

Tecnología de Riego y Drenaje

Ingeniería de riego

A solicitud de las asociaciones de usuarios de los distritos de riego 085 La Begoña y 011 Alto Río Lerma, Gto.; 034 Estado de Zacatecas, Zac.; 109 La Cruz de Eleta Piaxtla, Sin.; 038 Río Mayo, Son., y de la Conagua, se elaboró el material didáctico y se impartieron los siguientes cursos de asistencia técnica en servicio: *Operación de zonas de riego modernizadas; Formulación, seguimiento y evaluación de planes de riego; Supervisión del riego parcelario; Tecnología disponible para la modernización y el mejoramiento de la operación de los distritos de riego; Entrenamiento de regadores y usuarios de riego, y Determinación de cuándo, cuánto y cómo regar.* A estos cursos asistieron 176 técnicos de 48 módulos de riego.

Con el propósito de ordenar la planeación y sistematizar la operación del distrito de riego 034 Estado de Zacatecas, Zac., la asociación de usuarios de dicho distrito y la Conagua encargaron al IMTA



ENTRENAMIENTO EN SERVICIO EN OPERACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO EN GUANAJUATO

elaborar un plan director para la modernización integral del mismo. El distrito lo conforman seis módulos de riego con una superficie de 18,540 ha distribuidas en los municipios de Fresnillo, Río Grande, Villanueva, Jalpa, Tepechtlán y Tlaltenango. En él se cultivan granos, forrajes, frutales y hortalizas regados mediante sistemas de gravedad con eficiencias globales de uso del agua inferiores al 40%. Con la participación de las asociaciones de usuarios se identificaron y priorizaron las acciones de tecnificación de los sistemas de riego, de la red interparcelaria y de los canales principales. Estas acciones consisten en la nivelación de 7,632 ha para regarse por multicompuertas, en la tecnificación de 5,590 ha con sistemas de riego por goteo y aspersión, en la recuperación de 1,390 ha con problemas de salinidad, en el entubamiento de 355 km de canales laterales, en el revestimiento de 19 km de canales principales y en la instalación de 1,315 estructuras de control y medición. Además, se definieron las acciones de capacitación de las asociaciones de usuarios en aspectos contables, de administración, conservación y operación de los módulos de riego.

A solicitud de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Guerrero, de la Conagua y de la asociación de usuarios del distrito de riego 068 Tepecuacuilco-Quechultenango, Gro., se elaboró el proyecto ejecutivo para la tecnificación de 754 ha de los módulos de riego Iguala y Tuxpan, y de la unidad de riego Santa Fe, las cuales benefician a 307 usuarios. Los principales cultivos son maíz, oca, estropajo, mango, jícama y pápalo. El proyecto comprende una presa derivadora tipo indio sobre el arroyo El Tomatal, una red de conducción de 17 km de longitud de polietileno de alta densidad en los primeros 3 km y de PVC clase 5 en los restantes 12 km y, para las parcelas, sistemas de riego de

multicompuertas, aspersión y goteo. La ubicación de la presa derivadora permitió obtener la presión necesaria para regar 91 ha por aspersión, 210 por goteo y 385 mediante multicompuertas.

El Organismo de Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico, de la Conagua, encargó al IMTA la elaboración del proyecto ejecutivo para la tecnificación de 2,355 ha del distrito de riego 087 Rosario Mezquite, Mich. El proyecto beneficia a 1,010 usuarios del módulo Pastor Ortiz. Los principales cultivos son trigo, cebada, maíz y sorgo, regados por gravedad con eficiencias de 36%. La textura de los suelos, la pendiente y el tamaño de las parcelas condujeron a la selección y diseño del riego por multicompuertas. Para determinar la capacidad del sistema de conducción se utilizó información de estaciones climatológicas del INIFAP, ubicadas en el área de influencia de la zona de riego. La red de conducción principal tiene una capacidad de 3 m³/s que se abastecen de la derivadora Markazusa, misma que alimenta 620 hidrantes de una capacidad modular de 30 l/s, con una carga hidráulica de 3 m. Se determinó que para satisfacer la demanda de riego en el intervalo de riego crítico se requiere la operación simultánea de cien hidrantes. El sistema de bombeo consta de 16 bombas en paralelo de 75 HP cada una, con capacidades de entre 180 y 210 l/s, y con una carga dinámica total de 18 m. El proyecto ejecutivo, que considera la estimación de las cantidades de obra en cárcamos, subestaciones eléctricas, equipos electromecánicos, red hidráulica, hidrantes y tubería de multicompuertas, se entregó a la asociación de usuarios para su licitación.

