



SEGUIMIENTO, TRANSFERENCIA Y REHABILITACIÓN DE HUMEDALES ARTIFICIALES. HC1424

INFORME FINAL



R Í O A R R O N T E
— F U N D A C I Ó N —

Jefe de proyecto

M. en C. Irleth Sarai Segura Estrada

Colaboradores

M. en I. Erick Oliver Cervantes Gutiérrez

Ing. José García Caspeta

M. en I. Sandra Vázquez Villanueva

CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO	3
2. OBJETIVO.....	5
3. ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	6
4. RESULTADOS ESPERADOS.....	7
5. METODOLOGÍA.....	8
6. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	9
I. REHABILITACIÓN DE HUMEDALES DETERIORADOS	15
II. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE HUMEDALES	25
III. TRANSFERENCIA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	40
ANEXOS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA	50

1. RESUMEN EJECUTIVO

El agua es un compuesto vital para la vida y ocupa cerca del 70% de la superficie total de la Tierra. Para el ser humano en particular, la disponibilidad de agua es un factor que determina su buen desarrollo. Como puede verse a lo largo de la historia, civilizaciones completas han desaparecido o han florecido en función de su disponibilidad de agua. Hoy en día, aunque el desarrollo industrial y tecnológico permite disponer abundantemente de agua de buena calidad, el crecimiento poblacional agota este recurso y lo encarece en todos los niveles de la vida salvaje y doméstica en el planeta. Este problema, aunado al inadecuado control que existe en las descargas de agua contaminada hacia los diferentes cuerpos naturales receptores de la misma, ha hecho que la atención que se presta a la solución de estos problemas se enfrente de manera más seria por parte de las autoridades responsables de darle solución. Por estos motivos, es necesaria la búsqueda de mecanismos que permitan solucionar este problema, y que sean accesibles a todo tipo de comunidades en el mundo para lograr así que la disponibilidad del agua se realice de manera equitativa.

Los sistemas de tratamiento de agua surgen cuando la concentración de contaminantes es muy elevada o los contaminantes son altamente tóxicos; no alcanzan a diluirse en el sitio de descarga o no pueden ser degradados naturalmente. Las descargas en México ascienden a 242,000 l/s, de los cuales sólo se trata el 35% y el resto llega a ríos, lagunas, lagos y zonas costeras (SEMARNAT, 2011). Por este motivo es necesario implementar alternativas de tratamiento viables, técnica y económicamente, y que además cumplan con las disposiciones legales en materia de descargas de agua residual.

Además de los métodos convencionales de tratamiento (sedimentación, filtración, lodos activados y filtros biológicos, entre otros), se pueden utilizar sistemas más sencillos y económicos que reduzcan los contaminantes más comunes presentes en las aguas residuales. Entre estas alternativas se encuentran los humedales artificiales (HA), que consisten en utilizar la capacidad de algunos tipos de vegetación para absorber, almacenar o estabilizar contaminantes de agua.

Durante las tres últimas etapas del “Programa de recuperación ambiental de la cuenca del Lago de Pátzcuaro” se ha contribuido a reducir la contaminación del Lago provocada por el vertido de las descargas de aguas residuales mediante la instalación de sistemas de tratamiento basados en la tecnología de humedales artificiales. Estos sistemas se encuentran localizados en las localidades de Cucuchuco, Erongarícuaro, Santa Fe de la Laguna y San Jerónimo Purenchécuaro pertenecientes a los municipios de Tzintzuntzan, Erongarícuaro y Quiroga Michoacán respectivamente y, finalmente en esta cuarta etapa se buscó dar seguimiento y rehabilitación a estos sistemas a fin de garantizar la continuidad de su buen funcionamiento en el tratado de las aguas residuales que son vertidas al Lago de Pátzcuaro.

En cuanto a la rehabilitación, el IMTA elaboro los proyectos ejecutivos para la rehabilitación del humedal de Erongarícuaro, Santa Fe de la Laguna, Cucuchuco y San Francisco Uricho. Este último, el único rehabilitado por el IMTA, ya que en los de Santa Fe de la

Laguna y Cucuchucho, ambos fueron rehabilitados por la CEAC y el IMTA únicamente superviso que las actividades se realizaran conforme a la plasmado en el proyecto ejecutivo.

Se apoyó con acciones de rehabilitación de los humedales de la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro Descarga 1 y Descarga 2, ya que estos no requerían de una rehabilitación completa. Además, se realizaron tareas como de apoyo en los sistemas de Erongarícuaro, Cucuchucho y Santa Fe de la Laguna en lo que iniciaba su rehabilitación.

Se realizaron las tareas de mantenimiento en los sistemas y en el último año, únicamente con el material.

Se llevaron a cabo programas anuales de muestreo y calidad del agua, a partir de los cuales se analizaban las actividades de mantenimiento desarrollar.

Se elaboraron los manuales de operación y mantenimiento, finalidad de capacitar a nuevo personal y de recordar, reforzar y/o corregir los conocimientos de los que están ya trabajando para que lo hagan de manera efectiva y eficiente.

2. OBJETIVO

Realizar la transferencia de los humedales artificiales instalados bajo el Programa de Recuperación ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro a sus respectivas localidades y municipios.

3. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Como una iniciativa de la Fundación Gonzalo Río Arronte (FGRA) y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), ante la necesidad de sanear las descargas de aguas residuales vertidas sobre la Cuenca del Lago de Pátzcuaro surge el “Programa de recuperación ambiental de la cuenca del Lago de Pátzcuaro”.

En el marco de este programa se instalaron cinco humedales artificiales en cuatro localidades de la Cuenca: Cucuchucho municipio de Tzintzuntzan; Santa Fe de La Laguna y Erongarícuaro en el municipio de Erongarícuaro, San Jerónimo Purenchécuaro en el municipio de Quiroga.

Estos sistemas han demostrado una buena aceptación por parte de la población debido a sus bajos costos de operación y mantenimiento y sobre todo la eficiencia de remoción de contaminantes.

Gracias a los humedales instalados se han cumplido los estándares establecidos en las normas para protección de la vida acuática, con bajos costos de tratamiento. El sistema consiste de una combinación de procesos naturales, lagunas de estabilización y humedales, que por su sencilla operación y altas eficiencias obtenidas de remoción de contaminantes representan una alternativa viable de solución al vertido directo de las aguas negras hacia el Lago de Pátzcuaro.

4. RESULTADOS ESPERADOS

- I. Rehabilitación de humedales deteriorados
- II. Operación y mantenimiento de humedales
- III. Transferencia de operación y mantenimiento

5. METODOLOGÍA

1. Consolidar la operación y mantenimiento de los humedales artificiales instalados en la Cuenca del Lago de Pátzcuaro a las localidades y municipios correspondientes, así como a la Comisión de Cuenca del Lago de Pátzcuaro.
2. Transferir completamente la operación y mantenimiento de los humedales artificiales instalados en la Cuenca del Lago de Pátzcuaro a las localidades y municipios correspondientes, así como a la Comisión de Cuenca del Lago de Pátzcuaro.
3. Realizar acciones para corregir los cambios que provocan o pueden provocar alteraciones en el funcionamiento de los humedales artificiales instalados.
4. Dar seguimiento a la eficiencia de tratamiento y funcionamiento hidráulico de los seis humedales artificiales instalados.
5. Rehabilitar los humedales artificiales que se encuentran deteriorados.
6. Dar asesoría y seguimiento a la operación y mantenimiento de los humedales artificiales instalados.

6. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

INTRODUCCIÓN

La Cuenca del Lago de Pátzcuaro y sus poblaciones

La cuenca del Lago de Pátzcuaro es una cuenca cerrada, ubicada en la zona central del Estado de Michoacán, que abarca un área de casi 1000 km², con rangos de altitudes desde 2040 m (nivel del lago) hasta 3200 m en la cima más alta. Se distinguen claramente cinco zonas fisiográficas: las islas, las riberas, las laderas, los valles inter montañosos y las montañas. El Lago de Pátzcuaro es uno de los últimos reductos de los 25 lagos que existieron en la región central de México, con una superficie aproximada de 100 km² y entre 8 y 12 metros de profundidad (Toledo *et al.*, 1992) (Figura 1).

