

Instituto de Hidrología

Antecedentes

Uno de los principales problemas de la Región Mixteca es la degradación de los recursos naturales como efecto de la actividad antropogénica, esta situación motivo que en el año de 1990, al fundarse la Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM), se estableciera el Instituto de Hidrología, con el objetivo de investigar y buscar soluciones científicas a los problemas de degradación de los recursos naturales de la Región, principalmente agua, suelo y vegetación, con ello se busca incrementar la cantidad y calidad de estos recursos y al mismo tiempo elevar el nivel de vida de la sociedad. Por lo tanto, con base en las condiciones geográficas, físicas, climáticas, biológicas, históricas y sociales de la región, se definieron cuatro líneas de investigación que han servido como marco de referencia para plantear los proyectos de investigación desarrollados por los investigadores del Instituto. Cabe mencionar que las líneas de investigación estuvieron enfocadas de acuerdo con la visión y el perfil académico de los profesores investigadores fundadores del Instituto (inicialmente dos) y éstas fueron: disponibilidad de agua y recursos asociados, dinámica hidrológica, regulación del ciclo hidrológico, y aprovechamiento del agua. Estas líneas dieron pauta a la generación de 49 propuestas de investigación durante el período de 1990 a 2002, de las cuales 22 se ejecutaron, seis con financiamiento externo y el resto con financiamiento interno. De las investigaciones también resultaron editados 21 trabajos (reportes internos, artículos y ponencias en congresos, los detalles se pueden consultar en Martínez; 2001).

Inicialmente los trabajos experimentales se enfocaron a la propagación de especies vegetales nativas y a los estudios de abastecimiento de agua potable en sitios muy puntuales. Estos trabajos se realizaron con las limitaciones

que se tenían (pocos recursos y personal, entre otras). Fue necesario que transcurrieran ocho años para que el Instituto contara con el equipo básico que permite la realización de trabajos más ambiciosos y completos. Un factor importante para llevar a cabo esta labor fue el arraigo de nuevos profesores investigadores: cinco permanentes desde 1998, a los cuales se han sumado uno en 2001, otro en 2002, dos en 2004 y un técnico en el 2005. El grupo ha desempeñado su labor en fortalecimiento y revisión de las líneas de investigación. Esta última actividad se ha generado con base al trabajo desempeñado por el Instituto y recibió un impulso importante por la conjunción de factores externos (planes de fortalecimiento de las universidades como el PROMEP) lo que aceleró el proceso de análisis y adecuación de las líneas de investigación, es así que en el año de 2001 la evaluación se centra en la necesidad de enfocar las actividades con una visión multi e interdisciplinaria, por lo que se crea el Cuerpo Académico de Recursos Naturales, cuya fortaleza se buscó que estuviera asentada en las actividades del Instituto con el apoyo y aportación de las áreas de minería, industrial, diseño y ciencias sociales y humanidades, de manera inicial.

De esta evaluación se ha surgido el reemplazo de las líneas de investigación anteriores por tres nuevas (Cuadro 1) como respuesta a las necesidades regionales y ante los lineamientos en el ámbito nacional para la realización de investigaciones, por lo tanto la solución de los problemas y el desarrollo de la hidrología se han enfocado como una ciencia con visión integral, que basará el trabajo en un esquema multi e interdisciplinario, para dar soluciones completas e incluyentes, que abarquen los tres pilares del desarrollo sostenible: progreso social, crecimiento económico y protección ambiental.

CUADRO 1. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y OBJETIVOS DEL CUERPO ACADÉMICO DE RECURSOS NATURALES DEL INSTITUTO DE HIDROLOGÍA DE LA UTM.

No.	Línea de Investigación	Objetivos
1	Sustentabilidad de Cuencas Hidrológicas	Investigar los aspectos relacionados con el uso, aprovechamiento y conservación integral de los recursos naturales (agua, suelo, vegetación y fauna asociada) de una cuenca hidrológica.
2	Exploración y evaluación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos	Explorar y evaluar cuerpos de aguas superficiales y subterráneos empleando métodos directos e indirectos con la finalidad de preservar y optimizar su uso. Desarrollar paquetes tecnológicos para la explotación racional de especies vegetales con potencial económico en zonas áridas y semiáridas.
3	Innovación tecnológica en el sector agrícola y forestal	