Con el propósito de hacer un uso eficiente del agua de la planta de tratamiento de la ciudad de Aguascalientes, Ags., el Instituto, en colaboración con la Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Aguascalientes y la Conagua, elaboró el proyecto ejecutivo para tecnificar con riego presurizado la zona de riego de la presa El Niágara, la cual se alimenta con el agua tratada de la planta. La superficie es de 1,250 ha distribuidas entre los ejidos El Niágara, San Pedro Cieneguilla, El Salto de los Salados y La Pequeña Propiedad, y cuenta con riego por gravedad para cultivos como la alfalfa, maíz forrajero, avena, cebada y pastos con eficiencias del 35%. El proyecto consta de una estación de bombeo localizada 2 km aguas abajo de la presa, un sistema de filtrado y una red de distribución telescopiada que varía de 36 a 4"



MUESTREO DE SUELOS DEL DISTRITO DE RIEGO 087 ROSARIO MEZQUITE, MICHOACÁN

desde el inicio de la estación de bombeo hasta los hidrantes parcelarios. Para el diseño se utilizó información climatológica de la estación El Niágara, considerando el cultivo de mayor demanda y las eficiencias de los sistemas de aspersión y goteo. La capacidad de conducción resultó de 1,000 l/s distribuidos hasta los hidrantes de cada parcela mediante una red de tubería plástica, en donde se proporciona la presión necesaria para el riego por aspersión. Debido a la topografía del terreno, el sistema de bombeo consta de cinco bombas de 200 l/s y una potencia de 260 HP. La capacidad de la subestación eléctrica resultó de 1,050 kilovatios.

Contaminación y drenaje agrícola

En el marco de colaboración con la Conagua, se recibió una solicitud para que, con el apoyo financiero del Banco de Desarrollo de América del Norte, el Instituto, con la participación de las asociaciones de usuarios, analizara las posibilidades de reconversión productiva del distrito de riego 025 Bajo Río Bravo, Tam. En este distrito, localizado en el extremo aguas abajo de la cuenca

del río Bravo, los problemas de disponibilidad de agua son cada vez más severos, ya que de una concesión anual de 860 hm³ en puntos de control, durante los últimos 12 ciclos agrícolas sólo se han autorizado, en promedio, 486 hm³ y en dos ciclos no se regó. En esta zona se cultivan 195,000 ha de sorgo y maíz, y 6,000 de algodón, oca y canola distribuidas entre nueve módulos de riego. El riego de las parcelas es por gravedad y la red de canales es de tierra con una longitud de 2,400 km, la cual también se utiliza para abastecer a los usuarios domésticos de Matamoros, Valle Hermoso, Río Bravo y de las comunidades rurales. La eficiencia global de uso del agua es de 30%, y la poca diversidad de cultivos se debe a la disponibilidad de agua y a la reducida flexibilidad en el servicio de riego ya que, en promedio, se aplican sólo dos riegos, mientras que los requerimientos del algodón, maíz y oca se cubren con, al menos, cuatro riegos. La escasez de agua, el deterioro de la infraestructura y la baja productividad de los cultivos limitan la competitividad de la zona. En una primera etapa del análisis se ordenó, actualizó y sistematizó la información catastral del padrón de usuarios y de la infraestructura hidroagrícola mediante un sistema denominado *SIG-DR025*, el cual integra la información actualizada de los límites de la zona de riego y los cambios de uso del suelo. Durante el ciclo agrícola 2005-2006, el sistema se utilizó para identificar y cuantificar la superficie agrícola urbanizada y la proyección del crecimiento de las zonas industriales, así como para delimitar las áreas afectadas por sales. El sistema contiene herramientas para optimizar la planeación y operación del riego con mosaicos de tipo de cultivos, etapas de desarrollo de los cultivos, demanda evapotranspirativa, distribución de la lluvia efectiva y requerimientos de riego de acuerdo con los días y grado de crecimiento de los cultivos. Del análisis de la operación del distrito y de los sistemas de producción se desprende que las posibilidades de reconversión productiva son muy reducidas, ya que si bien hay cultivos de alta rentabilidad y bajo consumo de agua, como la oca y la canola, la operación intermitente del distrito, la disponibilidad de agua, las fechas de siembra y las restricciones del mercado no permiten expandir sus superficies. Por lo anterior, la reconversión productiva en el distrito debe ser enfocada hacia el incremento de la productividad de los cultivos actuales.