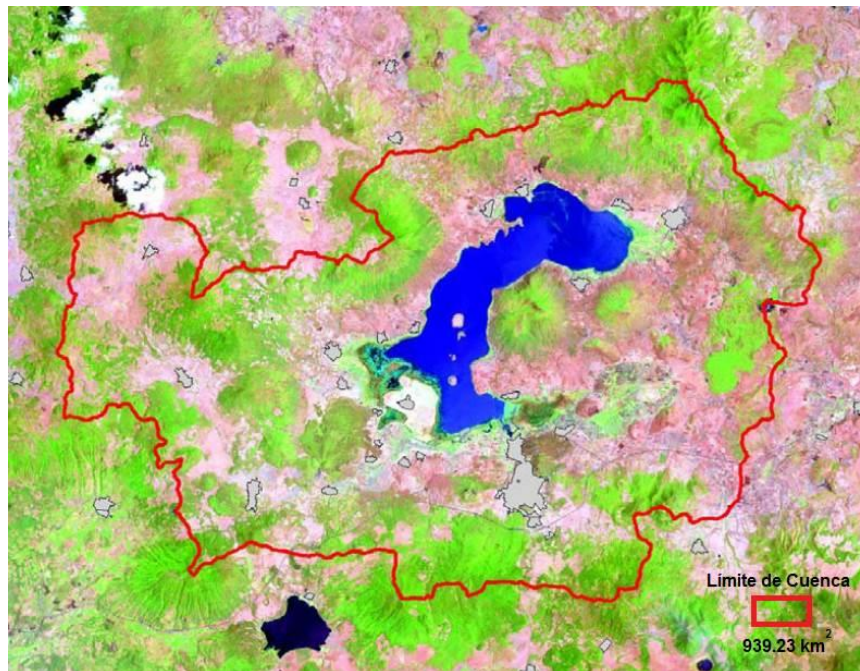


Figura 1. Cuenca del Lago de Pátzcuaro, Michoacán.

Los municipios que rodean el Lago de Pátzcuaro son: Pátzcuaro, Quiroga, Erongarícuaro y Tzintzuntzan y con una pequeña porción participan Tingambato y Nahuatzen. La población total de esta zona, asciende a casi 140,000 habitantes y la tenencia de la tierra en la región está dividida entre la propiedad comunal, ejidal y pequeña propiedad, casi en las mismas proporciones. Esta parte del país fue poblada por los purépechas mucho antes de la llegada de los españoles y actualmente, aunque la población indígena ha ido en disminución paulatina pero constante, con el consecuente incremento del mestizaje, la región sigue marcada fuertemente por esta cultura, sobre todo en las formas de organización social y productiva. Los purépechas se han mantenido en constante interacción con otras culturas, mestiza y criolla, pero siempre han pugnado por conservar su identidad e integración cultural, manifestada en

sus festividades religiosas, música y danza regionales y en la elaboración de artesanías, características de la región.

La cuenca del lago de Pátzcuaro ha ofrecido a través de la historia, fuente de ingresos para los pobladores de la zona quienes obtienen recursos como la pesca, madera, materia prima para artesanías, además de ser el mismo lago un recurso turístico por la belleza de sus paisajes, lo que contribuye en forma importante a la economía del lugar, con una gran afluencia de visitantes cada año, tanto nacionales como extranjeros. Sin embargo, a pesar de todas estas riquezas y atractivos, la cuenca del lago de Pátzcuaro ha sufrido un deterioro acelerado de su ecosistema con la desaparición, en los últimos cincuenta años, de gran cantidad de hectáreas de bosques debido a su sobreexplotación. La deforestación, a su vez, ha contribuido al azolvamiento del lago, con la pérdida de casi la mitad de su volumen de agua, también provocada por la constante extracción para usos agrícolas y urbanos. A esto se suma la acelerada contaminación de este recurso hídrico y de toda la región, causada principalmente por la descarga de aguas negras de las cuatro cabeceras municipales de la ribera, por los tiraderos de basura a cielo abierto y el uso de agroquímicos.

El deterioro ecológico de la cuenca ha provocado la disminución de los réditos económicos que sus habitantes obtenían de la explotación de los recursos naturales, provocando un aumento en la migración de mano de obra hacia los Estados Unidos, que hoy se ha convertido en la principal fuente de ingresos para un gran número de familias asentadas en la región. A pesar de ello, la cuenca del lago de Pátzcuaro sigue teniendo gran importancia económica y ambiental y sus habitantes aún obtienen algunos ingresos a través de actividades como el aprovechamiento forestal, el turismo, la pesca, la agricultura y las artesanías, que a continuación se describen brevemente.

Aprovechamiento forestal

Los bosques que se encuentran en la región de la cuenca del lago de Pátzcuaro son principalmente de pinos, encinos y madroños, que protegen una de las reservas hídricas más importantes del centro del país, la región hidrológica No.62 "Lago de Pátzcuaro y cuencas endorreicas cercanas". En 1963 la superficie forestal de la cuenca alcanzaba las 33,000 has y para 1991 la cifra se había reducido, consecuencia de la sobreexplotación forestal, a poco más de 18,000 lo que representa un porcentaje de deforestación del 44% en poco menos de 30 años. (Herrera Rendón, 1999). En la región, las formas de aprovechamiento de los bosques son variadas, se extrae de allí principalmente madera para uso comercial, leña para cocinar y resina, todas con un impacto negativo sobre el recurso, ya que su extracción ha estado marcada por la escasa planificación, la tala clandestina y la falta de interés por parte de los habitantes de la región en la conservación de la superficie forestal.

Turismo

La belleza del paisaje y la fuerte cohesión cultural de los habitantes de la región constituyen un gran atractivo turístico, que se manifiesta por una profusa afluencia de visitantes tanto nacionales como extranjeros. Esto ha promovido el desarrollo de la infraestructura hotelera y restaurantera, principalmente en la ciudad de Pátzcuaro, que, junto con Janitzio, son las

principales beneficiadas de esta actividad. Sin embargo, el deterioro ecológico y las condiciones de abandono que se observan particularmente en Janitzio, han tenido un impacto negativo sobre el turismo. Aunado a ello, en muchas comunidades de la cuenca es prácticamente nula la afluencia de visitantes a pesar de la belleza de sus paisajes y el potencial que presentan para impulsar el turismo. La concentración de la infraestructura hotelera y de servicios ha hecho que actividades como paseos en lancha, visita a talleres artesanales, festividades, etc., se programen desde la ciudad de Pátzcuaro hacia determinadas zonas, con poca o nula participación de otras comunidades de la cuenca.

Pesca

La pesca fue una de las actividades más importantes de la región hasta finales de los ochentas, básicamente por la captura de peces en el lago de Pátzcuaro, viéndose mermada la producción pesquera debido principalmente a la disminución de peces causada por la contaminación del lago, la proliferación del lirio acuático y la introducción de la carpa, especie que destruye los huevos de otras que tradicionalmente han habitado el lago como el pescado blanco y la trucha. De 2,300 toneladas capturadas en 1989, la producción registró 634 toneladas capturadas en 1996, lo que significa un descenso del 72% en menos de 10 años (Herrera Rendón, 1999). La actividad pesquera en la región se ha caracterizado por estar basada en una unidad de producción familiar donde los miembros se involucran en la confección de las artes de pesca, la captura y la venta de la misma. La disminución de las especies y las vedas han propiciado una mayor marginación de este sector que debe acudir a otras ocupaciones para sustentar su economía.

Agricultura

Constituye una de las actividades tradicionales desarrolladas en la región, desde tiempos prehispánicos. En casi todas las comunidades aún se mantiene alguna actividad agrícola, destinada básicamente al autoconsumo. Se cultiva principalmente maíz, frijol y calabaza y en menor medida la avena y el janamargo. La mayoría de la producción agrícola de la región es de temporal, siendo la superficie regada muy escasa. La práctica de la agricultura ha disminuido considerablemente en los últimos diez años dado que resulta poco rentable, estableciéndose una tendencia hacia el abandono de las tierras de cultivo y la migración periódica oscilatoria fundamentalmente hacia los Estados Unidos de mano de obra anteriormente dedicada al campo.

Artesanías

Es una de las actividades más importantes de la zona, con una profusa producción de objetos utilitarios y decorativos. Destacan las actividades alfareras, textiles, la utilización de fibras vegetales como la chuspata y el tule, con la que se fabrican petates, cestas y diversas figuras, y la carpintería donde se elaboran muebles y otros objetos de madera. La elaboración de artesanías fue tradicionalmente una actividad económica complementaria de los habitantes de la región, en muchos de los casos desempeñados por mujeres, pero ante la disminución de la pesca y el abandono de las tierras agrícolas se ha convertido, para algunas comunidades, en la principal actividad, que hoy también desempeñan los hombres. Cabe señalar que tanto la artesanía, como las demás actividades económicas anteriormente descritas, proporcionan a

los habitantes ingresos para el sustento diario, “para ir pasando”, que en la mayoría de los casos son el complemento de los recursos que los familiares migrantes envían desde los Estados Unidos.

