

SISTEMA GRAVITACIONAL DE RIEGO PROTOTIPO PARA AGRICULTURA CON AGUAS SUPERFICIALES DE ARROYOS. CASOS: *Capsicum frutescens* Var. Irish Poblana Y *Cyathea arborea* MX.

**Cuitláhuac Alfonso Roviroso Madrazo^{1*}; Enrique Velázquez Madrazo †²;
Pablo Zaldívar Martínez³.**

¹CONAFOR-PSA-CABSA; SAGARPA; CONAHCYT-34138. Teziutlán, Puebla, México.

²DIDESI. CD. de México.

³Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. BUAP. Teziutlán; Puebla; México.

Correo electrónico: cuitlahuacroviroso@exalumno.unam.mx.

Teléfono (52) 2311032976.

PSTF-ATP-. CONAFOR-SEMARNAT. Profesor-Investigador-Tecnólogo-CONAHCYT.

Resumen

Se diseñó y construyó embalse para captar aguas superficiales con capacidad de 264 M³ para riego gravitacional tecnificado en agricultura protegida, dentro del Bosque Mesófilo de Montaña ANP-Cuetzalan-Filobobos. Con base en las técnicas de los parámetros hidrológicos de CONAGUA y título de concesión relativo. La hipótesis, que los resultados de captación de la fuente del arroyo Mancebo se verían reflejados en la calidad de los cultivos logrados. A partir de escurrimientos de manantiales y filtraciones subterráneas de la cuenca: R. Tecolutla. Subcuenca: R. Joloapan. Los objetivos fueron con criterios ambientales de productividad forestal y agrícola; uso hidrológico sustentable; económicos de costo cero del agua y sociales de transferencia del conocimiento. La metodología y diseño constructivo se realizó con base en los criterios e indicadores de la OPS-ONU para redes hidráulicas comunitarias. El embalse se construyó con piso de concreto, piedras, muros de mampostería, estructuras y componentes de acero inoxidable, dos rebosaderos para mantenimiento del *cauce-caudal* y uso de sedimentos como sustratos. El riego gravitacional logrado para agricultura protegida con aspersores de tiro rotacional de 360° en dos casos de especies: Forestales *C. arborea* y de nebulización en cultivos marginados *C. frutescens*. Los resultados obtenidos son: sistema de riego gravitacional; rendimientos y prendimientos basados en la calidad de las plantas. El total de especímenes logrados en la primera etapa 2500 *Cyatheales* para restauración forestal y 11,250 Solanáceas para obtener germoplasma y material genético. Se protegió y restauró el Bosque BMM del ANP-Cuetzalan-Filobobos con *C. arborea* para su producción ecológica y sistemática.

Palabras claves: Sistema Gravitacional, Agricultura Protegida, *Cyatheales* y Solanáceas.

Introducción

En México, el 97 % del agua es subterránea y tan sólo el 3 % es superficial (ríos, lagos, presas, etc.). De la primera proviene la mayor parte del agua destinada al consumo humano: aunque en realidad, de la totalidad del agua extraída del subsuelo, entre el 80 y el 85 % está destinada a actividades agrícolas. Sin embargo, se ha dedicado poca atención a entender su funcionamiento sistémico (Ortega Guerrero M.A.; 2023), (Figura 1).

El bosque mesófilo de montaña (BMM) es un tema de actualidad y, pareciera que con larga tradición de investigación ecológica pero el BMM, desde un punto de vista ecológico, ha empezado a estudiarse intensamente en los últimos 20 años. En la última década se han consolidado temas prácticos que aparentemente tuvieron que esperar a que las condiciones de perturbación y destrucción del bosque los impulsaran, como son la restauración ecológica y los servicios ecosistémicos. Los temas a futuro deben relacionar la resiliencia del bosque, procesos y componentes ante los efectos del cambio climático (Williams-Linera G., 2015).

El problema esencial de la sobre explotación de las cuencas hidrológicas del ecosistema del BMM, está generando serios problemas en los cambios de rumbos y direcciones, de caudales de los ríos y arroyos. (Rovirosa y Velázquez. 2010).

