



**Proyecto Piloto de Sistema de Captación de Agua de Lluvia
Para Riego
Informe Final
Diciembre 2017**

SUBCOORDINACIÓN DE CONSERVACIÓN DE CUENCAS Y SERVICIOS AMBIENTALES
COORDINACIÓN DE RIEGO Y DRENAJE



R Í O A R R O N T E
FUNDACIÓN

Autores:

M.C. Pedro Rivera Ruiz
M.C. Héctor Gregorio Cortés Torres
M.Sc. Marcia Adriana Yáñez Kernke
Dr. José Javier Ramírez Luna

INDICE

| | |
|---|------|
| INDICE | ii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | iv |
| ÍNDICE DE TABLAS | viii |
| I. RESUMEN EJECUTIVO..... | 1 |
| II. OBJETIVO..... | 4 |
| III. ANTECEDENTES | 5 |
| IV. RESULTADOS ESPERADOS..... | 7 |
| V. METODOLOGÍA..... | 8 |
| VI. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO..... | 9 |
| 6.1. Diagnóstico de los sistemas de riego tecnificado instalados en la Cuenca | 9 |
| 6.2. Actualización del Padrón de Usuarios agrícolas en la cuenca | 11 |
| 6.3. Evaluación de alternativas para sistema de riego abastecido con agua de lluvia a instalar en parcela piloto | 14 |
| 6.4. Inspección constante de las instalaciones de que consta la parcela piloto demostrativa. | 15 |
| 6.4.1. Componentes del invernadero..... | 16 |
| A. Sistema de calefacción | 16 |
| B. Sistema de gas..... | 16 |
| C. Instalación lumínica | 17 |
| D. Sistema de riego | 18 |
| E. Sistema de ventilación | 20 |
| 6.4.2. Componentes del sistema de captación de agua de lluvia..... | 22 |
| A. Área de captación (techos del invernadero y del taque-cisterna)..... | 22 |
| B. El sistema de recolección y conducción del agua..... | 23 |
| C. El sistema de bajada y descarga de agua al tanque-cisterna..... | 24 |
| D. El agua disponible y el potencial de captación | 27 |
| 6.4.3. Componentes del sistema de aprovechamiento de energía solar | 29 |

| | | |
|-------|---|----|
| A. | El controlador de carga | 30 |
| B. | El Panel solar | 31 |
| C. | La batería de ciclo profundo..... | 33 |
| 6.5. | Mantenimiento del módulo demostrativo | 34 |
| 6.6. | El desarrollo del cultivo establecido..... | 38 |
| A. | Cultivo de jitomate | 38 |
| B. | Cultivo de calabacita | 43 |
| C. | Destino de la cosecha..... | 58 |
| 6.4. | La capacitación a productores y técnicos | 59 |
| 6.5. | Reuniones de seguimiento | 68 |
| VII. | BIBLIOGRAFÍA | 69 |
| VIII. | ANEXO | 70 |
| 8.1. | Tríptico del Curso-Taller PRODUCCION DE CULTIVOS EN INVERNADERO CON CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA Y RIEGO TECNIFICADO CON ENERGIA SOLAR..... | 70 |
| 8.2. | Listas de asistencia de los Cursos-Talleres PRODUCCION DE CULTIVOS EN INVERNADERO CON CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA Y RIEGO TECNIFICADO CON ENERGIA SOLAR..... | 73 |
| 8.3. | Ejemplos de la CONSTANCIA que se entregó a las asistentes a los Cursos-Talleres PRODUCCION DE CULTIVOS EN INVERNADERO CON CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA Y RIEGO TECNIFICADO CON ENERGIA SOLAR. | 81 |
| 8.4. | Manuales Técnicos que se entregaron a las asistentes a los Cursos-Talleres PRODUCCION DE CULTIVOS EN INVERNADERO CON CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA Y RIEGO TECNIFICADO CON ENERGIA SOLAR. | 84 |
| 8.5. | Minutas de las reuniones de trabajo realizadas en los años 2016 y 2017. | 87 |
| 8.6. | Evaluación de alternativas para sistema de riego abastecido con agua de lluvia a instalar en parcela piloto | 92 |
| 8.7. | Acuerdos modificatorios..... | 92 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1. Sistema de riego ineficiente, unidad de riego Lázaro Cárdenas Chapultepec. | 9 |
| Figura 2. Tanque de descarga de fondo en Potrero de Las Cuevas. | 10 |
| Figura 3. Interior del Tanque de descarga de fondo con el sifón destruido. | 10 |
| Figura 4. Tipo de invernadero actual en la cuenca del lago de Pátzcuaro. | 13 |
| Figura 5. Tipo de infraestructura de invernadero en la cuenca de Pátzcuaro. | 13 |
| FIGURA 6. Parcela piloto demostrativa invernadero con captación de agua de lluvia y riego tecnificado con energía fotovoltaica. | 15 |
| FIGURA 7. Generadores/distribuidores de aire caliente en el invernadero | 16 |
| FIGURA 8. Tanque de gas para el sistema de calefacción en el invernadero..... | 17 |
| FIGURA 9. Vista parcial del invernadero con cortina lateral parcialmente abierta. | 18 |
| FIGURA 10. Cinta regante de baja presión, dos líneas por cama..... | 19 |
| FIGURA 11. Válvula de control y cinta regante en la segunda sección de riego. | 19 |
| FIGURA 12. Bomba C.D. y Bomba C.A. para accionar sistema de riego. | 20 |
| FIGURA 13. Cortina lateral parcialmente abierta para ventilación del invernadero. | 21 |
| FIGURA 14. Cortina lateral cerrada y manivela del malacate de control. | 21 |
| FIGURA 15. Vista de planta del invernadero. Datos en metros. | 22 |
| FIGURA 16. El área de captación de lluvia en la parcela piloto demostrativa..... | 22 |
| FIGURA 17. Vista de perfil del tanque-cisterna y sus dimensiones, en metros. | 23 |
| FIGURA 18. La canaleta central que conduce el agua de lluvia al tubo bajante. | 24 |
| FIGURA 19. Tubos de entrada de agua al taque-cisterna..... | 25 |
| FIGURA 20. Vista general del tanque-cisterna para captación de agua de lluvia. | 26 |
| FIGURA 21. Esquema de ubicación y conexión de regulador de carga solar. | 30 |
| FIGURA 22. El controlador de carga en el invernadero..... | 31 |
| FIGURA 23. Características técnicas del panel instalado..... | 32 |
| FIGURA 24. El panel solar para aprovechamiento de energía solar. | 32 |
| FIGURA 25. Conexión de batería en el invernadero con captación de lluvia. | 33 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 26. Hojarasca en la canaleta de conducción de agua del invernadero..... | 34 |
| FIGURA 27. Entrada al tubo bajante de agua al final de canaleta. | 35 |
| FIGURA 28. Acumulación de basura en entrada de agua al tanque. | 35 |
| FIGURA 29. Vista del techo del tanque después de su limpieza. | 36 |
| FIGURA 30. Filtro de la bomba sucia y después de la limpieza lista para funcionar adecuadamente. | 36 |
| FIGURA 31. Cambio de mangueras entre bomba y entrada al sistema de riego..... | 37 |
| FIGURA 32. El panel solar que alimenta de energía el sistema de riego. | 37 |
| FIGURA 33. Conducción de rama apical del cultivo de jitomate..... | 38 |
| FIGURA 34. Poda de ramas inferiores para favorecer crecimiento de frutos. | 39 |
| FIGURA 35. El cultivo de jitomate en pleno desarrollo de frutos. | 39 |
| FIGURA 36. Cosecha del producto en la parcela piloto demostrativa..... | 40 |
| FIGURA 37. Racimo de tomate mostrando el número y tamaño de frutos. | 41 |
| FIGURA 38. Preparación del terreno y dejando limpio para el siguiente cultivo después de la cosecha del jitomate. | 44 |
| FIGURA 39. Cambio de las cintas de riego por goteo. | 44 |
| FIGURA 40. Prueba de las cintas de goteo para verificar la eficiencia de aplicación del riego. | 45 |
| FIGURA 41. Asistencia técnica a personal responsable del manejo del invernadero y siembra de la calabacita el 30 de junio de 2017. | 45 |
| FIGURA 42. El cultivo de calabacita a los 15 días después de la siembra (15 julio 2017)..... | 46 |
| FIGURA 43. Aplicación de insecticidas para el control de la plaga de babosa. | 46 |
| FIGURA 44. El cultivo de calabacita a los 25 días de desarrollo (25 julio 2017)..... | 47 |
| FIGURA 45. Preparación de mezcla de fertilizante para aplicación mediante fertirrigación. | 47 |
| FIGURA 46. El cultivo de calabacita a los 35 días de desarrollo (04 agosto 2017)..... | 48 |
| FIGURA 47. El cultivo de calabacita a los 45 días de desarrollo con producción de flor y de frutos (15 agosto 2017)..... | 48 |
| FIGURA 48. Aplicación de funguicida e insecticida para el control de cenicilla y mosquita blanca. | 49 |

| | |
|---|----|
| FIGURA 49. Cosecha de flor de calabaza..... | 49 |
| FIGURA 50. Primeras cosechas de calabacita a los 50 días de desarrollo del cultivo (18 agosto 2017)..... | 50 |
| FIGURA 51. El cultivo de calabacita a los 60 días de desarrollo del cultivo en plena producción (30 agosto 2017)..... | 50 |
| FIGURA 52. Cosechando del cultivo de calabacita a los 67 días de desarrollo del cultivo (06 septiembre 2017). | 51 |
| FIGURA 53. Cajas con la cosecha del cultivo de calabacita a los 67 días de desarrollo del cultivo (06 septiembre 2017)..... | 51 |
| FIGURA 54. Cosechando del cultivo de calabacita a los 74 días de desarrollo del cultivo (13 septiembre 2017). | 52 |
| FIGURA 55. Cosecha del cultivo de calabacita obtenida a los 74 días de desarrollo del cultivo (13 septiembre 2017)..... | 52 |
| FIGURA 56. Cosechando del cultivo de calabacita a los 82 días de desarrollo del cultivo (21 septiembre 2017). | 53 |
| FIGURA 57. Afectación por cenicilla en la calabacita (18 octubre 2017). | 54 |
| FIGURA 58. Fruto de calabacita afectado por la cenicilla (18 octubre 2017). | 54 |
| FIGURA 59. Corte de las plantas de calabacita terminando su ciclo de producción (07 noviembre 2017). | 55 |
| FIGURA 60. Cosecha de calabacita en el DIF de Quiroga, Michoacán, lista para su entrega a los beneficiarios (13 septiembre 2017)..... | 58 |
| FIGURA 61. Manta alusiva al Curso-Taller realizado el 21 de septiembre de 2017..... | 61 |
| FIGURA 62. Inscripción de los asistentes a los Cursos-Talleres. | 62 |
| FIGURA 63. Impartición del tema de riego tecnificado con energía solar por parte del Dr. José Javier Ramírez Luna en el Curso-Taller del 21 de septiembre de 2017..... | 62 |
| FIGURA 64. Impartición del tema de producción de cultivos en invernadero por parte del Ing. Gilberto Garza en el Curso-Taller del 21 de septiembre de 2017. | 63 |
| FIGURA 65. Presentación del proyecto piloto de invernadero con captación de agua de lluvia con riego con energía solar en el Curso-Taller del 21 de septiembre de 2017..... | 63 |

| | |
|---|----|
| FIGURA 66. Participación de los asistentes con acciones prácticas en el invernadero con captación de agua de lluvia con riego con energía solar en el Curso-Taller del 21 de septiembre de 2017. | 64 |
| FIGURA 67. Degustación de aperitivos al final del Curso-Taller realizado el 21 de septiembre de 2017. | 64 |
| FIGURA 68. Manta alusiva al Curso-Taller realizado el 19 de diciembre de 2017. | 65 |
| FIGURA 69. Impartición del tema de riego tecnificado con energía solar por parte del Dr. José Javier Ramírez Luna en el Curso-Taller del 19 de diciembre de 2017. | 65 |
| FIGURA 70. Impartición del tema de producción de cultivos en invernadero por parte del Ing. Gilberto Garza en el Curso-Taller del 19 de diciembre de 2017. | 66 |
| FIGURA 71. Presentación del proyecto piloto de invernadero con captación de agua de lluvia con riego con energía solar en el Curso-Taller del 19 de diciembre de 2017. | 66 |
| FIGURA 72. Participación de los asistentes con acciones prácticas en el invernadero con captación de agua de lluvia con riego con energía solar en el Curso-Taller del 19 de diciembre de 2017. | 67 |
| FIGURA 73. Degustación de aperitivos al final del Curso-Taller realizado el 19 de diciembre de 2017. | 67 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Lluvia promedio anual en Quiroga, Mich. (ERIC III V.3.2. IMTA). | 27 |
| Tabla 2. Eficiencias de riego en los Distritos de Riego de México..... | 57 |

I. RESUMEN EJECUTIVO

En 2014 se dio seguimiento a los sistemas de riego tecnificado instalados principalmente en la Unidad de Riego Lázaro Cárdenas Chapultepec por ser la zona cuya fuente de abastecimiento son manantiales que forman uno de los pocos cauces permanentes que descarga en el Lago de Pátzcuaro; además se actualizó el padrón de productores con agricultura bajo ambientes controlados (invernaderos) en los 4 municipios ribereños de la cuenca del Lago de Pátzcuaro, encontrando que en total 35 de estas unidades familiares de producción están dedicadas a obtener hortalizas como jitomate, tomate cherry, chile perón, pimienta morrón y forraje verde hidropónico.

En el periodo 2015, se instaló la parcela piloto demostrativa, que incluye a) el invernadero (sistema de riego tecnificado), b) el sistema de captación de agua de lluvia (que incluye el tanque-cisterna), y c) el sistema de aprovechamiento de energía solar para el accionamiento del sistema de riego. Se evaluaron alternativas para el sistema de riego instalado a través de la realización de pruebas para obtener las curvas carga-gasto, y el coeficiente de uniformidad para comparar tres mangueras regantes, funcionando en condiciones similares.

Las actividades realizadas en el primer cuatrimestre del año (enero – abril de 2016) consistieron en realizar una revisión detallada de los componentes del sistema de captación de agua de lluvia para riego. El invernadero y el tanque de almacenamiento de agua se encontraron en condiciones adecuadas para su operación. Una labor por realizar es la introducción de agua del tanque de almacenamiento al invernadero y de esta manera quede listo el sistema para el riego del cultivo por establecer.