A continuación se realiza un diagnóstico de los municipios que albergan a los humedales artificiales.

Descripción de los municipios de la cuenca del Lago de Patzcuaro

Ubicación geográfica

El municipio de Tzintzuntzan se encuentra al norte del estado, en las coordenadas 19° 37' 00" de latitud norte y 101° 35' 00" de latitud oeste, a una altura de 2,300 metros sobre el nivel del mar. Su superficie es de 156.48 km², representa el 0.26 por ciento del total del estado, y el 0.000008 por ciento de la superficie del país. Limita al norte con Quiroga, al noroeste con Morelia, al este con Lagunillas, al sureste con Huiramba, al sur con Pátzcuaro y al oeste con Erongarícuaro.

El municipio de Erongarícuaro se localiza al norte del estado de Michoacán, entre las coordenadas 19° 35' 00" de latitud norte y 101° 43' 00" de longitud oeste, a una altura de 2,080 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con los municipios de Zacapu, Coeneo, al este con Quiroga, Tzintzuntzan y Pátzcuaro, al sur con Pátzcuaro y al oeste con Nahuatzen y Tingambato. Su distancia a la capital del estado es de 75 Km. Tiene una superficie 245.34 km² y representa un 0.41 por ciento de la superficie del estado.

Quiroga se ubica al norte del estado, en las coordenadas 19° 40' 00" de latitud norte y 101° 32' 00" de longitud oeste, a una altura de 2,094 metros sobre el nivel del mar. Su superficie es de 284.53 km² representa el 0.47 por ciento del total del estado. Limita al norte con Coeneo, al sur con Tzintzuntzan, al este con Morelia y al oeste con Erongarícuaro.

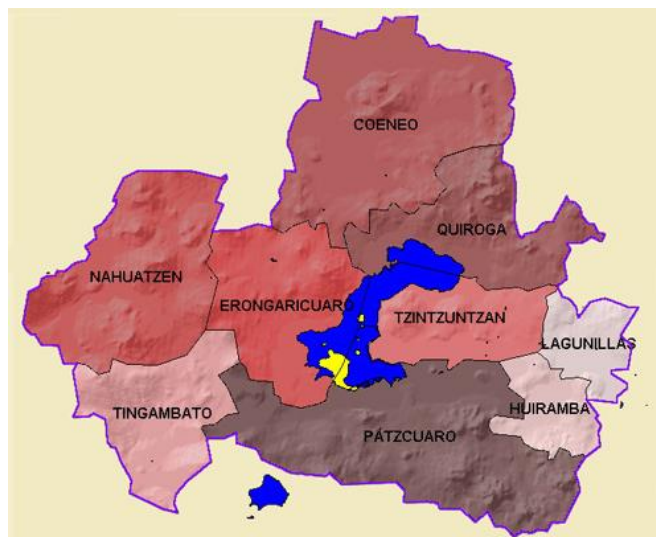


Figura 2. Municipios ubicados en la ribera del Lago de Patzcuaro.

Actividades Principales

Tzintzuntzan se encuentra a 53 km de la capital del estado, sus principales actividades económicas son la agricultura, fruticultura, ganadería, explotación forestal, industria, turismo y comercios.

El municipio de Erongarícuaro se encuentra a 74 km de la capital del estado, sus principales actividades económicas son la agricultura, fruticultura, ganadería, explotación forestal, industria, turismo y comercios pequeños.

El municipio de Quiroga se encuentra a 45 km de la capital del estado, sus principales actividades económicas son la agricultura, fruticultura, ganadería, explotación forestal, industria, turismo y comercios.

Clima

Tzintzuntzan. Clima templado con lluvias en verano. Tiene un precipitación pluvial anual de 989.8 milímetros cúbicos y temperaturas que oscilan de 7.9 a 23.4° C. (Los Municipios de Michoacán, 1988).

Erongarícuaro. El clima en este municipio es templado con lluvias en verano. Tiene un precipitación pluvial anual de 1,040.8 milímetros cúbicos y temperaturas que oscilan de 6.1 a 24.1° C. (Los Municipios de Michoacán, 1988).

Quiroga. Su clima es templado con lluvias en verano. Tiene un precipitación pluvial anual de 788.6 milímetros cúbicos y temperaturas que oscilan de 4.9 a 25.6° C. (Los Municipios de Michoacán, 1988).

Crecimiento poblacional

Tzintzuntzan representa el 0.31% de la población del estado esto es 12,414 habitantes.

La población del municipio de Erongarícuaro es de 13,161 habitantes, representa el 0.33% de la población con respecto al Estado.

El municipio de Quiroga cuenta con 23,893 habitantes esto es el 0.59% con respecto al estado.

Vías y medios de comunicación

Tzintzuntzan, se sitúa a 53 Km. de la capital por la carretera federal num. 15, Morelia – Quiroga. Tiene servicios de correo, teléfono, camiones de carga y autobuses foráneos. Fue fundada aproximadamente en 1324, para el año 1930 se constituyó en municipio.

Erongarícuaro, está situado a 74 Km. de la capital, por la carretera Federal No. 14 Morelia - Pátzcuaro, tomando la desviación por la carretera estatal Pátzcuaro – Erongarícuaro. Fundado aproximadamente en 1324 por Curatame. Para el año 1575 forma parte de la jurisdicción de Pátzcuaro. En el año 1831 adquiere el rango de municipio. Las vías de comunicación con sus localidades son por caminos de terracería, además atraviesan vías férreas; cuenta con teléfono, taxis, correo y camiones de carga ligera.

Quiroga, se ubica a 45 Km. de la capital, por la carretera Morelia – Quiroga No. 15. Cuenta con autobuses foráneos, camiones materialistas y de carga, las localidades se comunican por caminos de terracería. En el año 1831 se constituye en municipio, para el año 1986 cambia de categoría para ser Ciudad, por el congreso del Estado.

Reuniones con las autoridades municipales

Con la finalidad de dar a conocer a los Presidentes Municipales y a sus Regidores los proyectos y propuestas que integran la IV Etapa del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro y presentar los objetivos y alcances principales del proyecto, se celebraron reuniones al inicio de proyecto en las cabeceras municipales (Tabla 1).

Dichas reuniones sirvieron además, para establecer líneas de comunicación con los miembros del cabildo y fijar las bases para trabajar de manera conjunta (autoridad municipal-jefe de proyecto) y alcanzar los objetivos del proyecto.

Tabla 1. Enlaces de trabajo para cada municipio.

<i>Municipio</i>	<i>Enlace</i>	<i>Cargo</i>
Tzintzuntzan	Ing. Raúl Pérez Silvestre	Director Obras Públicas
Erongarícuaro	Alfredo Vázquez Córdoba	Director OOAPAS
Quiroga	Álvaro Terrazas Sandoval	Director OOAPAS



Figura 3. Reunión con miembros del cabildo y jefes de proyecto en Tzintzuntzan (derecha) y Quiroga (izquierda).

I. REHABILITACIÓN DE HUMEDALES DETERIORADOS

Para determinar las actividades inherentes a la rehabilitación, operación y mantenimiento de los humedales, inicialmente se realizaron recorridos de diagnóstico en las instalaciones donde se localizan los humedales, análisis granulométricos del material filtrante, evaluación de la situación actual de remoción y actualización de planos. A continuación se presentan los principales resultados obtenidos y el anexo I se presenta el informe detallado de los diagnósticos:

Erongarícuaro

- Los andadores se encuentran saturados de pasto lo que ocasiona que se continúe extendiendo hacia el interior del humedal.
- Los humedales de tratamiento A y B presentan un problema de colmatación en la zona Oeste, por lo que se requieren tomar medidas para solucionar este problema (Figura 4).
- La parte superior que queda expuesta de las mamparas de división se observa dañada.
- Algunos de los tubos para el muestreo (centro humedal) se encuentran dañados a consecuencia de la exposición diaria a los rayos UV.
- Existe un exceso de especies invasoras.
- Las tuzas al excavar sus madrigueras contaminan con arcillas el material pétreo de las cubetas del humedal.
- Es necesario el suministro de material pétreo para arropar la tubería lateral de la laguna de maduración y posteriormente hacer una nivelación de este material.
- En el perímetro de la laguna se requiere el reacomodo de las piedras que sirven como protección.
- Se observa exceso de micro algas en la superficie de la laguna.
- Las dos celdas de pulimiento presentan colmatación, siendo el humedal B el más afectado por este problema.
- La presencia de especies invasoras (zacate) es muy notable, problema que es importante resolver ya que la plaga continuara expandiéndose y afectando la integridad del humedal.
- La vegetación en el humedal B no ha podido ser consolidada.
- Al final de la obra de salida es necesario realizar tareas de poda y limpieza, ya que el exceso de vegetación ocasiona encharcamientos, tanto para la tubería de efluente como para la de excedencias.
- Se observó que una de las descargas presenta menos salida de flujo, lo que sugiere algún taponamiento o pérdida de flujo durante el recorrido del tratamiento.



