

## **Abastecimiento y Reuso de Agua por Captación de Lluvia en Viviendas Rurales, en la Cuenca de Pátzcuaro, México**

María Elena Rivero Bustos - Instituto Mexicano de Tecnología del Agua  
J. Natividad Barrios Domínguez, Gilberto Rodríguez Solorio, Alfredo Álvarez Medina -  
Universidad Autónoma de Zacatecas

### **Resumen**

La principal fuente de abastecimiento de agua en la cuenca del lago de Pátzcuaro en México, la constituye el agua subterránea. En la cuenca existen 453 aprovechamientos de agua subterránea distribuidos en: 108 pozos, 290 norias y 55 manantiales. El uso del recurso hídrico subterráneo está constituido por; público 78.2%, doméstico 10.9%, doméstico/agropecuario 5.7%, agrícola 5.1% y venta de agua 0.1%. Lo anterior podría indicar que todos los habitantes de la cuenca cuentan con el servicio, sin embargo por lo que respecta al abastecimiento de agua a las comunidades rurales el porcentaje es aún menor. La mayoría de ellas se abastecen por manantiales cercanos o pozos a través de una conexión de mangueras hacia y entre las viviendas. Por otro lado el saneamiento es un aspecto por demás complicado debido a que no todas las localidades de la cuenca están conectadas a un sistema de tratamiento, y mucho menos a un reuso de agua tratada. El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), con el apoyo de la Fundación Gonzalo Río Arronte y colaboración de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), desde el año 2004 ha apoyando con múltiples acciones para la recuperación ambiental de la cuenca del lago de Pátzcuaro, a través de entre otros, con el proyecto “*Transferencia de tecnologías apropiadas en la cuenca del lago de Pátzcuaro*”, con el cual se instala un paquete de ocho tecnologías (cisterna, captación de agua de lluvia, lavadero y sanitario ecológico, huerto familiar, tanque de descarga de fondo para sistema de riego, bicibomba y caja de desinfección de agua), a nivel de vivienda en comunidades rurales a fin de asegurar el abastecimiento por captación de lluvia, uso, tratamiento, reuso y desinfección del agua. El proyecto para la etapa 2008-2011 se encuentra en su recta final en cinco comunidades ribereñas, se han instalado 2,561 tecnologías apropiadas en 325 viviendas, lo que se traduce hasta la fecha en una capacidad de almacenamiento de agua de lluvia de aprox. 2’970 mil litros en cisternas tipo capuchino, el tratamiento de aprox. 55, 800 litros de aguas grises a través de lavaderos ecológicos, el tratamiento de aprox. 50,600 litros de aguas negras con los sanitarios ecológicos y la desinfección de aprox. 2 mil litros diarios de agua con las cajas de desinfección solar, beneficiando a un total de más de 10 mil personas/tecnología. El compromiso restante es grande, pero más grande es la oportunidad de coadyuvar en reducir la desigualdad de las áreas rurales con respecto de las urbanas, en contar en sus viviendas con el vital recurso, que es el agua.

**Palabras clave:** Captación de agua de lluvia, Abastecimiento alternativo de agua, Tecnologías Apropriadas

### **Antecedentes**

#### **Ubicación geográfica**

La cuenca del lago de Pátzcuaro se localiza en el estado de Michoacán, estado ubicado en la parte centro occidente de la República Mexicana, sobre la costa meridional del Océano Pacífico. Es una cuenca cerrada con una superficie de 929 km<sup>2</sup>, se desarrolla desde los 2,035

hasta los 3,300 msnm, con una elevación promedio de 2,369 msnm. La precipitación media es de 775 mm, mientras que la evaporación es de 1,393 mm. Cuenta con un lago interior de 126.4 km<sup>2</sup>, el cual tiene una profundidad promedio de 4.9 m y almacena 619.4 Mm<sup>3</sup>. Su población es de aproximadamente 120,000 habitantes y su economía depende fundamentalmente del turismo, la explotación forestal, la pesca y las artesanías, y recientemente de las remesas que le llegan de sus migrantes que trabajan en los Estados Unidos. Por su particular belleza y sus antecedentes históricos, los cuales se remontan a épocas prehispánicas, es considerada como una de las regiones más emblemáticas de México.