En colaboración con el Comité Técnico de Aguas Subterráneas del Acuífero Casas Grandes, Chih., la Sagarpa, la Conagua y el gobierno del estado, el Instituto hizo un estudio para la estabilización de dicho acuífero, cuya superficie es de 5,000 km² y abarca los municipios de Casas Grandes, Nuevo Casas Grandes, Asención y Janos. La extracción media anual del acuífero, en promedio, es de 216 hm³, de los cuales 207 se destinan a los usos agrícola y pecuario, y 9 al urbano. La superficie de riego es de 16,640 ha, con un índice de repetición de 1.2 donde se cultiva alfalfa, avena, maíz forrajero, chile, manzana, durazno y nogal. De esta superficie, el 58% se riega por gravedad y el 42% con sistemas presurizados. El bombeo se hace en 1,199 pozos y norias distribuidos sobre las márgenes del río Casas Grandes. El abatimiento medio anual del acuífero en los últimos treinta años ha sido de 0.9 m y, en este periodo, la profundidad media del nivel estático del acuífero pasó de 20 a 47 m debido al déficit de 30 hm³ anuales, ya que la recarga es de 186 hm³. Esta recarga se estimó mediante un modelo de simulación alimentado con la información de localización y características de los sistemas de riego, los volúmenes de extracción anual, la evolución de los niveles estáticos medidos en 109 pozos de observación y las características físicas del acuífero. Con el inventario de pozos, de los sistemas de producción y de la infraestructura de riego, se plantearon alternativas para disminuir el déficit y estabilizar el acuífero, las cuales consisten en tecnificar con sistemas de riego por aspersión, goteo y cintilla 9,650 ha que actualmente se riegan por gravedad, la rehabilitación de cuatrocientos sistemas de bombeo con eficiencias electromecánicas inferiores a 40%, e instalar medidores en 568 pozos. De manera simultánea, se propone iniciar un proceso de ordenamiento y regularización de los aprovechamientos en el Registro Público de Derechos del Agua, así como la elaboración de un reglamento de operación del acuífero que permita al comité técnico de aguas subterráneas la programación del plan de riegos y la supervisión de los volúmenes extraídos.

En los distritos de temporal tecnificado del país el control de la humedad del suelo se hace, principalmente, mediante sistemas de drenaje controlado para evacuar los excesos en la época de lluvias y regular el nivel freático al final de esa misma época. En dos de estos distritos, el 035 Los Naranjos, Ver., y 018 Huixtla, Chis., se evaluó el



ALMACENAMIENTO DE AGUA DE BOMBEO EN UN ESTANQUE PARA RIEGO, NUEVO CASAS GRANDES, CHIHUAHUA

rendimiento del cultivo de la caña de azúcar en parcelas con drenaje subterráneo instalado a 20 m de separación. En el sistema de drenaje de Los Naranjos el rendimiento de la caña fue de 77 t/ha contra 35 en parcelas sin drenaje, y en la parcela de Huixtla fue de 138 t/ha contra 90 en parcelas sin drenaje; en ambos sitios la concentración de azúcar se incrementó 37%. El análisis químico de los suelos mostró que no existe riesgo de acidificación del suelo, ya que el pH, y el calcio y magnesio intercambiables, no variaron durante el periodo de evaluación.

En colaboración con la Conagua se evaluó el Programa de Uso Sustentable del Agua en la Cuenca del Río Bravo, aplicado en los distritos de riego 006 Palestina, Coah.; 025 Bajo Río Bravo,



PLÁTICA DEMOSTRATIVA EN LA PARCELA CON DRENAJE SUBTERRÁNEO EN LOS NARANJOS, VERACRUZ

Tam., y 090 Bajo Río Conchos y 103 Río Florido, Chih. Dentro del programa se desarrollaron 95 proyectos de revestimiento y entubado de canales, instalación de estructuras de control y medición, nivelación de suelos e instalación de sistemas de riego de alta y baja presión. Para la evaluación se consideró la diversidad de cultivos, la productividad del agua y de la tierra y el ahorro de agua, y se seleccionaron 62 proyectos repartidos en los cuatro distritos con una superficie de 46,000 ha. En los proyectos con sistemas de riego parcelario se agregaron pequeñas superficies de hortalizas a los cultivos tradicionales de maíz, alfalfa y nogal. La productividad de la tierra pasó de 13,500 a 14,200 \$/ha, y la del agua pasó de 1.8 a 2.0 \$/m³. El costo de recuperación por metro de agua varió entre 2.5 \$/m³, en proyectos de nivelación de suelos, y 8 \$/m³, en proyectos de revestimiento de canales. El volumen recuperado en los 62 proyectos fue de 27 hm³, lo cual corresponde a un incremento en la eficiencia de 7% en la superficie beneficiada.