Figura 4. Colmatación del humedal y presencia de especies invasoras.

Cucuchucho

- El problema más grave en esta zona se presenta en temporada de lluvias ya que con fuertes precipitaciones el colector de llegada se desborda ocasionando inundaciones en esta zona.
- Se requiere dar mantenimiento a las estructuras, como limpieza y pintura.
- Se observa que la vegetación en el lado sur del humedal de lodos No. 2 comienza a secarse, algo que no pasa en el No.1. Es posible que el agua no esté llegando a esta zona.
- El humedal No. 2 presenta colmatación en la zona sur, lo que ha provocado la presencia de malos olores (Figura 5).



Figura 5. Celda de lodos colmatada.

- Crecimiento excesivo de la vegetación (Figura 6).
- Es necesario ejecutar tareas de mantenimiento para tuberías, válvulas y registros.
- Algunos de los tubos para el muestreo (centro humedal) se encuentran dañados a consecuencia de la exposición diaria a los rayos UV.
- Existe un exceso de especies invasoras.
- La laguna presenta eutrofización.



Figura 6. Crecimiento excesivo de la vegetación.

Santa Fe de la Laguna

- En general los arreglos que requieren son menores y de fácil solución.
- Se recomienda pintar las estructuras que conforman el sistema de pretratamiento.
- El canal de excedencias se encuentra bloqueado por el crecimiento excesivo de la maleza.
- Los andadores se encuentran saturados de pasto lo que ocasiona que se continúe extendiendo hacia el interior del humedal.
- Los dos humedales de lodos se encuentran completamente colmatados, el exceso de agua abarca toda la superficie de los humedales (Figura 7).
- Los andadores se encuentran saturados de pasto lo que ocasiona que se continúe extendiendo hacia el interior del humedal.
- Es necesario hacer una limpieza en todo el perímetro de la laguna a fin de eliminar las especies invasoras y la maleza que ha crecido en exceso.
- Se observa exceso de micro algas en la superficie de la laguna.
- Se requiere rehabilitar algunas zonas de la geomembrana.
- Las dos celdas de pulimiento presentan colmatación.
- La presencia de especies invasoras (zacate) es muy notable, problema que es importante resolver ya que la plaga continuara expandiéndose y afectando la integridad del humedal.



Figura 7. Cajas de distribución en mal estado, se observa la saturación de agua en el humedal.

San Jerónimo Purenchécuaro D1.

- Las tapas de las cajas de distribución se encuentran rotas, oxidadas y despintadas por lo que se recomienda que sean reparadas para darle un mejor aspecto a las instalaciones. Asimismo, se recomienda pintar las unidades de pretratamiento.
- Se requiere retirar la maleza que se encuentra alrededor de la malla ciclónica así como de los bordos de las celdas de tratamiento y área verde.
- Se pudo observar durante el recorrido por el humedal que una de las celdas de tratamiento de agua se encuentra ligeramente saturada en una de sus esquinas, por lo que sería importante revisar las tuberías o la colmatación del sistema.
- Es importante la gestión de la obra de protección para el desvío de agua de lluvia.
- Presencia de vegetación invasora dentro de las celdas de los humedales.



Figura 8. Presencia de especies invasoras en el humedal de tratamiento.

San Jerónimo Purenchécuaro D2.

- Se observa agua en la superficie del humedal, posiblemente se resuelve controlando el flujo de agua que ingresa a la cubeta del humedal.
- Falta un filtro en la cámara de lodos.
- Cambiar tubería de 2" a 4" para evitar taponamientos.
- Soldar las tapas de las cajas de distribución



Figura 9. Celdas de lodos completamente llenas. .

Con base en la información que resulto de los diagnósticos, de determino que los humedales de San Jerónimo Purenchécuaro D1y D2 solo requerían de acciones menores para eficientar su funcionamiento y, Erongarícuaro, Santa Fe de la Laguna y Cucuchucho requerían de una rehabilitación integral.

En seguimiento a lo anterior y en reunión del 05 de febrero del 2014 con representantes de instituciones federales, estatales y municipales en la que se reviso el cumplimiento de los compromisos de las contrapartes a partir de la firma del Adendum al Convenio General de colaboración del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, Cuarta Etapa 2013 – 2016, se acordó que:

- El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), realizará los proyectos ejecutivos para la rehabilitación de los humedales de Cucuchucho del Municipio de Tzintzuntzan y de Santa Fe de La Laguna del Municipio de Quiroga, para que la Comisión Estatal del Agua y Gestión de Cuencas (CEAC) ejecute la rehabilitación en 2015.
- El IMTA realizará el proyecto ejecutivo y la rehabilitación del humedal de San Francisco Uricho del Municipio de Erongarícuaro.

En seguimiento a lo anterior, en 2014 el IMTA inicio con la realización de las acciones necesarias para eficientar los sistemas. A continuación se presentan las principales actividades realizadas en los humedales San Jerónimo Descarga 1 y D2.

San Jerónimo Purenchécuaro D1

Como actividad principal se sustituyó el material pétreo de la celda de tratamiento (Figura 10) ya que se encontraba saturado por efecto del tiempo y exceso de contaminantes, el cual provocaba la colmatación o taponamiento del humedal. Además se retiró la vegetación (especies invasoras) de todas las celdas. Al finalizar los trabajos las cubetas de tratamiento fueron nivelados y se sembró la vegetación.



Figura 10. Sustitución de material pétreo.

Acondicionamiento de los lechos de secado (Figura 12) y el registro de distribución (Figura 13). Para lo cual se colocó de un pretil para facilitar su limpieza, además de evitar que se inunden en la temporada de lluvias, también se realizaron trabajos de pintura.



Figura 11. Acondicionamiento de pretil del lecho de secado de lodos y de registro de distribución.



Figura 12. Trabajos de herrería en los techos del lecho de secado.

Sustitución de rejillas de las cajas de distribución en mal estado y remoción de la vegetación acumulada dentro de ellas (Figura 13).



Figura 13. Retiro de rejillas en mal estado.

Sustitución de tubería de distribución dañada, la cual se conectó y reniveló correctamente (Figura 14).



Figura 14. Sustitución de tubería dañada y renivelación de la tubería nueva.

A los elementos estructurales del humedal y de tubería, se les hizo una aplicación de tratamiento protector anticorrosivo, además de que fueron pintados, todo eso a fin de protegerlos de las condiciones climáticas y a largar su vida útil.

San Jerónimo Purenchécuaro D2

Poda, limpieza y extracción de especies invasoras dentro de las áreas de tratamiento (Figura 15).



Figura 15. Remoción de especies invasoras de las celdas de tratamiento.

Limpieza y mantenimiento a los elementos del pretratamiento, como son las rejillas y compuertas del desarenador (Figura 16).



Figura 16. Limpieza y mantenimiento a los elementos del pretratamiento.

Limpieza de los andadores (Figura 17) a fin de facilitar el tránsito seguro y disminuir el crecimiento de especies invasoras en el humedal, al ser una brecha entre los terrenos aledaños y la celda de tratamiento.



Figura 17. Limpieza de andadores.

Reubicación de la tubería de descarga del efluente que se encuentra al final del humedal de tratamiento, la cual hacia su descarga el terreno continuo ocasionando molestias a los dueños de dicho predio.

Por otro lado, se elaboraron los proyectos ejecutivos de San Francisco Uricho, Erongarícuaro, Santa Fe de la Laguna y Cucuchucho (Anexo II); estos últimos tres fueron entregados a los municipios para entrega en la CEAC; posterior a la entrega, se recibieron observaciones por parte de la CEAC las cuales fueron atendidas y remitidas nuevamente. Los proyectos también fueron entregados directamente a la CEAC (Anexo III).

Finalmente, en 2016 y 2017 se realizó la rehabilitación del humedal de Santa Fe de Laguna (Figura 18) y el en 2017 se inició en Cucuchucho; ambos humedales rehabilitados por la CEAC.



Figura 18. Humedal de Santa Fe la Laguna rehabilitado.