Actividades actuales

Bajo el esquema del Cuerpo Académico de Recursos Naturales se han retomado ideas de proyectos anteriormente planteadas y también se han generado nuevas propuestas las cuales se engloban y desarrollan dentro de las líneas de investigación actuales, estas actividades son:

A) En sustentabilidad de cuencas hidrológicas:

Dado que en la región de la Mixteca, el agua subterránea es la fuente de abasto más utilizada para satisfacer la demanda de agua, pero, debido a la lenta recarga y sobreexplotación de los acuíferos la preservación de este recurso esta en riesgo. Por esta razón, es necesario la búsqueda de fuentes alternativas de abasto de agua, siendo las opciones de mayor viabilidad el agua de lluvia y los escurrimientos en los ríos. Por lo tanto, conocer la disponibilidad de agua es uno de los elementos importantes en el planteamiento de estrategias para la gestión de los recursos hídricos superficiales. Estas ideas han generado los siguientes trabajos:

- Evaluación y rehabilitación de cuencas para la creación de nuevas fuentes de agua.- En este estudio se hace una evaluación del estado actual (Figura 1a), las necesidades de rehabilitación (Figura 1b) o cuidado y del potencial que tiene una cuenca para la captación de agua de lluvia, susceptible de ser utilizada para uso y consumo humano y ganadero principalmente.
- Regionalización hidrológica en la cuenca de la región Mixteca, para estimar la disponibilidad de agua superficial.- La regionalización hidrológica es un método que permite estimar datos de escurrimiento. El propósito principal de la regionalización es utilizar la información de las cuencas de la región que cuentan con aforos (Figura 2), para encontrar una relación matemática entre el escurrimiento, la lluvia y las características físicas (área, pendiente, etc) y que permitirá estimar el escurrimiento en regiones que sólo cuentan con información de lluvia. Los resultados de este trabajo son aplicables a:

Identificar las zonas que son viables por su mayor potencial hídrico, como fuentes de abastecimiento de agua para diversos usos.

Conocer el comportamiento de los sistemas superficial y subterráneo, mediante la aplicación en los balances de agua.

Generar series de tiempo para el diseño de pequeñas obras hidráulicas.

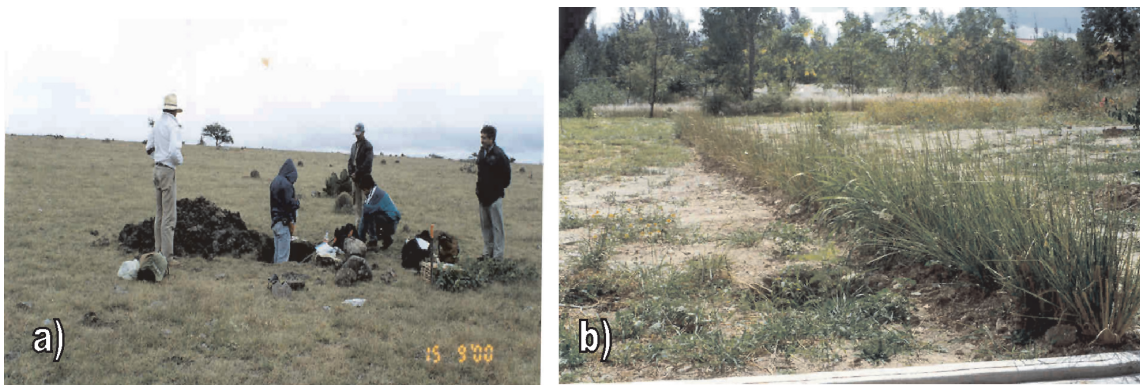


Figura 1. a) trabajo de muestreo de suelo de una cuenca para su clasificación y determinación de propiedades hídricas. b) barrera de pasto Vetiver empleado para el control de la erosión

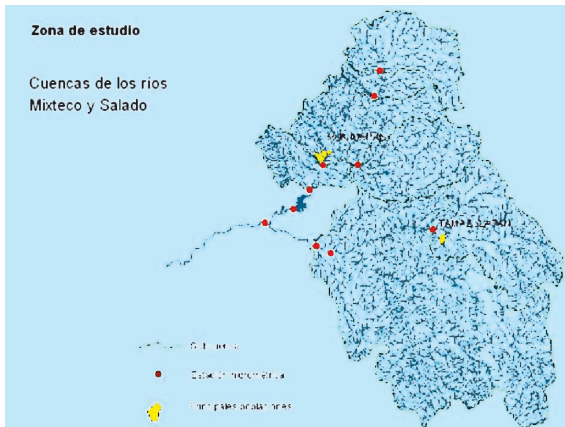


Figura 2. Ejemplo de cuenca de estudio para la regionalización hidrológica.

