un gasto mayor de 0.46, l/s/ha aunque se requirió el 15 y 20 de mayo una cantidad más elevada de gasto de agua con 55 l/s/ha. Tabla 3.9, Figura 3.8.

Tabla 3. 7. Láminas de riego y gastos en el módulo 3

Fecha	Día	Etapa	Agotamiento %	Lámina neta mm	Lámina bruta mm	Caudal o gasto l/s/ha
09 de marzo	10	inicial	7.00	9.1	9.6	0.11
21 de marzo	22	inicial	7.00	12.2	12.8	0.12
01 de abril	33	Desarrollo	8.00	16.9	17.7	0.19
08 de abril	40	Desarrollo	7.00	17.9	18.9	0.31
14 de abril	46	Desarrollo	8	20.1	21.2	0.41
20 de abril	52	Desarrollo	8	22.5	23.6	0.46
25 de abril	57	Medio	8	21.9	23.1	0.53
30 de abril	62	Medio	8	21.9	23.1	0.53
05 de mayo	67	Medio	8	22.2	23.3	0.54
10 de mayo	72	Medio	8	22.2	23.3	0.54
15 de mayo	77	Medio	8	22.4	23.6	0.55
20 de mayo	82	Medio	8	22.4	23.6	0.55
26 de	88	Fin	8	22.8	24.0	0.46

mayo						
01 de junio	94	Fin	7	21.5	22.7	0.44
10 de junio	103	Fin	8	22.2	23.4	0.30
15 de junio	fin	Fin	2			

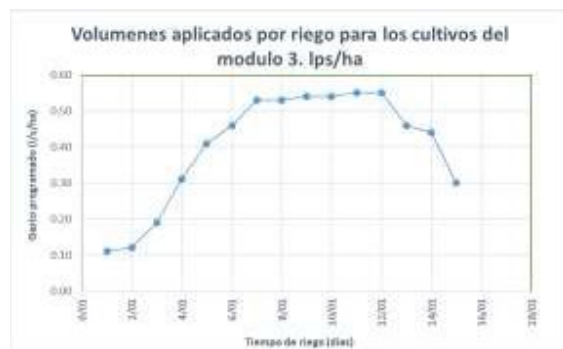


Figura 3. 6. Laminas brutas y volúmenes aplicados en el módulo 3

Para el módulo 4 los requerimientos de agua de los cultivos fue un total de 27.48 cm, esto debido a que se estableció únicamente frijol en este módulo.

La lámina de riego total unitaria fue en el tercer riego de mayo donde se aplicó la mayor lámina de riego unitaria que fue de 48.5 mm/dec, pero donde se estimó la mayor evapotranspiración diaria de 4.47 mm/día en la etapa media final de la etapa del cultivo. Tabla 3.10. Figura 3.9.

Tabla 3. 8. Requerimiento de agua por etapa en el en el módulo 4

Mes	Etapa	Kc Coeficiente	Etc mm/día	Requerimiento de riego mm/dec
Marzo	Inicial	0.30	0.99	6.90
Marzo	Inicial	0.30	1.03	11.40
Abril	Des	0.40	1.45	14.50
Abril	Des	0.68	2.57	25.70
Abril	Des	0.96	3.67	36.70
Mayo	Medio	1.15	4.41	44.10
Mayo	Medio	1.15	4.47	44.70
Mayo	Medio	1.15	4.41	48.50
Junio	Fin	0.89	3.37	33.70
junio	Fin	0.46	1.73	8.60

Requerimiento de riego total

274.80





Figura 3. 7. Requerimientos de riego en el módulo 4

Con respecto a las láminas brutas y netas y los gastos calculados por fecha de riego del módulo 4, se observa que la fecha más crítica fue el 7 de junio, etapa final del frijol, ya que es la mayor necesidad de aplicación de riego con lámina bruta de 24.8 mm. La lámina neta mayor fue el 16 y 21 de mayo con 23.5 mm, requiriendo un gasto de al menos 0.54 l/s/ha, valor igual para el 26 de mayo y 31 de mayo. Tabla 3.11, Figura 3.10.



Figura 3. 8. Láminas brutas y volúmenes aplicados en el módulo 4

Tabla 3. 9. Láminas de riego y gastos en el módulo 4

Fecha	Día	Etapa	Agotamiento	Lámina neta	Lámina bruta	Caudal o gasto
			%	mm	mm	l/s/ha
22 de marzo	9	inicial	7.00	8.9	9.4	0.12
02 de abril	20	inicial	7.00	12.2	12.8	0.13
12 de abril	30	Desarrollo	8.00	16.7	17.6	0.20
19 de abril	37	Desarrollo	8.00	17.9	18.9	0.31
25 de abril	43	Desarrollo	8	20.9	22.0	0.42
01 de mayo	49	Desarrollo	8	22.7	23.9	0.46
06 de mayo	54	Medio	8	22.0	23.2	0.54

11 de mayo	59	Medio	8	22.1	23.3	0.54
16 de mayo	64	Medio	8	22.3	23.5	0.54
21 de mayo	69	Medio	8	22.3	23.5	0.54
26 de mayo	74	Medio	8	22.0	23.2	0.54
31 de mayo	79	Medio	8	22.0	23.2	0.54
07 de junio	86	Fin	8	23.5	24.8	0.41
15 de junio	fin	Fin	6			

### 3.1.8 Riegos aplicados en cultivos establecidos en módulos del Área Demostrativa de Huertos

Para la aplicación del riego en los módulos del Área Demostrativa de Huertos se utilizaron dos métodos: inicialmente riego por goteo y posteriormente el riego por gravedad, esto por haberse dañado el sistema de riego por goteo.

En ambos métodos se considera un manejo del agua racional en el riego y un incremento en la eficiencia a nivel parcelario. Piña D., A. y E. Arreola, V., 1981

Los datos de requerimientos de agua de la aplicación del riego por goteo, mencionados en el acápite 4.4 fueron obtenidos con la metodología de la tecnificación del riego presurizado y el riego por gravedad (Rigrav), de acuerdo con las metodologías mencionadas por IMTA, 2007.

Riego por goteo: El riego se aplica en tuberías de polietileno de pared gruesa donde están insertados los goteros que por su rango de variación de gasto puede clasificarse como regular – malo debido a que presenta un rango de mayor del coeficiente de variación entre goteros de 0.10 de cv. Al inicio del sistema de riego se tiene un medidor de flujo y se probó el funcionamiento de los goteros. Asimismo, se evaluaron los volúmenes de agua por unidad de tiempo por cada emisor de las cuatro líneas de los cuatro módulos Figuras 3.11. – 3.12



Figura 3. 9. Funcionamiento de los goteros y medición del gasto



Figura 3. 10 Evaluación de gastos emisor/línea para los módulos de riego

Riego por gravedad: Para la aplicación del riego por gravedad se utilizó el Rigrav donde los parámetros físicos del suelo incluyen contenidos de humedad inicial de 0.3 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, contenido de humedad a saturación 0.46 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, conductividad hidráulica de 3.1 cm/hr y el parámetro hf de 30 cm. Tabla 3.12.