Durante los trabajos de rehabilitación de la CEAC y en seguimiento a los acuerdos tomados con los municipios, el IMTA superviso los trabajos para verificar y asegurar que se realizaran conforme a lo planteado en los proyectos ejecutivos.

Adicional a los trabajos de rehabilitación en Santa Fe de la Laguna y en virtud de apoyar a mejorar los trabajos que se estaban realizando y toda vez que no se habían considerado en el catálogo de conceptos de la rehabilitación, el IMTA apoyo con los materiales para la rehabilitación del sedimentador y para la instalación de andadores; esto últimos de gran relevancia para aumentar la vida útil del sistema y disminuir la entrada de vegetación invasora al interior de las celdas de tratamiento. Cabe aclarar que la mano de obra corrió por cuenta del municipio (Figura 19) (Anexo IV).



Figura 19. Instalación de andadores.

En cuanto al humedal de Cucuchucho y como se comentó en párrafos que anteceden, fue en el 2017 cuando se inició el proceso de rehabilitación y hasta la fecha aún no se concluye (Figura 20). Durante los recorridos de supervisión se identificó que los trabajos no se estaban haciendo conforme el catálogo de conceptos del proyecto ejecutivo y, se le notificó al coordinador general de la CEAC durante una gira de supervisión que estaba realizando en el humedal en cuestión. En el anexo V se presenta el informe de los cambios que se presentaban en el catálogo de conceptos.



Figura 20. Rehabilitación del humedal de Cucuchucho.

Finalmente en cuanto a la rehabilitación del Humedal de San Francisco Uricho, el IMTA finalizó la rehabilitación y se encuentra en la etapa de estabilización. En el anexo VI se presenta el plano del arreglo del sistema.

En el anexo VI.I se presenta la memoria fotográfica del proceso de rehabilitación.

A continuación se presenta una lista de algunas de las actividades realizadas hasta la fecha:

- Limpieza y deshierbe de los linderos donde se ubica el humedal, así como de todo el interior de las instalaciones.



a) Taludes



b) Retiro de malla ciclónica



c) Andadores



d) Celdas de tratamiento



e) Limpieza del lecho de lodos



f) Sedimentador

Figura 21. Limpieza y deshierbe.

- Extracción de material y geomembrana de las celdas de los humedales y lecho de secado.



a) Retiro de lodos del lecho de secado.



b) Extracción de material de la celda B.



c) Retiro de geomembrana de la celda A.



d) Retiro de material y geomembrana.

Figura 22. Extracción de material y geomembrana.

- Se replanteo la caja de amortiguamiento para la nivelación de los vasos de llegada.



Figura 23. Replanteo de la caja de amortiguamiento.

- Renivelación de las celdas, para que el sistema funcionara por gravedad.



Figura 24. Nivelación de las celdas del humedal.

- Instalación de geotextil y geomembrana en celdas de los humedales, para evitar la infiltración del agua residual al suelo y evitar la contaminación de este.



Figura 25. Instalación de geomembrana.

- Sustitución de material pétreo en las celdas de los humedales.



Figura 26. Sustitución de material pétreo.

- Sustitución de compuertas, rejillas, canaleta Parshall y de toda la tubería del sistema.



Figura 27. Sustitución de elementos de acero del pretratamiento y tubería del sistema.

- Conformación de andadores a base de suelo-cemento.



Figura 28. Conformación de andadores.

Por otra parte, se instaló una caseta que incluye un baño, ya que se encontró la necesidad de contar con una zona segura para el resguardo de herramienta, materiales y refacciones

(válvulas, tuberías, etc.) necesarias para las actividades de operación y mantenimiento, y además se encontró la necesidad de tener un espacio para el aseo del personal, ya que al tratarse de un sistema de agua residual existe una diversidad de contaminantes que pueden afectar a la salud. Por esto último y con el objetivo de asegurar la disponibilidad de agua potable para aseo del personal se instaló un sistema de captación de agua de lluvia (SCALL).



Caseta



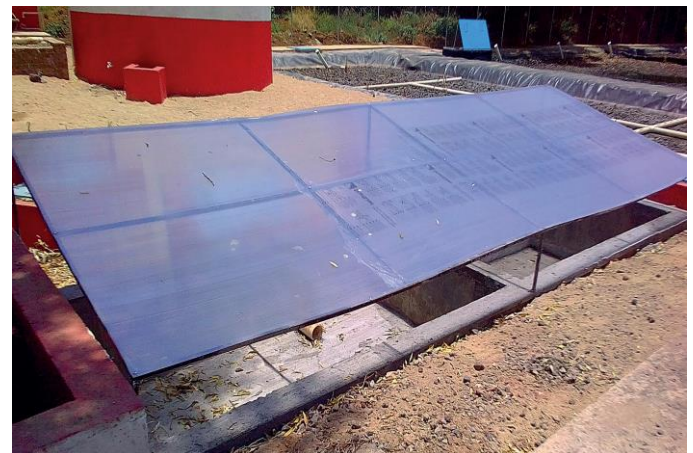
Cisterna

Figura 29. Conformación de caseta.

Finalmente, en la ilustración 30 se observa el estado físico de los elementos rehabilitados y aquellos que fueron instalados por primera vez como es el caso de la caseta y del SCALL.



Caseta y SCALL



Lecho de secado de lodos



A) Tanque de amortiguamiento, B) tubería de excedencias, C) rejillas



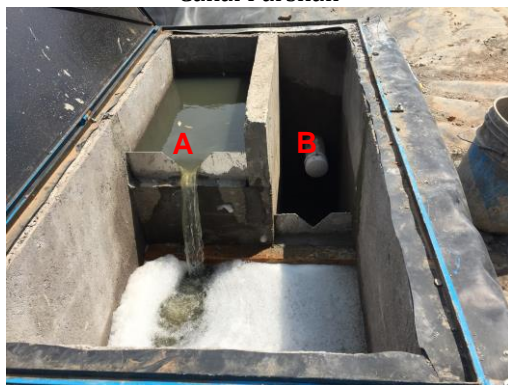
Canales desarenadores



Canal Parshall



Humedal de lodos



Caja de distribución a las celdas de tratamiento de agua, A) afluente del sedimentador, B) afluente del lecho de lodos



Celdas de tratamiento

Figura 30. Estado físico de los elementos rehabilitados.

En el Anexo VI.II se presente el acta de entrega – recepción física de la rehabilitación del humedal artificial al Comité de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Erongaricuaró (CAPAME).

II. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE HUMEDALES

Muestras para la determinación de la calidad del agua de los humedales artificiales instalados en la cuenca del Lago de Pátzcuaro

Conocer la calidad del agua de los afluentes y efluentes de los humedales artificiales permite determinar su capacidad de depuración, comprobar que aún cumplen con los niveles de depuración para los que fueron concebidos y corroborar en qué grado se está cumpliendo con los límites máximos permisibles que establece la NOM-001-SEMARNAT-1996. Por lo anterior es que durante el 2016 y 2017 se realizaron programas de muestreo de calidad del agua de los humedales, al menos se realizaron 7 muestreos mensuales por año (Figura 31) (Anexo VII)

La información obtenida se utilizó para la toma de decisiones con respecto a las actividades de mantenimiento y optimización de operación. Así mismo esta información se entregó a los municipios y sus autoridades quienes podrán gestionar a través de los resultados obtenidos, apoyos de programas como PROTAR para solventar gastos por operación y mantenimiento.



Erongaricuaró



Santa Fe de la Laguna



San Jerónimo Purenchécuaro D1



San Jerónimo Purenchécuaro D2

Figura 31. Muestréos y análisis de calidad del agua de los humedales artificiales.

Como resultado de las actividades de mantenimiento para eficientar y conservar la operación de los humedales, se puede observar en la figura 32, 33 y 34 que la concentración de los últimos meses del 2017 en los efluentes de los sistemas de Erongarícuaro, San Jerónimo Purenchécuaro D1 y D2 en cuanto a de nutrientes, DBO5 y coliformes fecales cumplen con la norma oficial mexicana para descarga de agua residual tratada a un embalse natural o artificial y su uso en riego agrícola.