En el segundo cuatrimestre del año (mayo – agosto de 2016) las actividades se centraron en la definición de la conexión del agua del tanque al sistema de riego, de tal manera que se proporcione el riego de manera eficiente y económica. Se eligió el uso de una bomba accionada con energía solar. Otras actividades relevantes consistieron en la revisión y mantenimiento del sistema integral invernadero – captación de agua de lluvia (limpieza de canaletas, eliminación de goteras, eliminación de maleza en invernadero, reparación de daños menores en paredes laterales de invernadero, construcción de cercado protector perimetral).

En el presente cuatrimestre (septiembre – diciembre de 2016) las actividades se enfocaron en: a) continuación de las acciones de mantenimiento y cuidado de las instalaciones (invernadero y tanque de almacenamiento), b) introducción de agua del tanque de almacenamiento al invernadero y con ello realizar el riego del cultivo; c)

establecimiento del cultivo de tomate y actividades de seguimiento y manejo tecnológico del mismo.

Una vez establecido el cultivo, se llevaron a cabo acciones de capacitación en servicio a productores de la cuenca del lago de Pátzcuaro interesados en el sistema invernadero-captación de agua de lluvia con riego tecnificado. Esta capacitación se brindó en las diversas etapas del cultivo: preparación del terreno, trasplante, riego, fertilización, tutorado de la planta, poda de brotes y polinización de la flor para aumentar la producción de frutos.

Se finalizó la elaboración de dos manuales: uno denominado *“Manual del sistema de captación de agua de lluvia”* y otro *“Manual de producción de tomate en invernadero”*. Estos manuales servirán de apoyo para futuros eventos de capacitación a productores y técnicos agrícolas de la cuenca del lago de Pátzcuaro interesados en la operación y manejo del sistema *“invernadero-captación de agua de lluvia con riego tecnificado”*.

Se impartió un Curso de Capacitación al que asistieron 22 personas entre productores y técnicos de la cuenca del Lago de Pátzcuaro, en donde se proporcionó la tecnología de aprovechamiento del agua de lluvia para aplicar riego tecnificado para producir cultivos en condiciones de invernadero.

Por su parte en el año 2017, los resultados fueron:

Se continuó con el manejo y operación de la parcela piloto demostrativa (invernadero con captación de agua de lluvia y riego tecnificado). Se realizaron acciones en cuanto al manejo agronómico de los cultivos de jitomate y calabacita (riego, fertilización, control de plagas y enfermedades, tutorado de planta, poda de ramas inferiores, poda de rama apical, inicio y continuación de cosecha del cultivo), limpieza de los techos tanto del invernadero como del tanque-cisterna para evitar taponamiento de los conductos de agua por acumulación de basura. Se hizo, asimismo, limpieza de filtro en el sistema de riego y revisión y reparación de fugas en las cintas regantes. Se mantuvo una supervisión constante también del sistema de aprovechamiento de energía solar. Al momento del presente informe, el módulo se encuentra funcionando de manera adecuada.

Se realizó la cosecha de los cultivos de jitomate y calabacita, que fueron los dos cultivos que se establecieron en este año en el invernadero con captación de agua de lluvia. El producto de la cosecha se entregó a escuelas primarias de la zona, aquellas que cuentan con servicio de internado, y también se entregaron en el DIF de Quiroga quienes las distribuyeron entre personas de escasos recursos. De esta forma se apoyó el desarrollo social en las áreas más necesitadas. Se realizó la preparación del terreno y adecuaciones

en el sistema de riego para la introducción del siguiente cultivo, que se pretende sea jitomate de nuevo.

El rendimiento en el cultivo de jitomate en el módulo fue de 5.6 toneladas en 520 m² lo que, extrapolando a una hectárea equivale a un rendimiento de 107.7 toneladas. Al hacer el cálculo de la productividad del agua, al relacionar el agua consumida con los kilos producidos, se tiene que se están requiriendo 36.6 litros de agua para producir un kilogramo de jitomate. Este dato contrasta con los 74.28 litros de agua que en promedio se requieren para ello, según reportes de la FAO. En el caso de la calabacita, se obtuvo un rendimiento de 3.375 toneladas en los 520 m², que extrapolándolo a una hectárea serían 64.9 toneladas. En cuanto a la productividad del agua, tenemos que se requieren 166.7 litros de agua para producir un kilogramo de calabacita de acuerdo con la huella hídrica, y aquí se utilizaron 60.0 litros de agua para producir el mismo kilo de calabacita. Es decir, se ahorró un 51.32% y un 64% de agua en la producción de los cultivos de jitomate y calabacita, respectivamente, con la utilización del riego por goteo con energía solar y aprovechamiento del agua de lluvia. Finalmente, dado que la fuente de abastecimiento está alrededor de dos metros de distancia del área de producción, no se tienen pérdidas de agua significativas. Derivado de ello, se estima una eficiencia en la aplicación del agua de riego del 97%, que contrasta con el 34% que se reporta para los distritos de riego a escala nacional.

Se realizaron en el 2017 dos Cursos-Talleres en la que participaron un total de 48 personas entre productores y técnicos de la cuenca del Lago de Pátzcuaro, y con ello, se dio difusión a la tecnología de producir cultivos en invernadero con captación de agua de lluvia y aplicación de riego tecnificado con energía solar, como una tecnología viable técnica y económicamente para el sector agrícola de la cuenca.

II. OBJETIVO

Proyectar e implementar sistemas de riego tecnificado utilizando sistemas de captación de agua de lluvia.

III. ANTECEDENTES

La Estadística Agropecuaria de México, indica que el sector agrícola consume el 83% del total del agua utilizada (61.2 km³), de este volumen una fracción se desperdicia entre otras causas por el uso y operación ineficiente de sistemas de riego inapropiados para las condiciones regionales del país, así como por la aplicación de prácticas inadecuadas durante la conducción y aplicación del agua en las parcelas y los cultivos. Para fines prácticos, se asume que la eficiencia de conducción en la red de canales es del 64.7%, la de conducción interparcelaria es del 75% y la de aplicación de agua en las parcelas es del 70%, por lo tanto, la eficiencia global estimada en forma general corresponde a 34% (Peña, 2007). Sin embargo, los sistemas de riego por gravedad operan con eficiencias de aplicación a nivel parcelario menores del 50%.

Este escenario no escapa a la agricultura practicada en la Cuenca del Lago de Pátzcuaro. En particular, en el municipio de Tzintzuntzan, con una superficie aproximada de 400 hectáreas de cultivos cíclicos y perennes producidos bajo la modalidad de riego, (SAGARPA, 2005), se requiere que el productor agrícola, cuente con opciones de riego que brinden mayor eficiencia en el uso del agua, a fin de ahorrar cantidades importantes de dicho recurso o bien aumentar la superficie cultivable. La tecnificación de los sistemas de riego constituye la posibilidad de incrementar las eficiencias. Una alternativa encaminada a lograr este fin, es el utilizar el sistema de riego por surcos en forma intermitente; es decir, aplicar el agua de riego en forma discontinua y alternada a grupos de surcos, simétricamente ubicados respecto a un punto de control, bajo una serie de ciclos de tiempo con duración constante o variable, hasta que el riego sea completado.

En el marco del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro 2008-2011, se proyectaron, concertaron e implementaron sistemas de riego intermitente a escala parcelaria para beneficio de aproximadamente 90 hectáreas distribuidas en las comunidades El Rodeo, El Jagüey y Las Cuevas en el municipio de Tzintzuntzan. Estos nuevos sistemas de riego buscan reducir el desperdicio de agua mediante sistemas de riego eficientes auxiliados con un dispositivo auto-operante denominado Tanque de Descarga de Fondo "TDF" y tubería de compuerta de 6 pulgadas.

El dispositivo "TDF" representa una alternativa de riego eficiente para la zona agrícola del municipio de Tzintzuntzan, utilizando los principios de automatización fluidica y

amplificación del gasto fue posible regar parcelas mayores a 1 hectárea de manera eficiente a través de ciclos de llenado y vaciado de cisternas de riego.

Bajo este contexto, resulta de interés especial para la cuenca implementar proyectos que permitan mejorar el riego en la zona a fin de incrementar la eficiencia en la aplicación del agua para el riego y con ello disminuir los desperdicios de agua.

IV. RESULTADOS ESPERADOS

1. Fomentar, asesorar y dar seguimiento a la operación de los sistemas de riego tecnificados instalados en la cuenca.
2. Padrón de usuarios actualizado y reconversión de la producción agrícola.
3. Parcelas piloto demostrativas con riego intermitente tecnificado por gravedad buscando capacitar a productores para que realicen la réplica del modelo productivo en las parcelas de la región.
4. Asesoría y seguimiento en la operación de los sistemas a usuarios beneficiados con el proyecto.

V. METODOLOGÍA

1. Se realizará el diagnóstico de los sistemas de riego tecnificado instalados en la cuenca para determinar las acciones preventivas/correctivas y en base a éstas brindar asesoría a los beneficiarios y dar seguimiento al funcionamiento de los sistemas.
2. Se actualizará el padrón de usuarios (selección de beneficiarios)
3. Para la reconversión de la producción agrícola, se analizarán alternativas para modificar el patrón de producción tradicional, considerando el establecimiento de cultivos alternativos con mayor viabilidad agronómica, rentabilidad económica y viabilidad social en la cuenca.
4. Análisis de alternativas para el riego superficial intermitente, buscando reducir los tiempos y complejidades en la aplicación del agua de riego, facilitar la cuantificación del agua aplicada en cada riego y fomentar el uso eficiente del agua, así como la captación del agua de lluvia.
5. Selección de beneficiarios e implementación de parcelas piloto demostrativas con riego intermitente tecnificado por gravedad.
6. Se brindará capacitación a productores en las parcelas piloto para que realicen su réplica del modelo productivo en las parcelas de la región.
7. Se dará asesoría y seguimiento en la operación de los sistemas a usuarios beneficiados del proyecto.
8. Se entregarán informes de avance cuatrimestrales y el informe final.

VI. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO

6.1. Diagnóstico de los sistemas de riego tecnificado instalados en la Cuenca

Esta actividad se centró en identificar los sistemas de riego tecnificado instalados principalmente en la Unidad de Riego Lázaro Cárdenas Chapultepec por ser la zona cuya fuente de abastecimiento son manantiales que forman uno de los pocos cauces permanentes que descarga en el Lago de Pátzcuaro. Durante su trayecto, los productores aprovechan el agua utilizando un sistema prácticamente de inundación con grandes desperdicios de agua debido a la infiltración hacia las capas interiores del suelo y los grandes “coleos” que provocan escorrentías; además, los tiempos de riego son muy largos o tardados provocando la inundaciones en parcelas y caminos aledaños.



FIGURA 1. Sistema de riego ineficiente, unidad de riego Lázaro Cárdenas Chapultepec.

Para brindar alternativas a dicho sistema ineficiente de riego, en el período 2008-2009, el IMTA, con apoyo de la Fundación Gonzalo Río Arronte, promovió e instaló parcelas demostrativas piloto eficientes y de bajo costo de sistemas de riego en surcos por intermitencias utilizando el tanque de descarga de fondo (TDF), beneficiando a 49 productores de las localidades de El Rodeo, El Jagüey y Las Cuevas, pertenecientes a la misma Unidad de Riego. Por lo anterior, y en el marco del “Proyecto piloto de sistema de captación de agua de lluvia para riego” al inicio del proyecto se dio seguimiento y dichas parcelas a dichas parcelas demostrativas, encontrándose muy poco avance en la instalación de nuevas parcelas por parte de otros productores y más bien una subutilización de los sistemas de riego instalados en las parcelas demostrativas, motivado

en primera instancia por falta de acompañamiento técnico para vencer la incertidumbre de los productores al intentar utilizar este sistema de riego, prefiriendo mantenerse en su sistema tradicional y acostumbrado, aunque tengan la sensibilidad de la ineficiencia del mismo y gran desperdicio del agua de riego.



Figura 2. Tanque de descarga de fondo en Potrero de Las Cuevas.



Figura 3. Interior del Tanque de descarga de fondo con el sifón destruido.

6.2. Actualización del Padrón de Usuarios agrícolas en la cuenca

Se realizó el acopio documental de información sobre el padrón de productores agrícolas de la cuenca del Lago de Pátzcuaro, acudiendo para ello al Distrito de Desarrollo Rural 091 Pátzcuaro de la SAGARPA y a la delegación regional de la Secretaría de Desarrollo Rural (SEDRU) del Gobierno del Estado de Michoacán. Se hizo una depuración no considerando a los productores inscritos en el programa PROCAMPO que básicamente producen cultivos básicos en condiciones de temporal y se hizo énfasis en identificar a otro tipo de productores.

Por ello, se actualizó el padrón de productores con agricultura bajo ambientes controlados (invernaderos) en los 4 municipios ribereños de la cuenca del Lago de Pátzcuaro (Tabla 1), encontrando que en total 35 de estas unidades familiares de producción están dedicadas a obtener hortalizas como jitomate, tomate cherry, chile perón, pimiento morrón y forraje verde hidropónico. La característica de dichos invernaderos es que utilizan agua de pozo y de manantiales principalmente y en ninguno se aprovecha la captación de agua de lluvia. Durante el próximo cuatrimestre del proyecto, se realizará un análisis de sus sistemas de producción incluido sus métodos de riego que servirán de base para proponer un padrón de cultivos bajo condiciones controladas con alta rentabilidad económica, social y ambiental.