Tabla 3. 10 Resumen de resultados por módulo obtenidos con el Rigrav

Conceptos	Unidad	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4
Lámina de riego bruta	m	0.1803	0.19	0.2	0.23
Eficiencia de aplicación	%	92.4	90.1	87.1	77.3
Eficiencia de aplicación del requerimiento	%	83.753	86.126	87.41	90.26
Coefficiente de uniformidad calculado	%	52.6	49.3	47.3	42.6

Se midieron los volúmenes de riego por unidad de tiempo, Figura 13, y las fases de riego por gravedad, iniciando la fase avance, que es al inicio del riego en la cabecera superior del surco hasta cuando el frente de avance alcanza el extremo inferior del surco, la fase de almacenamiento que es cuando él agua llega al final del surco y concluye cuando en la cabecera superior se corta el suministro de agua, la fase de consumo que es el tiempo que

transcurre entre el corte de la aplicación de riego y la desaparición del tirante de agua en el inicio del surco y la fase de recesión que es a partir de que el tirante de agua desaparece en el inicio del surco o melga y termina cuando el tirante de agua desaparece en la superficie del surco. Figuras 3.13 – 3.17



Figura 3. 11 Prueba de riego y medición del agua de riego por gravedad  
 Para el módulo 1 se presentan las fases de almacenamiento y recesión, para el módulo 2 se observan las fases de almacenamiento y recesión, para el módulo 3 se tienen las fases de avance y almacenamiento y para el módulo 4 se exhiben las fases de avance y almacenamiento.

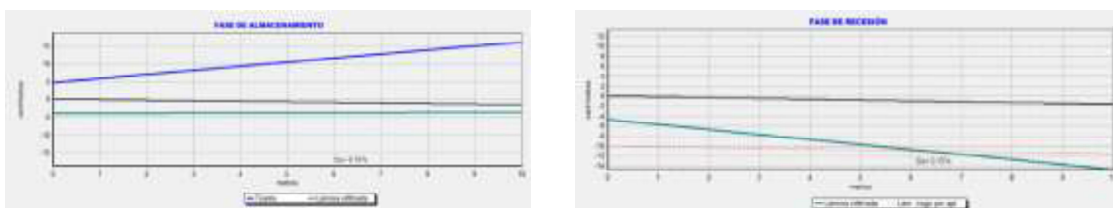


Figura 3. 12 Fases de riego de almacenamiento y recesión del módulo 1

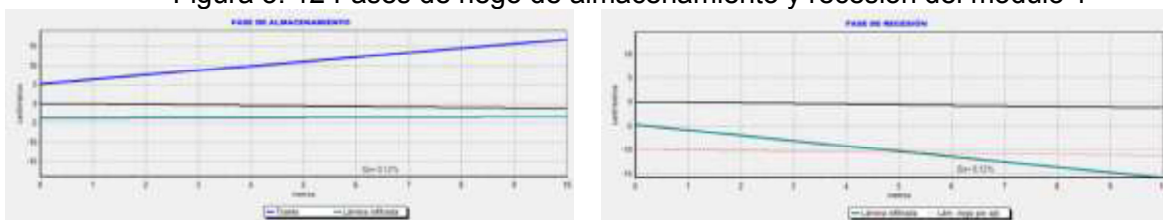


Figura 3. 13. Fases de riego de almacenamiento y recesión del módulo 2

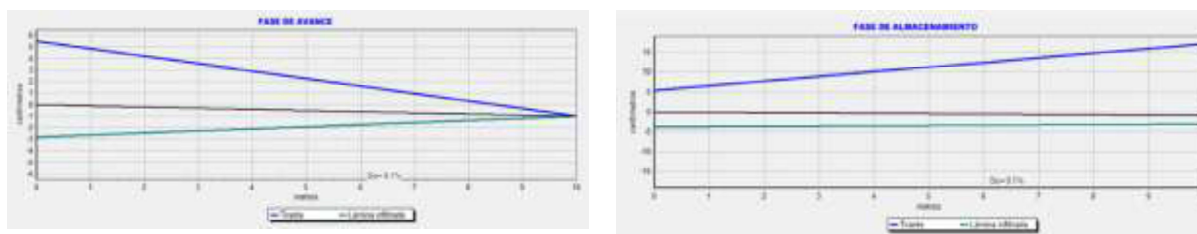


Figura 3. 14. Fases de riego de avance y almacenamiento del módulo 3

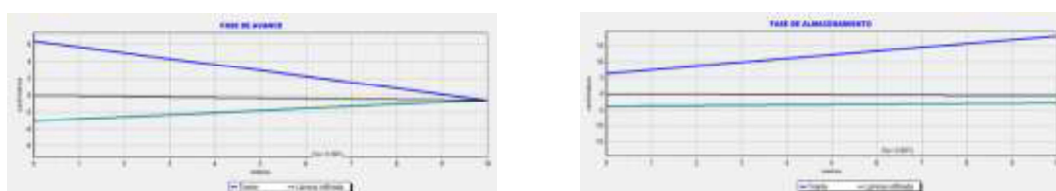


Figura 3. 15. Fases de riego de avance y almacenamiento del módulo 4

De otra parte, con los requerimientos de riego y las pruebas de riego efectuadas en los módulos del Área Demostrativa de Huertos se presenta un resumen del número de riego realizado por módulo. Se incluyen riego por goteo y gravedad.

El volumen promedio de riego por emisor para toda, mostrados en el Cuadro 13, donde se observa que los volúmenes netos aplicados a cada módulo son menores en el módulo 1, después el 2 y luego el 3, que es donde están la asociación maíz-frijol. En el módulo 4 se estableció frijol. Esta observación permite señalar que la fecha influye en los requerimientos de riego y conforme a las fechas, en temporada fría hay un menor requerimiento.

Tabla 3. 11. Riegos, volumen promedio y volumen neto en los módulos

Concepto	Numero de riegos	Emisor Volumen promedio (l hr <sup>-1</sup> )	volumen neto aplicado por riego (cm)
módulo 1	15	1.78	30.37
módulo 2	12	1.561	30.66
módulo 3	16	1.207	30.82
módulo 4	13	1.125	27.48

### 3.1.9 Presencia de plagas y enfermedades en cultivos

En la figura 4.18 se observa el efecto de las hormigas que sacan las semillas de frijol del sitio donde se sembraron (a), presencia de pulgones(b-c). Asimismo, en la figura 4.19 se observa

el efecto de trozador de la planta (d), chapulines verdes (e), efecto de las ardillas en las mazorcas (f).

El efecto de la presencia de plagas y enfermedades en cultivos disminuyeron la producción en maíz. Cabe aclarar que en el cultivo de frijol no se observó la floración.

