

Tecnología de Riego y Drenaje

Ingeniería de riego

Con la finalidad de facilitar el proceso de elaboración y revisión de proyectos ejecutivos de sistemas de riego parcelario y de orientar tanto a los prestadores de servicios como a los responsables de la licitación de las obras en la selección, diseño, instalación y puesta en marcha de los equipos y los componentes de riego, la CNA solicitó al IMTA la realización de un manual para elaborar y revisar proyectos ejecutivos de riego por compuertas, aspersión y goteo. Para cumplir con el propósito del manual, la definición temática y los alcances de cada capítulo se analizaron conjuntamente con personal de las gerencias de estudios, proyectos y construcción de la CNA. El manual describe la utilización de las nuevas tecnologías de observación a distancia y de metodologías de interpolación para la obtención de la información básica. También se presentan los procedimientos y metodologías para la selección y diseño agronómico, hidráulico y constructivo de los sistemas de riego.



EVALUACIÓN ELECTROMECÁNICA, IXTLILCO EL GRANDE, MOR.

Para facilitar la revisión de los proyectos se incluyen formatos de presentación de resultados e indicadores técnicos, económicos y de operación. En el diseño, selección de materiales e instalación de los sistemas de riego se consideran las especificaciones emitidas por el Comité Técnico Nacional de Normalización de Sistemas y Equipos de Riego.

Con el fin de incrementar la productividad de las áreas agrícolas bajo riego en Morelos, la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, a través del Fideicomiso de la Alianza para el Campo en el estado, contrató al Instituto para elaborar 17 proyectos ejecutivos de sistemas de riego y fertirriego con tuberías de multicompuerta, goteo y microaspersión. Estos proyectos cubren una superficie de 1,692 ha distribuidas en los municipios de Cuautla, Zacatepec, Jojutla, Tlayacapan, Tlaquiltenango, Jonacatepec, Axochiapan y Mazatepec. En el proceso de elaboración de los proyectos participaron diez técnicos de la Secretaría, a quienes se les capacitó en la supervisión de la instalación y en la operación de los sistemas.

Ante la necesidad de obtener la información hidrométrica y agrícola de los distritos de riego del país, con oportunidad y confiabilidad al final de cada año agrícola, la CNA solicitó al IMTA el desarrollo de un sistema informático para obtener, revisar y validar la información durante el desarrollo de los ciclos agrícolas y generar la estadística anual de los distritos de riego. El sistema, denominado *Sistag-CNA*, sistematiza e integra la información hidroagrícola proveniente de los módulos y distritos de riego. Con él se generó el informe de la estadística agrícola e hidrométrica del año agrícola

2000-2001, publicado por la CNA. Los informes se produjeron en dos volúmenes con un total de 1,400 ejemplares impresos en papel y quinientos en discos compactos, los cuales han sido distribuidos a los distritos de riego y a las unidades operativas de la CNA. Para capacitar al personal de la CNA en la operación del *Sistag-CNA*, se realizaron cuatro cursos regionales con la participación de personal técnico de las subgerencias operativas de la CNA y de los responsables de la estadística e hidrometría de los distritos de riego del país. En estos cursos participaron 98 técnicos de 66 distritos de riego y de diez gerencias regionales.

En el marco del Programa Nacional de Capacitación Abierta en Riego y Drenaje 2002, se impartieron los siguientes cursos: en el Cenatryd, Sin., *Principios y técnicas de riego, Aplicación y supervisión del riego parcelario y Operación, control y mantenimiento de maquinaria y equipo*; en Los Mochis, Sin., *Diseño, instalación y evaluación de sistemas de drenaje agrícola*; en Torreón, Coah., *Dotación volumétrica*; en Cortazar, Gto., *Estructuras de medición en zonas de riego* y en Mexicali, B.C., *Formulación y evaluación de planes de riego*. A estos cursos asistieron doscientos participantes

de asociaciones de usuarios, de la CNA y de empresas privadas.