Con el aprovechamiento hidrológico sustentable de agua (Ortega Guerrero M.A. 2023) del título CONAGUA 10-PUE114486/271DDL08 ANP-Cuetzalan-Filobobos RTP-105, AICA-C-47, BMM; (Figura. 2); Permitió un manejo sostenible de los suelos sedimentados en el embalse para agricultura protegida con la preparación de sustratos (Figura. 13). Se construyó infraestructura para la captación de agua para riego en la producción de especies forestales Cyatheaceae (*Cyathea arborea mexicana*) (Rovirosa J.N.,1979) y especies de cultivos marginados (Hernández Bermejo J. E. & J. León. 1992) Solanaceae (*Capsicum frutescens* Var. Irish Poblana). Con los objetivos de lograr una producción forestal y agrícola estable e inocua, para la restauración forestal de especies NOM-CITES y calidad genética de ambas especies endémicas del BMM.

- Primero: Se construyó embalse prototipo (Lin H., 2003) para captación de aguas superficiales y sedimentos hidropedológicos con capacidad de 264 M³. Con piso de concreto, piedras, muros de mampostería, estructuras y componentes de acero inoxidable, dos rebosaderos para mantenimiento del *cauce-caudal*. Con una red hidráulica de distribución gravitacional (Tixe Salvador., 2004) y sedimentos para uso en agricultura protegida. (Figura. 3, 4, 5, 6 y 13).
- Segundo: Se construyó vivero forestal prototipo (Stuppy Nursery.,1994) y (Alcantar González Gabriel & Trejo-Téllez., 2007) para la producción de 3000 especímenes de *C. arborea*; Estructura tubular para techo de malla sombra negra al 70% (Figura. 10); Malla perimetral roja al 70% para control anti-áfidos y plagas; Suelo

con Grand Cover al 90%; Sistema de riego de aspersores de tiro gravitacional radial de 360° (Figura.15). En la primera etapa para la restauración forestal *in situ*. (Figura. 16).

- Tercero: Se construyó un invernadero prototipo (Cermeño Serrano Z., 2002) y (Castilla N., 2004). con riego nebulizado para desarrollo de plántulas de *C. frutescens* (Figuras 11 y 17).
- Cuarto: Se construyó vivero a cielo abierto con los criterios de diversos autores relacionados con la agricultura protegida (SAGARPA., 2004). El riego gravitacional radial a ras del suelo con tiro de 360° se diseñó para la producción de 11,250 plantas de *C. frutescens* para material genético y germoplasma. (Figuras 18 y 19) adicionado con malla sombra lateral roja para el control de plagas y anti áfidos de forma atrayente por colores y tipo de especies de insectos plaga, utilizando bioinsecticidas y pegamento (Figuras 12 y 20).

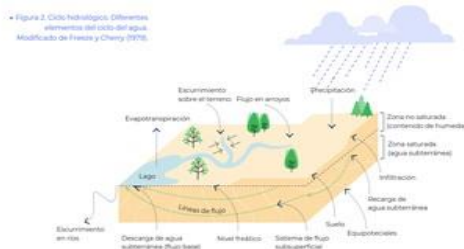


Figura 1. Diseño de ciclo hidrológico que señala los sistemas de aguas superficiales y subterráneas. Según Freeze y Cherry. (Tomado de Ortega Guerrero M.A.; 2023. UNAM, CONAHCYT).

Ubicación geográfica del proyecto, Hueytamalco; Puebla. Corredor biológico Cuetzalan-Filobobos. RTP-105.

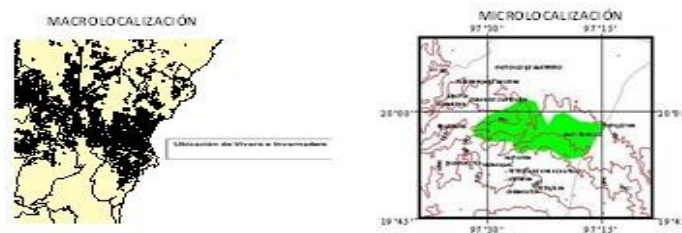


Figura 2. Mapas de ubicación geográfica de área de estudio y desarrollo, se aprecia macro y micro localización.