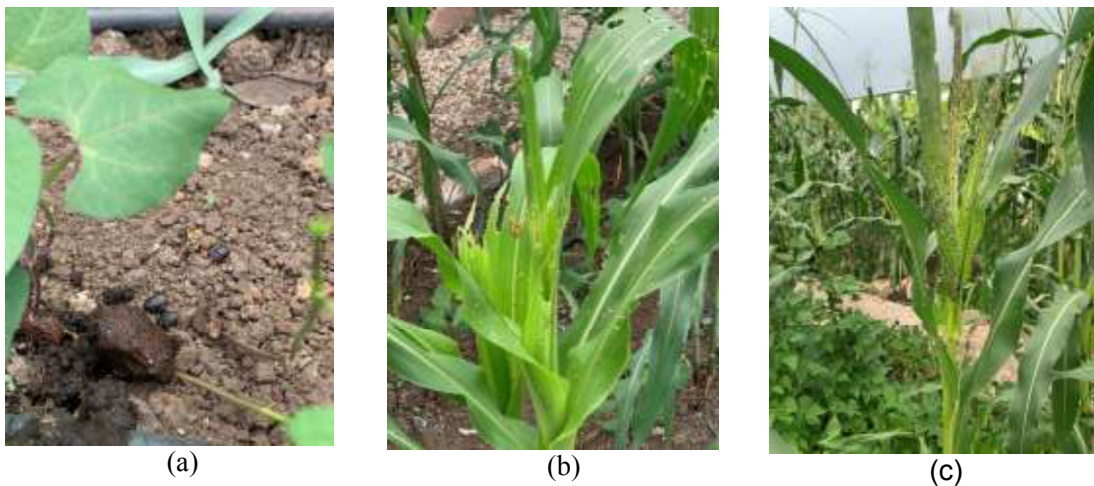


Figura 3. 16. Presencia de plagas en el Área Demostrativa.

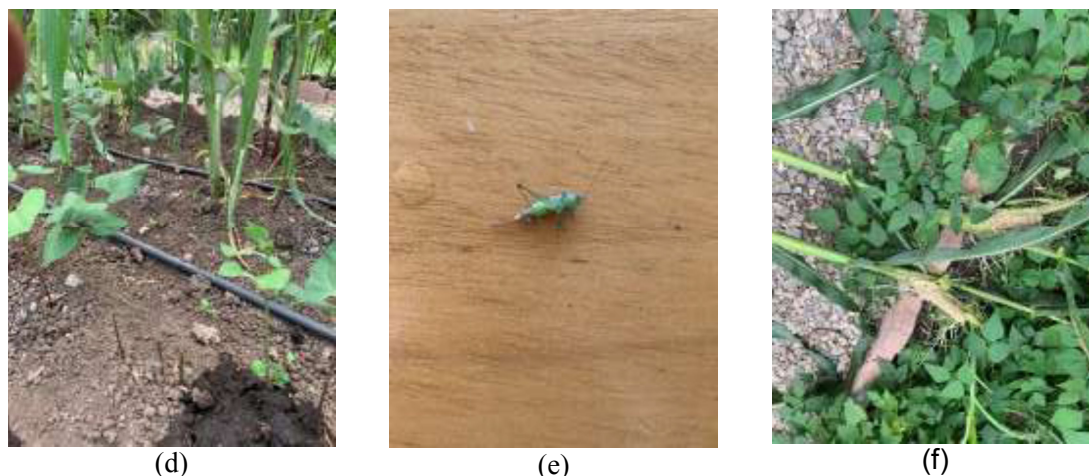


Figura 3. 17. Presencia de plagas en el Área Demostrativa de Huertos

### 3.1.9 Cosecha de cultivos en los módulos

La cosecha en los módulos 1, 2 y 3 se efectuó, en los tiempos mencionados en los paquetes tecnológicos (Capítulo 4.2.) para el cultivo de maíz, pero no se obtuvieron resultados en los módulos 1, 2 y 4 de cultivo de frijol debido a que no florecieron ni produjeron flores y vainas.

En la cosecha de maíz se recolectaron mazorcas de diversos tamaños, que se agrupan en tres longitudes promedio, por lo cual se clasificaron en grupo de mazorcas pequeñas cuyas características fueron de 7 cm de largo peso del grano de la mazorca de 39 g. Para la mazorca mediana se tuvo una longitud promedio de 12 cm y un peso del grano de la 84 g. Finalmente para la mazorca grande se tuvo una longitud de 18 cm y un peso del grano de la mazorca grande 122 g. Figura 3.20.





Figura 3. 18. Mazorcas cosechadas en el Área Demostrativa de Huertos

Los rendimientos son menores en el módulo 3 que en el módulo 2 y a su vez que el módulo 1 debido a que la densidad de siembra es menor en cada módulo

Tabla 3. 12. Cosecha en el Área Demostrativa

Concepto	Cultivo	semillas/ha	Rendimiento (ton/ha)
módulo 1	Maíz	59,740	3.87
	Frijol	59,740	---
módulo 2	Maíz	36,364	2.98
	Frijol	36,364	---
módulo 3	Maíz	31,169	2.28
módulo 4	Frijol	36,364	---

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b>	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 52 de 91	México, 2023	Clave: F.C0.2.04.01

### 3.1.10 Conclusiones

Los paquetes tecnológicos en los módulos son similares, a excepción de las equidistancias entre plantas.

El maíz tiene un ciclo de 108 días, tiene 2.2 metros de altura y hojas delgadas, favoreciendo la penetración de luz al frijol. Es tolerante a la sequía.

El frijol florea a los 45 días y maduran a los 90 días después de la siembra. Su hábito de crecimiento es de guía; el grano por ser pequeño y negro tiene preferencia para consumo regional. Debido a su precocidad escapa al daño de enfermedades como el que causa la roya o chahuistle y, además, es ligeramente tolerante a la sequía.

La siembra en Valles Centrales de Oaxaca es al mismo tiempo del maíz y del frijol, en el mismo surco a "tapapie". Los surcos deben estar separados a 30 - 40 cm entre matas de maíz. El frijol se deposita en forma intercalada 2 a 3 granos separados a 30 cm. entre cada 2 matas de maíz. sembrando 3 semillas de frijol entre cada 2 matas de maíz. En ambos casos la semilla debe quedar a 5 cm. de profundidad.

La siembra realizada fue un intercalado de maíz - frijol en los módulos 1 y 2 con diferentes espaciamientos entre semillas, siendo para el módulo 1, el maíz separado 20 cm de frijol. En el módulo 2 están separadas cada 30 cm, en el módulo 3 se siembran de 2-3 semillas a 5-8 cm de profundidad. El módulo 4 se siembra el frijol a equidistancias de 40 cm de distancia entre ellas y a 5-8 cm de profundidad.

La Evapotranspiración promedio diaria en el Área Demostrativa de Huertos es de 3.11mm/día. Para programar el riego, se realizó en el módulo 1 la siembra de maíz el 21 de febrero y del frijol el 10 de marzo. En el módulo 2 se estableció maíz el 28 de febrero y el frijol el 17 marzo. En el módulo 3 se plantó maíz el 07 de marzo y en el módulo 4 se sembró frijol el 14 de marzo.



Para los requerimientos de agua por los cultivos se consideran que las etapas fisiológicas del maíz se cumplen en 108 días y en el frijol son 90 días, por lo cual dichos requerimientos para el módulo 1 se observaron los siguientes datos.

En el módulo 1, los requerimientos de agua de los cultivos fueron de una lámina de riego total de 30.37 cm. De esta lámina de riego total, en el primer riego de mayo se aplicó la mayor lámina de riego unitaria que fue de 4.45 mm/dec, donde se tuvo la mayor evapotranspiración diaria de 4.5 mm/día

Para el módulo 2 los requerimientos de agua de los cultivos fue un total de 30.66 cm. En este aspecto se puede señalar que al considerar la fecha de siembra una semana más, se incrementó la lámina en 2.9 mm, que equivale para el módulo un gasto de 1% de agua aplicada y un tiempo de aplicación de 13.36%.

La lámina de riego total fue en el segundo y tercer riego de mayo donde se aplicó la mayor lámina de riego unitaria que fue de 44.9 mm/dec, donde se tuvo la mayor evapotranspiración diaria de 4.49 mm/día.