A solicitud de los directivos de la asociación de usuarios del distrito de riego 037 Altar Pitiquito, Son., de la CNA y de la Sagarpa, el IMTA evaluó la recarga del acuífero que alimenta al distrito y propuso alternativas de reconversión productiva y de tecnificación de la zona de riego. El distrito opera 832 pozos que durante los últimos cinco años han extraído en promedio quinientos millones de m³ anuales. En 1993, la asociación de usuarios convino con la CNA reducir la extracción anual de 680 millones de m³ a 300 millones para 2005. La superficie sembrada ha disminuido de 65,000 ha en 1970 a 30,000 en 2002. De esta última superficie, 13,000 ha se han tecnificado con sistemas presurizados para el riego de vid, olivo y espárrago. En las 17,000 ha restantes se siembran granos, forrajes y hortalizas regados con sistemas tradicionales. Para estimar la recarga del acuífero se registraron los volúmenes extraídos en los 832 pozos durante los últimos seis años agrícolas y la piezometría de 1970 a 2002. Con base en esta información y en las características geohidrológicas del acuífero se determinó la recarga natural del mismo mediante la uti-



EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO, D.R. 037 ALTAR PITIQUITO, SON.



AFORO DE POZOS, D.R. 037, ALTAR PITIQUITO, SON.

lización del modelo de simulación *Modflow*. Los resultados de la modelación permitieron estimar la recarga natural del acuífero, la cual es del orden de 117 millones de m³ anuales. Para evaluar los sistemas de riego, el estado de la infraestructura y los sistemas de cultivo dominados por cada pozo de bombeo, se determinó un tamaño de muestra de 120 pozos distribuidos en toda la superficie del distrito. Tomando como base el volumen de recarga natural, en colaboración con directivos de la asociación de usuarios y del distrito de riego, se analizaron diferentes escenarios de tecnificación para disminuir la superficie de riego y modificar el patrón de cultivos. Considerando el tipo de cultivo, su rentabilidad y el nivel de tecnificación existente, la superficie sustentable resultó de 12,134 ha, de las cuales 11,934 ha se destinarían a cultivos perennes y 200 ha al cultivo de hortalizas bajo agricultura controlada. Con esta propuesta sólo quedarían 503 pozos en operación con una concesión anual de 146 millones de m³, de los cuales, 117 millones de m³ corresponden a la recarga natural y 29 millones de m³ a la recarga inducida por retornos de riego.

Contaminación y drenaje agrícola

Con el propósito de determinar el volumen a concesionar a la unidad de riego Labores Viejas de Ciudad Camargo, Chih., la SGO de la CNA solicitó al IMTA estimar la superficie sembrada y la evolución del patrón de cultivos durante los últimos diez años agrícolas. Para ello, se utilizaron imágenes de satélite de 1992 a 2002, tomadas antes del inicio de la temporada anual de lluvias en la región. La superficie de cultivo ha variado de 5,428 ha en 1992 a 7,690 ha en 2002, lo cual fue verificado con recorridos de campo que permitieron identificar, además, los límites de la unidad de riego y la existencia de infraestructura hidráulica de distribución de agua. En la imagen de 2002, el 18% se encontraba sin cultivo, en el 56% el patrón de cultivos estaba conformado por alfalfa y nogal, y en el 26% de la superficie se tenían cultivos de maíz, frijol, avena y hortalizas. El cálculo del requerimiento total de riego se realizó suponiendo que el citado 18% de la superficie estuviera sembrado con cultivos anuales, o con cultivos perennes. La evapotranspiración real de los cultivos fue obtenida para las condiciones de