Objetivos generales del sistema de riego gravitacional para agricultura protegida

Ambientales: Construir un sistema de aprovechamiento de aguas superficiales de forma sustentable en el BMM para riego tecnificado en agricultura protegida, que permita el aprovechamiento de agua y suelos sedimentados y fuerzas gravitacionales del 25% de

pendientes, para lograr un riego uniforme, constante, sustentable y sostenible con impactos positivos en el BMM de un Área Natural Protegida (**ANP**), Región Hidrológica (**RHP**), Región Terrestre Prioritaria (**RTP**) y Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (**AICA**).

Agropecuarios y forestales: Lograr cultivos forestales y agrícolas en agricultura protegida, con uso sustentable de arroyos contaminados con aguas residuales y cargas biológicas utilizables para la producción de *C. arborea* y *C. frutescens*.

Económicos: Crear un sistema de aprovechamiento de aguas superficiales de forma sustentable, para lograr riego tecnificado en agricultura protegida; Con una inversión menor por su tipo y diseño, su sistema constructivo y costos de producción hidrológica a una tasa de cero.

Hidrológicos: Crear un sistema de aprovechamiento de aguas superficiales contaminadas; De forma sustentable para riego tecnificado para agricultura protegida con el aprovechamiento de agua del caudal de una fuente propia de nacimientos e infiltraciones con escurrimientos en su trayectoria en las coordenadas geográficas señaladas.

Sociales: Transferir el conocimiento a productores marginados que requieran la tecnología y necesitan riego para sus cultivos.

Metas

- Lograr que el sistema de riego gravitacional cubrirá la capacidad de distribución y abasto de agua suficiente para cubrir la demanda de la infraestructura productiva de agricultura protegida construida, en los ciclos Primavera-Verano (PV) y otoño-Invierno (OI).

Materiales y Métodos

Descripción general del modelo prototipo del sistema de captación de aguas superficiales del arroyo Mancebo, Hueytamalco, Puebla en tres fases.

Fase 1: De acuerdo al diseño arquitectónico se construyeron muros y piso de concreto sobre parteaguas del arroyo Mancebo, con sistemas de sedimentación de suelos y liberación de aguas corrientes al caudal de la microcuenca.

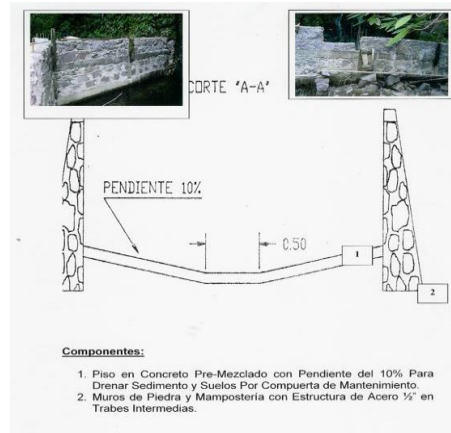


Figura 3. Perfil constructivo y descriptivo de muros y base del embalse en vista frontal, con fotografías del avance de obra.

Fase 2: Implantación de componentes interiores patentados (Figura 4) en el embalse para su funcionalidad y operación.

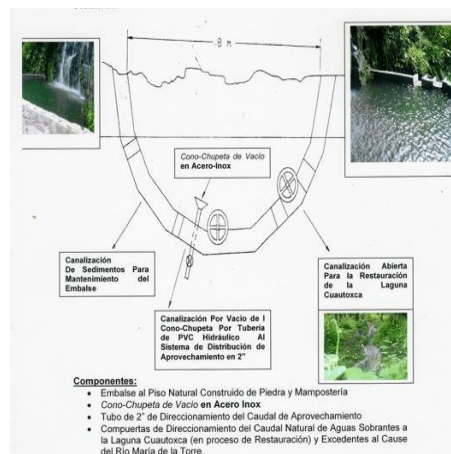


Figura 4. Vista superior del embalse prototipo para captación de aguas superficiales con la descripción de sus componentes interiores para su funcionalidad. Componentes interiores del embalse para su funcionalidad

Fase 3: Puesta en marcha y pruebas de presión nominal (presión interna de identificación de la tubería). Presión de prueba (máxima presión interior a la que se somete una línea de agua en una prueba hidráulica) del embalse prototipo a toda la red de distribución con trayectoria y rumbo a las instalaciones de agricultura protegida.