Tabla 1. Padrón de productores con agricultura bajo condiciones controladas en la cuenca.

| Representante o propietario | Nombre de la unidad de producción | Domicilio | Superficie (m ²) |
|----------------------------------|---|---|------------------------------|
| Manuel Castillejo Castillejo | San Pedro | Conocido, San Pedro | 1,728 |
| Jairo Alejandro Piza | Tzurumutaro | Conocido en Tzurumutaro | 400 |
| Rafael Zavala Martínez | Rancho de Álvarez | Conocido en rancho de Álvarez | 400 |
| Escuela del campo de Tzurumutaro | Orgánicos hidropónicos Pátzcuaro S.P.R. de R.L. | Km 4 carretera Tzurumutaro a Sanabria | 1,050 |
| Placido Cruz Alejandro | San Sebastián | Km 4.5 carretera Pátzcuaro Uruapan | 540 |
| Guadalupe Velez | Chapultepec | Conocido ex hacienda de Chapultepec | 240 |
| Enrique Mejía Hernández | Del río | Conocido carretera Tzurumutaro Sanabria | 560 |
| Agustín Arriaga Díez | Granja El Mirador | Conocido, vuelta de los reyes Pátzcuaro | 3,500 |
| Sebastián González Reyes | San Miguel | Huecorio frente al muelle de Uranden | 1,500 |

| Representante o propietario | Nombre de la unidad de producción | Domicilio | Superficie (m ²) |
|-----------------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|
| José Luis Hernández Ayala | Internado de educación primaria No. 3 Melchor Ocampo | Conocido en la estación, Pátzcuaro | 60 (forraje verde hidropónico) |
| Raquel Ponce Velázquez | Mujeres de Pueblo Nuevo | Pueblo Nuevo, Pátzcuaro | 120 |
| Francisco Castillejo | s/n | San Pedro Pareo | 90 |
| Felipe Guanosta | s/n | San Pedro Pareo | 90 |
| Rogelio Barboza | s/n | San Pedro Pareo | 1,728 |
| Grupo reciente | 6 jóvenes | Huecorio | 300 |
| Raúl Calvillo Guía | La Yerbabuena | Coenembo | 6,000 |
| Miguel Ortíz Guía | s/n | Patambicho | 720 |
| Irma Valdovinos | Cempasúchil | Ihuatzio | 90 |
| Ma.Gpe. Saldívar | Colibrí | Ichupio | 378 |
| Esteban Ramos J | La Granada | La Granada | 2,000 |
| Jorge Zamora M. | s/n | El Llanito Tzintzunt | 240 |
| Jaime Sandoval H. | s/n | Ucasanastacua | 2,700 |
| Juan y Dionicio | s/n | Ihuatzio | 5,000 |
| N.I | N.D. | Rancho El Tecolote | 5,000 |
| J.Manuel Chagoya | San Miguel | El Calvario | 1,600 |
| Martín Mexicano | G.San Miguel | El Calvario | 1,848 |
| Manuel Salmerón | Grupo Zirate | El Calvario | 528 |
| Diego Salmerón V. | G. Zirate | El Calvario | 1,608 |
| J. Manuel Flores H. | G. Zirate | El Calvario | 720 |
| Alejandro Estrada S. | G. Zirate | El Calvario | 1,500 |
| N.I. | Invernadero Escuela | El Calvario | 500 |
| Roberto González C | Grupo 4 | El Calvario | 1,900 |
| Teresa Maldonado | Mujeres de Eronga | Carichero Morelos 25 Erongarícuaro | 240 |
| Carlos Chávez Díaz Barriga | JERS de Eronga | Salida Erongarícuaro Quiroga | 7,500 |
| Alvaro Mejía | s/n | Opongio | 500 |



Figura 4. Tipo de invernadero actual en la cuenca del lago de Pátzcuaro.



Figura 5. Tipo de infraestructura de invernadero en la cuenca de Pátzcuaro.

6.3. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA SISTEMA DE RIEGO ABASTECIDO CON AGUA DE LLUVIA A INSTALAR EN PARCELA PILOTO

Se considera que en la parcela piloto el agua circule por gravedad desde la captación hasta los emisores que aplicarán el agua al cultivo. El sistema de riego entonces, operará únicamente con la presión dada por el desnivel que exista entre la elevación del agua en la cisterna y la elevación de los emisores. El desnivel mínimo estaría dado por la diferencia de elevaciones entre el piso de la cisterna y el suelo cultivado; y el desnivel máximo estaría dado por la diferencia de elevaciones entre el nivel del agua cuando la cisterna está llena y el nivel de piso del cultivo.

En un sistema de riego localizado para invernadero se utilizan goteros y cintillas de riego, por ser los emisores que mejor se adaptan a las necesidades del sistema y por su gran disponibilidad en el mercado nacional, pero estos emisores están diseñados para operar con presiones superiores a 0.6 bar. Con estas presiones se garantiza el buen funcionamiento de los dispositivos de auto compensación del gasto en los goteros y se aseguran coeficientes de uniformidad superiores al 90%.

Para el proyecto de invernadero con captación de agua de lluvia se requieren emisores que trabajen con presiones entre 0.08 y 0.1 bar. Existe muy poca información sobre sistemas de riego operados con presiones en este rango. Sin embargo, los fabricantes recomiendan el uso mangueras exudantes porque se adaptan bien a sistemas de baja presión y porque no es indispensable filtrar el agua rigurosamente.

Por lo anterior, se realizaron pruebas para obtener las curvas carga-gasto, y el coeficiente de uniformidad para comparar tres mangueras regantes, funcionando en condiciones similares a las establecidas en la parcela piloto con captación de agua de lluvia, con el fin de tener elementos para seleccionar la más adecuada para el proyecto. En el anexo 8.6 se presenta la evaluación de las alternativas del sistema de riego.

6.4. Inspección constante de las instalaciones de que consta la parcela piloto demostrativa.

Esta actividad se refiere a una labor que se realiza de manera permanente. Se refiere a las revisiones periódicas de las condiciones en que se encuentran las instalaciones de que consta la parcela demostrativa piloto. La finalidad es que la infraestructura se mantenga siempre en las mejores condiciones, de tal manera que preste un servicio eficiente y acorde a lo planeado. Las principales componentes de la parcela piloto demostrativa son tres: a) el invernadero (que incluye el sistema de riego tecnificado), b) el sistema de captación de agua de lluvia (que incluye el tanque-cisterna), y c) el sistema de aprovechamiento de energía solar para el accionamiento del sistema de riego.



FIGURA 6. Parcela piloto demostrativa invernadero con captación de agua de lluvia y riego tecnificado con energía fotovoltaica.

En la imagen de la fotografía anterior (Figura 6) se presenta una vista general de la parcela piloto demostrativa, donde puede apreciarse el invernadero que consta de dos túneles, el tanque-cisterna para la captación del agua de lluvia y el panel solar. Puede también observarse que se construyó una barda de malla ciclónica alrededor del módulo para tener un acceso controlado al mismo y así evitar los daños por vandalismo.

A continuación, se describen de manera breve dichas componentes y las condiciones en que se encuentran.

6.4.1. COMPONENTES DEL INVERNADERO

A. SISTEMA DE CALEFACCIÓN

El sistema de calefacción tiene como propósito aumentar la temperatura del área del invernadero en casos que se presenten temperaturas por debajo del límite inferior tolerado por los cultivos en producción. El riesgo de la ocurrencia de estas temperaturas es por las noches de los meses de diciembre, enero y febrero. El sistema consta de dos elementos, uno para cada uno de los túneles. El sistema de calefacción se encuentra en condiciones normales de funcionamiento (Figura 7).



FIGURA 7. Generadores/distribuidores de aire caliente en el invernadero

B. SISTEMA DE GAS

Este componente es también parte del sistema de calefacción. Los elementos más utilizados para la distribución del calor en un invernadero son el agua y el aire. El sistema de calefacción por agua aunque es muy eficiente, resulta una inversión muy cara, por lo que se usa más bien en invernaderos de grandes dimensiones, donde se tiene un control automático del clima.

El sistema de calefacción por aire utiliza dos métodos para la distribución del aire caliente: por medio de impulsores (hélices) o con polytubos. En el caso particular la distribución de

calor se realiza por medio de impulsores y el combustible utilizado es el gas LP (Figura 8). Comparado con el sistema de calefacción con agua, el sistema de calefacción por aire tiene varias ventajas: es de bajo costo, de fácil uso y además su implementación es rápida por lo que la generación de calor es inmediata.



FIGURA 8. Tanque de gas para el sistema de calefacción en el invernadero.

El tanque de gas se localiza justo afuera del invernadero y se encuentra debidamente conectado al generador-distribuidor del aire caliente dentro del invernadero y listo para su utilización.

C. INSTALACIÓN LUMÍNICA

Dado el tamaño y propósito del invernadero, éste no cuenta con equipo sofisticado de control de luminosidad en el cuerpo de las naves. La luminosidad y las condiciones climáticas son controladas por la cubierta plástica superior y lateral del invernadero. Estas cubiertas plásticas están formadas con aditivos especiales que dispersan la luz y absorben

los rayos UV. El material es de polietileno flexible color blanco lechoso de alta duración y de un calibre igual a 720 galgas.

En las paredes laterales del invernadero, desde el nivel del suelo hasta el techo del invernadero se cuenta con una malla antiáfidos que además de cumplir su función de ventilación y control de vectores fitopatógenos (mosquita blanca, pulgón, palomillas), también juega un papel importante en la luminosidad.

Al momento del presente informe, se tiene que en general el cuerpo total del invernadero (techo, paredes laterales y caseta de entrada) se encuentra en buenas condiciones y funcionando adecuadamente (Figura 9).



FIGURA 9. Vista parcial del invernadero con cortina lateral parcialmente abierta.

D. SISTEMA DE RIEGO

El sistema de riego se encuentra propiamente instalado y en perfectas condiciones. Es un sistema basado en cintas de riego por goteo a baja presión. El sistema tiene dos secciones de riego, cada una con doce líneas de riego, acomodadas dos por cama, a una separación entre líneas de 50 cm y una distancia entre camas de un metro (Figuras 10 y 11).



FIGURA 10. Cinta regante de baja presión, dos líneas por cama.



FIGURA 11. Válvula de control y cinta regante en la segunda sección de riego.

Dado que el sistema propuesto promueve un uso eficiente del agua, pero también un uso eficiente de la energía. Por esta razón se tiene que el sistema de riego es accionado por una bomba alimentada por energía solar. Esto, además de hacer uso de un tipo de energía renovable permite también abaratar los costos de producción, pues la operación del sistema, accionado por la luz solar, no tiene costo como sería si se accionara la bomba por energía de corriente eléctrica normal o peor aún si se hiciera uso de motor de gasolina (Figura 12).



FIGURA 12. Bomba C.D. y Bomba C.A. para accionar sistema de riego.

Debe decirse que a pesar de que en el sistema de aprovechamiento de energía solar para accionar la bomba de riego se cuenta con un controlador de energía y una batería de ciclo profundo para almacenar energía y poder accionar la bomba aun con cielo nublado, como sistema de seguridad y para casos de reparaciones del equipo dentro de un ciclo de producción, se cuenta con una bomba accionada por energía de corriente alterna. Esta opción ofrece la alternativa de que en caso de tener problemas con el sistema de bombeo accionado por energía solar, o para casos de reparación del equipo, el riego no se suspendería, al disponer del equipo de bombeo accionado por energía de corriente alterna.

E. SISTEMA DE VENTILACIÓN

El sistema de ventilación en el invernadero está basado en cortinas laterales enrollables. Estas cortinas, tienen como principal función permitir la ventilación del invernadero, al facilitar el flujo y renovación del aire dentro del mismo, controlando así la temperatura interior (Figura 13). Otra de las funciones de este sistema de ventilación es proteger al cultivo de las bajas temperaturas. Especialmente en los meses de invierno, las cortinas deben deslizarse hacia abajo (cerrar el flujo de aire) para evitar el enfriamiento interior del invernadero.



FIGURA 13. Cortina lateral parcialmente abierta para ventilación del invernadero.

Las cortinas se encuentran sujetas a un tubo redondo galvanizado y su material es de plástico polietileno color blanco lechoso. Las cortinas son accionadas de manera manual por medio de malacates (Figura 14). El sistema y las cortinas se encuentran en condiciones adecuadas y en pleno funcionamiento.



FIGURA 14. Cortina lateral cerrada y manivela del malacate de control.

6.4.2. COMPONENTES DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

A. ÁREA DE CAPTACIÓN (TECHOS DEL INVERNADERO Y DEL TAQUE-CISTERNA)

El sistema de captación de agua de lluvia está compuesto en primer lugar por el área de captación, que en este caso está compuesto del techo del invernadero mismo y por el techo o cubierta superior del tanque-cisterna.

El área de captación del invernadero está integrada por la superficie del techo del mismo, el cual tiene 44.0 metros de largo por 11.2 metros de ancho. Las siguientes Figuras 15 y 16 ayudan a realizar el cálculo de estas dimensiones.

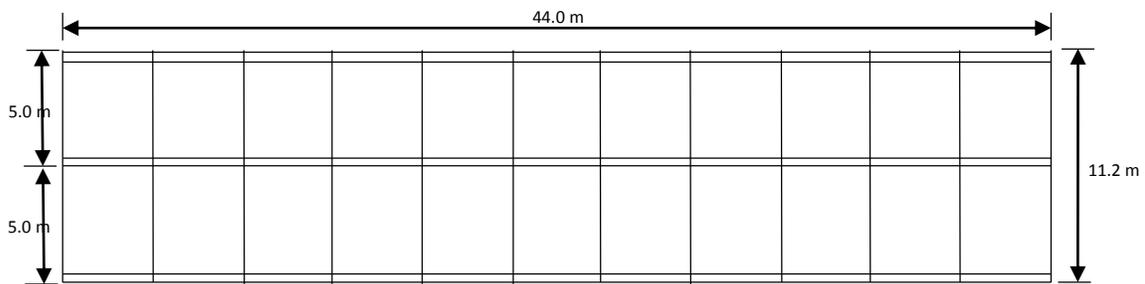


FIGURA 15. Vista de planta del invernadero. Datos en metros.



FIGURA 16. El área de captación de lluvia en la parcela piloto demostrativa.

De esta forma, el área de captación del invernadero es:

$$\text{Área} = L \times A = 44.0 \times 11.2 = 492.8 \text{ m}^2$$

Si a este valor se le suma el área de la tapa del tanque-cisterna, se tiene que debe aumentarse el área de captación de acuerdo a los siguientes datos (Figura 17):

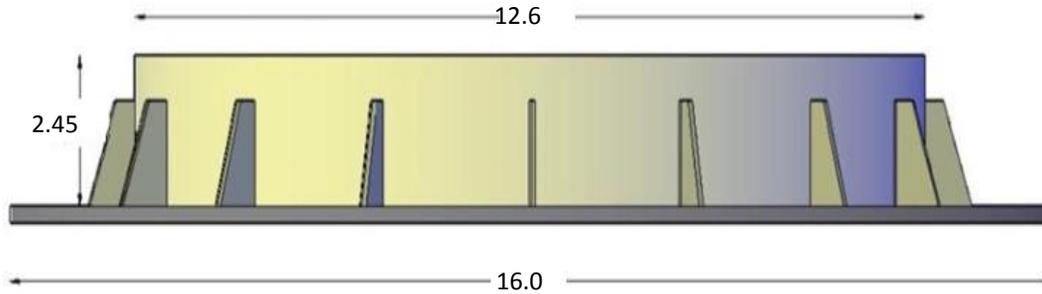


FIGURA 17. Vista de perfil del tanque-cisterna y sus dimensiones, en metros.