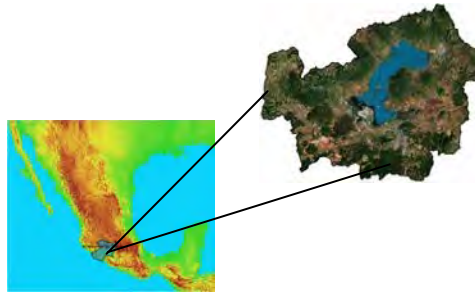


Foto 1. Ubicación de La cuenca en México

### **Indicadores de deterioro ambiental**

En los últimos cincuenta años la cuenca, por efecto de la sobreexplotación de sus recursos naturales y la contaminación, ha sufrido un grave deterioro ambiental. Los siguientes datos reflejan las condiciones ambientales de la cuenca hacia 2003, y permiten tener una idea de la dimensión de la problemática que había por resolver:

- Falta de infraestructura de saneamiento. Debido a que la cobertura de alcantarillado es parcial, a un uso ineficiente de fosas sépticas y letrinas, así como el fecalismo al aire libre, que en época de lluvias produce escurrimientos con alto contenido de materia orgánica, se tiene una importante contaminación difusa y un preocupante estado de insalubridad en las partes baja y media de la cuenca.
- Contaminación de suelo y agua. Debido a que el 33% de la basura no se colecta, a que el 70% de las aguas residuales de las zonas urbanas y rurales no se tratan (120 mil habitantes en la cuenca), y a las descargas de drenes agrícolas (400 a 800 l/s del dren de Tzurumútaró, DR.091 Pátzcuaro), el lago y algunos manantiales, al igual que grandes superficies de suelo, presentan altos niveles de contaminación.
- Carga orgánica al lago. Las descargas de aguas residuales sin tratar o con un tratamiento deficiente proveniente de 15 sitios, incluyendo Pátzcuaro y Quiroga (aproximadamente 200 l/s), y la contaminación difusa en toda la ribera del lago, aportan una gran cantidad de contaminación por cargas orgánicas y nutrientes al lago (mayor deterioro en la porción sur).

- Baja cultura ambiental. La falta de una visión compartida respecto a los problemas de la cuenca, la poca continuidad de posprogramas y compromisos, la existencia de una red social de participación y comunicación fragmentadas entre las comunidades y la carencia de un acuerdo institucional, son factores que no permiten adoptar un plan de largo plazo que incluya metas y recursos humanos, financieros y materiales compartidos.
- Baja conciencia. Por lo general, la población no está bien informada sobre la problemática ambiental y, por consecuencia, no es conciente del deterioro y de la sobreexplotación que sufre la cuenca. La concentración de población y sus prácticas de consumo alteran el equilibrio ecológico.

### Características técnicas de la zona

La principal fuente de abastecimiento de agua en la cuenca del lago de Pátzcuaro la constituye como se mencionó el agua subterránea. En la cuenca existen, de acuerdo con los últimos censos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) alrededor de 374 fuentes de abastecimiento subterráneas, de las cuales 173 son norias, 32 pozos 42 manantiales y 127 indiferenciadas en el acuífero Pátzcuaro-Lagunillas.

El uso del recurso hídrico subterráneo está constituido de la siguiente manera; público 78.2%, doméstico 10.9%, doméstico/agropecuaria 5.7%, agrícola 5.1% y venta de agua 0.1%. Lo anterior podría indicar que la mayoría de los habitantes de la cuenca cuentan con el recurso hídrico, sin embargo por lo que respecta al abastecimiento de agua a las comunidades rurales el porcentaje es aún menor. La mayoría de ellas se abastecen por manantiales cercanos o pozos a través de una conexión de mangueras hacia y entre las viviendas.



Fotos 2 y 3. Comunidades rurales de la cuenca

Por otro lado el saneamiento es un aspecto por demás complicado debido a que no todas las localidades de la cuenca están conectadas a un sistema de tratamiento, y mucho menos preparadas para hacer un reuso de agua tratada, independiente el origen de ésta.