 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b>	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 53 de 91	México, 2023	Clave: F.C0.2.04.01

En el módulo 3 los requerimientos de agua de los cultivos fue un total de 30.82 cm. observándose la fecha de siembra una semana posterior y se incrementó la lámina riego 0.45 cm con respecto al módulo 1 y de 0.016 cm con respecto al módulo 2, que equivale para el módulo un incremento de 1.48% de agua aplicada y un aumento del tiempo de aplicación de 25.05%.

Para el módulo 4 los requerimientos de agua de los cultivos fue un total de 27.48 cm, esto debido a que se estableció únicamente frijol en este módulo. La lámina de riego total unitaria fue en el tercer riego de mayo donde se aplicó la mayor lámina de riego unitaria que fue de 48.5 mm/dec, pero donde se estimó la mayor evapotranspiración diaria de 4.47 mm/día en la etapa media final de la etapa del cultivo.

Para la aplicación del riego en los módulos del Área Demostrativa de Huertos se utilizaron dos métodos: inicialmente riego por goteo y posteriormente el riego por gravedad, esto por haberse dañado el sistema de riego por goteo. En ambos métodos se considera un manejo del agua racional en el riego y un incremento en la eficiencia a nivel parcelario.

Para la aplicación del riego por gravedad se utilizó el Rigrav donde los parámetros físicos del suelo incluyen contenidos de humedad inicial de 0.3 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, contenido de humedad a saturación 0.46 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, conductividad hidráulica de 3.1 cm/hr y el parámetro hf de 30 cm.



Se midieron los volúmenes de riego por unidad de tiempo, se obtuvieron las fases de riego por gravedad, fase avance, que es al inicio del riego en la cabecera superior del surco hasta cuando el frente de avance alcanza el extremo inferior del surco, la fase de almacenamiento que es cuando el agua llega al final del surco y concluye cuando en la cabecera superior se corta el suministro de agua, la fase de consumo que es el tiempo que transcurre entre el corte de la aplicación de riego y la desaparición del tirante de agua en el inicio del surco y la fase de recesión que es a partir de que el tirante de agua desaparece en el inicio del surco o melga y termina cuando el tirante de agua desaparece en la superficie del surco.

Con los requerimientos de riego y las pruebas de riego efectuadas en los módulos del Área Demostrativa de Huertos se presenta un resumen del número de riego realizado por módulo. Se observaron que el volumen promedio de riego por emisor para toda el Área, observando que los volúmenes netos aplicados a cada módulo son menores en el módulo 1, después el 2 y luego el 3, que es donde están la asociación maíz-frijol. En el módulo 4 se estableció frijol. Esta observación permite señalar que la fecha influye en los requerimientos de riego y conforme a las fechas, en temporada fría hay un menor requerimiento.

El número de riegos en el módulo 1 fue de 15, en el módulo 2 fueron 12, en el módulo de riego 3 fueron 16 y en módulo 4 fueron 13, Asimismo, los volúmenes promedio por emisor fueron de 1.78, 1.56, 1.21 y 1.12 l/hr respectivamente para cada módulo, y el volumen neto aplicado por módulo fue de 30.37 cm, 30.66 cm, 30.82 cm y 27.48 cm para cada módulo.

Con respecto al combate de malas hierbas, se hizo la limpia a mano y una escarda con azadón 45 días después de nacidas las plantas y después es manual, teniéndose como plagas a las hormigas que sacan las semillas de frijol del sitio donde se sembraron, presencia de pulgones, trozador del tallo de la planta, chapulines verdes y ardillas en las mazorcas. Cabe aclarar que en el cultivo de frijol no se observó la floración

La cosecha de maíz fue en los módulos 1, 2 y 3, pero no se cosechó frijol en los módulos 1, 2 y 4 debido a que no floreció, teniéndose para el maíz mazorcas de diversos tamaños, que se agrupan en tres longitudes promedio, por lo cual se clasificaron en grupo de mazorcas pequeñas cuyas características fueron de 7 cm de largo peso del grano de la mazorca de 39

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b>	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 54 de 91	México, 2023	Clave: F.C0.2.04.01

g. Para la mazorca mediana se tuvo una longitud promedio de 12 cm y un peso del grano de la 84 g. Finalmente para la mazorca grande se tuvo una longitud de 18 cm y un peso del grano de la mazorca grande 122 g.

En el módulo 1 se cosecharon 3.87 ton/ha de maíz, en el módulo 2 el rendimiento de maíz fue de 2.98 to/ha y en el módulo 3 se obtuvo 2.28 ton/ha de maíz debido probablemente a que el frijol aportó nitrógeno en los módulos 1 y 2.

### 3.1.11 Anexo fotográfico



Figura 3.21. Riego por goteo en el cultivo de maíz



Figura 3.22. Riego por gravedad en la asociación maíz-frijol



Figura 3.23. Módulos 1, 2 y 3 con cultivos de maíz y frijol establecidos



Figura 3.23. Módulo 4 con cultivo de frijol establecido



Figura 3.24. Aforo para la medición del volumen aplicado en el riego



Figura 3.2 5. Aplicación del riego por goteo



Figura 3.26. Diferentes fases de desarrollo del cultivo de maíz



Figura 3.27. Resiembra en la zona afectada



Figura 3.28. Efecto en las plantas de frijol del trozo de la planta



Figura 3.30. Panorámica del desarrollo de plantas de maíz y frijol



Figura 3.31. Desarrollo foliar en el módulo 3



Figura 3.32. Desarrollo del maíz en el Área demostrativa



Figura 3.33. Uso del tallo del maíz como soporte del frijol





Figura 3.34. Afectación de ardilla en el Área Demostrativa



Figura 3.35. Evaluación de fases en pruebas de riego



 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexa Agua-Energía</b>	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 62 de 91	México, 2023	Clave: F.C0.2.04.01



Figura 3.36. Plantas dañadas por las ardillas.

### 3.1.12 Referencias




FAO, 2023. Semillas criollas. Centro de conocimientos sobre agroecología <https://www.fao.org/agroecology/database/detail/es/c/1266074/>

Gutiérrez, L., 2022. Las semillas criollas son un seguro ante el cambio climático. <https://mascolombia.com/las-semillas-criollas-son-un-seguro-ante-el-cambio-climatico-experta/>

IMTA, 2021. Capítulo 2.- Área Demostrativa de Huertos Y Bombeo Solar. Informe Técnico De Resultados Del Área Demostrativa Basadas En Producción De Alimentos Y Secado Solar

IMTA, 2022. Capítulo 2. Semillas criollas. Manejo Integral en la Producción de Alimentos y Generación de Energía a Escala Menor con Energía Renovable Solar – Hidráulica. Coordinación De Riego Y Drenaje. IMTA

Servicios agrícolas del sur, 2007. Como cultivar maíz y frijol Intercalado en Los Valles Centrales De Oaxaca”. <https://html.rincondelvago.com/cultivo-de-maiz-y-frijol-intercalado-en-los-valles-centrales-de-oaxaca.html>

 	<p align="center"><b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b></p>	 <p align="right">IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
<p align="center">Página <b>63</b> de <b>91</b></p>	<p align="center">México, 2023</p>	<p align="right">Clave: <b>F.C0.2.04.01</b></p>

SAGARPA, 2015. Agenda Técnica Agrícola de Morelos. Segunda Edición. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D.