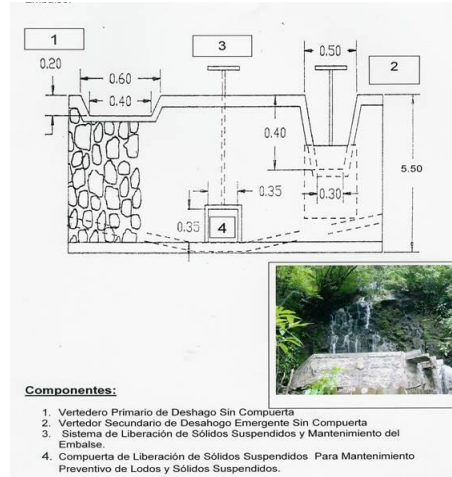


Figura 5. Diagrama con vista frontal descriptivo del embalse prototipo de captación de aguas superficiales con sus componentes.

Componentes del sistema prototipo de abasto y calidad del agua.

Componente	Prototipo
Estructura del embalse de mampostería y acero considerando las siguientes dimensiones en el diseño: Corona, base, altura, densidades de sedimentos, mampostería y agua y coeficiente de empotramiento. Así como: Estimación de caudales y periodicidad de lluvias según CONAGUA.	
Cono-recolector/chupeta con malla de retención de 1 mm en acero Inoxidable.	
Respiradero en acero Inoxidable para extracción de aire y Llaves de control de compuerta en acero inoxidable	
Compuertas en acero Inoxidable para mantenimiento y extracción de sedimentos y liberación de sedimentos excedentes para limpieza y desinfección de la base del embalse	
Rejilla anti sólidos suspendingos (troncos y piedras) en acero Inoxidable.	
Escalera de inmersión de mantenimiento de sedimentos en acero inoxidable.	
Tanques de sedimentos auxiliares con desniveles de 3 m³ c/u.	

Figura 6. Tabla de componentes del embalse.

Diseño de la red de distribución hidrológica para riego de agricultura protegida, del agua procedente del embalse (Tixe S., 2004).

- Cama de apoyo: Grava de 3/4" (19 mm) colocado en el fondo de la zanja para brindar soporte uniforme a la tubería en toda su longitud y reducir efectos del golpe de ariete.
- Entibado: Reforzamiento de las paredes laterales de la zanja.

- Niples y Coples: Empates de la tubería que no tiene la longitud completa en sus tramos de fabricación de 6 m.



Figura 7. Red de tubería hidráulica sanitaria para la distribución de agua procedente del embalse, sembrada sobre grava para reducir golpe de ariete (fenómeno hidráulico transitorio producido por variaciones de velocidad en el fluido transportado).



Figura 8. Diseño e instalación de la red de distribución hidráulica para riego de agua procedente del embalse.

- El sistema de riego fue fundado y motivado bajo los criterios e indicadores del área de desarrollo sostenible y salud ambiental de la OPS-ONU (Diagrama izquierdo Figura. 8). Con una pendiente de origen del 25%, (embalse 10% y diferencial de altura 15%) con tubería de PVC hidráulico sanitario de alta resistencia. A una profundidad de 40 cm. Con sistema de aireadores a cada 30 m.

Métodos

Los datos estadísticos registrados por la CONAGUA de hidrología superficial, para el cálculo de los caudales, gasto y disponibilidad final en la captación de agua para el embalse y sistema de riego gravitacional, fueron fundados a partir de los factores de la capacidad del espacio físico para la construcción del embalse, ancho del parteaguas 8m. Se realizaron con base en los parámetros hidrológicos establecidos en el título de concesión de la **CONAGUA 10-PUE114486/271DDL08** del Arroyo Mancebo; Cuautoxa, Sección 4°, Hueytamalco, Puebla. ANP-Cuetzalan-Filobobos, RTP-105, AICA-C-47, BMM.