Se tiene que la estructura en su parte superior tiene un diámetro de 12.6 metros, de donde se deduce que el radio es de 6.3 metros. Haciendo el cálculo del área se tiene que:

$$\text{Área} = \pi r^2$$

$$\text{Área} = (3.1416) \times (6.3)^2 = 124.7 \text{ m}^2$$

De lo anterior se tiene que el área total de captación del sistema es:

Área del invernadero: 492.8 m²

Área del tanque-cisterna: 124.7 m²

ÁREA TOTAL: 617.5 m²

B. EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y CONDUCCIÓN DEL AGUA.

El sistema de recolección y conducción del agua de lluvia está formado por las canaletas (una central y dos laterales), cuya función es concentrar y conducir el agua de lluvia captada sobre el techo hacia una de las orillas del mismo, donde se encuentra el sistema de recolección de agua. Las canaletas son de lámina galvanizada calibre 18, para que resista el peso del agua y no se deforme. Las canaletas se encuentran funcionando de

manera adecuada. Para facilitar el desalojo del agua se requiere la realización de labores de limpieza en las mismas de manera periódica (una vez al mes) para evitar la acumulación de hojarasca y basura que pudiera obstruir el flujo del agua.



FIGURA 18. La canaleta central que conduce el agua de lluvia al tubo bajante.

C. EL SISTEMA DE BAJADA Y DESCARGA DE AGUA AL TANQUE-CISTERNA.

Los conductos de evacuación o “bajadas” de agua, son tubos, codos y coples de PVC hidráulico, que tienen la función de conducir el agua captada en el techo del invernadero, hasta la cisterna de almacenamiento. El sistema se compone de tres tubos bajantes con diámetro de 4 pulgadas. Es un tubo bajante central y dos laterales. Ya estando en tierra, el bajante central se une a uno de los laterales, de tal manera que se tienen solo dos tubos de entrada al tanque-cisterna a una altura de 2.30 metros. Estas tuberías se encuentran en perfectas condiciones y operando de manera adecuada.



FIGURA 19. Tubos de entrada de agua al taque-cisterna.

A. El tanque-cisterna

El tanque cisterna fue construido acorde a las especificaciones del propio Instituto y con las dimensiones anteriormente señaladas (diámetro de 12.6 m y altura de 2.45 m) y es conocido como tanque tipo capuchino por la forma en que se coloca la pared del tanque cilíndrico. A grandes rasgos, se coloca una electromalla formando un anillo circular y por dentro se pegan los ladrillos o tabiques pero colocados de “canto” y no de la forma tradicional, cuando los ladrillos se colocan de forma horizontal, es decir colocarse uno sobre otro, descansando sobre la superficie de mayor tamaño. El tanque-cisterna tiene

contrafuertes en su parte exterior para dar seguridad ante los empujes del agua cuando el tanque se encuentra lleno.



FIGURA 20. Vista general del tanque-cisterna para captación de agua de lluvia.

En cuanto al volumen de agua que puede captar el tanque este puede calcularse tomando en cuenta las dimensiones del mismo. Se han dicho ya los datos de diámetro y altura del mismo, indicando que la altura de la entrada de agua al tanque es de 2.30 m. Debe decirse que, a esa misma altura, se tienen dos tubos de salida, ubicado uno hacia el norte y el otro hacia el poniente del tanque. Estos tubos funcionan como salida de agua de excedencias, lo que indica que el agua no puede subir más arriba que ese nivel. Así entonces, aunque la altura del tanque es de 2.45 m, la altura efectiva es de 2.30 m. De lo anterior se deduce que el volumen potencial a captar es:

$$V = A \times h$$

Donde V = volumen en m³

A = área en m²

h = altura en m

Ya se ha dicho que el área del tanque-cisterna es 124.7 m², de donde:

Volumen de agua a captar (almacenas) = $(124.7) (2.30) = 286.81 \text{ m}^3$

D. EL AGUA DISPONIBLE Y EL POTENCIAL DE CAPTACIÓN

El volumen de agua posible de captarse está en función de la cantidad de lluvia que precipita, multiplicada por los metros cuadrados de superficie que tienen los techos que funcionan como área de captación. Es conveniente involucrar también un **coeficiente de escurrimiento**, pues no toda el agua que precipita escurre; parte de ella se infiltra en los techos, dependiendo del material de construcción del mismo.

Para el caso particular se considera aceptable emplear un **coeficiente de escurrimiento de 0.8**, tomando en cuenta el techo del invernadero es de plástico y el del tanque-cisterna de concreto. Tome en cuenta que un valor unitario (1.0) del coeficiente implica que toda el agua de lluvia se escurre y que en techos más porosos (teja, lámina de asbesto, etc.) pudiera ser mejor emplear un valor menor al aquí utilizado.

Para hacer entonces el cálculo del volumen de agua potencial a captar se toma en cuenta la información disponible: precipitación promedio anual en la zona, el área de captación y el coeficiente de escurrimiento.

Para obtener los datos de precipitación, debe recurrirse a información pluviográfica en la región de interés. La información puede obtenerse por medio de búsqueda en internet de algunas dependencias oficiales o educativas que proporcionan esta información. Otras fuentes pueden ser las oficinas de la SAGARPA, o de CONAGUA en la región, así como instituciones de enseñanza media y superior (CBTA, ITA, o algún Tecnológico con carreras relacionadas con el sector agropecuario). En el presente caso, para el municipio de Quiroga, se recurrió a la base de datos de lluvia obtenidos con la utilización del software Eric III (IMTA. 2013). De ahí se tiene que la lluvia promedio anual en Quiroga es de 828 mm (Tabla 2).

TABLA 2. Lluvia promedio anual en Quiroga, Mich. (ERIC III V.3.2. IMTA).

| LLUVIA MENSUAL | | LLUVIA ACUM | LLUVIA ACUM (%) |
|----------------|-------------|-------------|-----------------|
| MES | LLUVIA (mm) | LLUVIA (mm) | LLUVIA (%) |
| ENE | 25 | 25 | 3.0 |

| | | | |
|-----|-----|-----|-------|
| FEB | 7 | 32 | 3.8 |
| MAR | 5 | 37 | 4.5 |
| ABR | 6 | 434 | 5.2 |
| MAY | 39 | 82 | 9.9 |
| JUN | 143 | 226 | 27.2 |
| JUL | 191 | 417 | 50.3 |
| AGO | 196 | 613 | 74.0 |
| SEP | 130 | 743 | 89.7 |
| OCT | 67 | 810 | 97.7 |
| NOV | 10 | 819 | 98.9 |
| DIC | 9 | 828 | 100.0 |

Ya se ha visto en párrafos anteriores que el área de captación del sistema es de 617.5 m² (área de captación del invernadero: 492.8 m² y del tanque-cisterna: 124.7 m²). Se ha mencionado también que el coeficiente de escurrimiento adecuado es de 0.8, considerando además del material de la superficie de los techos, que ocurren lluvias muy ligeras y no provocan escurrimiento. Al multiplicar la cantidad de lluvia promedio por 0.8 se está “reduciendo” la cantidad total de lluvia, y se eliminan así las lluvias muy ligeras que no generan agua en excedencia (no alcanza a escurrir).

Con esta información, se puede proceder al cálculo del potencial de agua que se puede captar en la zona de Quiroga, Michoacán, aplicando la ecuación general:

$$V = (P) (CE) (A)$$

Donde: V= Volumen potencial a captar (m³)

P = Precipitación media anual (m)

CE = Coeficiente de escurrimiento (adim)

$$A = \text{Área de captación (m}^2\text{)}$$

Substituyendo valores se tiene entonces que:

$$V = 0.828 \times 0.8 \times 617.5 = 409.02 \text{ m}^3$$

El volumen potencial a captar, de acuerdo a la precipitación local y al área de captación disponible en este caso particular es de 409 metros cúbicos. Al construir el tanque-cisterna, debe tenerse en consideración esta información. Esta información también permite tener conocimiento del tipo de cultivo que se puede producir en la región, con base en sus requerimientos hídricos y la cantidad de agua disponible, bajo las condiciones de producción en invernadero con captación de agua de lluvia.

Al momento del presente informe, el tanque-cisterna se encuentra en perfectas condiciones y la altura del agua en el interior del tanque es de aproximadamente 2.1 m, por lo que se cuenta con un volumen aproximado de 261.87 metros cúbicos.

$$\text{Volumen} = \text{área por altura}$$

$$\text{Volumen} = (124.7) (2.1) = 261.87 \text{ m}^3.$$

6.4.3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR

Cuando se realiza un proyecto como el que corresponde al presente, en que se capta agua de lluvia, se almacena en un depósito y luego se usa para el riego de cultivos en un invernadero, lo primero que se hace para determinar las necesidades energéticas para el funcionamiento del equipo de bombeo, es definir las necesidades hídricas del cultivo o cultivos por establecer. Se debe también considerar la presión requerida para el funcionamiento del sistema de riego, donde debe incluirse si hay necesidad o no de elevar el agua a un cierto nivel, si la cinta de riego requiere cierta presión para funcionar, y cuanta presión requiere el inyector o sistema “Venturi” para la inclusión de fertilizantes al agua de riego.

Todos estos cálculos y análisis se realizaron el año 2016, que fue cuando se llevó a cabo el inicio del funcionamiento del sistema invernadero – captación de agua de lluvia. Como información. Los componentes básicos del sistema de aprovechamiento solar son tres: a) el controlador de carga, b) el panel solar y c) la batería de ciclo profundo.

A. EL CONTROLADOR DE CARGA

Una vez que se dispone del dato de necesidades hídricas del cultivo y los requerimientos de presión para para el funcionamiento del sistema de riego y de inyección de fertilizantes, se elige un modelo de bomba para satisfacer los requisitos que pide el sistema. Teniendo ya la información de los volts y amperaje a que trabaja la bomba elegida, se puede ya elegir el controlador de carga adecuado al sistema.

El controlador de carga es un regulador de carga solar, que se coloca entre el campo fotovoltaico (panel solar) y el campo de baterías (batería de ciclo profundo) y su función principal es la de controlar el flujo de energía que circula entre ambos equipos.

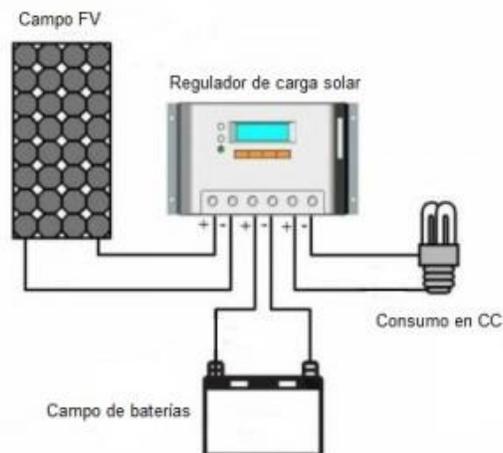


FIGURA 21. Esquema de ubicación y conexión de regulador de carga solar.

El control del flujo de la energía es realizado mediante el control de los parámetros de intensidad (I) -amperaje- y voltaje (V) al que se inyecta en la batería. El flujo de energía depende de cómo se encuentre el estado de carga en las baterías y de la energía generada por los paneles solares. El controlador o regulador de carga solar controla el estado de carga de las baterías para que se realice un llenado óptimo y así se alargue su vida útil.



FIGURA 22. El controlador de carga en el invernadero.

B. EL PANEL SOLAR

Un panel solar es un módulo que tiene como objetivo aprovechar la mayor cantidad de energía que proviene de la radiación solar. Los paneles fotovoltaicos se encuentran formados por celdas que se encargan de convertir la luz en electricidad. Estas celdas son también conocidas como células fotovoltaicas, que quiere decir “luz-electricidad”.

El funcionamiento de los paneles solares, descrito de manera simple consiste en que los rayos solares impactan sobre la superficie del panel, penetrando en él y siendo absorbidos por materiales semiconductores como el silicio o el arseniuro de galio. El parámetro estándar para medir la potencia de los paneles se denomina potencia pico. Por ejemplo, cuando son expuestos a la luz solar, una celda de silicio de 6 cm de diámetro, puede producir una corriente de alrededor de 0.5 amperes a 0.5 voltios.

La elección del panel solar se hizo de tal manera que cubriera las necesidades de energía que requiere el sistema de riego. De esta forma, el panel elegido tiene las siguientes características básicas: Potencia pico de 250 W, circuito pico de voltaje 37.58 V, potencia máxima de voltaje 31.73 V y potencia máxima de corriente 7.88 A. La figura siguiente muestra un listado más completo de las características del panel instalado.

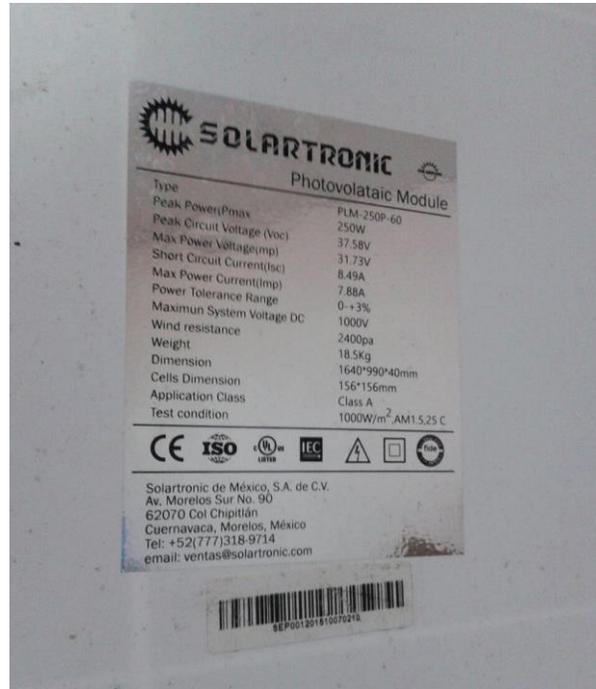


FIGURA 23. Características técnicas del panel instalado.



FIGURA 24. El panel solar para aprovechamiento de energía solar.