Piña D., A. y E. Arreola, V., 1981. Métodos avanzados de riego. Tomo I. Riego por goteo. Plan Nacional de Obras Hidráulicas e Ingeniería Agrícola para el Desarrollo Rural. Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica. SARH

### **3.2 Manejo del Área Demostrativa de Huertos de la Subcoordinación de Agua, Energía y Proyectos Productivos**

#### **3.2.1. Introducción**

Durante el ejercicio 2023 el esfuerzo se ha dirigido hacia el desarrollo de nuevos espacios de cultivos en el área demostrativa con la creación de las camas bio-intensivas, preparadas con el método de la doble excavación y enriquecidas con materia orgánica y estiércol.

Se han comprado además materiales para habilitar nuevos espacios dedicados a la producción de bio-insumos, es decir de fertilizantes y plaguicidas que el mismo productor puede elaborar a partir de insumos que se generan en el sitio mismo, o a partir de insumos externos, pero de relativamente fácil acceso.

Los cultivos realizados durante el ejercicio no pudieron contar con el apoyo de dichos fertilizantes y bio-estimulantes, mismos que aún no cuentan con todos los insumos para ser elaborados, o que solamente al final del año pudieron ser elaborados. Además y por las mismas razones, se contó con un espectro muy reducido de insumos para prevenir y corregir el desarrollo de plagas y enfermedades. Por lo tanto, se considera que a futuro el rendimiento de los cultivos se podrá optimizar a partir de la aplicación regular y adecuada de bio-insumos de calidad.



Fotografía aérea de la zona de interés (IMTA - Anexo 2), tomada con dron en junio del 2023 (Crédito: Dr. Alberto González)



Fotografía aérea de la zona de interés (IMTA - Anexo 2), tomada en junio del 2023 (Crédito: el Dr. Alberto Sánchez)

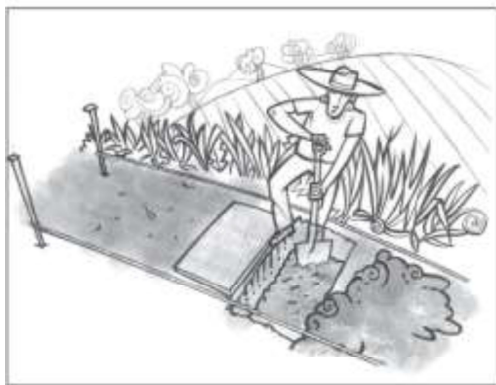


Ilustración del método de doble excavación, tomado de SEMARNAT (2008)



Activación líquida de micro-organismos de montaña de las partes altas de Cuernavaca. Listo a finales de noviembre de 2023. Fuente: elaboración propia

Figura 3.37. Fotografías de prácticas agroecológicas entorno al reciclaje de nutrientes (Fuente: elaboración propia)

### 3.2.2. Desarrollo

#### a. Prácticas agroecológicas

##### i. Compostas

El reciclaje de nutrientes es una práctica esencial en el huerto para no romper con el ciclo natural de alimentación de la microbiota del suelo y por ende asegurar la base de la nutrición de las plantas. Los nutrientes, si bien se pueden ser reciclados afuera de las camas de cultivos, deben ser reincorporados continuamente para mejorar el porcentaje de materia orgánica (MO) del suelo.

Asimismo, se crearon por un lado pilas termófilas de composta en un lugar sombreado, aunque no techado. El objetivo es degradar los desechos grandes del huerto y de los espacios verdes. El compost termófilo precisa ser manejado de forma activa, principalmente mediante el volteo del material con el fin de conseguir aumentar la temperatura de toda la pila de compost. En las pilas elaboradas se han integrado residuos de hojarasca, pasto, rastrojo, residuos delgados de poda de árbol, residuos de cosecha (p. ej. planta de camote, rastrojo de maíz). Para una óptima degradación y calidad de la composta se recomienda agregar algún tipo de estiércol, en particular bovino por la presencia de la bacteria *Bacillus Subtilis*, misma que destaca como agente de control biológico de enfermedades causadas por ciertos hongos patógenos del suelo y otras bacterias. Con ese fin se ha identificado un sitio cercano desde el cuál se podrían traer las cantidades requeridas de estiércol bovino a futuro. Se trata del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), instalaciones donde también se ubica el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria (CENID), centro de investigación científica donde se desarrollan varias líneas de investigación que contribuyen al mejoramiento de los productos ganaderos.

Por otro lado, se creó una lombricomposta a partir de un pie de cría de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Gracias a aportaciones regulares de materia orgánica (residuos de cocina) se reprodujeron las lombrices, en una caja de plástico hermética pero sin tapa y con llave de evacuación de los líquidos en su fondo. El sitio es sombreado, aunque no techado. El objetivo, además del reciclaje de los residuos orgánicos más finos producidos en el lugar es producir “lixiviado” o “humus líquido” a partir de los residuos producidos por las lombrices al digerir la materia orgánica. El humus líquido de lombriz es un bioestimulante que contiene ácidos húmicos y nutrientes (en particular nitrógeno) favorables a la salud de las plantas.



Figura 3.38. Fotografías de prácticas agroecológicas entorno al reciclaje de nutrientes (Fuente: elaboración propia)

ii. Biodiversidad

Otras acciones han consistido en permitir el desarrollo de ecosistemas más elaborados en pro de un mayor equilibrio, con el tiempo. A manera de ejemplo, se incorporó al bio-abrevadero una planta con papel fitodepurador e impulsador de biodiversidad: el papiro (*Cyperus papyrus*). Permitted no solamente mejorar la calidad del agua (menos turbidez aparente) sino también estimular el desarrollo de un microecosistema acuático que entre en relación con el ecosistema del huerto y que participe en su regulación. Otra práctica consiste en limitar las podas a los espacios estrictamente necesarios, para permitir el ciclo completo de plantas que, al florecer, puedan por ejemplo atraer polinizadores.

	
Incorporación de papiro al bio-abrevadero.	Atracción de fauna auxiliar en el control de insectos (muda de libelula)
	
Podas de pasto selectivas (caminos)	Podas de pasto selectivas (pie de árboles con cobertura vegetal floreada, atrayente de <i>Apis mellifera</i> )

Figura 3.39. Fotografías de prácticas agroecológicas entorno al fomento de la biodiversidad. (Fuente: elaboración propia)

### iii. Suelo

Si bien no se ha podido elaborar suficiente compost maduro por el momento para poder incorporarlo de manera sistemática a las camas bio-intensivas, se ha protegido y abonado el suelo con materia orgánica a partir de residuos de cosecha, como la del maíz antes de una rotación con calabaza.

A manera de prueba, se usó materia orgánica semi-descompuesta proveniente de la pila de composta termófila para preparar y proteger el suelo antes de la temporada de lluvias, en un espacio que posteriormente se pudiera utilizar como cama de cultivo. Como resultado, se constató que el acolchado de MO aportado (de aproximadamente 15cm de grosor) impidió el avance del pasto y otras arvenses circundantes sobre la parcela en preparación, lo cual representa una práctica que puede permitir la disminución del uso de herbicidas como el glifosato.