Datos generales de hidrología de la cuenca hidrológica del aprovechamiento:

- R. Tecolutla (70.94%) y R. Nautla y Otros (29.06%). **Subcuenca:** R. Joloapan, (66.02%), R. María de la Torre, (14.92%), A. Solteros (13.23%), R. Tecolutla (4.71%), R. Bobos (0.91%) y R. Apulco (0.21%) (INEGI., 2010. Compendio de Información Geográfica Municipal).

Criterios tecnológicos generales para diseño y construcción del embalse

- Se seleccionó y determinó la subcuenca a partir de análisis espacial y una estación de prospección del caudal, estaciones de precipitación diaria anualizada, según registros y disponibilidad hídrica de la subcuenca determinados por la CONAGUA. Que permitieran simular caudales y gasto en un periodo de retorno de 7 años con criterios hidrológicos de aguas superficiales (Figura 1).
- Se calibró el modelo hidrológico, utilizando herramientas y estrategias diseñadas para el objetivo del sistema de riego de forma gravitacional.
- Se cuantificó la interacción del acuífero entre subcuenca baja río María de la Torre y (alta) Filobobos con la determinación de la probable afectación que generaría sobre ambos sistemas por el aprovechamiento para el embalse.
- Se determinaron y calcularon las demandas de invernaderos y viveros diseñados (Figuras 10, 11 y 12) para hipótesis y objetivos productivos del proyecto a partir de la capacidad de captación del embalse, con los criterios e indicadores como son la pendiente normal del 1%. respecto de la horizontal (de 0° o 180°), está pendiente se tomó en el punto bajo del sitio que da hacia la calle (Figura 3); Normatividad de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA., 2007b) y la OPS-ONU.

Diseño de funcionamiento del vivero forestal de las Cyatheales

Ciclo reproductivo de especies NOM-CITES (Jones L. D., 1996) y (Raghavan V., 1989).

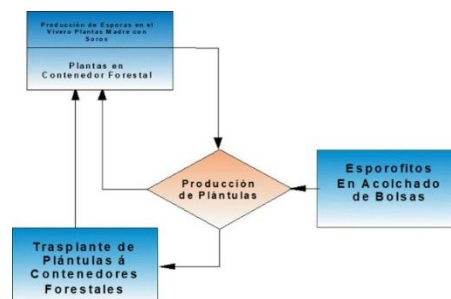


Figura 9. Diagrama de producción del vivero forestal con sistema de riego gravitacional radial de 360°.

Sistema constructivo de agricultura protegida prototipo. Beneficiaria de la captación del agua superficial del embalse y del sistema de riego gravitacional.

- **Vivero forestal de especies NOM-CITES**, de 10,000 M², con criterios tecnológicos (Alcantar González Gabriel & Trejo-Télez., 2007) para restauración y protección de especies de Cyatheales. Construido con estructura de tubos y cables de acero para carga de malla sombra; Base de tubos de 2½" ø anclados al piso con concreto hidráulico. Con cubierta de malla sombra Stuppy al 70%.

Perímetro con malla anti áfidos color rojo al 80% impregnada de pegamento y bioinsecticidas, Grand Cover al 90% y riego gravitacional con tiro rotacional de 360°. (Figuras 10 y 15).

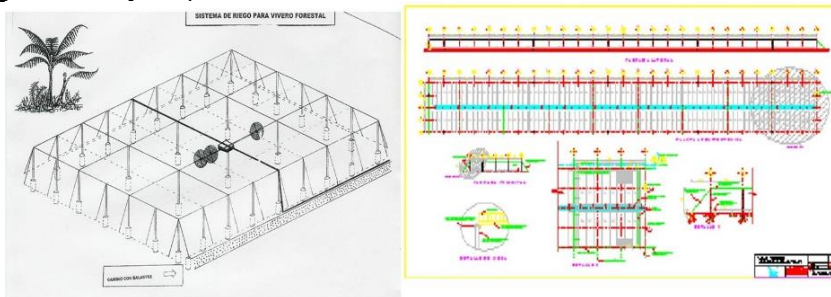


Figura 10. Diagramas y planos constructivos del vivero forestal con riego gravitacional radial de 360° con Grand Cover y mallas perimetrales colorimétricas anti áfidos.