B) Exploración y evaluación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos

Al ser el agua subterránea la fuente de abasto más utilizada en la zona de la Mixteca se hace necesario comprender la forma en que funcionan los distintos acuíferos del área: los que están en un medio poroso, los que están en un medio fracturado y los que se encuentran en un medio cárstico. También se ha identificado la necesidad de mantener un monitoreo y estudio sobre la variabilidad de la calidad del agua en los cuerpos superficiales (río, presa, etc.), el cual ayude a identificar los orígenes de estas variaciones. La información resultante de estos trabajos tiene empleo en el diseño y cuidado de las fuentes de abasto del recurso agua. Los trabajos que se encuentran en curso son:



Figura 3. Modelo conceptual del flujo subterráneo en la zona cárstica de Acatlima-Ibarra de Ramos

Figura 4. a) Ejemplos de variabilidad en la calidad del agua en los cuerpos superficiales. b) Diagrama de los principales problemas que afectan la disponibilidad y calidad del agua.

- Modelación matemática de la influencia del control estructural en la hidrogeología de un cárst. El objetivo que se ha fijado en este trabajo es el de establecer la forma de ocurrencia del flujo agua subterránea en un medio fracturado y/o de conductos de disolución en el área de la sierra de Acatlima-Ibarra de Ramos, a partir del establecimiento de un modelo conceptual, y se pretende llegar hasta la simulación del fenómeno mediante la combinación de las ecuaciones utilizadas en el análisis geológico estructural y las de flujos subterráneos.
- Monitoreo de la variación de la calidad del agua en el sistema hidrológico río Mixteco-Presa Yosocuta.- Este proyecto se está llevando a cabo por la importancia que tiene para la población de Huajuapán pues el sistema en su conjunto representa la principal fuente de abasto de agua para la ciudad. En esta parte se han establecido puntos de muestreo tanto en el río como en la presa (Figura 4a) y se busca establecer cuáles son los principales problemas que afectan la calidad del agua (Figura 4b).

C) Innovación tecnológica en el sector agrícola y forestal.

En Oaxaca una gran porción de su territorio presenta condiciones edafoclimáticas desfavorables para la agricultura, la mayoría de los suelos son someros y muy susceptibles a perder su fertilidad una vez introducidos al cultivo por lo que no es posible practicar una agricultura de manera intensiva. Por otra parte sólo existe una superficie pequeña con riego (riego superficial), sin embargo, este sistema de producción requiere un gasto excesivo de agua, energía e insumos. Por lo tanto, deberán buscarse y generarse técnicas y tecnologías adecuadas y eficientes de riego, además de cultivos redituables y atractivos tomando en consideración los recursos disponibles (suelo y agua) para incrementar la productividad agrícola. En ese sentido los proyectos en desarrollo son:

- Cultivos alternativos y restauración de ambientes degradados.- Dentro de esta línea de investigación y buscando motivar a los pobladores de las áreas degradadas para que realicen la rehabilitación de cuencas se han establecido programas de reforestación con cultivos alternativos, principalmente maguey mezcalero (Figura 5a) y pitahaya (Figura 5b). Este último cultivo requiere de tutores para su crecimiento por lo que se asocia con el mezquite y se obtienen buenos resultados en el potencial de producción y cobertura del suelo. Otra va-

riedad utilizada en la restauración es la jarilla de monte (o chamizo de monte), el cual se usa para darle estabilidad a las obras de retención de suelos que se hacen (Figura 5c).