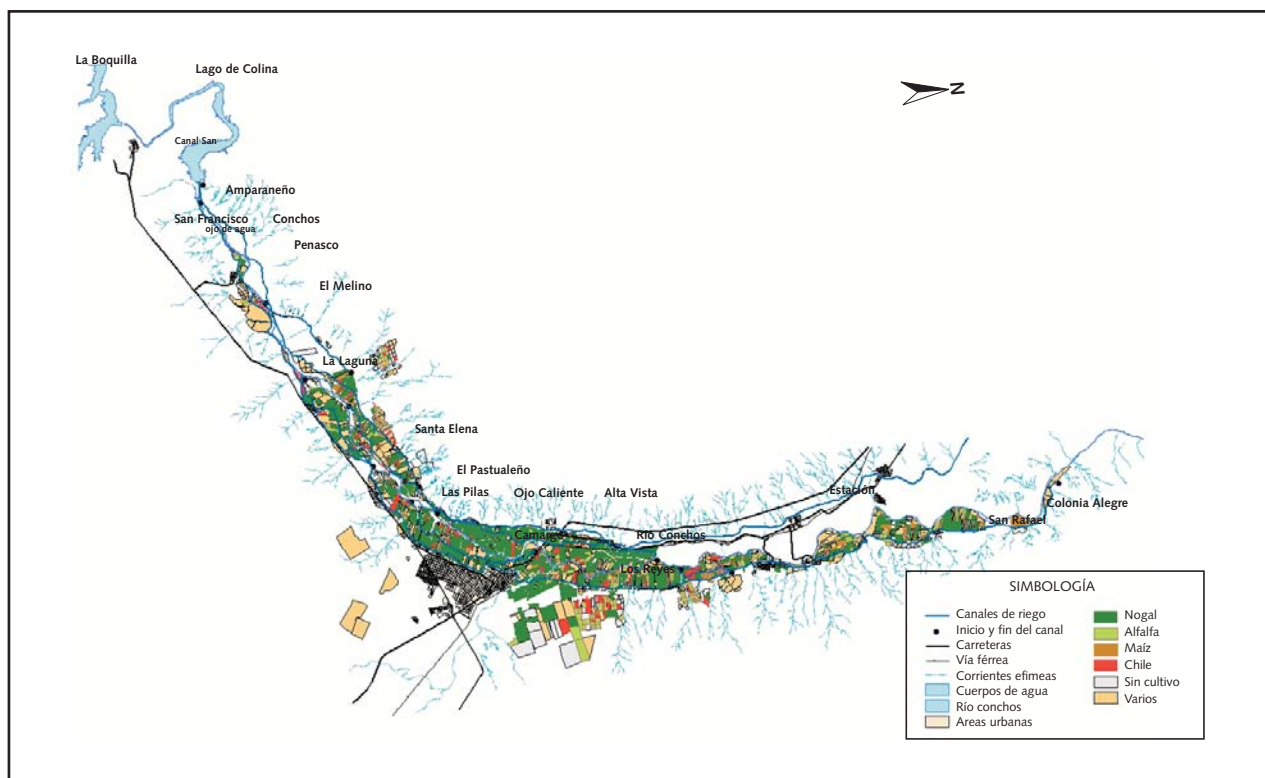


REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN CON USUARIOS DE LA UNIDAD DE RIEGO LABORES VIEJAS, CHIH.

la unidad de riego con el método de Penman-Monteith, utilizando información de una estación climatológica automática ubicada en la zona de estudio. La representatividad histórica de estos datos fue verificada a través de comparación con registros de temperatura y evaporación de 45 años de estaciones climatológicas tradicionales ubicadas también en la zona de estudio. A partir de la estimación de la evapotranspiración de cada uno de los cultivos de los patrones mencionados, el cálculo del requerimiento total en la unidad de riego en

el que el 18% se cubra con cultivos anuales es de 53 millones de m³, y con cultivos perennes, de 65 millones de m³. Estos resultados serán empleados por la CNA para negociar el volumen de la concesión con los usuarios.

