

# Tecnología de Riego y Drenaje

## Ingeniería de riego

Ante la necesidad de sistematizar la generación e integración de la estadística agrícola e hidrométrica de los distritos de riego, la Subdirección General de Operación de la CNA solicitó al Instituto elaborar un sistema informático aplicable a los niveles de módulo de distrito de riego, de gerencia regional y nacional. El sistema desarrollado en *Delphi 6.0* se compone de dos programas principales. El primero, denominado *Sistag-DR*, permite el registro de fechas de siembra, superficies sembrada y cosechada, tipos de cultivo, rendimientos, costos de producción y precios medios rurales, volúmenes concesionados y aplicados, láminas y número de riegos. Con esta información se da seguimiento al

avance del plan de cultivos y se genera la estadística de los módulos de riego. El segundo, denominado *Sistag-CNA*, integra la información por distrito y gerencia regional y genera la estadística nacional de los distritos de riego. Durante el ciclo agrícola Otoño-Invierno 2000-2001 se transfirió el *Sistag-DR* a 85 módulos de riego y el *Sistag-CNA* a veinte distritos de riego. En estos distritos y módulos de riego se capacitaron 147 técnicos sobre el uso de los sistemas mencionados. En el *Sistag-CNA* se tiene capturada la estadística de los distritos de riego de los últimos treinta años.

El IMTA en colaboración con la CNA y la ANUR elaboró un diagnóstico nacional sobre las necesidades de capacitación en riego y drenaje e identificó los sitios para impartir los cursos solicitados por las asociaciones de



SISTEMA DE ESTADÍSTICAS AGRÍCOLAS E HIDROMÉTRICAS DE LOS DISTRITOS DE RIEGO

usuarios, las sociedades de responsabilidad limitada y los distritos de riego. El material didáctico se diseñó para impartir los cursos a regadores, a técnicos y a directivos de las asociaciones de usuarios y de la CNA. Los cursos impartidos fueron: *Conservación de distritos y módulos de riego* en Guadalajara, Jal., y en Reynosa, Tam.; *Operación y mantenimiento de sistemas de alta y baja presión* en Durango, Dgo.; *Dotación volumétrica* en Mexicali, B.C.; *Diseño y operación de sistemas de riego presurizado* en Tecomán, Col.; *Localización y diseño de estructuras de control en canales de riego y Entubamiento de conductos abiertos para riego* en el Cenatryd, Sin.; *Operación, mantenimiento y evaluación de riego presurizado* en Tizimín, Yuc.; y *Mantenimiento de maquinaria de conservación* en Celaya, Gto., Cd. Cardel, Ver., y el Cenatryd, Sin. A estos cursos asistieron 414 técnicos de las asociaciones de usuarios y de la Comisión Nacional del Agua.

Se proporcionaron asesoría y asistencia técnica a las asociaciones de usuarios de los distritos de riego 038 Río Mayo, Son.; 074 Mocerito, 076 Valle del Carrizo Sin.; 094 Jalisco Sur, Jal.; 112 Río Verde, Oax., en la elaboración y supervisión de 15 proyectos de tecnificación del riego parcelario mediante sistemas de multicompuertas, aspersión con avance frontal y pivote central, y sistemas de goteo. La superficie cubierta por estos proyectos es de 3,000 ha, distribuidas entre 290 usuarios. Los cultivos regados con estos sistemas son frutales, hortalizas, maíz, trigo y frijol. Para la revisión y realización de los proyectos las asociaciones de usuarios proporcionaron la información básica de volúmenes concesionados, tipos de suelos, patrón de cultivos, clima, topografía y características de los sitios de bombeo y el Instituto recomendó las ade-



ASISTENCIA TÉCNICA EN TECNIFICACIÓN DEL RIEGO

cuaciones necesarias y elaboró los proyectos ejecutivos. En el distrito Río Verde se proporcionó capacitación a la asociación de usuarios para la operación del sistema de bombeo y de la red colectiva de baja presión que abastece a 956 ha del módulo de riego El Faisán II.