C. LA BATERÍA DE CICLO PROFUNDO

La función prioritaria de las baterías en un sistema de generación fotovoltaico es la de acumular la energía que se produce durante las horas de luminosidad para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo. Otra función importante de las baterías es la de proveer una intensidad de corriente superior a la que el dispositivo fotovoltaico puede entregar. Esto sucede cuando se enciende un motor (la bomba de agua, en el caso particular), que en el momento del arranque puede demandar una corriente de 4 a 6 veces su corriente nominal durante unos pocos segundos

Normalmente el banco de baterías y los módulos fotovoltaicos trabajan conjuntamente para alimentar las cargas. Por ejemplo, si se regara de noche en el invernadero (que no se hace), toda la energía demandada por la carga la proveería el banco de baterías. Ya temprano por la mañana los módulos comienzan a generar energía, pero si la corriente que entregan es menor que la que la carga exige, la batería deberá contribuir en el aporte. A partir de una determinada hora de la mañana la energía generada por los módulos fotovoltaicos supera la energía promedio demandada. Los módulos no solo atenderán la demanda, sino que, además, todo exceso se almacenará en la batería que empezará a cargarse y a recuperarse de su descarga de la noche anterior. Finalmente, durante la tarde, la corriente generada decrece y cualquier diferencia con la demanda la entrega a la batería. En resumen, en la noche, la generación de energía es nula y si se requiere algún consumo, todo el consumo lo afronta la batería (o banco de baterías, si se tienen varias).



FIGURA 25. Conexión de batería en el invernadero con captación de lluvia.

6.5. MANTENIMIENTO DEL MÓDULO DEMOSTRATIVO

Parte importante del proyecto es realizar un monitoreo constante de las componentes del módulo y verificar que se encuentren en buenas condiciones. De encontrarse fallas o defectos, se corrigen de inmediato de tal manera que la parcela piloto demostrativa funcione de manera adecuada y facilite la capacitación a productores y técnicos de la cuenca de lago de Pátzcuaro en cuanto a su funcionamiento y operación.

En este sentido, se realizó de manera permanente la revisión del invernadero, el sistema de captación de agua de lluvia, el sistema de riego y el sistema de aprovechamiento de energía solar.

En lo que se refiere a la revisión del invernadero se refiere a que se hace chequeo de los plásticos de las paredes, del techo y de las puertas. Se revisa asimismo que las cortinas laterales para la ventilación del área interior funcionen adecuadamente. Se verifica que no existan rasgaduras en los plásticos y que el sistema de calefacción esté también en condiciones de funcionamiento. En lo que a estas componentes se refiere, no se reportan daños y el invernadero está funcionando de manera adecuada.

En lo referente al sistema de captación de agua de lluvia, se realizaron actividades de limpieza de las canaletas, limpieza de los filtros (malla metálica) de entrada de agua a los tubos bajantes, limpieza del techo del tanque-cisterna. Revisión de tubería de entrada de agua al depósito y de filtraciones de agua, mismas que son se considera son menores al 1%, lo que se toma por valores normales.



FIGURA 26. Hojarasca en la canaleta de conducción de agua del invernadero.



FIGURA 27. Entrada al tubo bajante de agua al final de canaleta.



FIGURA 28. Acumulación de basura en entrada de agua al tanque.



FIGURA 29. Vista del techo del tanque después de su limpieza.

En lo que corresponde al sistema de riego, durante el período se ha realizado limpieza del filtro, revisión del funcionamiento del sistema y reparación de fugas de agua en algunas de las cintillas de riego. Se hace también de manera permanente la revisión del funcionamiento de la bomba de agua que alimenta el sistema de riego con agua procedente del tanque cisterna. Con estas acciones, el sistema de riego se encuentra funcionando de manera adecuada.



FIGURA 30. Filtro de la bomba sucia y después de la limpieza lista para funcionar adecuadamente.



FIGURA 31. Cambio de mangueras entre bomba y entrada al sistema de riego.

En lo que se refiere al sistema de aprovechamiento de energía solar, el mantenimiento es mínimo, pues solo se ha requerido verificar las conexiones de los cables y realizar limpieza del panel para permitir una mejor captación de los rayos solares. El sistema se encuentra funcionando de manera adecuada.



FIGURA 32. El panel solar que alimenta de energía el sistema de riego.

6.6. EL DESARROLLO DEL CULTIVO ESTABLECIDO

A. CULTIVO DE JITOMATE

Se recuerda que en el primer cuatrimestre del 2017 se tenía establecido el cultivo de jitomate. El cultivo de jitomate se cosechó en los meses de marzo a mayo. Durante el desarrollo del cultivo se dio continuamente el seguimiento y manejo técnico del cultivo (es decir, aplicación de riego, fertilización, aplicación de insecticidas y funguicidas para la prevención y control de plagas y enfermedades, conducción de rama apical, poda de ramas inferiores, finalmente poda de rama apical para definir crecimiento final de la planta).



FIGURA 33. Conducción de rama apical del cultivo de jitomate.



FIGURA 34. Poda de ramas inferiores para favorecer crecimiento de frutos.



FIGURA 35. El cultivo de jitomate en pleno desarrollo de frutos.



FIGURA 36. Cosecha del producto en la parcela piloto demostrativa.

Los resultados de la cosecha se presentan a continuación:

Se tienen dos secciones de riego. Cada sección riega a 6 surcos (camas de siembra) con doble hilera cada una. Se tienen entonces en total 12 hileras de tomate en producción. Cada hilera tiene 48 plantas de tomate. De lo anterior el número total de plantas es:

| | |
|----------------------------|-------|
| Número de surcos: | 6 |
| Hileras por surco: | 2 |
| Total de hileras: | 12 |
| Plantas por hilera: | 48 |
| Total plantas por sección: | 576 |
| Secciones de riego: | 2 |
| Total plantas: | 1,152 |



FIGURA 37. Racimo de tomate mostrando el número y tamaño de frutos.

Estimado de producción por racimo:

| | |
|---|--|
| Número de tomates por racimo: | 8 |
| Peso promedio por tomate: | 175 gr |
| Peso del producto, por racimo: | 1,400 gr (1.4 kg) |
| Número de cajas cosechadas: | 224 cajas |
| Peso de cada caja: | 25 kg |
| Producción total obtenida: | 5,600 kg (5.6 ton) en los 492.8 m ² |
| Producción total estimada por hectárea: | 113.6 ton/ha |

Si se tiene que el área del invernadero es de 492.8 m², entonces se tiene un rendimiento promedio de 11.36 kg/m². Si se extrapola este valor a una hectárea, se tiene que el rendimiento bajo estas condiciones sería de 113.6 ton/ha. Este valor es bastante aceptable y está dentro del rango de producciones de cultivos en invernaderos pero operados de manera ordinaria, es decir, no haciendo uso del agua de lluvia como es este caso.

En condiciones a libre exposición, se producen en promedio 40 ton/ha de jitomate.

En lo que se refiere al uso eficiente del agua de lluvia en actividades productivas en invernadero se pueden dar los siguientes datos.

La bomba que se tiene es una bomba superficial Seaflo DP-35, Modelo SFDP1-033-035-41. Esta bomba trabaja a una presión máxima de 40 PSI (2.8 bar), proporciona una carga dinámica máxima de 8 m y un gasto de 3.3 galones por minuto (12.5 Litros por minuto). El gasto equivale a 750 litros por hora.

Es conveniente aquí recordar que el requerimiento hídrico del tomate en temporada de máxima demanda (fructificación) es de 3.22 mm por día. Es decir, esta lámina al menos es la que se debe proporcionar con el sistema de riego, diariamente.

Se tiene entonces que la bomba suministra un gasto de 750 litros por hora. Se aplicó un riego por la mañana y el tiempo de riego fue de 1.25 horas (una hora y 15 minutos). De esta forma, se tiene lo siguiente:

| | |
|---|---|
| Litros por hora de riego por cada gotero: | 1.08 lt/hr |
| Número de goteros en el invernadero: | 1,250 |
| Tiempo de aplicación de riego: | 1.25 |
| Cantidad de agua aplicada diariamente: | 1,687.50 litros |
| Días de desarrollo del cultivo: | 120 días (cuatro meses) |
| Cantidad de agua aplicada de riego: | 202,500 lt (202.5 m ³ de agua) |

Lo anterior asegura que se estuvo proporcionando al cultivo el requerimiento de agua en su etapa de máxima demanda. Debe decirse que, en los inicios del cultivo, los riegos son más breves, con lo que se tiene un ahorro de agua. No obstante, para propósitos de cálculo se considera que los riegos se dan permanentemente de manera suficiente para satisfacer condiciones de máxima demanda del cultivo. En caso de haber diferencias de cálculo, los números están en favor del lado de la seguridad.

Al hacer el cálculo de los volúmenes de agua requeridos para el sistema de producción establecido, y considerando los rendimientos estimados se llega a la siguiente conclusión:

| | |
|--|---|
| Volumen de agua empleado por ciclo: | = 202.5 m ³ (202,500 litros) |
| Rendimiento obtenido en el cultivo (ton en 492.8 m ²): | = 5.6 ton (5,600 kg) |

Al hacer el cálculo de agua requerida por kilo producido, se tiene que:

Litros de agua para producir 1 kg de tomate: $= (202,500/5,600) = 36.16 \text{ lt/kg}$

Si este valor se compara con los datos reportados por la FAO (<http://www.fao.org/assets/infographics/FAO-Infographic-Virtual-Water-es.pdf>) en cuanto a los litros de agua requeridos para producir un tomate se tiene que:

Se requieren 13 litros de agua para producir un tomate.

Si este tomate pesa 175 gr, entonces se requieren 74.28 litros de agua para producir un kilogramo de tomate. En el caso del invernadero con captación de agua de lluvia se tiene que se están requiriendo 36.16 litros de agua para ello. Esto indica que se está ahorrando alrededor del 51.32% de agua con respecto a el dato reportado por FAO. Esto da una idea de la eficiencia de este sistema de riego.

B. CULTIVO DE CALABACITA

En el segundo cuatrimestre se estableció el cultivo de calabacita. Durante el desarrollo del cultivo se dio continuamente el seguimiento y manejo técnico del cultivo.

En las siguientes Figuras se presentan testimonios del manejo y desarrollo del cultivo que considera desde la preparación del suelo (Figura 33), la siembra, aplicación de riego, aplicación de insecticidas y funguicidas para la prevención y control de plagas y enfermedades, así como, cuidar que los frutos no tocarán el suelo para tener un producto de buena calidad, además, que se estuvieron cortando las hojas más grandes para que no hicieran sombra que afectara el desarrollo de flor y de frutos, hasta la cosecha que se inició a fines del mes de agosto y terminó también a fines del mes de octubre (casi dos meses de cosecha).



FIGURA 38. Preparación del terreno y dejando limpio para el siguiente cultivo después de la cosecha del jitomate.

Debido a que ya se tenían instalado el sistema de riego desde el año pasado y como se identificó que algunas cintas de riego no funcionaban adecuadamente, se decidió cambiar todas las cintas de riego para la producción de la calabacita en este ciclo (Figura 39) y se hicieron pruebas de su funcionamiento (Figura 40).



FIGURA 39. Cambio de las cintas de riego por goteo.



FIGURA 40. Prueba de las cintas de goteo para verificar la eficiencia de aplicación del riego.

La siembra del cultivo se realizó el 30 de junio de 2017 y durante todo el desarrollo del cultivo se tiene el apoyo mediante asistencia técnica del Ing. Gilberto Garza, experto en producción de cultivos en condiciones de invernadero (Figura 41).



FIGURA 41. Asistencia técnica a personal responsable del manejo del invernadero y siembra de la calabacita el 30 de junio de 2017.

Se estuvieron haciendo registros en una bitácora de las actividades que se realizaron durante el desarrollo del cultivo, además, que se realizaron registros fotográficos cada cierto periodo de tiempo del cultivo (Figura 42).



FIGURA 42. El cultivo de calabacita a los 15 días después de la siembra (15 julio 2017).

Cuando emergieron las plantas se tuvieron problemas de ataque de babosas que se comían las plántulas, por lo que se tuvo que aplicar insecticida para control de la plaga (Figura 43).



FIGURA 43. Aplicación de insecticidas para el control de la plaga de babosa.

A los 25 días de desarrollo del cultivo se observó que se controló la plaga de la babosa y el cultivo se desarrollaba sin problemas (Figura 44).



FIGURA 44. El cultivo de calabacita a los 25 días de desarrollo (25 julio 2017).

Cada tercer días se aplicaban los fertilizantes que iba requiriendo el cultivo de acuerdo a la etapa de desarrollo en que se encontraba, para ello, se hacía la mezcla y se aplica mediante fertirrigación (Figura 45).



FIGURA 45. Preparación de mezcla de fertilizante para aplicación mediante fertirrigación.



FIGURA 46. El cultivo de calabacita a los 35 días de desarrollo (04 agosto 2017).

A los 40 días el cultivo ya inició con la formación de flor y a los 45 días ya se tenían flores conformadas y el inicio de formación de frutos (Figura 47).



FIGURA 47. El cultivo de calabacita a los 45 días de desarrollo con producción de flor y de frutos (15 agosto 2017).

Durante la etapa de formación de frutos inició el problema de ataque por la mosquita blanca y cenilla, por lo que se tuvieron que aplicar insecticidas y funguicidas (Figura 48).



FIGURA 48. Aplicación de funguicida e insecticida para el control de cenicilla y mosquita blanca.



FIGURA 49. Cosecha de flor de calabaza.

A los 50 días se inició con la cosecha de la calabacita (Figura 49) y a partir de ese momento se continuó cosechando cada tercer día (Figuras 50, 51, 52, 53, 54,55 y 56).



FIGURA 50. Primeras cosechas de calabacita a los 50 días de desarrollo del cultivo (18 agosto 2017).



FIGURA 51. El cultivo de calabacita a los 60 días de desarrollo del cultivo en plena producción (30 agosto 2017).



FIGURA 52. Cosechando del cultivo de calabacita a los 67 días de desarrollo del cultivo (06 septiembre 2017).



FIGURA 53. Cajas con la cosecha del cultivo de calabacita a los 67 días de desarrollo del cultivo (06 septiembre 2017).



FIGURA 54. Cosechando del cultivo de calabacita a los 74 días de desarrollo del cultivo (13 septiembre 2017).



FIGURA 55. Cosecha del cultivo de calabacita obtenida a los 74 días de desarrollo del cultivo (13 septiembre 2017).



FIGURA 56. Cosechando del cultivo de calabacita a los 82 días de desarrollo del cultivo (21 septiembre 2017).

En la semana del 16 al 20 de octubre, se tuvo la presencia de cenicilla que afectó notablemente las plantas de calabacita (Figura 57), y esto por supuesto se vio un efecto en la merma de la producción de cosecha ya que varios frutos también se dañaron (Figura 58). Para el control de la cenicilla se realizaron aplicaciones de funguicidas pero a partir de ese momento bajó la cantidad de cosecha y en la semana del 06 al 10 de noviembre se cortaron las plantas de calabacita porque ya no era redituable su mantenimiento porque la cosecha se vio muy afectada (Figura 59).