Figura 3.40. Fotografías de prácticas agroecológicas entorno al manejo del suelo. (Fuente: elaboración propia)

### iv. Fertilización mineral

Para la elaboración de bio-insumos, se ha adquirido un fertilizante mineral natural, el cuál es un complejo mineral derivado de la molienda micronizada de rocas, para uso en fertirriego o directamente en el suelo, que además de aportar macro-nutrientes, añade una importante cantidad de micro-elementos, indispensable para el desarrollo óptimo de los cultivos.

Aporta una nutrición complementaria y gradual a la planta, y no afecta al suelo. También contiene ácidos húmicos y fúlvicos, que enriquecen y enmiendan los suelos desgastados, así como silicio disponible, que desarrolla los mecanismos de defensa de la planta (Empresa Zeolitech, 2023).

Se ha aplicado principalmente en plátanos y aguacates, sobre el cajete. Posteriormente se recubrió con un acolchado de materia orgánica.

ELEMENTO	SÓLIDO %
Nitrógeno (N) .....	4.98
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) .....	9.38
Potasio (K <sub>2</sub> O) .....	2.06
Calcio (CaO) .....	16.05
Magnesio (MgO) .....	3.35
Azufre (SO <sub>3</sub> ) .....	2.97
Silicio total (SiO <sub>2</sub> ) .....	38.93*
Hierro (FeO) .....	2.68
Manganeso (MnO) .....	0.26
Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) .....	1.05**
Sodio (Na <sub>2</sub> O) .....	0.21
Zinc (Zn) .....	0.25
Boro (B) .....	4.72 ppm
Cobre (Cu) .....	66 ppm
Molibdeno (Mo) .....	1.7 ppm
Cobalto (Co) .....	13 ppm
pH .....	7.65
Solubilidad .....	102.9 g/L (9.33%)
*Silicio disponible 8.50%	
**No crea toxicidad, ya que no está disponible.	









Figura 3.42. Fotografías de prácticas agroecológicas entorno al abono mineral en frutales.  
(Fuente: elaboración propia)



 	<b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b>	 
Página 69 de 91	México, 2023	Clave: F.CO.2.04.01

b. Cultivos

i. Experimentación y ensayos

1. Requerimientos de agua

En este documento se presentan los resultados obtenidos en el área demostrativa de huertos correspondientes a un proyecto de experimentación sobre requerimientos de agua, donde se emplearon tecnologías de semillas regionales correspondientes a los cultivos de maíz y frijol.

El maíz tiene un ciclo de 108 días, 2.2 metros de altura y hojas delgadas, favoreciendo la penetración de luz al frijol. El frijol florea a los 45 días y madura a los 90 días después de la siembra. Ambos cultivos muestran cierta tolerancia a la sequía.

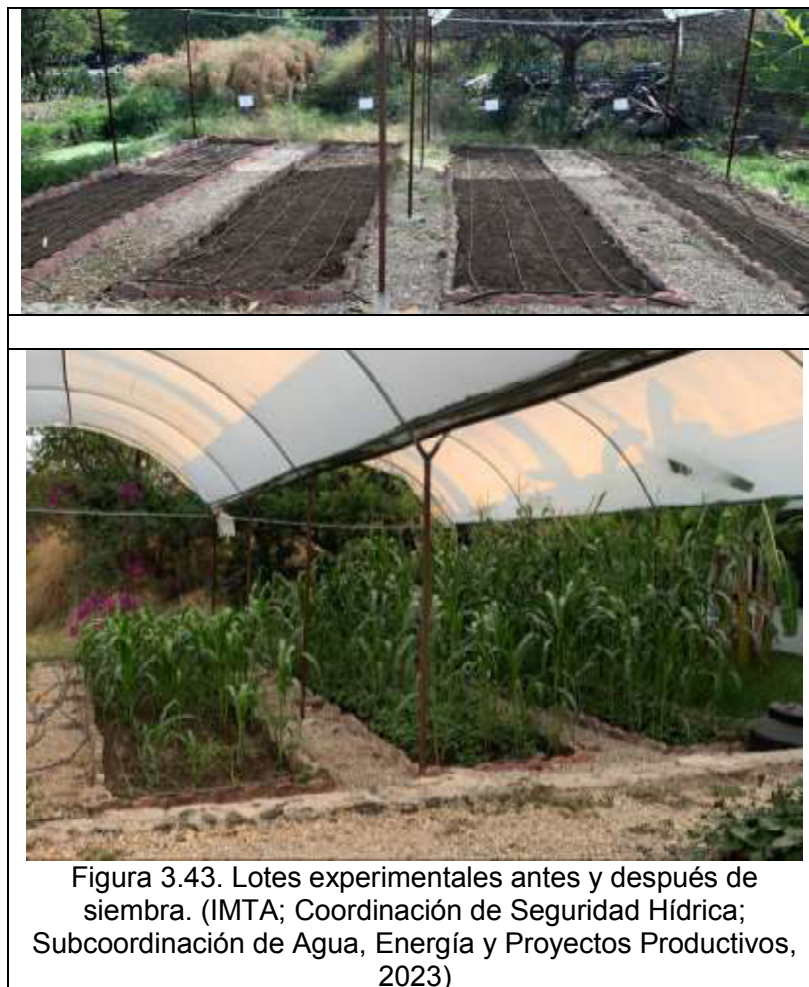
Para programar el riego en el módulo 1 se sembró el maíz el 21 de febrero y el frijol el 10 de marzo. En el módulo 2 se estableció maíz el 28 de febrero y el frijol el 17 marzo. En el módulo 3 se plantó maíz el 07 de marzo y en el módulo 4 se sembró frijol el 14 de marzo.

Para el módulo 2, los requerimientos del riego fue 30.66 cm. En este aspecto se puede señalar que al considerar la fecha de siembra una semana más, se incrementó la lámina en 2.9 mm, que equivale para el módulo un gasto de 1% de agua aplicada y un tiempo de aplicación de 13.36%. La lámina de riego más alta fue en el segundo y tercer riego de mayo donde se aplicándose 44.9 mm/dec, que es donde se tuvo la mayor evapotranspiración diaria de 4.49 mm/día.

En el módulo 3 los requerimientos de agua alcanzaron un total de 30.82 cm. observándose la fecha de siembra una semana posterior a la del módulo 1 y se observó un incrementó en la lámina riego de 0.045 mm y de 0.016 mm con respecto al módulo 2, que equivale para el módulo un incremento de 1.48% de agua aplicada y un aumento del tiempo de aplicación de 25.05%.

Para el módulo 4, los requerimientos de agua de los cultivos fue un total de 27.48 cm debido al establecimiento únicamente frijol. La lámina de riego mayor fue en el tercer riego de mayo donde se aplicó 48.5 mm/dec, pero donde se estimó la mayor evapotranspiración diaria de 4.47 mm/día en la etapa media final de la etapa del cultivo.

El número de riegos en el módulo 1 fue de 15 riegos, en el módulo 2 fueron 12 riegos, en el módulo de riego 3 fueron 16 riegos y en el módulo 4 fueron 13 riegos. Conviene aclarar que hubo cosecha de maíz en los módulos 1, 2 y 3, pero no se cosechó frijol en los módulos 1, 2 y 4 debido a que no floreció. En el módulo 1 se cosechó 3.87 ton/ha de maíz en el módulo 2 el rendimiento de maíz fue de 2.98 to/ha y en el módulo 3 se cosecho 2.28 ton/ha de maíz.