Los directivos de algunos módulos del distrito de riego 038 Río Mayo, Son., plantearon a la CNA la necesidad de actualizar los valores de las eficiencias globales de conducción de los módulos de riego. Algunos de los directivos locales suponían que la disminución de los volúmenes utilizados durante los últimos cinco años provocó una disminución de los niveles freáticos y, consecuentemente, de las eficiencias. Para probar esta hipótesis, y con el propósito de estimar los volúmenes a asignar a cada uno de los 16 módulos de riego, el IMTA, en colaboración con la CNA y con los usuarios, realizó una campaña de medición de eficiencias de conducción en las redes mayor y menor del distrito, y de aplicación parcelaria. Durante los meses de máxima demanda de riego del ciclo otoño-invierno 2001-2002, se realizaron 973 aforos en canales principales y laterales, además de 13 evaluaciones de riego en parcelas sembradas principalmente con trigo y



PLANO DE CULTIVOS, UNIDAD DE RIEGO LABORES VIEJAS, CHIH.

maíz. Se creó una base de datos con observaciones freáticas en 14 módulos durante los últimos cinco años, a partir de la cual se elaboraron las respectivas gráficas áreas-tiempo. El análisis de estas gráficas permitió concluir que la dinámica del nivel freático no tuvo influencia significativa sobre la disminución de la eficiencia de los módulos de riego. Las eficiencias fueron obtenidas mediante la relación de los caudales medidos en puntos de entrega de los módulos y los caudales medidos en puntos de recepción de los mismos. Para complementar este análisis, las eficiencias de cada canal fueron estimadas a partir de la información hidrométrica de los módulos. La eficiencia de conducción media de los 16 módulos resultó del 74%. La eficiencia de aplicación fue evaluada en el último riego de auxilio, en el cual el requerimiento de riego del trigo era de 6 cm, mientras que las láminas aplicadas en las parcelas evaluadas fluctuaron entre 11 y 14 cm. La eficiencia de aplicación obtenida varió entre 40 y 50%. En general, las eficiencias de conducción y de aplicación de los módulos y del distrito se han mantenido en el mismo rango de valores; sin embargo, la eficiencia global en el distrito, en la Sociedad de Responsabilidad Limitada y en los módulos podría mejorarse significativamente mediante trazos y diseños parcelarios y una programación de la demanda de riego y de la distribución del agua.

Operación y mantenimiento de infraestructura hidroagrícola

Con el propósito de apoyar la organización y la capacitación de usuarios de unidades de riego ubicadas en Aguascalientes, Michoacán y Morelos, la SGO de la CNA solicitó la asesoría del Instituto para la conformación de asociaciones civiles de usuarios y elaborar sus estatutos, así como sus reglamentos de operación, conservación y administración. En Aguascalientes se formaron 12 asociaciones civiles y dos sociedades de producción rural, las cuales se agruparon en la Sociedad de Responsabilidad Limitada de Cosío, integrada por 175 usuarios de 804 ha. En Michoacán se constituyeron dos asociaciones de usuarios y la Sociedad de Responsabilidad Limitada Usuarios de Riego San Pedro

Bocaneo, Santa Clara del Tule y Jeráhuaro, que agrupa a 243 usuarios de 1,044 ha. En Morelos se integraron 12 sociedades de producción rural agrupadas en la Sociedad de Responsabilidad Limitada San Miguel Atlacahualoya con 464 usuarios de 642 ha. Se capacitó a cincuenta directivos de estas organizaciones en operación, conservación y administración de las unidades de riego organizadas.

A solicitud de la SGO se desarrolló un sistema de información para las unidades de riego con almacenamiento, derivaciones, manantiales y bombeos. El sistema, denominado *SUR*, permite actualizar el inventario de la infraestructura, evalúa las necesidades de rehabilitación y modernización, y jerarquiza las inversiones en el corto, mediano y largo plazos, en función de la capacidad financiera de los productores. El *SUR* se aplicó en 135 unidades de riego ubicadas en Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Zacatecas, Puebla, Coahuila, Durango, Nayarit y Aguascalientes. Para evaluar el funcionamiento de las unidades, el sistema genera indicadores de eficiencia técnica de productividad y de organización.