FIGURA 57. Afectación por cenicilla en la calabacita (18 octubre 2017).



FIGURA 58. Fruto de calabacita afectado por la cenicilla (18 octubre 2017).



FIGURA 59. Corte de las plantas de calabacita terminando su ciclo de producción (07 noviembre 2017).

Los resultados que se obtuvieron de la cosecha se resumen enseguida:

| | |
|---|---|
| Número de cajas cosechadas: | 135 cajas |
| Peso de cada caja: | 25 kg |
| Producción total obtenida: | 3,375 kg (3.37 ton) en los 492.8 m ² |
| Producción total estimada por hectárea: | 68.48 ton/ha |

La producción promedio estimada que se obtiene en condiciones a libre exposición oscila por las 33.5 ton/ha.

Si se tiene que el área del invernadero es de 492.8 m², entonces se tiene un rendimiento promedio de 6.85 kg/m². Si se extrapola este valor a una hectárea, se tiene que el rendimiento bajo estas condiciones sería de 68.48 ton/ha. Por lo tanto, al igual que en el cultivo de jitomate, la cosecha que se obtuvo es bastante aceptable porque está dentro del rango de producciones de cultivos en invernaderos pero operados de manera ordinaria, es decir, no haciendo uso del agua de lluvia como es este caso.

En lo que se refiere al uso eficiente del agua de lluvia en actividades productivas en invernadero se pueden dar los siguientes datos.

Se recuerda que la bomba que se tiene en el invernadero, es una bomba superficial Seaflo DP-35, Modelo SFDP1-033-035-41. Esta bomba trabaja a una presión máxima de 40 PSI (2.8 bar), proporciona una carga dinámica máxima de 8 m y un gasto de 3.3 galones por minuto (12.5 Litros por minuto). El gasto equivale a 750 litros por hora.

Es conveniente aquí recordar que el requerimiento hídrico promedio de la calabacita es de 3.1 mm por día. Es decir, esta lámina al menos es la que se debe proporcionar con el sistema de riego, diariamente.

Se tiene entonces que la bomba suministra un gasto de 750 litros por hora. Se aplicó un riego por la mañana y el tiempo de riego fue de 1.25 horas (una hora y 15 minutos). De esta forma, se tiene lo siguiente:

| | |
|---|---|
| Litros por hora de riego por cada gotero: | 1.08 lt/hr |
| Número de goteros en el invernadero: | 1,250 |
| Tiempo de aplicación de riego: | 1.25 |
| Cantidad de agua aplicada diariamente: | 1,687.50 litro |
| Días de desarrollo del cultivo: | 120 días (cuatro meses) |
| Cantidad de agua aplicada por riego: | 202,500 lt (202.5 m ³ de agua) |

Lo anterior asegura que se estuvo proporcionando al cultivo el requerimiento de agua en su etapa de máxima demanda. Debe decirse que, en los inicios del cultivo, los riegos son más breves, con lo que se tiene un ahorro de agua. No obstante, para propósitos de cálculo se considera que los riegos se dan permanentemente de manera suficiente para satisfacer condiciones de máxima demanda del cultivo. En caso de haber diferencias de cálculo, los números están en favor del lado de la seguridad.

Al hacer el cálculo de los volúmenes de agua requeridos para el sistema de producción de la calabacita, y considerando los rendimientos estimados se llega a la siguiente conclusión:

Volumen de agua empleado por ciclo: = 202.5 m³ (202,500 litros)

Rendimiento obtenido en el cultivo (ton en 492.8 m²): = 3.375 ton (3,375 kg)

Al hacer el cálculo de agua requerida por kilo producido, se tiene que:

Litros de agua para producir 1 kg de calabacita: = (202,500/3,375) = 60.00 lt/kg

Si este valor se compara con los datos reportados por la FAO en cuanto a los litros de agua requeridos para producir una calabacita se tiene que:

Se requieren 25 litros de agua para producir una calabacita.

Si la calabacita pesa 150 gr en promedio, entonces se requieren 166.67 litros de agua para producir un kilogramo de calabacita. En el caso del invernadero con captación de agua de lluvia se tiene que se están requiriendo 60.00 litros de agua para ello. Esto indica que se está ahorrando alrededor del 64.00% de agua con respecto a el dato reportado por FAO. Esto da una idea de la eficiencia de este sistema de riego.

Como complemento a lo anterior puede decirse lo siguiente en cuanto al uso eficiente del agua:

La eficiencia en el uso de agua para riego tiene que ver con las pérdidas de agua. Si la pérdida es mucha, hay que usar más agua para obtener el mismo resultado.

Existen métodos de riego más eficientes que otros por la forma en que conducen, distribuyen y aplican el agua. La eficiencia es medida en porcentaje; mientras más alto es el porcentaje, mejor es la eficiencia:

En general en México, se aceptan las siguientes eficiencias de riego (Tabla 2).

Tabla 3. Eficiencias de riego en los Distritos de Riego de México.

| Método de riego | Eficiencia (%) |
|---------------------|----------------|
| Riego por gravedad | 30 - 70 |
| Riego por aspersión | 80 - 85 |
| Riego por goteo | Mayor a 90 |

Como promedio nacional se tiene que en las zonas de riego del país la eficiencia de conducción en la red de canales es del orden del 65%, la conducción inter-parcelaria es del 75% y la eficiencia de aplicación en las parcelas es del 70%. Así entonces, la eficiencia global es del orden de $(0.65 \times 0.75 \times 0.70) = 34\%$.

En la **parcela piloto de sistema de captación de agua de lluvia para riego** se tiene una eficiencia en el uso del agua del **97%** pues por la cercanía de la fuente de agua al lugar de uso, las únicas pérdidas que pueden ocurrir son por pérdidas en conexiones, alguna rotura de manguera o por exceso en la aplicación del tiempo de riego.

C. DESTINO DE LA COSECHA

La cosecha que se obtuvo de ambos cultivos (jitomate y calabacita) producidos en el 2017, se entregó en su totalidad al H. Ayuntamiento de Quiroga, Michoacán, propiamente se entregó al Arq. Enrique Calderón Barriga, Director del Organismo Operador de Agua Potable y Saneamiento de Quiroga (OOAPASQ) con quien se hizo el compromiso desde el 2016 de que la cosecha obtenida del invernadero con captación de agua de lluvia se les entregaría para que fuera entregado y distribuido a los Centros de Enseñanza, Escuelas Internados y/o aquellas instituciones con funciones similares que ellos consideren pertinentes, beneficiando de esta manera al sector social más necesitado, esto de acuerdo con la minuta de la reunión del 29 de diciembre de 2016 (Anexo 8.5). De esta manera en el periodo de marzo a mayo de 2016 se entregaron un total de 5,600 kg de jitomate, y en el periodo de agosto a octubre se entregaron 3,375 kg de calabacita, y toda la producción fue distribuida de acuerdo a lo indicado y fue responsabilidad del OOAPASQ. En la Figura 60 se presenta una fotografía donde a través del DIF municipal de Quiroga por solicitud del OOAPASQ fue una de las instancias municipales que entregó la cosecha entre la población beneficiada.



FIGURA 60. Cosecha de calabacita en el DIF de Quiroga, Michoacán, lista para su entrega a los beneficiarios (13 septiembre 2017).

6.4. LA CAPACITACIÓN A PRODUCTORES Y TÉCNICOS

En lo que a capacitación a productores se refiere, se continuó con la invitación a productores en invernaderos de la cuenca del lago de Pátzcuaro, así como a personas y técnicos agropecuarios interesados en el sistema. Se continuaron las pláticas con los representantes de SAGARPA en los municipios dentro de la cuenca del lago de Pátzcuaro e incluso en la capital del estado para que conozcan el sistema y despertar en ellos el interés por este sistema de producción y su posible apoyo por parte de instancias gubernamentales para que en el futuro sean ellos los que promuevan estas tecnologías apropiadas.

Se ha identificado el interés de muchos productores en querer reproducir este tipo de tecnología de producción de cultivos en invernadero con aprovechamiento del agua de lluvia para riego, sin embargo, los proyectos requieren de una inversión económica para su establecimiento y de lo cual los productores no cuentan con el capital suficiente para llevar a cabo el proyecto, por lo que se requiere del apoyo por medio de los diferentes programas que se manejan a nivel federal o estatal por medio de los cuales se puedan acceder a fuentes de financiamiento para capitalizar el proyecto y hacerlo realidad, por lo que se les ha acercado con los Centros de Apoyo al Desarrollo Rural (CADER) de la SAGARPA en el municipio de Quiroga y en el Distrito de Desarrollo Rural (DDR) que se ubica en Pátzcuaro, así como, también con la Secretaría de Desarrollo Rural y Agroalimentario del Gobierno Estatal de Michoacán.

Con la finalidad de promover y difundir entre los productores de la cuenca del Lago de Pátzcuaro esta tecnología, se programaron dos Cursos-Talleres, el primero se realizó el 21 de septiembre de 2017 en Quiroga y el otro se realizó el 19 de diciembre de 2017 en Tzintzuntzan, ambos cursos se impartieron en las Casas de Educación Ambiental de cada municipio.

El Curso-Taller se denominó “PRODUCCION DE CULTIVOS EN INVERNADERO CON CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA Y RIEGO TECNIFICADO CON ENERGIA SOLAR”. Y para su difusión se elaboró un tríptico que se elaboró para promover entre los productores de cada municipio para que asistieran, el tríptico se presenta en el Anexo del presente informe.

El Curso-Taller estuvo coordinado entre personal del IMTA y en el caso de Quiroga se apoyó con el Arq. Enrique Calderón Barriga, Director del OOAPASQ, y en el caso de Tzintzuntzan, el apoyo se tuvo por parte del Encargado de la Dirección de Ecología por parte del H. Ayuntamiento, el C. Sergio Pérez Reyes.

En la impartición del Curso-Taller participaron los siguientes capacitadores de acuerdo al programa previsto:

| Hora | Tema | Responsable capacitador |
|---------------|--|---|
| 9:00 – 9:45 | Inscripción | M.Sc. Marcía Adriana Yáñez Kernke |
| 9:45 – 10:00 | Inauguración, bienvenida y objetivos del Curso-Taller | M.C. Pedro Rivera Ruiz |
| 10:00 – 11:30 | Sistema de riego por goteo y con energía solar bajo condiciones de invernadero con aprovechamiento de captación de agua de lluvia. | Dr. José Javier Ramírez Luna |
| 11:30 – 11:45 | Receso | M.Sc. Marcía Adriana Yáñez Kernke M.C. Pedro Rivera Ruiz |
| 11:45 – 13:15 | Producción de cultivos en invernadero para la cuenca del Lago de Pátzcuaro: jitomate, calabacita y pepino. | Ing. Gilberto Garza |
| 13:15 – 13:45 | Vista técnica al invernadero con captación de agua de lluvia y riego de goteo con energía solar donde se produce calabacita. | Ing. Gilberto Garza M.C. Pedro Rivera Ruiz |
| 13:45 – 14:00 | Conclusiones finales y clausura | M.C. Pedro Rivera Ruiz |

Al curso del 21 de septiembre asistieron 21 participantes y al del 19 de diciembre asistieron 27 participantes, en el Anexo se presentan las listas de asistencia de ambos Cursos- Talleres.

A cada asistente a los Cursos-Talleres, se le entregó una CONSTANCIA como comprobante de que tomaron la capacitación. En el Anexo se presenta el ejemplo de la constancia que se entregó en cada uno de los Cursos-Talleres.

Como parte del material de trabajo, a los asistentes se les entregó una copia impresa de los siguientes manuales:

1. SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA – Manual Técnico – Invernadero con Captación de Agua de Lluvia para Riego.
2. PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO – Manual Técnico

En el Anexo 8.2, se presentan los dos Manuales Técnicos que se entregaron a los asistentes. Cabe mencionar que este material se elaboró en el 2016 y durante este año se entregó como difusión en los Cursos-Talleres con lo que procede a fomentar el

conocimiento de las tecnologías que se están promocionando en la cuenca del Lago de Pátzcuaro.

En las siguientes fotografías, se presentan testimonios del desarrollo de los Cursos-Talleres, se incluye desde el registro, la impartición de los temas por los diferentes técnicos capacitadores, la presentación del invernadero como parcela piloto y la convivencia final con la degustación de aperitivos.



FIGURA 61. Manta alusiva al Curso-Taller realizado el 21 de septiembre de 2017.



FIGURA 62. Inscripción de los asistentes a los Cursos-Talleres.



FIGURA 63. Impartición del tema de riego tecnificado con energía solar por parte del Dr. José Javier Ramírez Luna en el Curso-Taller del 21 de septiembre de 2017.



FIGURA 64. Impartición del tema de producción de cultivos en invernadero por parte del Ing. Gilberto Garza en el Curso-Taller del 21 de septiembre de 2017.



FIGURA 65. Presentación del proyecto piloto de invernadero con captación de agua de lluvia con riego con energía solar en el Curso-Taller del 21 de septiembre de 2017.



FIGURA 66. Participación de los asistentes con acciones prácticas en el invernadero con captación de agua de lluvia con riego con energía solar en el Curso-Taller del 21 de septiembre de 2017.



FIGURA 67. Degustación de aperitivos al final del Curso-Taller realizado el 21 de septiembre de 2017.



FIGURA 68. Manta alusiva al Curso-Taller realizado el 19 de diciembre de 2017.



FIGURA 69. Impartición del tema de riego tecnificado con energía solar por parte del Dr. José Javier Ramírez Luna en el Curso-Taller del 19 de diciembre de 2017.



FIGURA 70. Impartición del tema de producción de cultivos en invernadero por parte del Ing. Gilberto Garza en el Curso-Taller del 19 de diciembre de 2017.



FIGURA 71. Presentación del proyecto piloto de invernadero con captación de agua de lluvia con riego con energía solar en el Curso-Taller del 19 de diciembre de 2017.



FIGURA 72. Participación de los asistentes con acciones prácticas en el invernadero con captación de agua de lluvia con riego con energía solar en el Curso-Taller del 19 de diciembre de 2017.



FIGURA 73. Degustación de aperitivos al final del Curso-Taller realizado el 19 de diciembre de 2017.