### **Acuerdo de colaboración y cooperación interinstitucional**

Entre otros aspectos y bajo este marco de referencia, resulta claro que hacia el 2003, la cuenca se encontraba en una situación ambientalmente crítica, por lo que debía ser atendida de inmediato. Por lo que se implementó el Programa para la recuperación ambiental de la cuenca del lago de Pátzcuaro hacia principios del 2003, en donde el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), con apoyo de la Fundación Gonzalo Río Arronte, I. A. P.; con el fin de contribuir en la solución de la problemática ambiental, se abocó a que convergieran esfuerzos, recursos y voluntades del Gobierno Federal, Gobierno Estatal, Gobiernos Municipales, Universidad Autónoma de Zacatecas, Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo, y diversas organizaciones no gubernamentales, así como de manera muy especial de la sociedad civil en su conjunto. El Convenio Interinstitucional se ha ratificado en cuatro ocasiones, la última del 2008 al 2011.

## **Objetivo general**

Hacia el interior del *Programa para la recuperación ambiental de la cuenca del lago de Pátzcuaro* se ejecutan una serie de proyectos con el objetivo de coadyuvar en la recuperación ambiental, estos esfuerzos se definen hoy día en siete grandes líneas de trabajo que son: deterioro de calidad del agua del lago; pobreza extrema y deterioro de la salud y bienestar públicos; conflictos sociales y cultura ambiental; deforestación; erosión y contaminación del suelo; escasez de recursos económicos y disminución cantidad de agua y del volumen de agua subterránea.

## **Objetivo específico**

A su vez dentro de la línea *Pobreza extrema y deterioro de la salud y bienestar públicos*, se implementó el proyecto: Transferencia de tecnologías apropiadas en comunidades rurales de la cuenca del lago de Pátzcuaro. En particular en ésta última etapa el proyecto (2008-2011), tiene como objetivo el favorecer la calidad de vida de sus habitantes a través de la instalación de un paquete tecnológico el cual incluye ocho tecnologías, que les permite a las familias, contar en sus viviendas con sistemas para almacenar agua de lluvia, tratar y reusar aguas grises y negras, así como desinfectar agua por medio solar. Este proyecto busca llegar a los habitantes de las comunidades rurales de mayor marginación y baja atención social de la cuenca; para ello deben cubrirse una serie de requisitos, tanto físicos, técnicos y sociales, a fin de asegurar que el beneficio del programa se aplique a quienes los necesitan, coadyuvando para hacer más corta la brecha de desigualdad en el acceso al recurso agua y los servicios asociados como el saneamiento.

## **Desarrollo del proyecto**

### **Paquete tecnológico**

El ciclo hidrológico no solo existe en el medio ambiente en que vivimos, también se presenta dentro y fuera de la vivienda habitada en una comunidad. Es por ello que el Modelo de

paquete tecnológico que ofrece el IMTA, busca atender y ofrecer de manera integrada, soluciones ante problemas como: abastecimiento, saneamiento y alimentación, con tecnologías apropiadas en: captación, almacenamiento, uso, reuso y desinfección del agua.

Si tomamos en cuenta que la precipitación media en la cuenca que es de 775 mm, esto favorece y eleva la opción de que la estrategia de la instalación de tecnologías apropiadas a través de un paquete conformado por ocho tecnologías y una novena opcional, en varios sistemas dentro de la vivienda sea factible. Tecnologías apropiadas a través de sistemas como:

a) SCALL: Sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia, a través de las tecnologías apropiadas como Captación de agua de lluvia y Cisterna tipo capuchino. En algunas viviendas se hace la instalación de otra tecnología optativa como Recubrimiento o Lámina de fibrocemento; a fin de tener una superficie en el techo con el material adecuado para la colecta del agua, que pueda ser para consumo humano.

b) SAAC: Sistema de aprovechamiento de agua para cultivo, a través de las tecnologías apropiadas Huerto familiar, tanque de descarga de fondo para riego pequeño y bicibomba de bajo volumen. El agua gris tratada o el almacenamiento de agua de lluvia serían los medios que facilitarían el riego y conservación del huerto, a fin de mejorar la alimentación y elevar el nivel de salud de la familia.

c) STARD. Sistema de tratamiento de agua para reuso y desinfección, a través de las tecnologías apropiadas: Lavadero ecológico, Sanitario ecológico y Caja de desinfección solar. Este tratamiento permite optimizar el reuso del agua dentro y fuera de la vivienda, así como garantizar el consumo de agua de lluvia con una desinfección microbiológica.