Para resolver el problema de disponibilidad de agua en el distrito de riego 001 Pabellón, Ags., la Conagua, la Comisión para el Desarrollo Agropecuario del gobierno del estado y las asociaciones de usuarios desarrollan un proyecto de transformación integral del distrito para compactar su superficie de riego, de 11,700 a 6,100 ha, aplicando sistemas de riego de alta eficiencia. La red de conducción principal es de tubería de PRFV, de 1.8 a 1.5 m de diámetro, en los primeros 8 km a partir de la obra de toma de la presa Plutarco Elías Calles hasta la derivadora el Jocoque, y de polietileno y PVC en la red de distribución interparcelaria y parcelaria. En las parcelas se instalarán sistemas de riego por goteo. Para este proyecto, la Conagua solicitó al Instituto asesoría en la revisión de sus diferentes componentes, y para participar en los procesos de licitación y supervisar los procesos de entrega-recepción. Al respecto, se revisaron los proyectos de la red de conducción y distribución para asegurar una carga mínima de 25 m en el hidrante de cada parcela. Asimismo, se hizo un estudio comparativo entre los filtros de arena y los de malla, para la selección de la estación de filtración del sistema de riego; con base en criterios técnicos, financieros y operativos, se recomendó la instalación de un sistema de filtrado de malla de alto flujo con lavado automático.

Operación y mantenimiento de infraestructura hidroagrícola

En apoyo al Programa de Uso Pleno de la Infraestructura Hidroagrícola que se aplica en las unidades de riego de Aguascalientes, Durango y San Luis Potosí, y en colaboración con la Conagua, se elaboraron los reglamentos de operación, conservación y administración de 77 de dichas unidades que se abastecen de agua subterránea mediante pozos profundos para el riego de 4,246 ha, distribuidas entre 998 productores agrícolas. Las unidades están organizadas en 47 asociaciones civiles, agrupadas en tres sociedades de responsabilidad limitada (SRL). Para cada organización se elaboraron sus reglamentos y estatutos sociales y, con objeto de facilitar y orientar el desarrollo de estas organizaciones de usuarios, se elaboraron los planes directores de las SRL, en los que se identifican las acciones para modernizar y rehabilitar la infraestructura hidroagrícola y mejorar sus habilidades técnicas. Asimismo, para fortalecer estas asociaciones se impartieron treinta talleres sobre aspectos legales y técnicos, en los que participaron 108 usuarios de Aguascalientes, 158 de Durango y 346 de San Luis Potosí.

Con el objeto de evaluar el impacto de los programas federalizados de Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica, y Uso Pleno de la Infraestructura Hidroagrícola en las unidades de riego organizadas en asociaciones civiles, se seleccionaron 32 unidades de Aguascalientes, Michoacán, Oaxaca, Tamaulipas y San Luis Potosí. En estas unidades se han efectuado acciones de tecnificación con

sistemas de riego presurizado, entubamiento de la red de conducción y de adquisición de maquinaria y equipo de conservación de las zonas de riego. La superficie cubierta por estas unidades es de 10,966 ha repartidas entre 4,580 productores. La evaluación se hizo mediante encuestas sobre la calidad del servicio y el funcionamiento de las unidades de riego, las cuales se aplicaron a los usuarios y directivos de las asociaciones y de las SRL. El impacto de estos programas se refleja en un incremento de la productividad, diversificación de cultivos, reducción de los costos de mantenimiento y de consumo de energía, y eficiencia de uso del agua. Asimismo, de los resultados se desprende la necesidad de aplicar programas de capacitación a regadores, productores, usuarios y directivos.

