

Artículo publicado en el Repositorio Institucional del IMTA

<i>Título</i>	Transferencia y adaptación de un sistema de información geográfica a asociaciones de usuarios de distritos de riego transferidos.
<i>Autor / Adscripción</i>	Israel Velasco Braulio D. Robles Santiago Jaimes Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
<i>Publicación</i>	Ingeniería Hidráulica en México, 11(2): 33-47
<i>Fecha de publicación</i>	1996
<i>Resumen</i>	Se presenta la adaptación de un sistema de información geográfica, SIG, (realizado para la tercera unidad del distrito de riego 026: Bajo Río San Juan, Tamaulipas) donde se asocian las diversas bases de datos que permiten representar espacialmente (geográficamente), las características de un lote o toda una sección de riego, en cuanto a los aspectos informativos más importantes, con los que se puede apoyar la planeación, seguimiento, registro y evaluación de las diversas actividades que se realizan durante el desarrollo de un ciclo agrícola, además de registrar; previamente, y relacionar las características agrológicas y de infraestructura, así como la del Padrón de Usuarios.
<i>Identificador</i>	http://hdl.handle.net/123456789/1270

Transferencia y adaptación de un sistema de información geográfica a asociaciones de usuarios de distritos de riego transferidos

Israel Velasco
Braulio D. Robles
Santiago Jaimes

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Se presenta la adaptación de un sistema de información geográfica, SIG, (realizado para la tercera unidad del distrito de riego 026: Bajo Río San Juan, Tamaulipas, compuesta por cinco módulos de riego) donde se asocian las diversas bases de datos que, en forma congruente, ágil y oportuna, permiten representar espacialmente (geográficamente), las características de un lote o toda una sección de riego, en cuanto a los aspectos informativos más importantes, con los que se puede apoyar la planeación, seguimiento, registro y evaluación de las diversas actividades que se realizan durante el desarrollo de un ciclo agrícola, además de registrar, previamente, y relacionar las características agrológicas y de infraestructura, así como la del Padrón de Usuarios. Así, la generación de planos temáticos, mosaicos y reportes numéricos, apoyados sobre las mismas bases de datos, permiten contar con información veraz y oportuna, lo cual a su vez, puede facilitar la tarea de la autoadministración de los módulos, así como su mejoramiento y modernización en las áreas de operación, conservación e ingeniería de riego y drenaje.

Palabras clave: sistemas de información geográfica, bases de datos, distritos de riego, infraestructura agrícola, autoadministración.

Introducción

En términos generales, es de gran importancia que toda organización cuente con información confiable y oportuna que le permita conocer su situación, servir de apoyo en la planeación y programación de actividades y contar con elementos de juicio en la toma de decisiones.

El funcionamiento de un distrito de riego (DR) y la toma de decisiones que permita aprovechar al máximo los recursos, fundamentalmente se apoya en el conocimiento y el análisis de la información que genera. Las actividades realizadas en sus diversas áreas técnicas, se programan y ejecutan principalmente de acuerdo a dos tipos de información:

- Numérico-estadística. Conjunta la caracterización y el desarrollo histórico, como resultado de las actividades del distrito de riego

- Gráfica. Resume la información y la hace más objetiva y evidente, plasmándola en diversos planos, en donde los conceptos relevantes se aprecian fácilmente y su aspecto cualitativo se refuerza

A raíz de la transferencia de los DR a los usuarios organizados, se creó como consecuencia un proceso gradual y dinámico que les ha permitido aumentar la eficiencia de los procedimientos y las metodologías para logra su autoadministración en menor tiempo, costo y esfuerzo, así como elevar su producción y productividad. Una de las bases de este proceso es la disponibilidad oportuna, ágil y veraz de información que brinda la metodología de los sistemas de información geográfica, SIG, que constituyen una herramienta capaz de integrar masivamente el manejo de datos.

En este trabajo se presenta un SIG desarrollado para los módulos de la tercera unidad del DR 026, Bajo San Juan, Tamaulipas, DR 026, mediante el con-

venio de participación *IMTA-MÓDULOS-DR 026*, cuya finalidad es que dispongan de una herramienta de apoyo para el manejo rápido y confiable de la información que ellos mismos generan, y así contar con más y mejores elementos de juicio para la planeación, la programación y la evaluación de sus actividades de operación, conservación y administración.

Los resultados, aunque incipientes, pues recientemente se empezó a utilizar el SIG, son alentadores y de alta potencialidad, por lo que se espera que a futuro, su uso se amplíe y mejore, cumpliendo así el objetivo de facilitar las tareas de manejo de información (Velasco *et al.*, 1992).

Metodología

En términos generales un SIG está representado por un conjunto de equipos informáticos, de programas, de datos geográficos y técnicos para recopilar, almacenar, actualizar, manipular y presentar eficientemente todas las formas de información georeferenciada.