Prueba con harina de rocas y micorrizas arbusculares.

En el trasplante de jitomates a la cama bio-intensiva se llevó a cabo una prueba de comparación entre tres tratamientos, con base a un testigo sin tratamiento: 1) plántula inoculada con micorrizas arbusculares INIFAP; 2) plántula inoculada con un puño de harina de roca agregado a la cepa; 3) plántula inoculada con micorrizas arbusculares INFAP + un puño de harina de rocas agregado a la cepa.

Lo anterior, con el objetivo de comparar potenciales efectos aportados por el uso de estos dos insumos agroecológicos por separado o combinados.

Sin embargo, no se pudo obtener resultados del experimento por causa de un pronto contagio, posiblemente por el virus del mosaico del tomate (ToMV), el cual se instaló desde temprana etapa de las plantas.

	
<p>Trasplante de jitomate.</p>	<p>Plántula de jitomate.</p>
	
<p>Preparación de micorrizas arbusculares para inoculación al cepellón de la plántula</p>	<p>Harina de roca para incorporación al cajete del trasplante.</p>



Cama después del trasplante.

Cama después del trasplante.



Planta de jitomate afectada por virosis transmitido desde primeras etapas de desarrollo.

Contagió general a pesar del remplazo de las plantas afectadas.







Ejemplar adulto afectado por virosis.	<i>Desarrollo de plaga (larva de gusano soldado (Spodoptera exigua)).</i>
---------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------




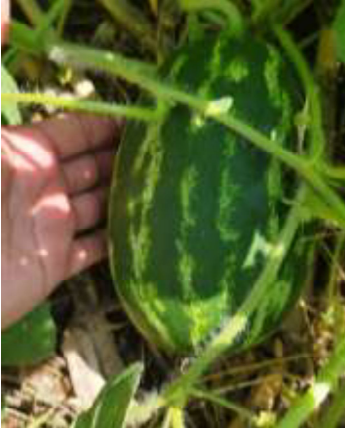


Figura 3.44. Afectaciones en los cultivos del área demostrativa.

ii. Producción

Durante el ciclo anual 2023 se han llevado a cabo diferentes cultivos, además de los cultivos perenes con los que cuenta el área, como lo son los frutales de aguacate, plátano, el arrayán, el zapote negro, la anona o el mandarino, por ejemplo.

	
Maíz criollo de Oaxaca	Maíz criollo de Oaxaca
	
Girasol	Girasol (desfoliado por la hormiga arriera).

	
<p>Camote morado</p>	<p>Camote amarillo</p>
	
<p>Jitomate <i>cherry</i> para semilla.</p>	<p>Jitomate <i>cherry</i> para semilla.</p>
	
<p>Calabaza.</p>	<p>Calabaza.</p>
	

<p>Frijol Ejotero.</p> 	<p>Frijol Ejotero.</p> 
<p>Cebolla.</p> 	<p>Cebolla.</p> 
<p>Sandía.</p> 	<p>Sandía</p> 
<p>Plátano: produciendo.</p>	<p>Plátano en etapa crecimiento vegetativo.</p>







	
<p>Zapote negro (etapa crecimiento vegetativo).</p>	<p>Arrayán (fructificando).</p>
	
<p>Malanga (cercano a cosecha).</p>	<p>Aguacate (un solo pie fructificando).</p>
	
<p>Mandarino (etapa crecimiento vegetativo).</p>	<p>Mandarino (etapa crecimiento vegetativo).</p>

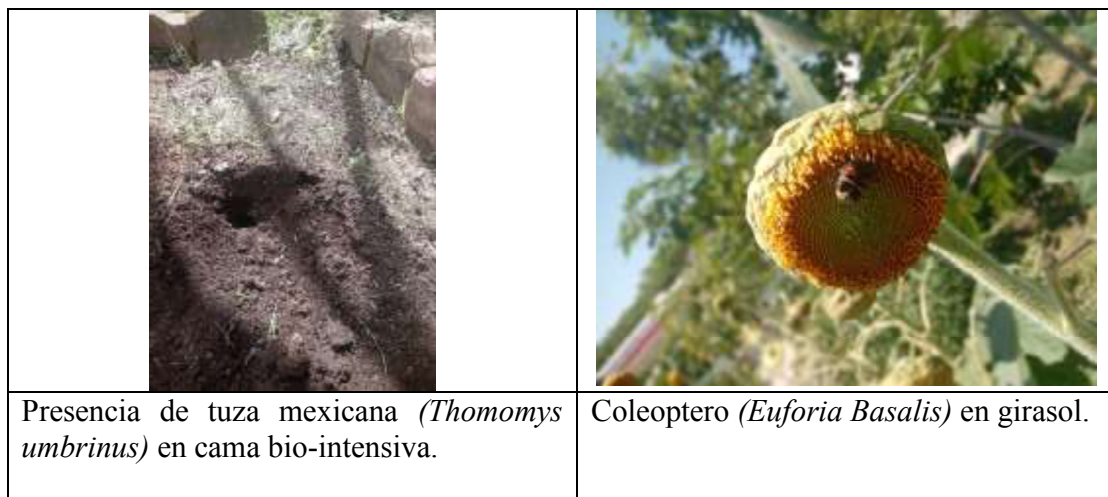




Figura 3.45. Fotografías de los cultivos del área demostrativa

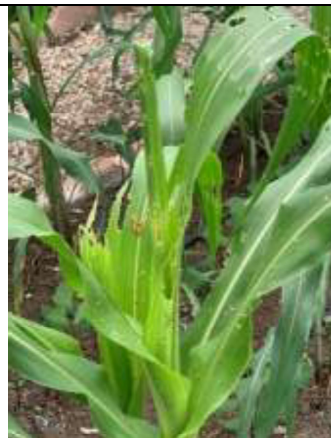
c. Biodiversidad: plagas

Las producciones en el área demostrativa se han visto afectadas por algunas enfermedades fúngicas, como el mildiu (*Pseudoperonospora cubensis*) o la antracnosis (*Colletotrichum* spp) y una diversidad de insectos, siendo el “bicho bola” (*Oniscidea*) y la hormiga arriera (*Atta mexicana*) las que más daños han producido en los cultivos, en general desde la implantación del cultivo.





“Bicho bola” (*Oniscidea*).



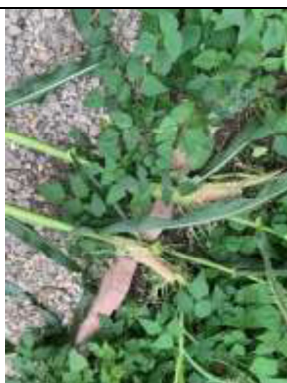
Cogollero del maíz (*Spodoptera Frujiperda*).



Pulgones.



Chapulines.



Efectos de la ardilla.



Efectos de insectos trozador (posiblemente *Oniscidea*).




	
Hormiga arriega en cama d cultivo.	Trampa con hojas de frijol Canavalia ( <i>Canavalia ensiformis</i> ), para provocar putrición del hongo cultivado en el hormiguero)
	
Larva de gusano soldado ( <i>Spodoptera exigua</i> ).	

