

Tecnología de Riego y Drenaje

Ingeniería de riego

Para atender la demanda de información hidroagrícola que se genera en los distritos de riego, la Conagua solicitó al Instituto elaborar y reproducir la estadística agrícola e hidrométrica del ciclo 2003-2004, así como la actualización del personal de los distritos de riego para uniformar el uso del sistema informático *Sistag-CNA*, elaborado por el IMTA. Para detectar la problemática en el uso del sistema y proporcionar la asistencia técnica necesaria, al inicio del ciclo agrícola se aplicaron encuestas al personal de los distritos de riego y con base en éstas se impartieron cursos a sesenta técnicos de las regiones Balsas, Península de Baja California, Frontera Sur, Pacífico Norte, Península de Yucatán, Lerma-Santiago-Pacífico y Noroeste. Durante el ciclo agrícola se proporcionó asesoría en el registro de aforos, avances de siembra y riegos aplicados; al final, el IMTA editó y reprodujo de manera impresa y electrónica setecientos ejemplares del informe agrícola e hidrométrico con la estadística de la producción, las superficies regadas y los volúmenes de agua distribuidos por módulos, distritos, gerencias regionales y su agregación a escala nacional.

La Asociación de Usuarios de la Unidad de Riego Presa 50 Aniversario del municipio de San José de Gracia, Ags., la Comisión de Desarrollo Agropecuario del Estado de Aguascalientes, la Sagarpa y la Conagua solicitaron al Instituto realizar un proyecto ejecutivo para la modernización de la unidad de riego, la cual agrupa a cuatrocientos usuarios. El volumen de agua concesionado es de 3.5 hm³, para abastecer a 380 ha que se cultivan con maíz y frijol, y que se riegan por gravedad con eficiencias del 35%. En función de la disponibilidad de agua, del costo de la energía y la necesidad de incrementar la productividad agrícola,

se diseñó un sistema de riego por goteo operado con carga hidráulica de la presa, complementada con una planta de bombeo para regar las zonas altas. Con este sistema, el patrón de cultivos se puede ampliar para la siembra de chile, papa, cebolla, ajo y flor. El requerimiento de riego para las 380 ha se satisface con 1.7 hm³ y el costo de bombeo anual es de 33 \$/ha, ya que se aprovecha la carga hidráulica de la presa y el desnivel topográfico del terreno.

La Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de Guanajuato, la Sagarpa, la Conagua y la Asociación de Usuarios de la Unidad de Riego Mariano Abasolo, del municipio de Pénjamo, Gto., solicitaron al IMTA plantear alternativas de tecnificación del riego y de organización de los productores. La superficie de riego es de 2,000 ha y tiene un volumen concesionado de 19 hm³ anuales de la presa Mariano Abasolo. La unidad de riego está conformada por 13 ejidos, en los cuales se agrupan seiscientos productores de granos y forrajes. El riego se aplica por gravedad con eficiencias inferiores al 45%, debido al deterioro de los



PROYECTO EJECUTIVO PARA LA UNIDAD DE RIEGO PRESA 50 ANIVERSARIO, SAN JOSÉ DE GRACIA, AGUASCALIENTES



PRESA MARIANO ABASOLO, PÉNJAMO, GUANAJUATO

canales y a la falta de nivelación y trazos de riego en las parcelas. La alternativa de tecnificación más adecuada se obtuvo con el entubamiento de toda la red de distribución desde la presa hasta las parcelas. Con el aprovechamiento de la carga hidráulica de la presa se optimizó la red de distribución, además de proporcionar la presión necesaria para regar 900 ha por goteo y 1,100 con multicompuertas, que asegura la flexibilidad y eficiencia en el servicio. Se organizó la operación de los sistemas de riego y se definieron las cuotas de riego para cada ejido. El estudio incluyó además el proyecto ejecutivo de las obras.

Con el propósito de aprovechar eficientemente los sistemas de riego tecnificados, mediante los programas de la Alianza para el Campo en Michoacán, la Fundación Produce, la Delegación de la Sagarpa y la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de Michoacán, solicitaron al Instituto evaluar el funcionamiento y elaborar un diagnóstico de los sistemas de riego tecnificados durante 2004, así como desarrollar un programa de capacitación para usuarios y técnicos de las dependencias relacionadas con el sector. Se seleccionaron 88 sistemas de riego colectivos que constan de 11 sistemas de aspersión, 17 de microaspersión, 27 de goteo, 27 de tuberías de compuertas y