- **Invernaderos multi túneles de estructura metálica** (Cermeño Serrano Z., 2002) de 1000 M², construidos con criterios tecnológicos (Castilla Nicolás., 2004) con tubos 2½" ø, anclados al piso con concreto hidráulico, malla de control de temperatura al 60% y sistema de riego gravitacional para nebulización de contenedores para la producción de plántulas de *Capsicum frutescens* Var. Irish poblana. Para trasplantar a vivero. (Figura 11 y 17).



Figura 11. Invernaderos tipo multi túneles de estructura metálica para la producción tecnificada en contenedores BCC para plántulas de *C. frutescens* Var. Irish poblana y riego de nebulización.

- **Vivero a cielo abierto** de agricultura protegida con los criterios tecnológicos (Cavazos Arcos G., 1998) para trasplantes de plántulas de especies de Solanáceas, en una superficie de 4000 M² con perímetro de malla anti-áfidos color rojo al 80%, Grand Cover al 90% y riego gravitacional con tiro en aspersores de forma rotacional de 360°. (Figura 12,18 y 19).



Figura 12. Sistema de riego rotacional en vivero a cielo abierto, con Grand Cover y malla sombra roja anti áfidos para la producción de *C. frutescens* en una superficie de 5000 M².

Componentes de la mezcla de sustratos para agricultura protegida

- Sedimentarios del embalse (20%), Tezontle (25%), Peatmoss de Canadá (30%) y suelos Andosoles del BMM (25%).



Figura 13. Mezcla de sustratos desarrollados para contenedores BBC para viveros e invernaderos.

Resultados

- Los resultados obtenidos se dividieron en tres fases de la siguiente forma cualitativa y cuantitativa:

Cualitativos:

- Resultados del funcionamiento del sistema constructivo del embalse de 264 M³. Pedológicamente e hidrológicamente, su eficiencia de captación, estabilidad de distribución y resistencia a las variables climatológicas en la captación de aguas superficiales. (Figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8).
- Resultados del sistema de riego gravitacional: Eficiencia en la homogeneidad del riego dentro de viveros e invernaderos, acorde con el número de plantas y plántulas sembradas y producidas con calidad de trasplante, supervivencia para viveros e invernaderos. (Figuras 7, 8, 14, 15, 17 y 18).
- Productividad de la agricultura protegida con la supervivencia en número de plantas *in situ* y durante su manejo en viveros e invernaderos y su trasplante y manejo como cultivo forestal y agrícola. Control de plagas. (Figuras 16, 17, 18, 19 y 20).



Figura 14. Embalse con rebosaderos de liberación de excedentes de agua para no afectar trayectoria de caudales de aguas subterráneas, conservación del ecosistema del BMM y abastecer sistema de riego gravitacional.

Resultados visibles del sistema de riego gravitacional. Eficiencia en la homogeneidad de riego y productividad agrícola y forestal.



Figura 15. Imagen del vivero forestal de Cyatheales-NOM-CITES. Con cubierta de malla sombra tipo Stuppy negra al 70%. Perímetro cubierto con malla anti áfidos color rojo al 80%, Grand Cover al 90% y riego gravitacional con tiro rotacional de 360°.



Figura 16. Desarrollo de Cyatheales generados con riego gravitacional, calidades de plantas logradas con sustratos de sedimentos del embalse. Se muestra línea de desarrollo de crecimiento desde contenedor hasta especímenes restaurados *in situ*.



Figura 17. Vigor y desarrollo de *C. frutescens* logrados en invernaderos con riego gravitacional nebulizado.