- Propagación de especies vegetales nativas de la región Mixteca.- Este proyecto tienen como finalidad darle realce a las especies vegetales nativas de la Mixteca, cuya utilidad puede tener fines comerciales, de reforestación, de aprovechamiento maderable y de ornato. Entre las especies que se propagan están las diversas variedades de cactus, la pata de elefante (Figura 6a), el magüey Papalomé (Figura 6b), el encino, la jarilla, el tepehuaje y otros. Con la propagación de estas especies se tienen menos problemas de adaptación a las condiciones de campo en los trabajos de reforestación del área.
- Uso y manejo eficiente del agua en la producción intensiva de cultivos mediante fertirrigación.- El riego localizado (riego por goteo-fertirrigación e hidroponía-) ha contribuido a resolver el problema del uso y manejo eficiente del agua, la energía y los agroquímicos; reduciendo los gastos de agua y aumentando los rendimientos y calidad de los productos, por lo tanto, se busca establecer un sistema de producción de cultivos con riego por goteo, en donde se logre una mayor eficiencia en el uso y manejo del agua y de los fertilizantes, así como también incrementar la respuesta en desarrollo, rendimiento y calidad de los productos en cultivos de hortalizas, frutales y ornamentales (Figura 7). Con esto se espera poder promover y vincular a través de

Promoción del Desarrollo otras alternativas de producción agrícola en el estado que puedan ser más eficientes y rentables.

Otro trabajo de investigación, de carácter general, que se está desarrollando en la cuenca es la evaluación de riesgos geológicos, el título del trabajo es:

- CARACTERIZACIÓN DE SITIOS CON RIESGOS GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL. UN FACTOR LIMITANTE PARA EL CRECIMIENTO URBANO.- La elaboración de este trabajo de investigación es de contribución al conocimiento científico sobre la cuantificación e interpretación de los rasgos Geológico-Estructural y Morfológico con sus perspectivas de los riesgos sobre deslizamientos de laderas y hundimientos de tierras a causa de los sistemas de fracturamiento-fallamiento de las rocas y por saturación de agua. Con esto se busca proveer de un compendio Geológico-Estructural que satisfaga en la medida de las posibilidades las necesidades de plantación y de concientización con respecto a la problemática antropogénica. Basándose en los análisis cualitativos y cuantitativos de los mapas morfológicos a escala 1: 50000 (Figura 8).

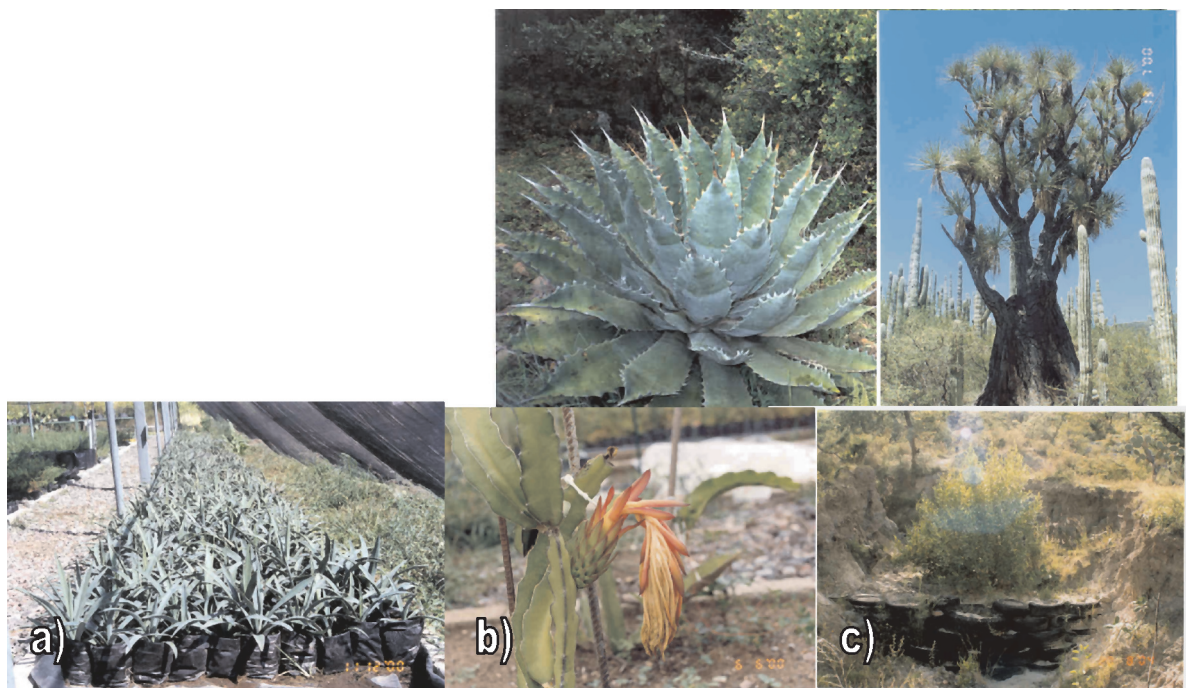


Figura 5. a) Almacigo de magüey mezcadero, b) floración de pitahaya y c) Plantación de jarilla sobre una barrera de llantas.
Figura 6. a) Pata de elefante y cactus columnares. b) Magüey Papalomé