Con el propósito de armonizar los usos agrícola e industrial del agua de la presa Chilatán, se instrumentó la medición del agua y el control de la derivadora Piedras Blancas, ubicada a 4 km aguas abajo de la presa. El primer uso del agua es para la generación de energía eléctrica y, después, se extrae en la derivadora para alimentar al distrito de riego 097 Lázaro Cárdenas, Mich. Los programas de generación de la presa se llevan a cabo cuidando no sobrepasar la capacidad de almacenamiento del vaso de la presa derivadora y procurando cumplir con la demanda de riego del distrito. Para regular las variaciones del caudal derivado al distrito de riego, se instaló un sistema de medición de caudal sobre el canal principal y se instrumentaron las compuertas de la derivadora para operarse de modo manual y automático desde la caseta de control. Así, la medición de caudal sobre el canal se hace mediante un perfilador acústico Doppler horizontal de banda ancha, instalado a 200 m aguas abajo de las compuertas. Por su parte, para la operación de la obra de toma de la derivadora, se utilizan una unidad terminal remota (UTR) y sensores de abertura y niveles tanto aguas arriba como aguas abajo. La terminal se conecta a los motores de los mecanismos elevadores de la compuerta y recibe la señal del perfilador, con el fin de regular el gasto que se proporciona al canal. En la caseta de control se instaló una estación maestra que usa un programa de cómputo como interfaz hombre-máquina, para facilitar el intercambio de información con la UTR. Como complemento a estas acciones, se elaboraron los manuales de operación y mantenimiento del equipo instalado, y se capacitó en servicio al personal del distrito de



ASISTENCIA TÉCNICA EN LA ORGANIZACIÓN DE UNIDADES DE RIEGO

riego en el manejo y conservación del sistema de medición y control.

Con la participación de asociaciones de usuarios de riego y personal de la Conagua, mediante 571 encuestas aplicadas a usuarios y técnicos de módulos y de distritos de riego se evaluaron los programas de Desarrollo Parcelario, y Rehabilitación y Modernización de Distritos de Riego, aplicados durante 2005 en 26 distritos de riego del país. Para ello, se seleccionaron 86 módulos en los que se evaluaron 133 proyectos de tecnificación financiados con dichos programas, los cuales cubren una superficie de 229,953 ha distribuidas entre 30,406 usuarios. Para la evaluación se consideró el grado de cumplimiento de los programas, impacto logrado, beneficios y percepción de los usuarios de los módulos. En las áreas donde se efectuaron obras de rehabilitación, la eficiencia de conducción promedio pasó de 65 a 82%; la productividad de la tierra se incrementó un 89% al pasar de 11,135 a 21,086 \$/ha, mientras que la productividad del agua pasó de 1.61 a 2.85 \$/m³. En los 133 proyectos evaluados, la relación beneficio costo resultó de 1.2.

En apoyo al Programa Nacional de Medición del Agua en Distritos de Riego, se elaboraron doscientos proyectos ejecutivos y se participó en la elaboración de los términos de referencia para la licitación y supervisión de la instalación de sistemas de medición del agua en canales de riego, así como en la calibración de los equipos de medición. Estas acciones se aplicaron en los siguientes distritos: 014 Río Colorado, BC; 041 Río Yaqui y 018 Colonias Yaquis, Son.; 076 Valle del Carrizo, 063 Guasave, 074 Mocorito, 010 Culicán, 109 San Lorenzo y 108 Elota-Piactla,



MEDICIÓN DE AGUA EN CANALES DE RIEGO

Sin.; 094 El Grullo, Jal.; 087 Rosario-Mezquite, Mich.; 011 Alto Río Lerma, Gto.; 017 Región Lagunera, Coah.; 05 Delicias y 103 Río Florido, Chih., y 025 Bajo Río Bravo y 026 Bajo Río San Juan, Tam. Para la elaboración de los proyectos ejecutivos y la supervisión de la instalación y calibración de los equipos, se capacitó a 105 técnicos de los distritos de riego, de empresas y de los módulos de riego.

Conservación de cuencas

En el contexto del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, se continuaron las acciones para la aplicación de prácticas conservacionistas de agua, suelo y bosque en la parte alta de la cuenca; con esto se busca la masificación y adopción de estas prácticas por los productores. Para ello, se seleccionaron ocho microcuencas prioritarias, tomando en cuenta su nivel de degradación y la receptividad de los habitantes. La superficie aproximada de estas microcuencas cubre 28,500 ha de 18 comunidades, en las que se implementó una estrategia de trabajo que permitió la generación de 9,000 jornales como empleo temporal. Las acciones efectuadas incluyen 20 km de zanjas de infiltración en las que se retienen, en promedio por hectárea, 225 m³ de agua; 62.3 km de cercos vivos en linderos agropecuarios, con especies de uso múltiple como cedro, colorín y capulín; 7.3 km de cortinas rompevientos con casuarinas; 82 ha de reforestaciones compactas utilizando diversas especies de *Pinus*, logrando alcanzar un prendimiento aproximado del 95%; 7.34 km de reforestación de riberas de cauces y cuerpos de agua con fresnos; 2 ha con siembra de abonos verdes para mejorar la estructura del suelo y aumentar su resistencia a la erosión; construcción de dos silos pastel para suplemento alimenticio del ganado y, así, disminuir la presión sobre los montes, y plantación de 5,000 árboles frutales en traspatio. Para el control de azolves en arroyos torrenciales y cárcavas, se construyeron 400 m³ de represas de costales de polipropileno rociados con esmalte blanco para alargar su vida útil, 600 m³ de represas de piedra acomodada y 150 m³ de represas de gaviones para los cauces de mayor degradación. El impacto de estas últimas obras se refleja en la retención de 150 m³ de azolves en un solo ciclo de lluvias.