Figura 18. Vigor y desarrollo de *C. frutescens* logrados en vivero a cielo abierto con riego gravitacional rotacional, control de plagas y enfermedades. Volúmenes de frutos



Figura 19. Vigor y desarrollo de frutos y hojas *C. frutescens* logrados en vivero a cielo abierto con riego gravitacional rotacional, control de plagas y enfermedades.



Figura 20. Malla anti áfidos con control químico (bioinsecticidas) y mecánico (pegamento). utilizadas en viveros forestal y agrícola para el control de plagas y enfermedades.

- Se aprecia la atracción por color rojo de malla anti áfidos; De insectos del género *Frankliniella* y otros, pegados y controlados con bioinsecticidas y pegamento; Se evita que los huevos que son reniformes, de color blanco hialino y de unas 200 micras de longitud, no sean insertados y pegados dentro del tejido vegetal del cultivo (Figura. 20).

Resultados cuantitativos:

Embalse para captación de aguas superficiales para cubrir demanda de riego gravitacional.

- Se lograron captar y almacenar 264 M³/24h de agua superficial con sedimentos de arrastre de la microcuenca, a una constante de gasto de 3 ½" ø para la distribución en el sistema de riego de agricultura protegida con gasto de 2½" ø entre viveros e invernaderos. (Figura 14).

Vivero forestal de Cyatheales NOM-CITES

- En el primer ciclo y etapa I se produjeron 3000 plantas de Cyatheales de alta calidad forestal con el riego gravitacional a partir de la captación del embalse y la siembra de los esporangios procedentes de las frondas recolectados *in situ*. Se logró el uso de sedimentos de suelos de arrastre hidropedológico para la mezcla de sustratos en contenedores forestales BBC. Se trasplantaron a zonas determinadas para su restauración *in situ*. De las cuales: El 83% fueron de gran calidad y vigor como plantaciones forestales *in situ* en el BBM (Figura. 15 y 16). Finalmente, se donaron a jardines botánicos para su preservación más de mil ejemplares incluyendo los jardines botánicos del INECOL en Xalapa de Enríquez; Veracruz.

Invernadero agrícola de cultivos marginados *C. frutescens*

- Se sembraron y produjeron en el invernadero prototipo a partir de semillas 11,250 plantas en contenedores BBC de *C. frutescens* (chile chiltepín) cultivo marginado, para obtener germoplasma y material genético para implementar un programa de producción de chile para su industrialización. Se trasplantaron al vivero a cielo abierto un total de 9000 plántulas viables equivalentes al 80% del total sembrado. (Figura 17).

Vivero a cielo abierto agrícola de cultivos marginados *C. frutescens*

- Se trasplantaron al vivero a cielo abierto 9000 plantas F1 a F2 procedentes del invernadero prototipo de una talla del cepellón 9 cm y plantas de 24 cm entre el meristemo y la última vellosidad de la raíz. Los rendimientos de fruto por planta y rama obtenidos fueron de la siguiente forma (Figuras 18 y 19):
 - a) Rendimiento ponderado de fruto fresco/rama: 3 Frutos
 - b) Rendimiento ponderado de fruto fresco/planta: 57 Frutos
 - c) Rendimiento de frutos ponderado/población: 513,000 Frutos.
 - d) Peso total de la producción en fresco: 128.250 Kg.

Conclusiones

- El embalse prototipo permitió la captación constante, homogénea y eficiente de agua y sedimentos convirtiendo el modelo en un sistema sostenible y sustentable,
- El sistema de riego gravitacional demuestra que la captación con diferenciales altitudinales, permite aprovechar las fuerzas gravitacionales en favor de un riego homogéneo, eficiente y sustentable, permitiendo en materia de costos económicos de energía un costo cero para el uso del agua.

- Los resultados agrícolas y forestales en la producción de Cyatheales y Solanáceas resultó con niveles de productividad sanidad y calidades extraordinarias para ambos cultivos de forma sustentable y sostenible.
- A nivel ambiental el uso de ambas especies favoreció la actividad forestal y agrícola de cultivos marginados en beneficio de la región y sus productores con la disponibilidad de plantas, germoplasma y material genético.