Con la finalidad de mejorar la estimación de la demanda evapotranspirativa de los cultivos, requerida en el sistema de pronóstico de riego en tiempo real utilizado en el distrito de riego 076 Valle del Carrizo, Sin., se instaló una estación agrometeorológica estándar para estimar la evapotranspiración de referencia y una estación micrometeorológica tipo Bowen, para estimar la evapotranspiración real de un cultivo a partir de la medición del balance de energía. Durante el ciclo Otoño-Invierno 2001-2002 se propone obtener el coeficiente de cultivo basal, el factor de abatimiento hídrico, y el crecimiento radical para el trigo en la zona de influencia del campo experimental del Cenatryd, Sinaloa.

## Contaminación y drenaje agrícola

En materia de asistencia técnica, supervisión y evaluación de proyectos de drenaje agrícola se apoyó a los distritos de riego 100 Alfajayucan, Hgo., 109 Río San Lorenzo, 075 Río Fuerte y 076 Valle del Carrizo, Sin. En el distrito de riego Alfajayucan se elaboró el proyecto ejecutivo de un sistema de drenaje agrícola para 250 ha de la zona de Bangandhó. El sistema consta de 12 km de drenes, de los cuales tres son a cielo abierto y nueve son drenes subterráneos rellenos de material pedregoso, ya que la estratigrafía y la composición química de los suelos no permitió la instalación de tubería de drenaje. En el distrito de riego Río San Lorenzo se elaboró un proyecto



TECNIFICACIÓN DEL RIEGO. ASPERSIÓN CON AVANCE FRONTAL Y PIVOTE CENTRAL



EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE DRENAJE AGRÍCOLA



EVALUACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL DR 066  
VALLE DE SANTO DOMINGO, B.C.S.

ejecutivo para instalar tubería de drenaje parcelario en 378 ha con problemas de salinidad. Esta superficie se encuentra en los ejidos San José de las Bocas y Las Truchas. En el distrito Río Fuerte se analizó el funcionamiento hidráulico de los drenes agrícolas Álamos y Juárez, que cruzan la ciudad de Los Mochis, ya que en la época de lluvias su capacidad es insuficiente para el drenaje agrícola, pluvial y urbano, provocando inundaciones en algunas colonias. Se elaboró el proyecto ejecutivo para ampliar la capacidad del dren Álamos de 3 a 8.3 m<sup>3</sup>/s en un tramo de 70 m, mediante dos líneas entubadas de 1.5 m de diámetro. También se elaboró el proyecto para desviar 4.6 m<sup>3</sup>/s del dren Juárez hacia el dren 2+200 mediante la construcción de un vertedor y de la rectificación de la sección transversal y pendiente de 2.5 km del dren 2+200. En el distrito de riego Valle del Carrizo se evaluaron los sistemas de drenaje agrícola instalados durante los últimos seis años encontrándose problemas de taponamientos de las tuberías por raíces y mineralización, e incremento de la sodicidad de los suelos. Para evitar estos problemas se generaron recomendaciones para mejorar los diseños, la instalación y el manejo del agua en la parcela.

Para orientar acciones de prevención y manejo de la salinidad de los suelos de los distritos de riego, se desarrolló una metodología que permite a los responsables de la planeación y operación identificar el origen de la salinidad, evaluar sus efectos y tomar decisiones para mitigar su impacto en el ambiente y en la productividad. Se propusieron índices para identificar el origen de las sales, distinguiendo entre roca madre, agua de riego, nivel freático y manejo del riego. Dependiendo de las características edáficas, del patrón de cultivos, del clima, de los sistemas de producción y de la disponibilidad del

agua, el efecto de la salinidad puede tener diferentes manifestaciones en la calidad del suelo y del agua freática y en el desarrollo de los cultivos. Para evaluar este efecto se recomendaron las acciones siguientes: instalar un pozo de observación por cada 1,000 ha, monitorear mensualmente la profundidad y la calidad del agua freática, elaborar anualmente mapas de salinidad, realizar los análisis químicos de perfiles litológicos y evaluar el rendimiento de los cultivos. El impacto de las sales se puede mitigar mediante acciones en la red de drenaje superficial, control del nivel freático, zonificación de cultivos y rehabilitación de la infraestructura de riego. Esta metodología se aplicó en el distrito de riego 038 Río Mayo, Son., donde la salinidad proviene del material parental, del agua freática y del agua bombeada del acuífero, principalmente. El efecto de la salinidad ha provocado el abandono de 14,000 ha y una disminución en el rendimiento de los principales cultivos del 20%, aproximadamente. Para reducir las pérdidas por filtración se recomienda revestir 56 km de canales principales y laterales, realizar el mantenimiento anual en el 100% de la red de drenaje a cielo abierto y reducir las láminas de riego en un 15% en todos los cultivos.