Figura 3.46. Fotografías plagas en los cultivos del área demostrativa

d. Biodiversidad (fauna auxiliar)

La fauna beneficiosa para el agroecosistema es la que se reporta a continuación, sin embargo, el registro fotográfico está limitado a lo que se puede fotografiar (especies diurnas y con movilidad lenta, por ejemplo). Una propuesta para evidencia presencia de un mayor número de especies (en mamíferos, por ejemplo) sería la instalación de cámaras trampa.





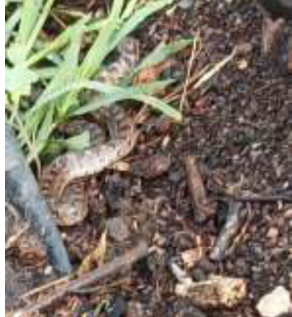




	
<i>Mantis religiosa</i>	<i>Coccinelidae</i>
	
<i>Apis mellifera</i>	<i>Crisopa Verde (Crysopidae)</i>
	
Serpiente (especie no identificada)	Libélulas ( <i>Anisoptera</i> )

Figura 3.47. Fotografías de biodiversidad del área demostrativa

### 3.3. Referencias



Empresa Zeolitech. (2023). <https://www.zeolitech.com.mx/ZEOFOL.html>

Zeolitech. Obtenido de

 	<p align="center"><b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b></p>	 <p align="right"><b>IMTA</b> INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</p>
<p align="center">Página <b>81</b> de <b>91</b></p>	<p align="center">México, 2023</p>	<p align="right">Clave: <b>F.C0.2.04.01</b></p>

IMTA, Coordinación de Seguridad Hídrica, Subcoordinación de Agua, Energía y Proyectos Productivos. (2023). Manejo de cultivos regionales de Oaxaca: Maíz de Valles Centrales y Frijol de la Región Papaloapan. IMTA.

SEMARNAT. (2008). El huerto familiar biointensivo, Introducción al método de cultivo biointensivo, alternativa para cultivar más alimentos en poco espacio y mejorar el suelo. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	<b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b>	 INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
Página 82 de 91	México, 2023	Clave: F.C0.2.04.01

### 3.3. Bioabrevadero

Se llevó a cabo la construcción de un bio-abrevadero para fauna silvestre. En el proceso de construcción se excavó un ovalo de aproximadamente 5 x 3 m y una profundidad de 1 m. Posteriormente se cubrió de plástico negro y en uno de los extremos se rellenó con piedra y tierra, de tal forma que quedo una plataforma y en uno de los extremos se colocó una piedra a manera de fuente.

Se instaló una bomba de corriente directa que opera de en un rango de 6 a 24 V, lo que permitió acoplarla a un módulo fotovoltaico de 80W que opera a 17 V. La bomba se colocó para que funcione como una fuente, lo que permite irrigar un cultivo de malanga.

#### 3.3.1. Desarrollo

En un inicio se definió el contorno del bio-abrevadero con varillas. En la figura 3.48 se puede ver los indicadores para definir el contorno del bio-abrevadero.



Figura 3.48. Marcas para el contorno del bio abrevadero.

En la figura 3.49 se puede ver la excavación para sacar material donde se encontrará el bio-abrevadero.



Figura 3.49. Excavación del bio-abrevadero.

Se hizo un esfuerzo importante en la extracción de rocas grandes como se puede observar en la figura 3.50.



Figura 3.50. Extracción de rocas en la excavación.

Posteriormente se hizo un repellido para definir el contorno del bio-abrevadero, como se puede ver en la figura 3.51.





Figura 3.51. Repellado del bio-abrevadero.

Una vez que se terminó el repellado se procedió a poner el plástico.



Figura 3.52. Contorno del bio-abrevadero terminado.

En la figura 3.53. Se puede ver el plástico colocado con una capa de arena y una barrera de piedras.



Figura 3.53. Colocación del plástico, piedras y arena en la parte superior del bio-abrevadero.

Se lleno con agua el bio-abrevadero para verificar que sea impermeable.



Figura 3.54. Bio-abrevadero terminado.

Se colocó una bomba sumergible de 20 W alimentada por un panel fotovoltaico de 80 W. Se pudo conectar de manera directa, ya que la bomba trabaja en un rango de voltaje de 6 a 24 V, y el panel entrega un voltaje de 18 V.



Figura 3.55. Instalación del sistema de bombeo fotovoltaico.

Finalmente se colocó la manguera para hacer la fuente y se puso a operar el sistema de manera exitosa.







Figura 3.56. Instalación de la manguera a la fuente.

En la figura 3.57 se puede ver el bio-abrevadero funcionando, donde se puede ver el módulo fotovoltaico que alimenta a la bomba.



Figura 3.57. Bio-abrevadero terminado y funcionando.

 	<b>Desarrollo e Implementación de Estrategias para Promover el Manejo Integral de Proyectos Productivos en Comunidades resilientes con base en el nexo Agua-Energía</b>	 
Página 90 de 91	México, 2023	Clave: F.C0.2.04.01

#### 4. CONCLUSIONES

Se llevaron a cabo las actividades y productos programados en el proyecto. Entre otros; se promovió y dio difusión de diferentes alternativas en el manejo de huertos mediante un curso taller de “Tecnologías del Agua” en el aula magna del centro de capacitación del IMTA. El curso dirigido a las Comunidades de Aprendizaje Campesino (CACs) de los Reyes; Arcángel San Rafael; La Esperanza Verde; Huamantla Floreciendo; Ejidos Unidos Hasat; Cultivando Vida y Esperanza; Sembrando Vida y Esperanza en Ayala; Chautla Vive Del Estado De Morelos.

Adicionalmente se llevó a cabo el desarrollo de tecnologías sostenibles, donde se diseño, construyo y evaluó experimentalmente una cocina solar, la cual obtuvo temperaturas suficientes para cocer alimentos, la capacidad de la cocina solar es de 3.8 L. También se hizo el diseño y construcción de una base para la bicibomba del IMTA, la base fue probada y es totalmente funcional.

Se llevó a cabo la evaluación de semillas criollas de maíz de los valles Centrales de Oaxaca y frijol de la región del Papaloapan, donde se realizo el cálculo de los requerimientos de riego. La cosecha de maíz fue en los módulos 1, 2 y 3, pero no se cosechó frijol en los módulos 1, 2 y 4 debido a que no floreció, teniéndose para el maíz mazorcas de diversos tamaños, que se agrupan en tres longitudes promedio, por lo cual se clasificaron en grupo de mazorcas pequeñas cuyas características fueron de 7 cm de largo peso del grano de la mazorca de 39 g. Para la mazorca mediana se tuvo una longitud promedio de 12 cm y un peso del grano de la 84 g. Finalmente para la mazorca grande se tuvo una longitud de 18 cm y un peso del grano de la mazorca grande 122 g. En el módulo 1 se cosecharon 3.87 ton/ha de maíz, en el módulo 2 el rendimiento de maíz fue de 2.98 to/ha y en el módulo 3 se obtuvo 2.28 ton/ha de maíz debido probablemente a que el frijol aportó nitrógeno en los módulos 1 y 2. Adicionalmente se reporta el manejo agroecológico del área demostrativa, donde se produjeron diferentes productos agrícolas y se implementaron algunas técnicas agroecológicas. Finalmente se llevó a cabo la construcción de un bioabrevadero para fauna silvestre, donde se implemento un pequeño sistema de bombeo fotovoltaico para recircular el agua del bioabrevadero y al mismo tiempo regar un cultivo de malanga.