Se elaboró un sistema de cómputo para actualizar el inventario de maquinaria, determinar las necesidades de mantenimiento preventivo y los requerimientos de adquisición de maquinaria y equipo en 454 módulos, diez sociedades de responsabilidad limitada y 83 distritos de riego. Mediante el sistema se define el parque óptimo de maquinaria y su distribución nacional, a fin de satisfacer las necesidades anuales de conservación. Asimismo, permite realizar consultas y reportes por módulo, sociedad de responsabilidad limitada, distrito de riego y región administrativa.

Con el propósito de sistematizar la medición del agua en los diferentes ámbitos operativos del distrito de riego 05 Delicias, Chih., se elaboraron cien proyectos ejecutivos para medir los volúmenes entregados en los puntos de control del distrito, de las sociedades de responsabilidad limitada del Conchos y del San Pedro y de los 12 módulos de riego. La información básica para elaborar los proyectos se obtuvo mediante levantamientos topográficos y mediciones hidráulicas en cada sitio. En general, sobre los canales laterales se diseñaron vertedores de garganta larga y sobre los canales principales

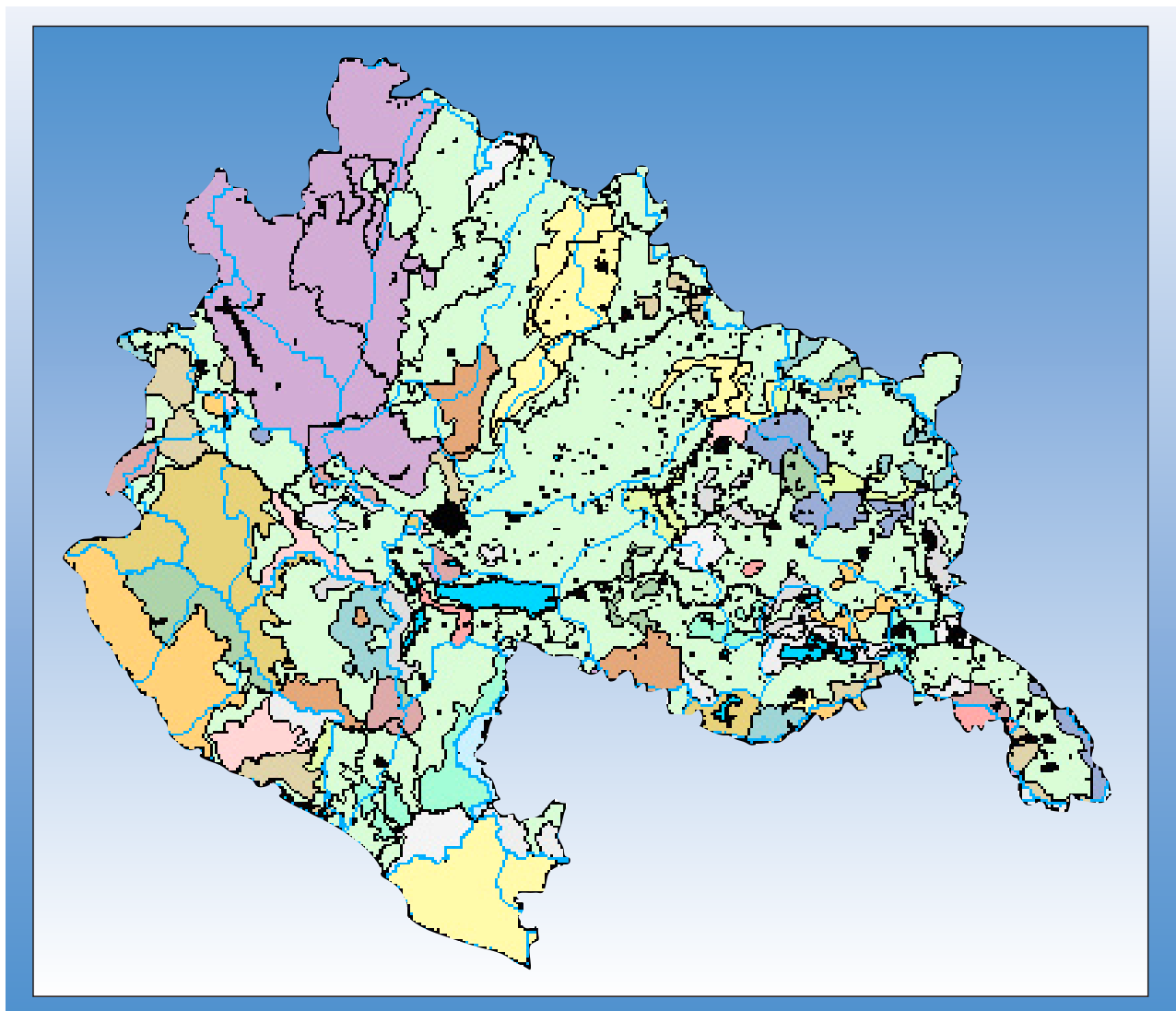
con pendientes suaves se seleccionaron dispositivos ultrasónicos para medir la velocidad en secciones transversales uniformes. En todos los casos, los proyectos incluyen las necesidades de obra civil y de equipo para la captura y transmisión de la información.