La sobreexplotación del acuífero del distrito de riego 066 Valle de Santo Domingo, B.C.S., ha provocado la disminución del nivel freático, el deterioro de la calidad del agua y del suelo, y la disminución de la rentabilidad del distrito. Con el propósito de estimar la superficie factible de regar de manera sostenible, se evaluó la operación del distrito de riego con base en la calidad del agua, la salinidad de los suelos, los costos de bombeo y la utilidad neta de los sistemas de producción. De los resultados de esta evaluación se destaca la necesidad de compactar la superficie del distrito a 18,000 ha, de reducir la superficie

de granos y oleaginosas, de rehabilitar el 40% de los equipos de bombeo, de sustituir los sistemas de riego de gravedad por sistemas de baja y alta presión, y de capacitar y proporcionar asistencia técnica a los productores.

## Operación y mantenimiento de infraestructura hidroagícola

Para sistematizar la medición y la entrega volumétrica del agua en los distritos de riego por gravedad, en colaboración con la Subdirección General de Operación de la CNA, el Instituto elaboró un instructivo de medición y un sistema de cómputo para la obtención del inventario de estructuras de control y medición en cauces naturales, canales principales, canales laterales y tomas directas. Para los métodos de aforo más comunes, se preparó un instructivo de medición que incluyó las características de las estructuras de aforo, sus condiciones de adaptabilidad y aspectos complementarios de operación. El sistema de cómputo se distribuyó a los 82 distritos de riego para la obtención detallada del inventario de estructuras. De la información reportada se obtuvieron 4,171 sitios de medición para controlar las entregas hasta el nivel de módulo de riego. De estos sitios, 738 disponen de estructuras aforadoras, en 676 se mide con molinete y en 2,757 se usan flotador y estructuras calibradas. Sobre la elaboración de proyectos ejecutivos para la medición de caudales en canales abiertos se capacitaron 46 técnicos de los distritos de riego 075 Río Fuerte y 076 Valle del Carrizo, Sin., 038 Río Mayo y 041 Río Yaqui, Son., y 014 Río Colorado, B.C. Finalmente, con base en el inventario se elaboró un plan de mejoramiento de la medición en los distritos de riego, que incluye el proyecto y construcción de 750 estructuras aforadoras en cauces naturales y canales, el proyecto y construcción de mil ochocientas estructuras en tomas parcelarias, la calibración de mil compuertas de canales principales y laterales, y un plan de capacitación para técnicos de la CNA y de las organizaciones de usuarios.

En relación con el desarrollo de tecnología para la supervisión de la distribución del agua aplicable en la red mayor de los distritos de riego, se probaron sistemas de comunicación, de medición de niveles y de almacenamiento de información. Para reducir los costos del equipo de transmisión entre los sitios de control de la distribución y los centros de supervisión, se probó un sistema híbrido



PUENTE DE AFORO

de comunicación por cable y radio. El sistema utiliza un punto de recepción y emisión equipado con radio, al cual se conectan por cable varios puntos ubicados a una distancia radial de un kilómetro. Para la medición de niveles se desarrolló un sensor de tipo flotador, que consta de un eje horizontal y permite ajustar el rango de medida de los niveles entre 0 y 3.3 m mediante el cambio de la relación de engranes. El dispositivo de adquisición de la información en puntos de control tiene una capacidad de memoria de 32 kb y permite el almacenamiento de la información de los puntos de control en periodos hasta de seis meses. Estos sistemas se probaron en el laboratorio Enzo Levi del IMTA y posteriormente se instalaron en seis puntos de la red mayor del distrito de riego 076 Valle del Carrizo, Sin. Durante el ciclo Otoño-Invierno 2001-2002 se ha evaluado el funcionamiento de los equipos y se ha iniciado la supervisión de la distribución del agua en el canal lateral 1+780 del canal Principal Norte, el cual abastece a una superficie de 4,000 ha y tiene una capacidad máxima de 5 m<sup>3</sup>/s. En este canal se están evaluando las eficiencias de conducción desde la toma sobre el canal principal hasta la parcela. También se están evaluando las eficiencias de riego en diez parcelas con diferentes cultivos distribuidas en la superficie dominada.