Fotos 4 y 5. Viviendas con tecnologías apropiadas

### Selección de comunidades y beneficiarios

En el desarrollo de la transferencia se tiene ya identificado hasta aquí un paquete tecnológico a ofertar, la siguiente pregunta es: en donde ofertarlo y a quien. Para ello la operación del proyecto esta basado en un Plan Estratégico que involucra la participación de la población, los tres niveles de gobierno y una serie de instituciones y organizaciones académicas, tecnológicas y no gubernamentales, según sea el caso.

- I. *Selección de comunidad.* A través de acuerdos entre las autoridades municipales y el IMTA se podrá definir, evaluar y validar la comunidad, debiendo cubrir entre otros requisitos:
- pertenecer geográficamente a la cuenca.
  - presentar bajo o nulo abastecimiento de agua potable
  - presentar bajo o nulo servicio de saneamiento
  - estar clasificada como comunidad rural por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
  - identificar una comunidad rural con una cantidad de viviendas habitadas igual al número de paquetes a transferir
  - identificar que al menos el 80% de los jefes de familia de las viviendas habitadas, instalen el paquete tecnológico.
- II. *Selección de beneficiarios.* Dentro de la comunidad seleccionada los responsables técnicos en campo del IMTA y de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), realizan entrevistas, visitas domiciliarias y elaboran un reporte global de la comunidad, donde se toman en cuenta aspectos como:
- contar con una vivienda habitada dentro de la comunidad seleccionada
  - tener dentro del terreno de la vivienda habitada una superficie mínima de 30 m<sup>2</sup> aprox. disponible.
  - atender una visita técnica domiciliaria por parte de personal del IMTA y UAZ, a fin de ser encuestados para recabar información general de los integrantes de la vivienda y de la vivienda misma; así como una valoración técnica para identificar espacios físicos disponibles y posible ubicación de las ocho tecnologías apropiadas.
  - Ser informados al término de la visita, de su aceptación o rechazo dentro del programa.

### Transferencia tecnológica

- III. *Transferencia tecnológica.* Es importante llevar a cabo en cada comunidad: talleres de introducción, reuniones comunitarias de avance, talleres demostrativos para la instalación tecnológica, asesorías técnicas optativas y talleres de conservación y buen uso de las tecnologías apropiadas, para el cierre de la comunidad.



Fotos 6, 7 y 8. Instalación de tecnologías apropiadas

A través de las actividades antes señaladas es que en esta etapa, 2008-2011 se ha logrado la siguiente capacidad de instalación por: almacenamiento, tratamiento y desinfección del recurso agua en las viviendas, de las comunidades rurales. Ver. Tabla 1.

Tabla 1. Cantidad de viviendas beneficiadas

Comunidad / Municipio Michoacán, Méx.	Total de viviendas atendidas	Total de tecnologías apropiadas instaladas*
1. Caringaro, Quiroga	34	<b>242</b>
2. Los Corrales, Tzintzuntzan	52	<b>375</b>
3. Yotatiro, Erongarícuaro	79	<b>618</b>
4. La Zarzamora, Erongarícuaro	70	<b>554</b>
5. Santa María Huirmanagaro, Pátzcuaro	100	<b>772</b>
<b>Total</b>	<b>335</b>	<b>2,561</b>

\* Al 31 de mayo de 2011

Como se puede apreciar, se ha realizado el trabajo en cinco comunidades rurales ubicadas en cuatro municipios del Estado de Michoacán, en México. El total de las viviendas sigue siendo muy bajo para el total de éstas. Las actividades de instalación se estima sean concluidas en el mes de julio del 2011.

Por otro lado puede, a través de la Tabla 2, apreciarse el detalle de la capacidad de instalación del paquete tecnológico, nuevamente en las cinco comunidades ribereñas de la cuenca del lago de Pátzcuaro.