Conservación de cuencas

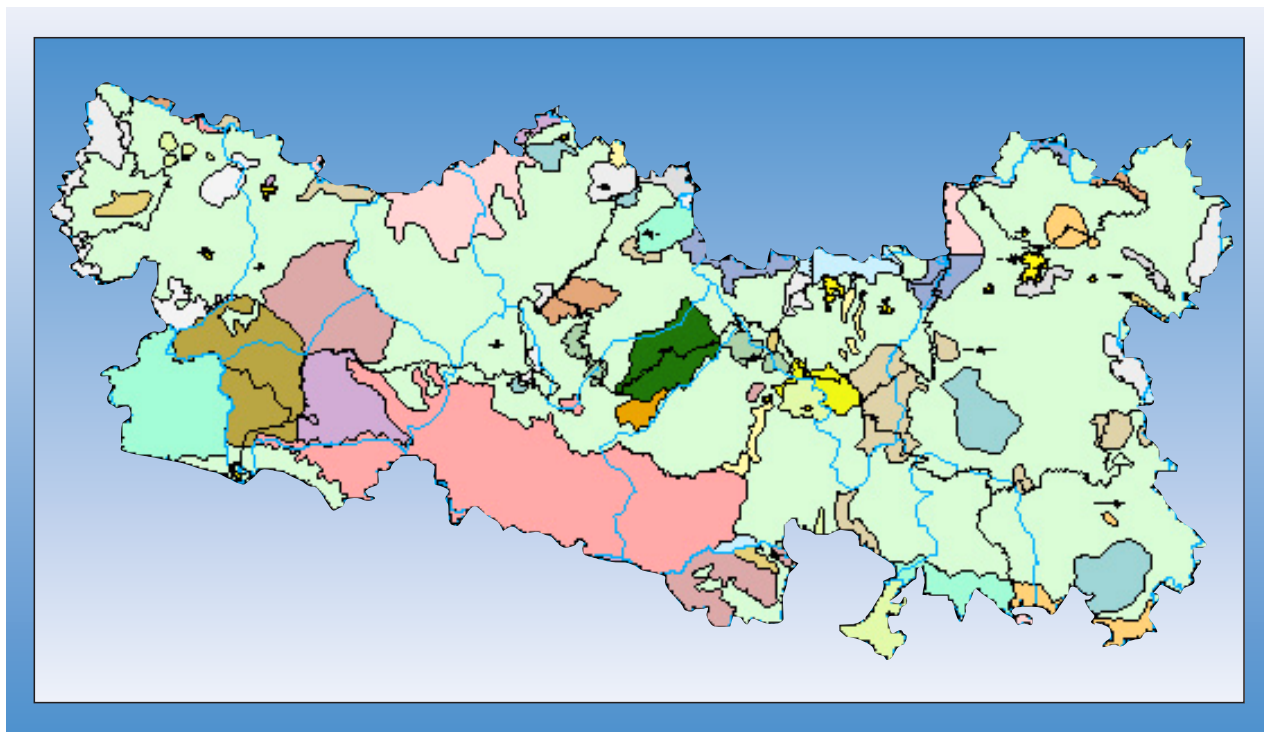
En colaboración con la CNA se desarrolló el *software SITT-Admin*, con el propósito de integrar y manejar de manera expedita la información que se ha generado en los 16 distritos de temporal tecnificado del país. El *SITT-Admin* permite consultar de forma muy rápida cualquier información sobre los