Agradecimientos: A la CONAFOR-SEMARNAT, CONAHCYT-FONSEC, SAGARPA. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. (BUAP). Por el respaldo y apoyo al proyecto.

Referencias Bibliográficas

- Alcantar González G., Trejo-Téllez. 2006. Nutrición de Cultivos, Colegio de Posgraduados, Montecillos. MP Mundi Press. ISBN 10-968-7462-48-5. (Primera edición) México. p. 175 a 190.
- Arcos Cavazos G., 1998. Tecnología para Producir Chile Jalapeño en la Planicie Costera del Golfo de México; INIFAP- Fundación Produce Tabasco. México.
- Castilla Nicolás., 2004. Invernaderos de Plástico Tecnología y Manejo; MUNDI PRENSA MP; Murcia España. (Primera edición) ISBN-84-8476-221-1. P. 255-262; 343-355.
- Cermeño Serrano Z., 2002. Construcción de Invernaderos. MP. Ediciones Mundi Prensa. ISBN 84-8476-029.-4. Madrid, España-UE. p. 65-84.
- CONAGUA., 2007. Manual de agua potable y alcantarillado. ISBN 978-968-817-880-15. IMTA-SEMARNAT. México.
- Hernández Bermejo J. E. & León J. 1992. Cultivos Marginados. Otra Perspectiva de 1492; Jardín Botánico de Córdoba, España-UE; FAO Producción y protección de cultivos No. 26. ISBN 92-5-303217-0. (Primera edición) Roma, Italia. p.13,43 y 267.
- Jones L. D. 1996; Encyclopedia of Ferns; Timber-Press; An introduction to Ferns, their Structure Biology, Economic Importance, Cultivation and Propagation. ISBN 0 88192 054 1, LC; USA. p. 277-285.
- INEGI. 2010. Compendio de información geográfica municipal, Hueytamalco. Puebla. clave geoestadística 21076. México.
https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21076.pdf.
- Lin H. (2003). Hydropedology. Vadose Zone Journal, 2(1), 1-11. doi:10.2136/vzj2003.1000 [Links].
- Ortega Guerrero M.A. 2023. Sistemas gravitacionales de flujo de agua subterránea: Un Paradigma. Centro de Geociencias, Campus Juriquilla, Universidad Nacional Autónoma de México. CONACYT; <https://conahcyt.mx/sistemas-gravitacionales-de-flujo-de-agua-subterranea-un-paradigma/>.
- Raghavan V. 1989. Developmental Biology Of Fern Gametophytes. Ohio State University. Cambridge University Press. ISBN 0 521 33022 X, USA.
- Rosas Rangel D. M., Mendoza Manuel E., Gómez-Tagle A. & Tobón Marín C. 2019. Avances y desafíos en el conocimiento de los bosques mesófilos de montaña de México. Madera y Bosques vol. 25, núm. 1, e2511759. doi: 10.21829/myb.2019.2511759.

- Rovirosa José N., 1979, Obras de Textos Científicos, Consejo Editorial del Estado de Tabasco, Villahermosa, Tabasco. México.
- Rovirosa Madrazo C.A., Velázquez Madrazo E.; 2008. Uso sustentable de aguas superficiales para un sistema de riego gravitacional en la restauración de especies NOM-CITES del ANP-Cuetzalan Filobobos. XX Congreso nacional de hidráulica. CONAFOR. CONACYT. CEMMC. DIDESI.
- SAGARPA 2004. Ficha tecnológica por sistema producto. Uso de malla-sombra para incrementar la producción de chile piquín. INIFAP-SAGARPA. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/558.pdf>.
- Tixe Salvador. 2004. Especificaciones técnicas para líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural. Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente OPS. Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. OPS/CEPIS/04.106. UNATSABAR.
- Williams-Linera Guadalupe. 2015. El bosque mesófilo de montaña, veinte años de investigación ecológica ¿qué hemos hecho y hacia dónde vamos?. Madera bosques Madera y Bosques vol. 21, núm. especial: 51-61. Instituto de Ecología, A.C. Carretera Antigua a Coatepec 351 Xalapa, Veracruz, México.