Tabla 2. Detalle de instalación por comunidad

Tecnología Apropriada	Caringaro	Corrales	Yotatiro	Zarzamora	Sta. Ma. H.	Total*
1. Cisterna	35	41	79	70	99	<b>324</b>
2. Captación agua de lluvia	34	38	76	70	65	<b>283</b>
3. Sanitario ecológico	11	39	77	66	100	<b>293</b>
4. Lavadero Ecológico	26	53	74	66	100	<b>319</b>
5. Huerto Familiar	34	51	78	70	100	<b>333</b>
6. Tanque TDF	34	51	78	70	100	<b>333</b>
7. Bicibomba	34	51	78	70	100	<b>333</b>
8. Caja Solar	34	51	78	70	100	<b>333</b>
9. Lámina de fibrocemento	00	00	00	02	008	<b>010</b>
<b>Total</b>	<b>242</b>	<b>375</b>	<b>618</b>	<b>554</b>	<b>772</b>	<b>2,561</b>

\* Al 31 de mayo de 2011

Finalmente se presenta la Tabla 3., a través de la cual se hace un estimado de la capacidad técnica lograda con la instalación de algunas de las tecnologías apropiadas, el resto del paquete no indica que no tenga capacidad de beneficio, sólo se hace alusión a éstas por ser las

que impactan más directamente en el medio ambiente y en la calidad de vida de los beneficiados.

Las tecnologías apropiadas como Huerto familiar, tanque TDF y Bicibomba serían útiles para cuantificar total de superficie cultivada contra total de verduras y hortalizas cosechadas; así como el impacto en calidad y variedad alimentaria.

Tabla 3. Capacidad alcanzada con Tecnologías Apropiadas

<b>Tecnología Apropiada</b>	<b>Capacidad por instalación*</b>
Cisterna tipo capuchino	<b>Almacenamiento de 3,564 m<sup>3</sup> en 324 cisternas de 11 m<sup>3</sup>.</b>
Sanitario ecológico	<b>Tratamiento de 58,600 litros de agua negra, de 293 sanitarios</b>
Lavadero ecológico	<b>Tratamiento de 63,800 litros de agua gris, de 319 lavaderos</b>
<b>Caja Solar</b>	<b>Desinfección solar de 1,998 litros diarios, de 333 cajas.</b>

\* Al 31 de mayo de 2011

En el tiempo que resta de trabajo del proyecto en cuanto a instalación tecnológica, se espera todavía poder transferir 200 tecnologías aproximadamente, entre Cisternas, Captación, Sanitario y Lavadero ecológico, así como Lámina de fibrocemento.

## Conclusiones

Los logros alcanzados hasta la fecha, se presentan desde diferentes áreas de impacto como son:

El Impacto tecnológico logrado en la cuenca se considera muy alto, debido a que:

- Las tecnologías apropiadas inciden en la economía del hogar, evitando algunos gastos generados por el uso del agua.
- Con el Aprovechamiento de agua para cultivo, que incluye el huerto familiar, tanque TDF y bicibomba, se reducirán los problemas asociados con la desnutrición infantil por la producción agrícola con fines de autoconsumo.
- Les permite tratar las aguas grises y negras, consumir agua desinfectada de buena calidad, contar con agua almacenada en cantidad suficiente.
- Los procesos de instalación permiten que los usuarios cuenten con las 8 tecnologías en tan sólo 3 semanas, estimulándose para la apropiación tecnológica.

El Impacto social logrado en los beneficiarios se considera muy significativo debido a que:

- Los integrantes de la familia ahora tienen un acceso más directo y cercano al agua con relación a la vivienda.



- En las familias se vive un cambio radical en la cultura del uso y manejo eficiente del agua en su vivienda ya que se les impulsa fuertemente hacia la captación, reuso, desinfección y tratamiento.
- El acceso y disponibilidad al recurso ha empezado a incidir en algunos cambios en los hábitos de consumo como uso y reuso.
- Entre las principales aplicaciones esta el de utilizar el agua para varios servicios o usos, cuidarla más reduciendo la cantidad en el baño y aprovechando la saliente del lavadero para regar hortalizas o plantas.
- Tener comentarios como el que este tipo de programas es bueno y esperan que continúe por mucho tiempo, pues ya no sufren por la falta del líquido.
- Mayor tiempo libre que favorece la convivencia y desarrollo de otras actividades dentro y fuera de la casa, a nivel personal y familiar.
- Fomentar la apropiación en todos y cada uno de los miembros de la familia, al ser responsables directos del cuidado y mantenimiento de las tecnologías transferidas.