seis de riego por gravedad, en cuarenta municipios del estado. En estos sistemas se realizaron 56 evaluaciones electromecánicas de los sistemas de bombeo y 88 evaluaciones de los sistemas de riego. Con base en estas evaluaciones se identificó la necesidad de acompañar la tecnificación con acciones de capacitación sobre programación del riego tecnificado. También se identificó la necesidad de realizar adecuaciones electromecánicas en el 78% de los sistemas de bombeo para usar correctamente la energía eléctrica. Sobre la operación de los sistemas de bombeo y el riego de cultivos se capacitó a 502 usuarios de los diferentes municipios. Para dar asesoría a los productores en materia de integración de expedientes de proyectos y en evaluación de sistemas de riego y fertirriego, se capacitó en servicio a 25 técnicos de la Fundación Produce y de empresas privadas.

Contaminación y drenaje agrícola

En colaboración con el Comité Técnico de Aguas Subterráneas de la Cuenca Alta del Río Laja, Gto., la Sagarpa y el gobierno del estado, el Instituto realizó un estudio para la estabilización del acuífero Río Laja-San

Felipe. La superficie del acuífero es de 3,000 km² distribuidos entre los municipios de Dolores Hidalgo, San Miguel de Allende, San Felipe, San Diego de la Unión y Ocampo, Gto. En los últimos treinta años la extracción media anual del acuífero ha sido de 187 hm³, de los cuales 159 se destinan a los usos agrícola y pecuario y 28 al uso público urbano. La superficie de riego es de 16,538 ha cultivadas con alfalfa, brócoli, maíz, chile y frijol. De esta superficie, el 62% se riega por gravedad y el 38% con sistemas presurizados. El bombeo se efectúa en 737 pozos profundos distribuidos en la cuenca. En este periodo la profundidad media del nivel estático del acuífero pasó de 50 a 120 m debido al déficit de 37 hm³ anuales, ya que la recarga es de sólo 149 hm³. Este valor se estimó mediante un modelo de simulación alimentado con información de la operación de los pozos, los volúmenes de extracción anual, la evolución de los niveles estáticos medidos en aproximadamente setenta pozos 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 reducir la superficie en 940 ha, cancelar treinta pozos y tecnificar 9,697 ha, que actualmente se riegan por gravedad, con sistemas de riego por goteo y cintilla. Con esta propuesta se tendrían 121 hm³ para el uso agrícola y pecuario, y 28 hm³ para el uso urbano y recreativo, con lo que se lograría estabilizar el acuífero.

El distrito de riego 01 Pabellón, Ags., se construyó en 1926 para regar una superficie de 11,817 ha. Sin embargo, la disponibilidad de agua sólo ha permiti-



MEDICIONES EN POZOS. CUENCA ALTA DEL RÍO LAJA, GUANAJUATO



PRESA PLUTARCO ELÍAS CALLES, DISTRITO DE RIEGO 01 PABELLÓN, AGUASCALIENTES

do el cultivo de 7,500 ha anualmente, y aun así, el acuífero está sobreexplotado. El volumen superficial concesionado es de 43.3 hm³ y el de aguas subterráneas 31.7 hm³. En el 94% de la superficie se cultivan granos y forrajes, y en el 6% hortalizas y frutales. Con el propósito de elaborar una propuesta para el redimensionamiento de la zona de riego, la Comisión para el Desarrollo Agropecuario del Estado de Aguascalientes, la Conagua y la asociación de usuarios solicitaron al IMTA formular una propuesta de modernización integral del distrito de riego. Empleando las aportaciones y extracciones de la presa Presidente Calles registradas durante el periodo de 1930 a 2004 y la aplicación de una política de extracción constante, se determinó un volumen de extracción sustentable de 32.5 hm³ anuales. Se propuso un patrón de cultivos con 44% de la superficie de hortalizas y frutales, y un 56% de granos y forrajes. A partir del volumen sustentable de agua superficial, del patrón de cultivos y de sus requerimientos de riego, se estimó que la superficie factible de regar es de 6,100 ha, considerando la conducción entubada y el riego localizado en las parcelas. Para el resto de la superficie se identificaron 3,884 ha con cambios de uso del suelo, como: uso público urbano, zonas industriales, bancos de préstamo, parcelas ociosas y áreas regadas con aguas provenientes de plantas de tratamiento. Asimismo, se hizo la recomendación de aplicar programas de adquisición de derechos de uso del agua.