REFORESTACIÓN CON ZANJAS DE INFILTRACIÓN. CUENCA DEL LAGO DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN

Para atender el deterioro ambiental ocasionado por el crecimiento urbano explosivo de los municipios que conforman la cuenca Presa de Guadalupe, una de las más importantes del valle de México, la Gravamexsc solicitó al IMTA la elaboración de un plan estratégico para ordenar, integrar y coordinar las acciones que desarrollan en la cuenca las instancias federales, estatales, municipales y académicas, así como organizaciones no gubernamentales. Para ello se desarrollaron el *SIG-Presa Guadalupe* y un *software* con la finalidad de administrar y consultar la información relacionada con la cuenca, para la toma de decisiones por parte de las diferentes instancias. Se cuenta con información de los últimos 15 años clasificada en 44 capas temáticas con despliegue gráfico. Para conocer la visión de los diferentes actores de la cuenca, se llevó a cabo un taller ZOPP (planeación de proyectos orientada por objetivos) que contó con la participación de 41 técnicos de veinte dependencias y, de manera conjunta, se desarrolló el plan estratégico con acciones de gran visión para la gestión integral del agua y recursos asociados de la cuenca. El plan incluye fomentar el uso eficiente del agua en la producción agrícola mediante la tecnificación del riego; capacitar a los usuarios; ampliar la cobertura y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, enfatizando las acciones de agua potable en las zonas rurales y las de saneamiento en las nuevas zonas urbanas; buscar el manejo integral y sustentable del agua en cuencas mediante la aplicación de tecnología conservacionista en laderas; promover el desarrollo

técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico con la instrumentación para la medición del recurso hídrico; consolidar la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo del agua, y promover la cultura de su buen uso.

Para contribuir al entendimiento y solución de la problemática de erosión hídrica en laderas, causada por lluvias intensas y fenómenos hidrometeorológicos extremos en la Costa de Chiapas, se seleccionó la cuenca del río Coapa, de 11,281 ha, como representativa de las condiciones de las 24 cuencas existentes. Para ello se utilizó el *SIG-Cuencas* desarrollado en el IMTA, mediante el cual se obtienen las tasas de erosión hídrica que aplica la ecuación universal de pérdidas de suelo. Se encontró que 6,800 ha (aproximadamente el 60%) sobrepasan el límite permisible de erosión de 25 t/ha al año, que es el establecido para las condiciones de la zona. Se identificó, también, que en estas áreas se deben concentrar las acciones de ordenamiento y de intervención con tecnología conservacionista para contrarrestar la pérdida de suelo, y se hizo énfasis en la delimitación de zonas frágiles con aportación potencial de sedimentos por deslizamientos, encontrándose una superficie de 1,195 ha con esta problemática, ya que el uso del suelo es contrario a su capacidad, por profundidad y pendiente del terreno. Asimismo, se desarrollaron alternativas para introducir el componente arbóreo y arbustivo en todos los usos de la tierra, a manera de estrategia para detener y revertir la problemática, lo que incluye transformar el actual sistema de producción de



TALLER DE PLANEACIÓN DE PROYECTOS ORIENTADA POR OBJETIVOS, PARA EL PLAN ESTRATÉGICO DE LA CUENCA PRESA DE GUADALUPE

ganadería extensiva sobre laderas por sistemas silvopastoriles con líneas intermedias de árboles al contorno, reintroducción de vegetación riparia de orillas de cauces, terrazas de formación paulatina con árboles y arbustos, agroforestería con cultivo

en callejones, y acciones complementarias como el establecimiento de viveros comunitarios en los que se desarrollen especies maderables, nativas y preciosas, para asegurar el abasto de plantas para los trabajos conservacionistas.