El impacto económico se considera por el ahorro que representan en beneficio en la economía familiar, como es:

- La desinfección solar disminuye la necesidad de comprar agua embotellada para consumo, limitando su compra sólo en días nublados.
- El uso de la bicibomba, la cual no requiere de energía eléctrica, sustituye a las bombas eléctricas, lo cual impacta en la reducción del consumo de electricidad.
- La captación y almacenamiento de agua, les permite reducir considerablemente la compra de pipas lo cual representa un ahorro en el gasto familiar.
- Diversificar la dieta alimenticia con la cosecha de vegetales y hortalizas de la región, en su propio huerto. A mediano plazo esto favorece la nutrición y el nivel de salud en general.
- Disminuir gastos médicos y en medicamentos originados por problemas estomacales de origen hídrico, y otros asociados a la mala calidad del aire y medio ambiente.

### **El reto 2012-2017**

A unos meses de concluir la tercera etapa 2008-2011 los directivos del IMTA se encuentran ya en pláticas con funcionarios del Gobierno del estado de Michoacán para un nuevo sexenio, 2012 al 2017. El reto seguirá siendo alto, pues aunque hasta ahora los resultados obtenidos son alentadores, es importante dar continuidad y reforzar las acciones previstas en el Programa de recuperación ambiental. Al respecto, resulta relevante considerar la batería de indicadores que se ha adoptado para dar seguimiento a la recuperación de la cuenca. Por ejemplo, de 2003 a 2005, el caudal residual tratado pasó de 23 a 32% del total generado en la cuenca y, para 2009, una vez puestas en operación al 90% de su capacidad las plantas de las Garzas y San Pedrito en Pátzcuaro, y habiendo concluido el colector del río Guani, se llegó al 85%. En el mismo periodo, la cobertura de alcantarillado pasó del 83 al 87% y con la terminación del colector del río Guani, en 2009, se llegó al 92%. El índice de calidad del agua (ICA) del lago, pasó de 54.5 en 2003 a 58.35 en 2005, 63.5 en 2006, 68 en 2007, y 63.4 en 2008, superando la expectativa planteada de 60 puntos. Con lo cual la calidad actual del agua del lago es apropiada para la producción pesquera, la cual después de caer de 450 t., en la década de los noventa, a 50 t., en

el 2003, ha iniciado su recuperación alcanzando 100 t., en 2005, del orden de 150 en 2007 y 2008. La desnutrición infantil se redujo del 14 al 12% en la cuenca, pero sigue siendo alta en las zonas marginadas.

Los avances y resultados obtenidos demuestran que la gestión hídrica por cuencas es tal vez la mejor alternativa para atender la problemática socio-ambiental de una región. Sin embargo no podemos cerrar la reflexión sin reconocer que es simplemente un buen comienzo y que será en el mediano y largo plazo cuando se podrá demostrar fehacientemente las bondades y alcances de este ambicioso programa y de éste bondadoso proyecto de transferencia de tecnologías apropiadas en viviendas rurales.

Las cifras del reciente Censo de población nacional 2010 señalan que el número de habitantes en comunidades rurales es superior a los 190 millones personas, lo que contrastado contra la cobertura que se lleva en la cuenca es de apenas cerca de 20 mil personas. El reto sigue siendo alto, preocupante, pero la viabilidad técnica y socioambiental de poder dar abastecimiento de agua a las viviendas de zonas rurales, por medio de captación de agua de lluvia, y haciendo un reuso para su potenciación del vital líquido, nos demuestra que es posible que la tecnología contribuya de manera directa y exitosa en el desarrollo sustentable de nuestra región, y de nuestro mundo.

## **Referencias Bibliográficas**

García, N. H. **“Memoria ilustrada del Programa para la recuperación ambiental de la cuenca del lago de Pátzcuaro”**. Avances 2003-2008. IMTA, México. 2009

Rivero, M.E. **“Transferencia de tecnologías apropiadas en comunidades rurales de la cuenca del lago de Pátzcuaro”**. Informe Avance de Proyecto. IMTA, México. 2011

Universidad Autónoma de Zacatecas. **“Implementación de tecnologías apropiadas en materia de agua a nivel vivienda, en comunidades rurales, en municipios ribereños de la cuenca del lago de Pátzcuaro. Tercera etapa”**. Informe de Avance de Convenio. UAZ-IMTA. México. 2011