Los SIG, como herramienta de apoyo, entre otros procesos, permiten identificar un objetivo en un lugar específico, buscar y mostrar puntos o sitios que reúnan ciertas condiciones o atributos, e identificar los cambios ocurridos en un área determinada a través del tiempo y evaluar sus efectos, permitiendo plantear y realizar acciones que contrarresten uno o varios problemas (Guevara, 1993).

En general, las ventajas que se obtienen al realizar el manejo de la información de manera automatizada utilizando SIG, son entre otras (Aronoff, 1989):

- Control centralizado de la información
- Uso compartido y más eficiente de los datos
- Independencia y unicidad de los datos
- Implantación de nuevas aplicaciones sobre la base
- Acceso directo del usuario
- Mínimas redundancias y divergencias

Entre las aplicaciones más importantes se encuentran la generación de mapas en forma más rápida y económica; la generación de nuevos mapas para usos específicos; la producción de mapas en ausencia de personal especializado; las diversas presentaciones gráficas con los mismos datos; la actualización de mapas en forma digital (directamente con la tableta digitalizadora); el análisis de datos donde se requiere la interacción del análisis estadístico con el mapa; crear mapas difíciles de trazar a mano; la revisión detallada del proceso, estando en condiciones de introducir mejoras.

Como una desventaja en la implantación de un SIG se observa su costo inicial; sin embargo en el caso del

DR 026, los usuarios se organizaron de tal manera que el costo del proyecto que a ellos corresponde pagar, se distribuyó entre el número total de usuarios, haciendo de esta manera menos pesada la adquisición del equipo, programas y pago proporcional de los costos de desarrollo del sistema.

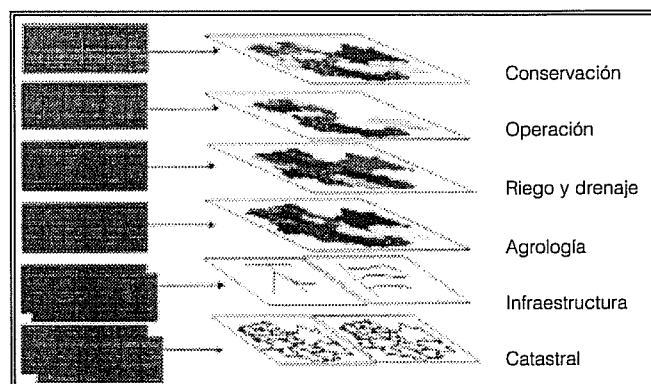
Composición, estructura y diseño del SIG

Parte del desarrollo del sistema es su adaptación al contexto de los módulos; es decir, realizando un análisis de las necesidades de manejo de información y características que presenta ésta en los módulos, donde uno de los principales manejos dados al SIG desarrollado es la organización de la información y la forma en que ésta se deberá relacionar: la información se organiza como capas o estratos de datos, en el que cada capa consta de un plano y sus características descriptivas asociadas.

De esta forma se tiene una capa que representa a la cuadrícula de cada sección con sus correspondientes coordenadas geográficas, el plano catastral identificando a cada uno de los predios, y la infraestructura, la cual se capturó de manera similar, es decir se generó una capa para canales, otra para drenes, otra para tomas-granja y otra para caminos; lo referente a salinidad, series y textura de los suelos se capturó como capas a nivel de la Unidad. Posteriormente se divide en lo que corresponde a las secciones; ya que esta es la forma en que se levanta y maneja este tipo de información, es decir, son estudios de gran escala.

Esta forma de organizar la información representa un modelo más cercano a los factores que influyen dentro de un área de riego, además que, para efectos de flexibilidad del sistema, facilita su transferencia, ya que cuando no sea necesaria o haga falta una capa de información, sólo será cuestión de quitarla o agregarla sin necesidad de modificar la estructura (ESRI, 1988).

1. Representación conceptual del SIG



Los SIG proveen un conjunto de procedimientos para realizar el análisis de los datos espaciales y descriptivos y la organización de la información en capas es la más adecuada para realizar este tipo de análisis (ilustración 1).

El sistema comprende diferentes capas de información, generadas por los planos catastrales y de infraestructura de cada una de las 24 secciones de riego, así como los planos de salinidad, series de suelos y texturas de toda la tercera unidad; la secuencia de integración debió seguir un orden lógico y congruente.

En primer lugar se ubica el análisis de las necesidades de información de los módulos, donde se define el tipo de información numérica y las capas de información cartográfica que serán incluidas en el SIG. La información analizada se refiere a los temas de manejo común en los módulos de riego:

- Catastral
- Infraestructura
- Operación
- Conservación
- IDRYD

Posteriormente se revisó y validó la información que fue seleccionada, dando además la unión lógica a la referencia geográfica con sus respectivos atributos, por cada una de las capas.