6.5. REUNIONES DE SEGUIMIENTO

Durante el desarrollo del proyecto se estuvo teniendo una comunicación constante con la contraparte del H. Ayuntamiento de Quiroga, que es el Arq. Enrique Calderón, Director del Organismo Operador de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Quiroga (OOAPASQ), con quien se estuvieron coordinando las actividades de los trabajos de la producción de cultivos en el invernadero con captación de agua de lluvia desde 2016, y también para el desarrollo de los diferentes cursos-talleres que se impartieron en la Casa de Educación Ambiental. Entre los apoyos que se tienen de su parte es el de contar con un trabajador de tiempo completo que realiza los trabajos de cuidado y mantenimiento de los cultivos, y también se apoya con la difusión y promoción de los cursos-talleres.

Cada año se realiza al final una reunión donde se plasman las actividades y acuerdos que se realizaron relacionados con el proyecto del invernadero con captación de agua de lluvia. Las minutas de las reuniones de trabajo tanto del 2016 como del 2017 se presentan en el Anexo 8.5.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Colegio de Postgraduados. 2009. Diseño de sistemas de captación del agua de lluvia. Centro Internacional de demostración y captación en aprovechamiento del agua de lluvia. CIDECALLI.

FAO (<http://www.fao.org/assets/infographics/FAO-Infographic-Virtual-Water-es.pdf>)

Gobierno de Estado de Guerrero. 2008. Manual de construcción de cisternas de ferrocemento. Secretaría de Desarrollo Rural - Gobierno del Estado de Guerrero. México.

IMTA-UMSH-UAZ. s/f. Cisterna (Tipo cilindro capuchino). Manual de instalación. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua – Fundación Gonzalo Río Arronte. Jiutepec, Mor. México.

32p.

IMTA. 2015. Captación de agua de lluvia y uso eficiente del agua para la producción agropecuaria. IMTA-SEMARNAT. 248p.

IMTA - SEMARNAT. 2013. Eric III Versión 3.2. Extractor Rápido de Información Climatológica. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua – Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

IPN. 2006. Captación de agua de lluvia y almacenamiento en tanques de ferrocemento. Manual técnico. Instituto Politécnico Nacional. México, D. F.

VIII. ANEXO

8.1. Tríptico del Curso-Taller PRODUCCION DE CULTIVOS EN INVERNADERO CON CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA Y RIEGO TECNIFICADO CON ENERGIA SOLAR.

El propósito principal de este proyecto es utilizar el agua de lluvia como fuente de abastecimiento para la producción de alimentos integrando tecnologías desarrolladas en el IMTA que se encuentran disponibles: invernadero; sistema de captación y conducción de agua de lluvia; cisterna para el almacenamiento de agua de bajo costo y la tecnología de los sistemas de riego de precisión que permiten maximizar la eficiencia en el uso del agua.

De lo anterior se desprende que la fuente de agua para el riego será la captación de lluvia a partir de la estructura del invernadero más el techo de la propia cisterna, considerando una lluvia efectiva calculada de 680 mm, con la cual se alimentará una cisterna tipo cilindro capuchino con capacidad para almacenar el agua que se requerirá para aplicar los riegos necesarios.

El proyecto considera la construcción de la siguiente infraestructura:

1. Invernadero: Nave de 10 x 52 metros que cubre una superficie de 520 m².
2. Sistema de captación: Techo del invernadero de 520 m² más el techo de la propia cisterna de 215 m², total de 735 m², y conducción de agua de lluvia desde el invernadero a la cisterna.
3. Almacenamiento para agua de lluvia: Cisterna tipo cilindro capuchino de bajo costo, con capacidad para almacenar 490 m³.
4. Sistema de riego por goteo: Sistema de baja presión a base de cintas de riego por goteo operado por gravedad

o en caso de requerirse con riego con energía solar.



Como se identifica la necesidad que se difunda esta tecnología entre las instituciones del ramo agrícola y entre los productores de la cuenca del Lago de Pátzcuaro, es que se plantea realizar el presente Curso-Taller.

El Curso-Taller se desarrollará con la participación de personal del IMTA y se realizará de acuerdo con el siguiente programa:

| Hora | Tema |
|---------------|--|
| 9:00 – 9:45 | Inscripción |
| 9:45 – 10:00 | Inauguración, bienvenida y objetivos del Curso-Taller |
| 10:00 – 11:30 | Sistema de riego por goteo y con energía solar bajo condiciones de invernadero con aprovechamiento de captación de agua de lluvia. |
| 11:30 – 11:45 | Receso |
| 11:45 – 13:15 | Producción de cultivos en invernadero para la cuenca del Lago de Pátzcuaro: jitomate, calabacita y pepino. |
| 13:15 – 13:45 | Vista técnica al invernadero con captación de agua de lluvia y riego de goteo con energía solar donde se produce calabacita. |
| 13:45 – 14:00 | Conclusiones finales y clausura |



RÍO ARRONTE
FUNDACIÓN



INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA
DEL AGUA



"UNIDOS LOGRAMOS MÁS"
EL MUNDO CAMBIA
QUIROGA
2013-2018



OOAPASO
ORGANIZACIÓN MEXICANA
DE AGUAS POTABLES

INVITAN AL CURSO – TALLER

**PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN
INVERNADERO CON CAPTACIÓN DE AGUA
DE LLUVIA Y RIEGO TECNIFICADO CON
ENERGÍA SOLAR**



FECHA: **JUEVES 21 DE SEPTIEMBRE DE 2017**

HORA: **10:00 AM**

LUGAR: **CASA DE EDUCACION AMBIENTAL,
UNIDAD DEPORTIVA, QUIROGA, MICH.**

EL CURSO-TALLER ES GRATUITO

INFORMES:
Oficina del OOAPASQ en Quiroga, Mich.
Tel: 4543540038 Ext. 103

M.C. Pedro Rivera Ruiz (IMTA)
Tel. celular: 5959517671

La Estadística Agropecuaria de México, indica que el sector agrícola consume el 83% del total del agua utilizada (61.2 km³), de este volumen una fracción se desperdicia entre otras causas por el uso y operación ineficiente de sistemas de riego inapropiados para las condiciones regionales del país, así como por la aplicación de prácticas inadecuadas durante la conducción y aplicación del agua en las parcelas y los cultivos. Para fines prácticos, se asume que la eficiencia de conducción en la red de canales es del 64.7%, la de conducción interparcelaria es del 75% y la de aplicación de agua en las parcelas es del 70%, por lo tanto, la eficiencia global estimada en forma general corresponde a 34%. Sin embargo, los sistemas de riego por gravedad operan con eficiencias de aplicación a nivel parcelario menores del 50%



Este escenario no escapa a la agricultura practicada en la Cuenca del Lago de Pátzcuaro. En particular, en los municipios de Tzintzuntzan y Quiroga, con una superficie aproximada de 400 hectáreas de cultivos cíclicos y perennes producidos bajo la modalidad de riego, se requiere que el productor agrícola, cuente con opciones de riego que brinden mayor eficiencia en el uso del agua, a fin de ahorrar cantidades

importantes de dicho recurso o bien aumentar la superficie cultivable. La tecnificación de los sistemas de riego constituye la posibilidad de incrementar las eficiencias.

Por otro lado, la diversificación productiva, tan necesaria en los tiempos actuales, nos indica la necesidad de mejorar nuestros sistemas de producción de hortalizas y flores. Un invernadero es una herramienta muy útil para producirlas fuera de temporada, conseguir mayor precocidad, aumentar los rendimientos, acortar los ciclos vegetativos de las plantas, mejorar la calidad de los cultivos mediante una atmósfera interior artificial y controlada, y la captación de agua de lluvia es una tecnología apropiada, que por medio de canaletas y tubos es conducida a una cisterna utilizada para la recolección de agua de lluvia en techos de las casas o del propio invernadero.



En el marco del *Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro (Etapa IV 2014-2017)*, la Fundación Gonzalo Río Arronte a través del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua está trabajando en un proyecto que contempla el utilizar el invernadero para la producción hortícola que a su vez mediante

la captación de agua de lluvia, ésta se almacene en una cisterna para su utilización en el riego de los cultivos.

El proyecto de invernadero con riego abastecido con agua de lluvia consiste en integrar tecnologías que permitan la explotación eficiente de los recursos disponibles para establecer un sistema de producción de agricultura intensiva dirigido a productores agrícolas cuyas fuentes de agua para riego se están agotando, o productores que se encuentran en zonas en donde la única fuente de agua podría ser la lluvia. También a personas que tengan interés en producir alimentos y cuya superficie disponible para la agricultura es muy pequeña.



La única manera de hacer rentable la actividad agrícola en poca superficie es mediante un sistema de producción intensiva que solamente se puede desarrollar en un ambiente controlado, en donde se proporciona las condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de las plantas y además se protegen del impacto nocivo de los fenómenos meteorológicos y del ataque de plagas.

8.2. Listas de asistencia de los Cursos-Talleres PRODUCCION DE CULTIVOS EN INVERNADERO CON CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA Y RIEGO TECNIFICADO CON ENERGIA SOLAR.



CURSO – TALLER

**PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN INVERNADERO CON CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA
Y RIEGO TECNIFICADO CON ENERGÍA SOLAR**

Fecha: Jueves 21 de septiembre de 2017

Lugar: Casa de Educación Ambiental, Unidad Deportiva, Quiroga, Mich.

| No. | Nombre | Procedencia | Correo electrónico | Teléfono | Firma |
|-----|--------------------|-------------|-----------------------------|-------------|--------------------|
| 1. | Ramiro Hipólito R. | TARERIO | | 4345624474 | Ramiro Hipólito R. |
| 2. | Hilda Ramirez | Quiroga | | | Hilda |
| 3. | Diego Salmerón | Quiroga | | | D S V |
| 4. | Francois Cam | Quiroga | asupocablegarcave@gmail.com | | [Signature] |
| 5. | JOSUA | [unclear] | | | [Signature] |
| 6. | Quiberto Gay | Potruco | | 434 3422488 | [Signature] |
| 7. | Pedro Rivera Ruiz | IMTA | | 5955517671 | [Signature] |

Hoja ___ de ___



CURSO - TALLER

**PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN INVERNADERO CON CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA
Y RIEGO TECNIFICADO CON ENERGÍA SOLAR**

Fecha: Jueves 21 de septiembre de 2017

Lugar: Casa de Educación Ambiental, Unidad Deportiva, Quiroga, Mich.

| No. | Nombre | Procedencia | Correo electrónico | Teléfono | Firma |
|-----|---------------------|-------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 8 | Marcia A. Yáñez K. | IMTA | | 777 329 3600 EXT 171 | <i>Marcia A. Yáñez K.</i> |
| 9 | Jose Sandro Sierra | ATZimbo | J.Sierra 848@Gmail.com | 55 83 20 3737 | <i>Jose Sandro Sierra</i> |
| 10 | Miguel C. Hernández | ATZimbo | | 954-596-2515 | <i>Miguel C. Hernández</i> |
| 11 | Antonio | AVAF | | | |
| 12 | Javier | Barriga | | | <i>Javier Barriga</i> |
| 13 | Juan Olayo C. | QUIROGA | | 443 338 3544 | <i>Juan Olayo C.</i> |
| 14 | Alvaro Gonzalez | Quiroga | | 4431214898 | <i>Alvaro Gonzalez</i> |

Hoja ____ de ____



CURSO - TALLER

**PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN INVERNADERO CON CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA
Y RIEGO TECNIFICADO CON ENERGÍA SOLAR**

Fecha: Jueves 21 de septiembre de 2017

Lugar: Casa de Educación Ambiental, Unidad Deportiva, Quiroga, Mich.

| No. | Nombre | Procedencia | Correo electrónico | Teléfono | Firma |
|-----|----------------------|-------------|--------------------|------------|-------------------|
| 15 | Salomon | Juárez | H | 4435024112 | Salomon |
| 16 | Victor Manuel | Díaz | Fun- | | |
| 17 | Germán Hipólito | Taverio | | 4434040317 | Germán Hipólito |
| 18 | Santiago Hipólito R. | Taverio | | | Santiago H.R. |
| 19 | Victoria Ramos B. | Taverio | | | Victoria Ramos B. |
| 20 | Isaac Hipólito R. | Taverio | | 4341038228 | Isaac Hipólito R. |
| 21 | Miguel Campero | Patzcuaro | | | |

Hoja ____ de ____



RÍO ARRONTE
FUNDACIÓN

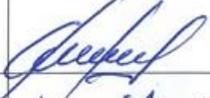


CURSO – TALLER

**PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN INVERNADERO CON CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA
Y RIEGO TECNIFICADO CON ENERGÍA SOLAR**

Fecha: 19 de diciembre de 2017

Lugar: Casa de Educación Ambiental, Tzintzuntzan, Mich.

| No. | Nombre | Procedencia | Correo electrónico | Teléfono | Firma |
|-----|-----------------------------|--------------|------------------------------|---------------|---|
| 1 | Joaquin Hingosa | Quiroga | kin-hg6@hotmail.com | 44 3406 1189 |  |
| 2 | Gilberto Garza | Patzcuaro | garzaogrequiscos@hotmail.com | 434 3422481 |  |
| 3 | Eva Guillen C | Tzintzuntzan | | 4341278303 | Eva Guillen C |
| 4 | Julian Guillen C | Tzintzuntzan | Julian.guillen84@gmail.com | 434 482595 | Julian Guillen C |
| 5 | M ^{te} Lorea Torre | Moleguro | | 55 38850796 |  |
| 6 | Delfino Alvarez M | TZINTZUNTZAN | ? | 4341320239 |  |
| 7 | Juan A Aparicio A | Tzintzuntzan | | 443 3 70 6638 | Juan A Aparicio A |



RÍO ARRONTE
FUNDACIÓN



CURSO - TALLER

**PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN INVERNADERO CON CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA
Y RIEGO TECNIFICADO CON ENERGÍA SOLAR**

Fecha: 19 de diciembre de 2017

Lugar: Casa de Educación Ambiental, Tzintzuntzan, Mich.

| No. | Nombre | Procedencia | Correo electrónico | Teléfono | Firma |
|-----|------------------------|--------------|------------------------------------|------------|----------------------------|
| 8 | Enrique Ziro Chaves | Tzintzuntzan | | | <i>Enrique Ziro Chaves</i> |
| 9 | Pedro Rivera Ruiz | IMTA | rivera@tlaboc.imta.mx | 7773293660 | <i>[Signature]</i> |
| 10 | Mariana A. Yáñez K. | IMTA | marriay@tlaboc.imta.mx | ✓ | <i>[Signature]</i> |
| 11 | Jose Manuel A. | Quiroga | manychupi@gmail.com | 4434121572 | <i>[Signature]</i> |
| 12 | Yolanda Aparicio Ponce | Tzintzuntzan | | 4433005996 | Yolanda Aparicio P. |
| 13 | Marino Rojas Fco | Tzintzuntzan | | 7225018949 | |
| 14 | Selene R. R. | Tzintzuntzan | Selene Ramirez 202095501@gmail.com | 7225018949 | Selene R. R. |