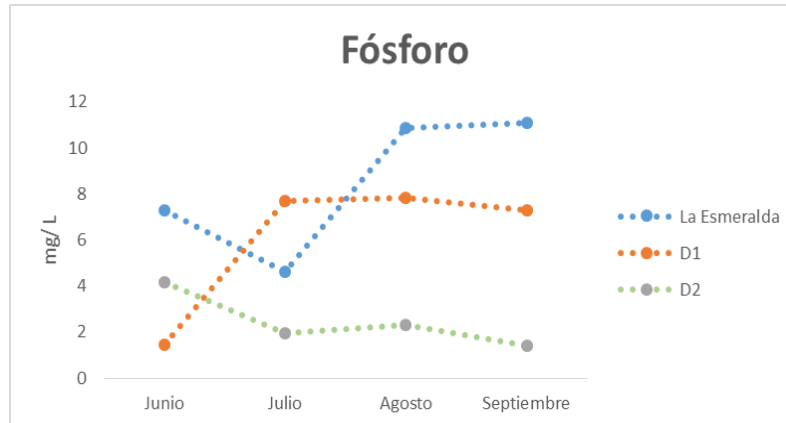


Figura 32. Concentración de fósforo en los efluentes de los humedales.

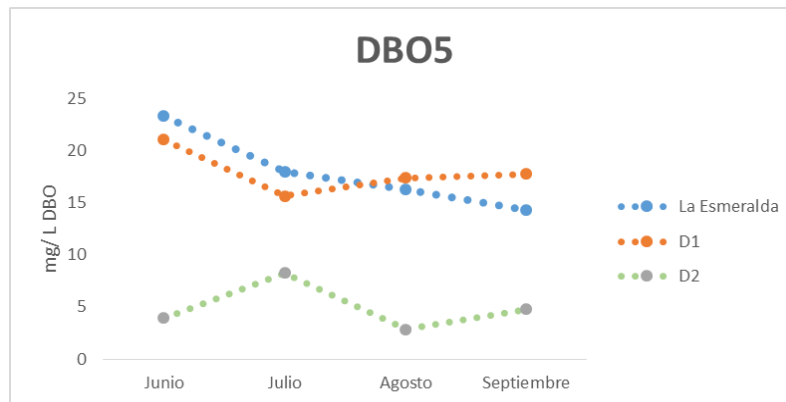


Figura 33. Concentración de DBO5 en los efluentes de los humedales.

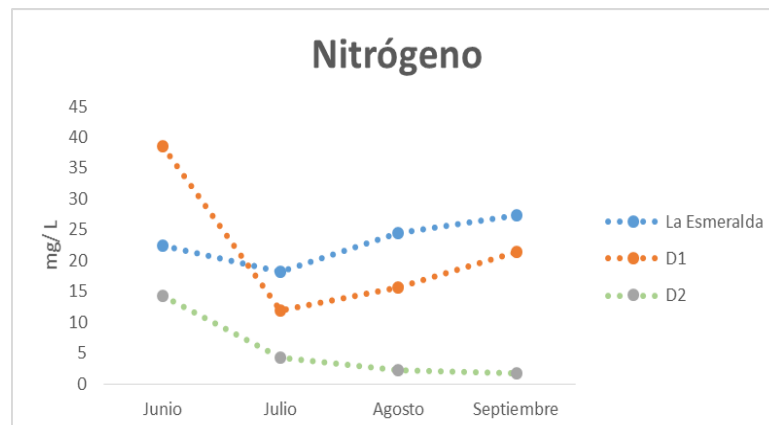


Figura 34. Concentración de nitrógeno en los efluentes de los humedales.

Apoyo al municipio en acciones de operación y mantenimiento

En 2015 y 2016, el IMTA realizó durante trabajos de mantenimiento en los humedales de Cucuchuco, Erongarícuaro y San Jerónimo D1 y D2, lo que funcionó como parteaguas para que años posteriores fuera el municipio quien estuviera a cargo de estas actividades.

A continuación se presentan algunas de las acciones que se realizaron como parte del mantenimiento:

Erongarícuaro

- Sustitución de una válvula de 6" de diámetro para el control de excedencias ubicada en la zona de pretratamiento de la PTAR.
- Trabajos de mantenimiento de operación sobre el tren de excedencias
- Corte de vegetación, aplicación de pintura, conservación de las áreas verdes, etc. (Figura 35).



Figura 35. Limpieza y poda de vegetación.

- Limpieza del vertedor en el clarificador de agua de la fosa séptica (Figura 36).



Figura 36. Limpieza del vertedor y canales sedimentadores.

- Sustitución de las tapas o rejillas de las cajas de distribución de los humedales (Figura 37). Las antiguas cajas se encontraban completamente deterioradas a causa de la

corrosión, por lo que se sustituyeron por nuevas tapas hechas con material de acero inoxidable a fin de prolongar aún más su vida útil.



Figura 37. Sustitución de tapas.

- Instalación de arriates como protección de los árboles (Figura 38).
- Se destaparon las tuberías para el desagüe de los lodos provenientes del pretratamiento y que son conducidos hacia el lecho de secado de lodos, con lo que se facilita la remoción de lodos acumulados en los canales desarenadores y se optimizan los tiempos de mantenimiento.



Figura 38. Bordes para protección de árboles.

San Jerónimo Purenchécuaro D2

- Facilitación de los materiales y/o la herramienta equipo necesario para la correcta ejecución de las acciones de conservación en el área de caseta y laboratorio.
- Conservación mediante poda de vegetación sobre el terreno natural del humedal.
- Corte de vegetación de especies invasoras en el humedal.
- Construcción de Cajas de Control y protección de válvula de lodos.
- Instalación de protección a tuberías de expulsión de lodos.



Figura 39. Mantenimiento del humedal D2.

San Jerónimo Purenchécuaro D1

- Limpieza de áreas verdes.
- Pintura pretratamiento interna y externa, pintura de lechos de secado de lodos.
- Poda y limpieza de humedales y de pasillos.
- Limpieza de lecho de secado de lodos.



Figura 38. Mantenimiento en el pretratamiento del humedal D1.

- Reparación de geomembrana dañada (Figura 40).



Figura 40. Reparación de geomembrana.

Cucuchucho

- Poda de vegetación de las celdas de los humedales y áreas verdes.
- Limpieza del pretratamiento (rejillas, canales sedimentadores).



Figura 41. Limpieza de las áreas verdes y corte de vegetación en las celdas de tratamiento.

- Limpieza de las lagunas de pulimiento, ya que presentaban colmatación (Figura 42).



Figura 42. Limpieza de las lagunas de pulimiento.

- Desazolve, extracción, retiro y confinamiento de desechos sépticos del tanque de sedimentación (Figura 43). Esta actividad se realizó para aumentar la eficiencia en lo que iniciaba la rehabilitación por parte de la CEAC.

Las actividades específicas que se realizaron fueron:

- A. Extracción o succión de los contenidos totales de las fosas sépticas con equipo mixto a alta presión y alto vacío.
- B. Reparación de grietas y/o fisuras en los tanques.
- C. Limpieza interna de tanque, lavado a presión, desincrustación y destape de tuberías.
- D. Traslado de los desechos a los sitios de disposición final.
- E. Disposición final de los desechos sépticos.



Figura 43. Limpieza del tanque sedimentador.

Por otro lado, cabe mencionar que antes que iniciara la rehabilitación del humedal de Santa Fe de la Laguna, también el IMTA realizó trabajo de mantenimiento:

- Poda de vegetación de las celdas de tratamiento de los humedales y de las lagunas (Figura 44).
- Limpieza de andadores y áreas verdes.



Figura 44. Limpieza del tanque sedimentador.

- Desazolve, extracción, retiro y confinamiento de desechos sépticos del tanque de sedimentación (Figura 45). Esta actividad se realizó para aumentar la eficiencia en lo que iniciaba la rehabilitación por parte de la CEAC.

En el año 2017 y, con miras a la transferencia de los sistemas a los organismos operadores de los municipios, quienes son los responsables de la operación y mantenimiento, únicamente se les apoyo con materiales para la ejecución de las actividades de mantenimiento y ellos pusieron la mano de obra (Anexo IV).



Figura 45. Limpieza del tanque sedimentador.

Finalmente y con el fin de operar los sistemas, desde un punto de vista de prevención sanitaria para los operadores, se acordó con los municipios la posibilidad de que se instalaran sistemas de captación de agua de lluvia en cada humedal (SCALL). Durante el 2017 se determinó la capacidad de los sistemas a instalar así como la elaboración de planos (Figura 46, Anexo VIII) y cuantificación de los materiales.