Conservación de cuencas

En el marco del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, se realizó un estudio para identificar la dinámica del cambio de uso del suelo durante los últimos 25 años, determinar las tasas de erosión hídrica e identificar las áreas prioritarias de intervención en la cuenca. Los resultados muestran que el 66% (54,000 ha) de la superficie tiene una buena cobertura arbórea y arbustiva y bajas tasas de erosión. El 24% (22,000 ha) presenta tasas de erosión moderadas que van de 10 a 50 t/ha al año, y el 10% (cerca de 7,650 ha), presenta tasas de erosión superiores a las 50 t/ha al año, lo que supera en cinco veces la erosión permisible, de acuerdo con el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos. Lo anterior subraya la necesidad de atender esta superficie con tecnología conservacionista. Estos resultados son congruentes con el análisis de la dinámica del cambio de uso del suelo, ya que la superficie ocupada con bosque aumentó en los últimos 25 años en más de 7,400 ha, la ocupada por matorrales aumentó 5,700 ha y la del uso agrícola en 3,000 ha,

mientras que la superficie con pasto nativo disminuyó 16,500 ha. Con la participación de seis comunidades de las microcuencas El Colorado y El Huracán con una superficie de 4,880 ha en los municipios de Quiroga y Pátzcuaro, se desarrollaron alternativas conservacionistas aplicables tales como: reforestación, establecimiento de plantaciones comerciales, surcados al contorno, barreras vivas, exclusión al pastoreo, cercos vivos y sistemas de pastoreo.

La inversión requerida para aplicar dichas prácticas asciende a 10.5 millones de pesos para ambas microcuencas. Hasta la fecha, las acciones realizadas incluyen 33 km de cercos vivos en linderos de parcelas agropecuarias, reforestación del perímetro de la presa de Coenembo, reforestaciones compactas en 7 ha con especies comerciales de *Pinus michoacana* y *Pinus pseudoestrobis*, protección de márgenes de arroyos y cárcavas con reforestación utilizando *Pinus michoacana* en 3 km y surcado al contorno en una parcela de maíz de 1.5 ha. Se capacitó a cincuenta productores y se adaptó un paquete tecnológico de prácticas conservacionistas que se podrá expandir al resto de la cuenca.



CUENCA VALLE DE BRAVO



CUENCA DEL LAGO DE PÁTZCUARO. REFORESTACIÓN EN MÁRGENES DE CÁRCAVAS

Para atender los problemas de conservación de la cuenca del río Cutzamala, la Conagua y la Comisión de Cuenca Valle de Bravo-Amanalco solicitaron al IMTA la elaboración de un plan rector para ordenar, integrar y coordinar las acciones que realizan instancias federales, estatales, municipales y organizaciones no gubernamentales. Para ello se desarrolló el SIG-Valle de Bravo y un *software* para administrar la información de estudios y documentos relacionados con la cuenca. Estas herramientas permiten orientar las acciones de las diferentes entidades relacionadas con el uso y preservación de los recursos naturales de la cuenca. A la fecha se han integrado más de ochenta capas temáticas con despliegue gráfico, así como los estudios y documentación sobre dicha cuenca de los últimos cinco años, los cuales están siendo utilizados por las diferentes instancias señaladas para manejar la información de la región. Asimismo, a solicitud de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México y de Probosque, se desarrolló un paquete en materia de prácticas de conservación de suelo y agua.

A petición de la Gravamexsc se organizaron 11 talleres sobre promoción, diseño y establecimiento de prácticas conservacionistas en la cuenca de Villa Victoria. Con estos talleres se capacitó a 68 productores, los cuales se habilitaron como promotores de la tecnología conservacionista en los municipios Villa Victoria, San Felipe del Progreso y Donato Guerra. Se difundieron las principales prácticas entre más de doscientos productores de las comunidades y ejidos de la cuenca. La demostración en campo se realizó en 27

módulos de una hectárea donde se llevan a cabo prácticas conservacionistas en laderas, tales como formación paulatina de terrazas con frutales, reforestaciones compactas y cultivos de cobertera.

Operación y mantenimiento de infraestructura hidroagrícola

En colaboración con las asociaciones de usuarios de riego y la Conagua, el Instituto realizó la evaluación del Programa de Rehabilitación y Modernización de Distritos de Riego y del Programa de Desarrollo Parcelario, aplicados durante 2005 en los distritos de riego 014 Río Colorado, B.C.; 066 Valle de Santo Domingo, B.C.S.; 038 Río Mayo y 041 Río Yaqui, Son.; 010 Culiacán, 063 Guasave y 075 Río Fuerte, Sin.; 017 La Laguna, Coah.; 035 La Antigua, Ver.; 026 Bajo Río San Juan, Tam.; 034 Zacatecas, Zac.; 087 Rosario Mezquite, Mich.; 031 Jalisco, Jal.; 011 Alto Río Lerma, Gto., y 05 Delicias, Chih. Para la evaluación se aplicaron 456 encuestas a productores y 52 a personal técnico de los módulos de riego. Los resultados muestran que las reglas de operación de ambos programas se han cumplido; es decir, que las inversiones se realizan de acuerdo con lo programado y que su distribución fue equitativa.