distritos y despliega de manera tabular y gráfica diversos conceptos como: inventarios de infraestructura construida y rehabilitada, cuotas de mantenimiento, cultivos, superficie sembrada y cosechada y relación beneficio-costos, entre otros indicadores productivos de los distritos. Este sistema se ha aplicado en los distritos durante el ciclo agrícola 2002-2003 y ha permitido un manejo homogéneo y consolidado de la información entre los niveles nacional, regional, estatal y de distrito.

A solicitud de la Conafor, el Instituto elaboró un estudio para la recuperación forestal de las regiones hidrológico-administrativas Balsas y Lerma-Santiago-Pacífico. La información básica se obtuvo de material cartográfico generado por el INEGI y el INE, y de imágenes de satélite. Esta información se



REGIÓN LERMA-SANTIAGO-PACÍFICO, ÁREAS ESTRATÉGICAS QUE DEBEN PERMANECER CON COBERTURA VEGETAL PERMANENTE



REGIÓN BALSAS, ÁREAS ESTRATÉGICAS QUE DEBEN PERMANECER CON COBERTURA VEGETAL PERMANENTE

analizó mediante el *SIG-Cuencas*, para determinar las necesidades de recuperación forestal de las regiones mencionadas, las cuales cubren una superficie aproximada de 12 y 18.5 millones de ha, respectivamente. Las necesidades de reforestación se definieron en función del uso actual del suelo y de los siguientes rangos de pendiente: de 0 a 8, 8 a 15, 15 a 30, 30 a 60 y mayor de 60%. Así, para la región Balsas, del total de su superficie se requiere reforestar cerca del 27%, y en la Lerma-Santiago-Pacífico se requiere restablecer la cubierta vegetal en un 22%. El ordenamiento de las acciones de recuperación forestal en ambas regiones se definió con base en los siguientes criterios: áreas potenciales para impulsar el pago por servicio ambiental hídrico, superficies de las áreas naturales protegi-

das que requieren recuperación, áreas para la conservación y protección de infraestructura hidroagrícola y cuerpos de agua, y zonas de ribera sin cubierta vegetal de los principales ríos. Cada uno de estos criterios se desplegó cartográficamente en la superficie correspondiente de las regiones. Para la recuperación forestal se recomiendan, en función de las características específicas, alguno de los siguientes modelos de reforestación: exclusión al pastoreo para propiciar la regeneración natural, espaciamiento e incorporación mecánica de semilla forestal, reforestación más exclusión al pastoreo, reforestación con control de cárcavas, reforestación más prácticas de captación de lluvia, y en las áreas con uso agrícola, establecimiento de barreras y cercos vivos y cortinas rompevientos.