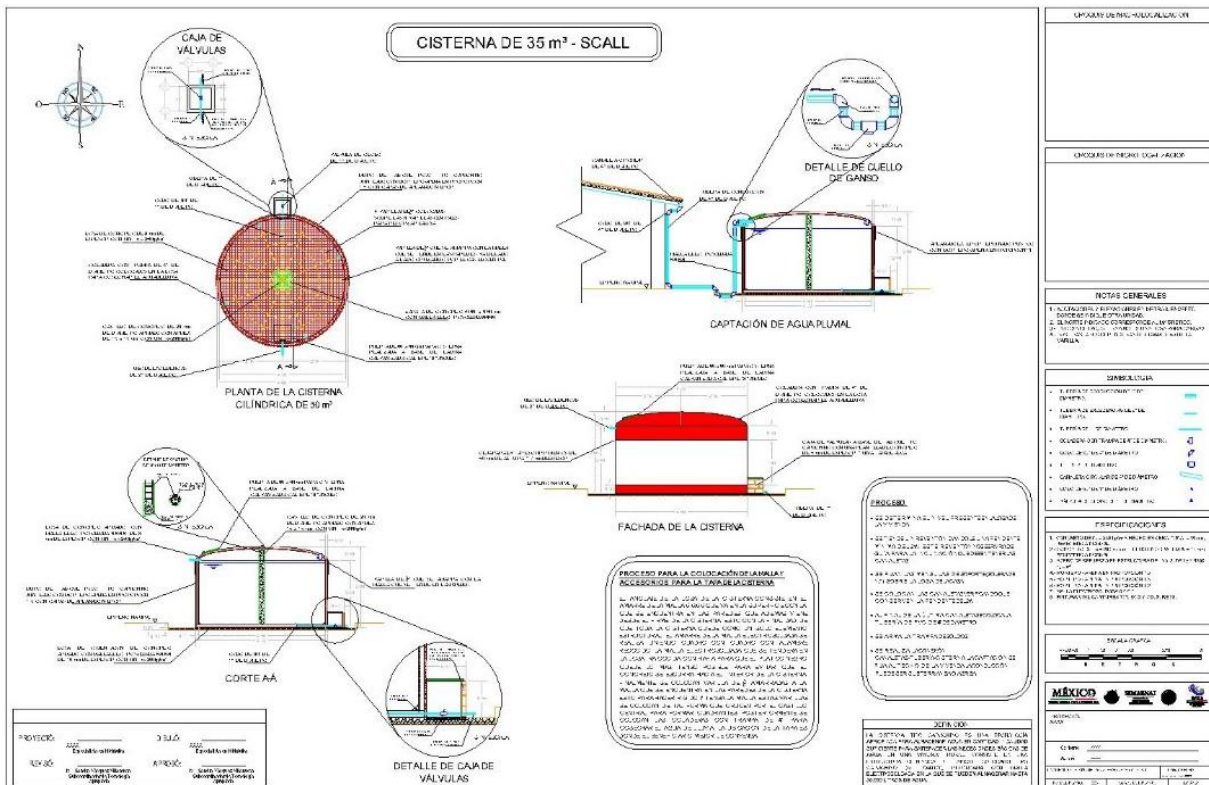


Figura 46. Plano del SCALL.

Por otra parte, con el objetivo de consolidar la operación y mantenimiento de los sistemas y realizar acciones para corregir los cambios que provocan o pueden provocar alteraciones al funcionamiento de los sistemas, se realizó la entrega a los responsables de la operación de los humedales (organismos operadores) de 1 desbrozadora y 1 podadora, con el compromiso como se estableció en el acta entrega-recepción que fueran para uso exclusivo de las tareas de mantenimiento de las áreas donde se localizan los sistemas. En la Tabla 2 y 3 se presentan los equipos entregados y en el anexo VIII.I se presentan las actas entrega recepción.

Tabla 2. Equipo entregado a los organismos operadores para el mantenimiento de los humedales.

Equipo suministrado	Quiroga* OOAPAS	Erongarícuaro CAPAME	Tzintzuntzan OOAPAS
Desbrozadora	3	1	1
Podadora	3	1	1

- En Quiroga se entregaron 3 equipos de cada uno, ya que hay tres humedales en el municipio.

Tabla 3. Memoria fotografía de entrega de equipos

Municipio	Memoria fotográfica		
Erongarícuaro			
Tzintzuntzan			
Quiroga			

Por otro lado, en cuanto al humedal de San Francisco que fue rehabilitado, se hizo entrega de la herramienta menor necesaria para realizar las tareas de operación y mantenimiento, y

coadyuvar para consolidar el funcionamiento del sistema. En el Anexo VIII.II, se presenta la minuta de entrega de herramienta.

III. TRANSFERENCIA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Anteriormente el IMTA ya ha proporcionado capacitación a las Autoridades y a la Población sobre el funcionamiento y manejo del humedal de esta comunidad, sin embargo, con el paso del tiempo y la no continuidad de los operadores en los humedales, la información y la capacitación se ha ido perdiendo, lo que lleva a malas prácticas en cuanto a la operación y al mantenimiento.

Partiendo de lo anterior, fue que se elaboraron los Manuales, como un material de apoyo y guía para Autoridades, Población y sobre todo los Operarios, atendiendo a la necesidad/requerimiento existente de su capacitación o con la finalidad de capacitar a nuevo personal y de recordar, reforzar y/o corregir los conocimientos de los que están ya trabajando para que lo hagan de manera efectiva y eficiente.

Estos manuales están divididos en seis capítulos, en los cuales se describe el funcionamiento de cada una de las partes que integran al tren de tratamiento, así como también las tareas principales que debe llevar a cabo el operador, los principales problemas que puede encontrar y como atenderlos y la frecuencia con que deben realizarse las tareas de mantenimiento (Anexo IX).

Es importante señalar que a pesar de que los tres humedales presentan un tren de tratamiento idéntico, su funcionamiento y operación varían, así como el manual.

Por otra parte, se impartió el taller de “Operación y mantenimiento de humedales artificiales”, en el que asistieron los operadores de los humedales, personal de los OOAPAS y de obras públicas, así como integrantes de la comisión de cuenca y alumnos de la UMSNH (Figura 47, Anexo X); así como el de operación y mantenimiento del humedal de San Francisco Uricho.



Figura 47. Taller de operación y mantenimiento.

Se realizaron recorridos mensuales de manera conjunta con los directores de los OOAPAS a los humedales, para verificar su funcionamiento y orientar técnicamente a los operadores sobre alguna situación que se esté presentando; esto con la finalidad de transmitir los conocimientos y ante una eventualidad que se les presente en la operación ellos puedan responder técnicamente solo la solución.















Finalmente comentar que, a la fecha y con la gestión realizada durante las reuniones de trabajo, todos los humedales cuentan con un operador de planta el cual está a cargo del municipio.

RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL MARCO DEL PROYECTO

Con base en lo mencionado en los puntos anteriores, en la Tabla 4 se muestra el resumen del estado físico, en el que se encontraron los humedales al iniciar el proyecto y al finalizar las acciones de mantenimiento y, en la Tabla 5 se presentan las acciones realizadas en cada humedal (Anexo IV) y los acuerdos tomados para dar seguimiento.

Tabla 4. Estado físico de los humedales instalados en la cuenca.

Humedal	Al inicio del proyecto	Al finalizar actividades de mantenimiento durante el proyecto
<p>Erongarícuaro (La Esmeralda)</p>		
<p>San Francisco Uricho</p>		

Humedal	Al inicio del proyecto	Al finalizar actividades de mantenimiento durante el proyecto
Cucuchucho	 	   
Santa Fe de la Laguna	   	   


Humedal	Al inicio del proyecto	Al finalizar actividades de mantenimiento durante el proyecto
<p>San Jerónimo Purenchécuaro D1</p>		
<p>San Jerónimo Purenchécuaro D2</p>		

Tabla 5. Acciones realizadas en los humedales instalados en la cuenca.