Con el propósito de estandarizar la información de los planes directores de los distritos de riego, elaborados en las gerencias regionales de la Conagua, el Instituto desarrolló un sistema de captura, análisis y jerarquización de inversiones, el cual se distribuyó en



DISTRITO DE RIEGO RÍO YAQUI. EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE REHABILITACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE DISTRITOS DE RIEGO

los distritos de riego para incorporar la información requerida. Adicionalmente, el IMTA revisó la información social, económica, técnica y productiva contenida en veinte planes directores realizados por diversas empresas e instituciones, la cual se integró en el sistema de planes directores también elaborado por el Instituto. Para transferir estos sistemas se impartieron cursos de capacitación en los que participaron 120 técnicos de distritos de riego, empresas privadas e instituciones responsables de la elaboración de los planes directores.

En el marco del Programa Nacional de Medición del Agua en los Distritos de Riego que lleva a cabo la Conagua, el Instituto ha participado en la integración del inventario nacional de puntos de medición, en la selección y diseño de estructuras aforadoras, y en la elaboración de los correspondientes proyectos ejecutivos. Para los distritos de riego 011 Alto Río Lerma, Gto.; 014 Río Colorado, B.C.; 075 Río Fuerte, 010 Cuiliacán, 076 Valle del Carrizo, 063 Guasave y 110 Río San Lorenzo, Sin., y 017 La Laguna, Coah., se elaboraron 210 proyectos ejecutivos para instrumentar la medición en canales principales y laterales. Asimismo, se proporcionó asesoría para la instalación, calibración y validación de los equipos de medición del nivel y la velocidad del agua. Para la elaboración de los proyectos ejecutivos y la supervisión de las obras se capacitó a diez técnicos de los distritos de riego.

El distrito de riego 014 Río Colorado, B.C., inició en 2003 un programa de supervisión de la distribución del agua en la red principal de canales. Desde entonces el Instituto ha proporcionado la asistencia técnica para la elaboración de proyectos de instrumentación de estructuras de control y de medición, así como la supervisión de la instalación, calibración y verificación del funcionamiento de los equipos. Durante 2005 se agregaron a este programa 12 nuevos sitios localizados en los canales Álamo, del Norte, principal de la Mesa Arenosa, Independencia, Alimentador del Sur y Nuevo Delta. Se diseñó el sistema de medición y operación remota para estos sitios asegurando su compatibilidad con el sistema de comunicación existente. Además, se elaboraron los manuales de operación y mantenimiento de los equipos instalados y se entrenó al personal de conservación del distrito para efectuar el mantenimiento requerido.



CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN DE NIVEL

La Conagua solicitó al IMTA asesoría técnica para organizar a los usuarios de unidades de riego de Aguascalientes, Baja California, Michoacán, Nuevo León y San Luis Potosí. Al respecto, se seleccionaron 121 unidades de riego con una superficie de 11,419 ha distribuidas entre 2,056 usuarios de riego. Estas unidades se organizaron en 16 asociaciones civiles y cuatro sociedades de responsabilidad limitada. Para cada organización se elaboraron los estatutos y los reglamentos de operación, conservación y administración. Adicionalmente, se formularon cinco planes directores que incluyen estrategias y acciones para la modernización de la infraestructura productiva. Para fortalecer a las asociaciones de usuarios se efectuaron 27 talleres de asesoría legal y técnica, en los cuales participaron 78 usuarios de Aguascalientes, 72 de Baja California, 121 de Michoacán, 147 de Nuevo León y 225 de San Luis Potosí.

Con el propósito de mantener actualizado al personal de enlace entre la Gerencia de Uso Eficiente del Agua y de la Energía Eléctrica, y las gerencias estatales y regionales de la Conagua, la SGIH solicitó al Instituto la capacitación de dicho personal en materia de selección, operación y mantenimiento de medidores en pozos, y de selección, diseño y evaluación de sistemas de riego parcelario. Para tal fin se elaboró un manual, mismo que se empleó para impartir dos cursos en el Centro de Capacitación del Instituto, en los que participaron 120 técnicos provenientes de todas las entidades federativas del país.