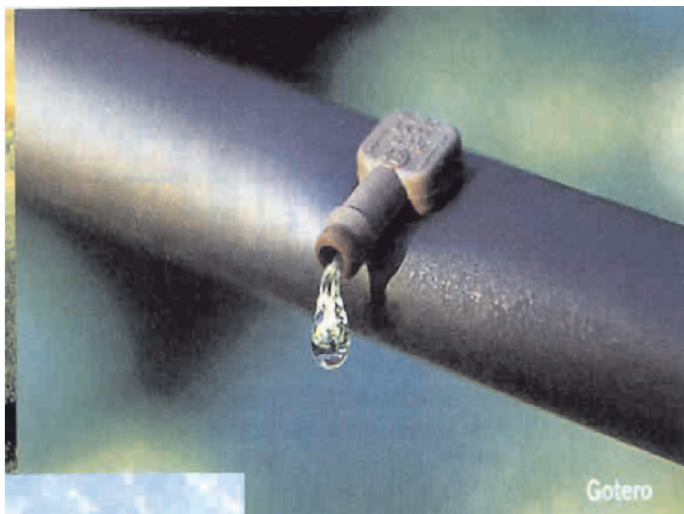


Figura 7. Sistema de riego por goteo y producción técnica en vivero de jitomates

Por otro lado, es importante resaltar que existe una buena cantidad de tiempo laboral dedicado a la Promoción del Desarrollo (Figura 9), actividades que tienen que ver con la elaboración y promoción de proyectos de inversión, la realización de estudios de abastecimiento de agua potable a las poblaciones (en colaboración con el Departamento de Posgrado y el Instituto de Minería; Figura 9), la producción de planta en vivero, apoyo a programas de reconstrucción de ecosistemas forestales y al embellecimiento de zonas urbanas por medio de la plantación de especies vegetales ornamentales y la realización de análisis de muestras de

agua y suelo (Figura 10). Los trabajos de investigación y los estudios específicos que se han realizado hasta la fecha, se han definido teniendo como base las necesidades que se han considerado más apremiantes en la región.

Perspectivas

La dinámica que se ha logrado establecer en la realización de trabajos de investigación, de difusión de la cultura y de promoción del desarrollo, ha dejado claro que en el futuro habrá que incidir en la solución de los problemas y en los trabajos de investigación con una visión multi e interdisciplinaria. Por lo tanto, se ha considerado que la

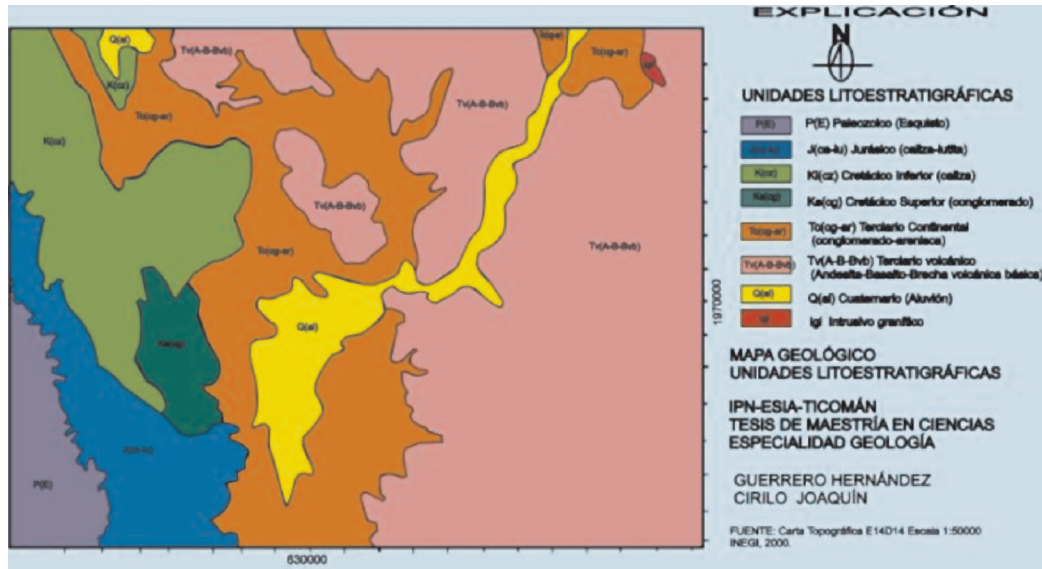


Figura 8. Mapa geológico del área de Huajuapán de León.