RÍO ARRONTE
FUNDACIÓN



CURSO - TALLER

**PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN INVERNADERO CON CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA
Y RIEGO TECNIFICADO CON ENERGÍA SOLAR**

Fecha: 19 de diciembre de 2017

Lugar: Casa de Educación Ambiental, Tzintzuntzan, Mich.

| No. | Nombre | Procedencia | Correo electrónico | Teléfono | Firma |
|-----|-------------------------------|---------------------|---------------------------|------------|---|
| 15 | Alma Pérez Felices | Tzintzuntzan Mich. | | 4433376037 | Alma Pérez Felices |
| 16 | Sara Felices Cda | Tzintzuntzan, Mich. | | 4431072308 |  |
| 17 | Maria Ubina Cosnelio | | | | Maria Ubina Cosnelio |
| 18 | Isabelto Estrada Z. | Tzintzuntzan | | 4435510815 | EEE E |
| 19 | Noemí Angelica Pardo Aparicio | Tzintzuntzan | | 4433804488 | No. Angelica Pardo |
| 20 | Armando Suldivar Guillen | Tzintzuntzan | | Conocido |  |
| 21 | Sergio Perez R. | Tzintzuntzan | arteamano-180@hotmail.com | 4541205858 |  |



RÍO ARRONTE
FUNDACIÓN



CURSO - TALLER

**PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN INVERNADERO CON CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA
Y RIEGO TECNIFICADO CON ENERGÍA SOLAR**

Fecha: 19 de diciembre de 2017

Lugar: Casa de Educación Ambiental, Tzintzuntzan, Mich.

| No. | Nombre | Procedencia | Correo electrónico | Teléfono | Firma |
|-----|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------|--------------------|
| 22 | José Heradio Andrés Carmelia | Ojo de Agua Mpio Tzintzuntzan | josehuc-007 @hotmail.com | 4341219677 | |
| 23 | BENJAMIN APARICIO | | | | BENJAMIN APARICIO |
| 24 | Anthony Gabriel Estada Cira | Tzintzuntzan | | 4341164542 | |
| 25 | DAVID CARMELIA | TZINTZUNTZAN | | | |
| 26 | ARLEN SELICA RAMIREZ | ROJAS | | | ARLEN |
| 27 | Ma. Luisa Zamora Molinero | Tzintzuntzan | | | Ma Luisa Zamora |
| | | | | | |

**8.3. Ejemplos de la CONSTANCIA que se entregó a las asistentes a los Cursos-Talleres
PRODUCCION DE CULTIVOS EN INVERNADERO CON CAPTACION DE AGUA DE
LLUVIA Y RIEGO TECNIFICADO CON ENERGIA SOLAR.**

OTORGAN LA PRESENTE CONSTANCIA A:

Antonio Avalos Fuerte

POR HABER PARTICIPADO EN EL CURSO - TALLER

PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN INVERNADERO CON CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA
Y RIEGO TECNIFICADO CON ENERGÍA SOLAR".

CELEBRADO EN QUIROGA, MICH.
EL DÍA 21 DE SEPTIEMBRE DE 2017.

QUIROGA, MICH., A 21 DE SEPTIEMBRE DE 2017.



Dr. José Javier Ramírez Luna
SUBCOORDINADOR DE CONSERVACIÓN DE CUENCAS Y SERVICIOS AMBIENTALES
INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA



Arq. Enrique Calderón Barriga
DIRECTOR DE OOAPAS-Q
DEL H. AYUNTAMIENTO DE QUIROGA, MICH.

OTORGAN LA PRESENTE CONSTANCIA A:

Armando Saldivar Guillén

POR HABER PARTICIPADO EN EL CURSO - TALLER

“PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN INVERNADERO CON CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA
Y RIEGO TECNIFICADO CON ENERGÍA SOLAR”.

CELEBRADO EN TZINTZUNTZAN, MICH.
EL DÍA 19 DE DICIEMBRE DE 2017.

TZINTZUNTZAN, MICH., A 19 DE DICIEMBRE DE 2017.



Dr. José Javier Ramírez Luna
SUBCOORDINADOR DE CONSERVACIÓN DE CUENCAS Y SERVICIOS AMBIENTALES
INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA



Prof. Elesban Aparicio Cuiriz
PRESIDENTE MUNICIPAL
H. AYUNTAMIENTO DE TZINTZUNTZAN, MICH.

8.4. Manuales Técnicos que se entregaron a las asistentes a los Cursos-Talleres PRODUCCION DE CULTIVOS EN INVERNADERO CON CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA Y RIEGO TECNIFICADO CON ENERGIA SOLAR.

***Se anexan los archivos completos en versión electrónica PDF**



RÍO ARRONTE
FUNDACIÓN



**PROYECTO PILOTO DE SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE
LLUVIA PARA RIEGO**

SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

MANUAL TÉCNICO

INVERNADERO CON CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA RIEGO



DICIEMBRE 2016





RÍO ARRONTE
FUNDACIÓN



**PROYECTO PILOTO DE SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE
LLUVIA PARA RIEGO**

PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO

MANUAL TÉCNICO



DICIEMBRE 2016



8.5. Minutas de las reuniones de trabajo realizadas en los años 2016 y 2017.

Minuta de reunión de seguimiento del “Proyecto piloto de sistema de captación de agua de lluvia para riego”

Quiroga, Mich., a 29 de diciembre de 2016

Con motivo del seguimiento al “**Proyecto piloto de sistema de captación de agua de lluvia para riego**”, establecido en la Unidad Deportiva del Municipio de Quiroga, Michoacán, a cargo por una parte del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), representado por el C. Ing. Héctor Gregorio Cortés Torres, como Jefe de Proyecto, y por la otra, como contraparte, el Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del mismo Municipio (OOAPASQ), representado por su Director, el C. Arq. Enrique Calderón Barriga, se manifiesta que dicho proyecto se compone de un invernadero con captación de agua de lluvia con empleo de energía solar para la aplicación del riego y un tanque cisterna para el depósito del agua. El propósito del proyecto piloto es que, por medio de la producción de cultivos en el invernadero, se proporcione capacitación a productores y técnicos de la cuenca del lago de Pátzcuaro sobre el funcionamiento y operación del módulo. Actualmente se tiene establecido en el módulo el cultivo de jitomate, mismo que se encuentra en etapa de floración, formación y llenado de fruto. Dentro de este contexto, se levanta la presente minuta con el interés de constatar el siguiente:

ACUERDO

La producción de jitomate de cada corte resultante del proyecto arriba citado y durante su vigencia, será sujeta a evaluación y pesaje por parte del IMTA para la elaboración de los informes correspondientes. Una vez realizadas dichas actividades, el producto será entregado al OOAPASQ para su distribución a los Centros de Enseñanza, Escuelas – Internados y/o aquellas instituciones con funciones similares que ellos consideren pertinentes, beneficiando de esta manera al sector social más necesitado.

Dicho lo anterior, se da por terminada esta reunión y firman de conformidad las partes aquí presentes.

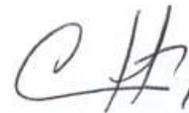
Por parte del OOAPASQ

O.O.A.P.A.S.Q



C. Arq. Enrique Calderón Barriga
Director del OOAPASQ

Por parte del IMTA



Ing. Héctor Gregorio Cortés Torres
Jefe de Proyecto



Minuta de reunión de seguimiento

Siendo las 16:00 horas del día lunes 18 de diciembre de 2017, reunidos en las oficinas del Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Quiroga (OOAPASQ), ubicadas en Lázaro Cárdenas Sur No. 17, Colonia Centro, C.P. 58420 en Quiroga, Michoacán; el CC. M.C. Pedro Rivera Ruiz, Jefe de Proyecto, del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA); y por parte del OOAPASQ, el CC. Arq. Enrique Calderón Barriga, Director del OOAPASQ; con la finalidad de dar seguimiento al "Proyecto piloto de sistema de captación de agua de lluvia para riego" del cual se tiene el invernadero con captación de agua de lluvia y riego tecnificado con energía solar que se realiza de manera coordinada entre las partes presentes que conllevará a lograr las metas y compromisos que se tienen con la Fundación Gonzalo Río Arronte relacionados con dicho proyecto y mediante el cual se aprovecha el agua de lluvia para producir cultivos en invernadero como una tecnología viable y eficiente para el sector agrícola en la cuenca del Lago de Pátzcuaro, además, que se utiliza como apoyo para capacitar a productores y técnicos mediante cursos-talleres que se imparten.

La reunión de seguimiento se llevó a cabo bajo el siguiente Orden del Día:

1. Presentación de resultados obtenidos en el año 2017 del proyecto.
2. Cierre.
3. Firma de minuta de reunión de seguimiento.

DESARROLLO DE LA REUNION DE SEGUIMIENTO

Primeramente el M.C. Pedro Rivera menciona que el invernadero que se encuentra ubicado en la Unidad Deportiva del Municipio de Quiroga, Michoacán, se compone de un invernadero con captación de agua de lluvia con empleo de energía solar para la aplicación del riego y un tanque cisterna para el depósito del agua, y este se estableció con el propósito de ser un proyecto piloto que por medio de la producción de cultivos en el invernadero se proporcione capacitación a productores y técnicos de la cuenca del lago de Pátzcuaro sobre una tecnología que es viable, rentable y eficiente para el sector agrícola de la cuenca del Lago de Pátzcuaro.

Enseguida, se comenta que durante el ciclo de junio a octubre se estableció el cultivo de calabacita, y las actividades de manejo del cultivo desde la siembra, aplicación de fertilizantes, insecticidas, funguicidas, de riego y cosecha, se realizaron con el apoyo del Sr. José Herrera que es personal del OOAPASQ y designado por el Arq. Enrique Calderón para ser también el encargado del mantenimiento del invernadero con captación de agua de lluvia. Además, el M.C. Pedro Rivera explica que también se tuvo el apoyo de dos estudiantes de la carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Suelos de la



Minuta de reunión de seguimiento

Universidad Autónoma Chapingo que realizaron su Estancia Preprofesional de junio a agosto del 2017, y cuyos nombres son: Alejandro Linares Ramírez y Héctor Marciano García Cortés.

Se menciona que se obtuvieron aproximadamente 3,375 kg de calabacita en aproximadamente 2.5 meses de cosecha, y el total de la cosecha se entregó al OOAPASQ para su distribución y entrega a personas de escasos recursos, en los Centros de Enseñanza, Escuelas Internados y/o aquellas instituciones con funciones similares que ellos consideraron pertinentes, con lo que se continuo beneficiando al sector social más necesitado.

Se informa también que como parte de las actividades de capacitación, el jueves 21 de septiembre de 2017, se llevó a cabo el Curso-Taller "PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN INVERNADERO CON CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA Y RIEGO TECNIFICADO CON ENERGÍA SOLAR", en la Casa de Educación Ambiental que se ubica en la Unidad Deportiva de Quiroga, Mich., y se tuvo una asistencia de 21 capacitandos entre productores del municipio de Quiroga y técnicos. Para el desarrollo del Curso-Taller se tuvo el apoyo decidido del Arq. Enrique Calderón, Director del OOAPASQ. En dicho Curso-Taller se presentó como parte práctica el invernadero donde se mostró la tecnología con captación de agua de lluvia y aplicación del riego con energía solar en el cultivo de calabacita que se tenía establecido en esos momentos.

Se informa por parte del M.C. Pedro Rivera, que se impartirá el mismo Curso-Taller para el martes 19 de diciembre en la Casa de Educación Ambiental de Tzintzuntzan donde se espera la participación de productores del municipio, y también se impartirá la práctica en el invernadero con captación de agua de lluvia que funge como proyecto piloto demostrativo. Para la realización del Curso-Taller se está coordinando con el H. Ayuntamiento de Tzintzuntzan a través de Sergio Pérez Reyes, Encargado de la Dirección de Ecología.

Finalmente, se informa que en el invernadero se está en el proceso de establecer el siguiente cultivo que será jitómate, y por ahora lo que se está realizando es la obtención de la planta, para ello se sembró en charolas y se está en proceso de germinación en el invernadero con captación de agua de lluvia, por lo que cuando se tenga la planta con el desarrollo adecuado, esta se plantará para continuar con la producción del cultivo.

El IMTA solicita que el H. Ayuntamiento de Quiroga, continúe apoyando con el Sr. José Herrera para que se encargue del seguimiento y mantenimiento del cultivo y del invernadero con captación de agua de lluvia, a lo que el Arq. Enrique Calderón confirma de su parte que seguirán apoyando como hasta ahora lo han hecho porque considera que es un proyecto importante ya que mediante la tecnología que se plantea se pueden beneficiar los productores agrícolas de la cuenca.



Minuta de reunión de seguimiento

El MC. Pedro Rivera informa que a partir de esta fecha, se integra para apoyar en las actividades del invernadero con captación de agua de lluvia, el alumno Joaquín Hinojoza González que estudia la carrera de Ingeniero en Innovación Agrícola Sustentable en el Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, quien realizará sus prácticas profesionales y es vecino del municipio de Quiroga.

CIERRE

No habiendo otro asunto que tratar, se da por terminada la reunión de seguimiento y se cierra la presente minuta a las 17:00 horas del día de su inicio, y la firman de conformidad los que en ella intervinieron.

POR EL INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA



M.C. PEDRO RIVERA RUIZ
Jefe del Proyecto RD-1612.4 "Proyecto piloto
de sistema de captación de agua de lluvia
para riego"

POR EL H. AYUNTAMIENTO DE QUIROGA, MICHOACÁN

O.O.A.P.A.S.Q.



QUIROGA MICH.



ARQ. ENRIQUE CALDERÓN BARRIGA
Director del Organismo Operador de Agua
Potable, Alcantarillado y Saneamiento de
Quiroga

8.6. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA SISTEMA DE RIEGO ABASTECIDO CON AGUA DE LLUVIA A INSTALAR EN PARCELA PILOTO

***La evaluación se presenta en un archivo en versión electrónica**

8.7. ACUERDOS MODIFICATORIOS

***Se realizaron dos acuerdos modificatorios los cuales se presentan en versión electrónica**