Con el propósito de fortalecer la autogestión de las unidades de riego, el Instituto participó en la organización de usuarios de algunas unidades ubicadas en Aguascalientes, Michoacán, Querétaro, Morelos y Baja California. En las unidades seleccionadas se apoyó a los usuarios para formar asociaciones civiles y agruparse en sociedades de responsabilidad limitada (S. de R. L.). Para cada tipo de organización se elaboraron los estatutos sociales y los correspondientes reglamentos de operación, con-

servación y administración. En Aguascalientes se formaron cinco asociaciones civiles de usuarios, las cuales se constituyeron en la S. de R. L. Valle de Huajúcar con 615 usuarios y 2,692 ha. En Michoacán se formaron las asociaciones civiles de las unidades de Tacámbaro y Turirán y se formó una S. de R. L., con 4,569 ha y 2,900 usuarios. En Querétaro se agruparon las unidades de riego Naranjino Rubio y Jesús María del Marqués en una S. de R. L., con 86 usuarios y 500 ha. En Morelos se formó la S. de R. L., Los Carros-Cayehuacán con 1,492 usuarios y 3,000 ha. En Baja California se agruparon en una S. de R. L., 243 usuarios de 42 pozos profundos que abastecen a 3,921 ha. Simultáneamente a la organización de estas unidades, se proporcionó capacitación en elaboración de planes de riego, de programas de conservación y de aspectos contables a los directivos de las sociedades formadas.

Se llevaron a cabo reuniones en Monterrey, N.L.; Chihuahua, Chih.; Saltillo, Coah.; y Reynosa, Tam., con representantes de los usuarios, de los gobiernos de los estados y de la CILA, sobre la reglamentación de la distribución de las aguas superficiales del río Bravo y sus afluentes. En estas reuniones, coordinadas por la CNA, se analizaron diferentes criterios de distribución de agua que pudieran adoptarse en el reglamento como respuesta a los distintos niveles de disponibilidad en las partes alta y baja de la cuenca. Estos criterios se fundamentan en las políticas de operación de las presas. En la propuesta de reglamento de distribución, que se entregó a los diferentes representantes, se incluyeron las recomendaciones emanadas de las reuniones trabajo.

Con el propósito de transferir a las gerencias regionales y estatales de la CNA una metodología para actualizar la frontera agrícola en cuencas hidrográficas, en colaboración con la Gerencia Regional Golfo Centro, se desarrolló un estudio en las cuencas de los ríos Obispo, Tesechoacán y San Juan, afluentes del río Papaloapan. La zona estudiada cubre una superficie de 1,800,000 ha parte de las cuales se ubican en el distrito de temporal tecnificado 03 Tesechoacán, Ver. Los técnicos de la gerencia regional bajo la supervisión de personal del Instituto realizaron el acopio de información estadística, la generación de bases de datos cartográficas, la selección y clasificación de imágenes de satélite, el análisis espacial para determinar el uso actual y la aptitud de uso del suelo, así como la cuantificación de áreas para definir la frontera agrícola. Del estudio, se identificó la aptitud agroclimatológica para el cultivo de piña, tabaco, arroz,

bananero, tamarindo y cítricos, en sustitución de maíz y sorgo en ciento cincuenta mil hectáreas.

Se desarrolló un sistema de cómputo para dar seguimiento al avance de los programas de conservación de los distritos de riego, actualizar el inventario de la maquinaria disponible y elaborar informes. El sistema consta de subrutinas para la captura de la información de la maquinaria concesionada a los módulos de riego y de los programas anuales de conservación. El avance de tales programas de conservación se registra a nivel de módulo, de sociedad de responsabilidad limitada, de distrito de riego y nacional. El sistema se utilizó para capturar el inventario de maquinaria y crear la base de datos relativa a los programas de conservación de los distritos de riego en los años agrícolas 1998-1999 y 1999-2,000.