plataforma propicia para alcanzar las metas de trabajo con tendencia a la sustentabilidad, es el esquema adaptado para el cuerpo académico de Recursos Naturales, dentro del cual se han definido tres líneas de investigación y la perspectiva, a mediano plazo, del establecimiento de estudios de Maestría y/o Doctorado en Hidrología o Manejo de Cuencas Hidrográficas, lo que vendría a subsanar el vacío existente en estas ramas del conocimiento en la Región. Esto colocaría a la UTM en la posibilidad de asumir el liderazgo ante un amplio campo para la investigación que ha sido soslayado por los profesio-

nales, actores sociales y comunidad en general.

Agradecimientos

Los autores agradecen las aportaciones hechas por los profesores-investigadores del Instituto para la elaboración de la presente nota.

M. C. René Morales Luis (Director del Instituto)

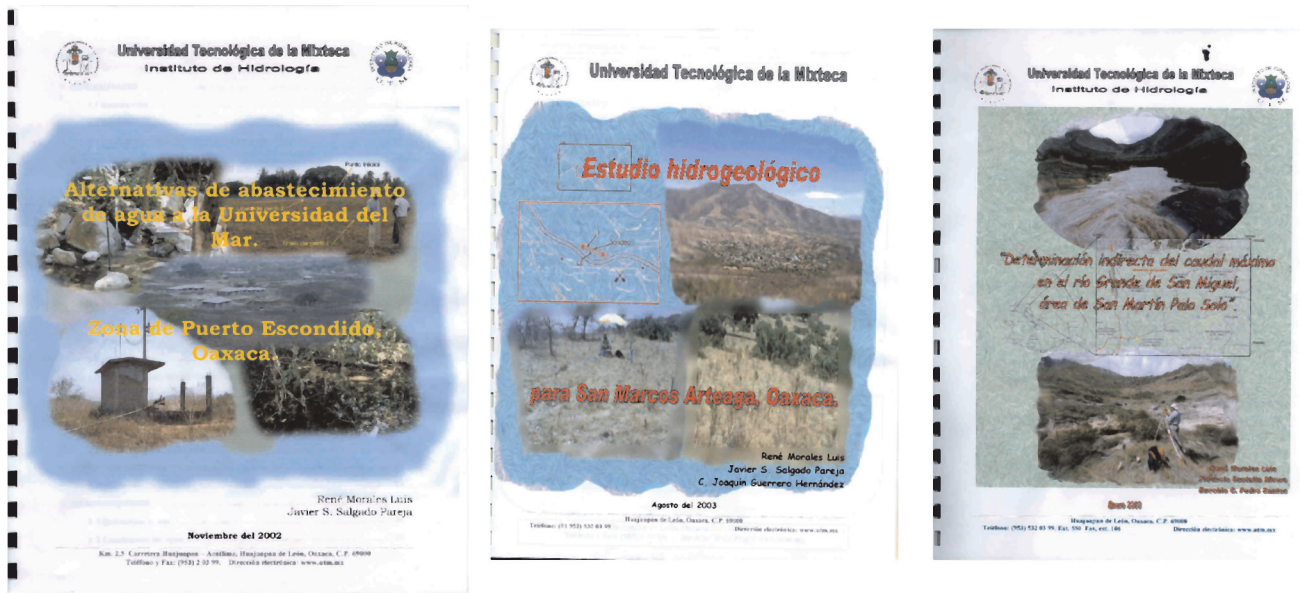


Figura 9. Ejemplo de portadas de reportes técnicos realizados dentro de las actividades de Promoción del Desarrollo.



Figura 10. Aspectos de la toma de muestras de agua para análisis de calidad.

Ing. Saúl Martínez Ramírez (Profesor ^Tinvestigador en sabático)