Humedal	Actividades realizadas (Anexo IV)			Seguimiento	
	Resultado	IMTA	Municipio	Actividad	Acuerdos
Erongarícuaro (La Esmeralda)	Rehabilitación de humedales deteriorados	Elaboración del proyecto ejecutivo para la rehabilitación del sistema (2014) y actualización de costos en 2016.	-----	Rehabilitación del humedal	La CEAC con contraparte con el municipio, llevaran a cabo los trabajos.
		Sustitución de las tapas de los registros de válvulas.	-----	-----	-----
	Operación y mantenimiento	Ejecución del programa anual de muestreo de calidad del agua del influente-efluente del humedal (8 muestreos mensuales al año, en 4 puntos del sistema).	Asignación de un operador de tiempo completo.	Corte de vegetación de las celdas del humedal y conservación de áreas verdes.	El municipio mandará brigadas periódicamente para realizar esta actividad.
		Desazolve, extracción, retiro y confinamiento de desechos sépticos del tanque de sedimentación (2016).	Mantenimiento (mano de obra) de las celdas del humedal y áreas verdes Únicamente al iniciar el 2017.	-----	-----
		Mano de obra y materiales para el mantenimiento del humedal de Erongarícuaro (La Esmeralda) (poda de vegetación, deshierbe y limpieza de andadores, limpieza de tuberías, limpieza de válvulas, limpieza de estructuras metálicas, etc.).2016	-----	-----	-----
		Suministro de materiales para el mantenimiento y conservación del humedal y de las áreas verdes). 2017	-----	-----	-----
		Transferencia de la operación y mantenimiento	Curso de capacitación de operación y mantenimiento de humedales organizado por la CCLP. 2017	Recorridos de supervisión con personal del IMTA para identificar y acordar las acciones de mantenimiento a realizarse.	-----
	Actualización del manual de operación y mantenimiento.		-----	-----	-----
	Recorridos mensuales a las instalaciones		-----	-----	-----

Humedal	Actividades realizadas (Anexo IV)			Seguimiento	
	Resultado	IMTA	Municipio	Actividad	Acuerdos
		para verificar su funcionamiento y orientar técnicamente al operador sobre alguna situación que se esté presentando.	-----	-----	-----
San Francisco Uricho	Rehabilitación de humedales deteriorados	Actualización del proyecto ejecutivo para la rehabilitación del sistema.	-----	-----	-----
		Rehabilitación del humedal	-----	Rehabilitación del colector	El municipio gestionará ante la CEAC la rehabilitación del colector
Cucuchucho	Rehabilitación de humedales deteriorados	Actualización del proyecto ejecutivo para la rehabilitación del humedal (el IMTA elaboró el proyecto ejecutivo en 2014 y actualización de costos en 2016.	La CEAC con contraparte con el municipio llevo a cabo las actividades de rehabilitación. 2017.	Conclusión de la rehabilitación del humedal	La CEAC concluirá la rehabilitación.
		Supervisión de los trabajos de rehabilitación del humedal por parte de la CEAC.	-----	-----	-----
	Operación y mantenimiento	Ejecución del programa anual de muestreo de calidad del agua del influente-efluente del humedal (8 muestreos mensuales en 3 puntos del sistema.)	Asignación de un operador de planta en el humedal.	-----	-----
		Desazolve, extracción, retiro y confinamiento de desechos sépticos del tanque de sedimentación. 2016	Mantenimiento del humedal (mano de obra) entre la localidad y personal del OOAPAS. 2017	-----	-----
		Mano de obra y materiales para el mantenimiento del humedal (poda de vegetación, deshierbe y limpieza de andadores, limpieza de tuberías, limpieza de válvulas, limpieza de estructuras metálicas, etc.). 2016.	-----	-----	-----
		Suministro de materiales para el mantenimiento del humedal y áreas verdes. 2017.	-----	-----	-----
		Transferencia de la operación	Recorridos mensuales a los humedales para verificar su funcionamiento y	Recorridos de supervisión con personal del IMTA	-----

Humedal	Actividades realizadas (Anexo IV)			Seguimiento		
	Resultado	IMTA	Municipio	Actividad	Acuerdos	
	y mantenimiento	orientar técnicamente a los operadores sobre alguna situación que se esté presentando.	para identificar y acordar las acciones de mantenimiento a realizarse.			
		Curso de capacitación de operación y mantenimiento de humedales organizado por la CCLP, asistió el operador y personal del municipio. 2017.	-----	-----	-----	
		Actualización del manual de operación y mantenimiento.	-----	-----	-----	
Santa Fe de la Laguna	Rehabilitación de humedales deteriorados	Actualización del proyecto ejecutivo para la rehabilitación del humedal (el IMTA elaboró el proyecto ejecutivo en 2014 y actualización de costos en 2016.	La CEAC con contraparte con el municipio llevo a cabo las actividades de rehabilitación.	-----	-----	
		Supervisión de los trabajos de rehabilitación del humedal por parte de la CEAC. Finales 2016-2017	Mano de obra para la rehabilitación del sedimentador e instalación de andadores.	-----	-----	
		Suministro de materiales para la rehabilitación del tanque de sedimentación e instalación de andadores (acciones complementarias a la rehabilitación).	-----	-----	-----	
	Operación y mantenimiento	Ejecución del programa anual de muestreo de calidad del agua del influente-efluente del humedal (8 muestreos mensuales en 3 puntos del sistema.)	Asignación de un operador de tiempo completo.	-----	-----	
		Mano de obra y materiales para el mantenimiento del humedal (poda de vegetación, deshierbe y limpieza de andadores, limpieza de tuberías, limpieza de válvulas, limpieza de estructuras metálicas, etc.). 2017	-----	-----	-----	
		Transferencia de la operación y	Recorridos mensuales a los humedales para verificar su funcionamiento y orientar técnicamente a los operadores	Recorridos de supervisión con personal del IMTA para identificar y acordar	-----	-----

Humedal	Actividades realizadas (Anexo IV)			Seguimiento	
	Resultado	IMTA	Municipio	Actividad	Acuerdos
	mantenimiento	sobre alguna situación que se esté presentando	las acciones de mantenimiento a realizarse.		
		Actualización del manual de operación y mantenimiento.	-----	-----	-----
		Curso de capacitación de operación y mantenimiento de humedales organizado por la CCLP, asistió el operador y personal del municipio. 2017.	-----	-----	-----
San Jerónimo Purenchécuaro D1 y D2	Rehabilitación de humedales deteriorados	Sustitución de material pétreo de la celda de tratamiento, acondicionamiento de lechos de secado y registros de distribución de del humedal D1.	-----	Corte de vegetación de las celdas del humedal y conservación de áreas verdes.	El municipio mandará brigadas periódicamente para realizar esta actividad.
		Sustitución de rejillas y tubería de distribución dañada en el humedal D1.	-----	-----	-----
		Poda, limpieza y la extracción de especies invasoras dentro de las áreas de tratamiento y, limpieza del pretratamiento y andadores en el humedal D2.	-----	-----	-----
		Reubicación de la tubería de descarga del efluente que se encuentra al final del humedal de tratamiento D2, la cual hacia su descarga el terreno continuo ocasionando molestias a los dueños de dicho predio.	-----	-----	-----
	Operación y mantenimiento	Ejecución del programa anual de muestreo de calidad del agua del influente-efluente de cada uno de los humedales (8 muestreos mensuales al año, en 4 puntos del sistema).	Asignación de un operador de tiempo completo en cada humedal.	-----	-----
		Desazolve, extracción, retiro y confinamiento de desechos sépticos de los tanques de sedimentación (2016).	Mantenimiento (mano de obra) de los humedales y áreas verdes.	-----	-----
		Mano de obra y materiales para el mantenimiento de los humedales (poda de vegetación, deshierbe y limpieza de	Suministro de equipo (desbrozadoras)	-----	-----

Humedal	Actividades realizadas (Anexo IV)			Seguimiento	
	Resultado	IMTA	Municipio	Actividad	Acuerdos
		andadores, limpieza de tuberías, limpieza de válvulas, limpieza de estructuras metálicas, etc.). 2016.			
		Suministro de materiales para el mantenimiento del humedal y áreas verdes. 2017.	-----	-----	-----
	Transferencia de la operación y mantenimiento	Recorridos mensuales a los humedales para verificar su funcionamiento y orientar técnicamente a los operadores sobre alguna situación que se esté presentando.	Recorridos de supervisión con personal del IMTA para identificar y acordar las acciones de mantenimiento a realizarse en los humedales.	-----	-----
		Actualización de los manuales de operación y mantenimiento.	-----	-----	-----
		Curso de capacitación de operación y mantenimiento de humedales organizado por la CCLP, asistió personal del municipio. 2017	-----	-----	-----

ANEXOS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

Anexo I	Diagnósticos iniciales de los humedales
Anexo II	Proyectos ejecutivos
Anexo III	Entrega de proyectos ejecutivos
Anexo IV	Acciones realizadas en los humedales
Anexo V	Evaluación de la rehabilitación del humedal de Cucuchucho
Anexo VI	Plano del arreglo del sistema del humedal de San Francisco Uricho
Anexo VI.I	Memoria fotográfica de la rehabilitación del humedal de San Francisco Uricho.
Anexo VI.II	Carta de entrega-recepción de la rehabilitación del humedal de San Francisco Uricho.
Anexo VII	Resultados de calidad del agua de los humedales
Anexo VIII	Plano del SCALL
Anexo VIII.I	Cartas entrega-recepción de equipos
Anexo VIII.II	Minuta de entrega de herramienta menor para el humedal de Uricho.
Anexo IX	Manuales
Anexo X	Taller de humedales