## Conservación de cuencas

Con el propósito de apoyar la planeación de los distritos de temporal tecnificado, en colaboración con la Subdirección General de Operación de la CNA, se desarrolló un sistema de cómputo que permite la captura de la información y la creación de una base de datos con el inventario de los recursos naturales, la infraestructura de apoyo a la producción agropecuaria, los aspectos organizativos de las asociaciones de usuarios y los sistemas de producción de los distritos. Con esta información se identificaron acciones de tecnificación, organización y capacitación y se programaron acciones a corto, mediano y largo plazos. El sistema se probó con información del distrito 017 Tapachula, Chis., y posteriormente se distribuyó al resto de los distritos para el acopio de la información. Para cada distrito se definieron planes de rehabilitación



CAPACITACIÓN Y CAPTURA DE LA INFORMACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE DISTRITOS DE TEMPORAL TECNIFICADO



ASESORÍA A PRODUCTORES DE LA SOCIEDAD DE PRODUCCIÓN RURAL DE SAN ANDRÉS DE LA CAL, MOR.

y modernización, en los cuales se precisan las necesidades de inversión en infraestructura, maquinaria, estudios, capacitación y operación.

El Instituto colaboró con diferentes organismos del Estado de México en la selección y aplicación de prácticas conservacionistas de agua y suelo en las cuencas Valle de Bravo y Villa Victoria. En coordinación con la Secretaría de Desarrollo Agropecuario se desarrollaron 14 proyectos ejecutivos de manejo y conservación de los recursos naturales de la subcuenca del río Amanalco. En estos proyectos, que cubren una superficie de 7,000 ha, se propusieron alternativas de manejo, se identificaron necesidades de inversión y se seleccionaron las prácticas específicas. Con la Secretaría de Ecología se participó en la elaboración del Plan de Ordenamiento Ecológico de las Cuencas Valle de Bravo y Villa Victoria y en la aplicación de prácticas de conservación de suelo y agua en zonas de ladera. En el marco de este plan de ordenamiento se realizaron surcados al contorno, formación de terrazas con frutales y reforestación con diferen-

tes especies en 1,100 ha. Con el Organismo Operador de Agua Potable de Valle de Bravo se participó en la protección de los manantiales que abastecen de agua a Valle de Bravo y Avándaro. La protección considera la reconversión productiva en las áreas agrícolas y la aplicación de prácticas para incrementar la infiltración como terrazas con agave y surcado al contorno, en haba, papa y maíz. En parcelas de productores cooperantes se instalaron y se dio seguimiento a 54 módulos demostrativos con estas prácticas. Se apoyó a la presidencia municipal de Amanalco, en la formulación y puesta en marcha del Plan Municipal de Manejo de los Recursos Naturales. Este plan se inició con la Unión de Ejidos Forestales Emiliano Zapata del municipio, con la cual se trabajó en 250 ha de la microcuenca del arroyo La Garrapata en la instalación de presas de gavión y de piedra acomodada combinadas con un geotextil para retener los finos provenientes de las parcelas agrícolas y evitar el azolvamiento de la presa Valle de Bravo. Para difundir e inducir el uso de estas tecnologías se realizaron veinte reuniones en comunidades de las dos cuencas, donde se presentaron videos sobre la conservación del suelo y del agua a dos mil habitantes aproximadamente.

En Morelos se apoyó a la Sociedad de Producción Rural de San Andrés de la Cal para implementar un proyecto de desarrollo integral en la microcuenca del mismo nombre. El proyecto comprende acciones de conservación de recursos naturales, desarrollo comunitario, proyectos de género y desarrollo de la agroindustria. El Instituto apoyó a la Sociedad en la formulación del componente recursos naturales, que inició con acciones de siembra de maíz híbrido de alta densidad, labranza de conservación, rehabilitación de terrazas de piedra y manejo pecuario con pastoreo controlado y ensilados.