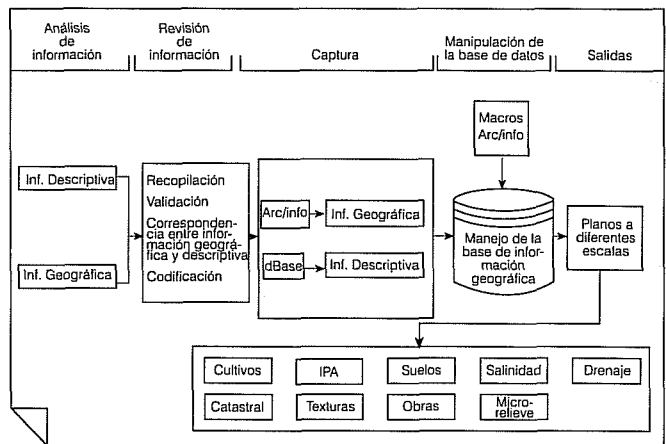
La captura de los datos (geográficos y descriptivos), es el siguiente paso en la implantación del SIG. Los datos geográficos son digitalizados por medio de una tableta y con el *software* ARC/INFO (Computer Associate, 1992a) y la información descriptiva se captura usando programas generados en dBase y CLIPPER.

Capturada la información se llevó a cabo la relación entre los datos geográficos y sus atributos para integrar la cartografía. Así mismo se generaron los macros en el lenguaje SML de ARC/INFO para manejar estas bases de datos. Estos macros permiten una serie de análisis y aplicaciones de gran importancia, por ejemplo la consulta simultánea de la información tanto en pantalla como en forma impresa, la generación de planos temáticos (mosaicos), reportes y mapas nuevos que presentan el conjunto de características, resultado de la sobreposición de varios temas.

Durante el diseño y desarrollo metodológico, una vez determinada el área de trabajo, se definieron para la base de datos digital, las capas de información (coberturas) que se incluirían y los elementos que las constituirían; además se identificó el sistema de coordenadas a utilizar y los atributos que conformarían a cada elemento, su organización y codificación.

Actualmente se tienen definidos los elementos ca-

2. Secuencia metodológica en el desarrollo del SIG



nal, dren y toma-granja, con atributos tales como nombre, categoría, tramo, gasto, plantilla, talud, tirante, libre bordo, pendiente, material y rugosidad para el primero. En el segundo elemento se considera nombre, categoría, tramo, gasto, plantilla, talud, tirante, libre bordo y pendiente. Los atributos del tercer elemento son: tipo, ubicación, capacidad y estructura aforadora. También se definieron las capas de información de carácter operativo, como cultivos, variedades, riegos, fertilización, etcétera.

Los Módulos del SIG

Uno de los objetivos principales consistió en desarrollar el SIG mediante un sistema modular-interactivo basado en menús de opciones que permitieran al usuario tener acceso y disponer en cualquier momento de la información que en éste se maneja, de manera que el usuario, sin previos conocimientos de computación y sólo con la capacitación y el auxilio del manual de operación, pueda manejarlo de manera práctica y versátil, oprimiendo sólo algunas teclas que ejecutarán la consulta o actividad deseada en el momento que se requiera (Didón, 1991).

Los menús de opciones resultan un sistema de gran atractivo visual que permiten la adaptación del programa ARC/INFO a las necesidades y formas de trabajo particular.

Los menús consisten en el listado de una serie de opciones en la pantalla desde la cual se realiza la selección; ésta normalmente consiste en la ejecución de una serie secuencial de órdenes, todo un programa, o incluso otra serie de menús de manera entrelazada. La manera en que se representa al SIG, constituye un excelente sistema que facilita la presentación y aprovechamiento de los datos (ilustración 2).

Creación de las bases de datos

El éxito que se obtenga de los resultados generados durante la aplicación y uso de un SIG, dependerá de la calidad y veracidad de la información con que esté alimentado. Los datos introducidos a un SIG son un modelo que representan algún aspecto del mundo real. Por medio del modelo se representan las entidades y las relaciones que existen entre éstas.

El modelar los datos geográficos dentro de un SIG, permite realizar diferentes tipos de análisis que de otra forma sería muy difícil o casi imposible llevar a cabo directamente en el terreno. El modelo puede ser usado para probar diferentes escenarios que determinen el mejor de acuerdo a los eventos presentados, o simular las consecuencias que produciría el efecto de ciertos fenómenos o acciones.

La información incluida es la más utilizada en las diversas áreas de un DR y la combinación de dos o más temas permite elaborar análisis más específicos. La capacidad de análisis del SIG no quedará limitada a la información considerada en un principio, ya que si algún tipo de información no existiera en el modelo y también se quisiera considerar, sólo será necesario integrar los datos correspondientes al tema en cuestión y agregarlos al modelo actual como una capa más de información.

Debido a que se encuentran fenómenos que no se presentan bajo un patrón homogéneo, como la salinidad, la textura y las series, las cuales se manifiestan en manchones, es incierto determinar que un lote tiene ciertos atributos de este tipo cuando realmente se podrían presentar otros; por ello se procedió a capturar los elementos cartográficos en capas de información temática que asegurara la distribución de los fenómenos de manera real y objetiva.

La organización de la información por capas, permitirá realizar un mejor manejo de la información, ya que cada capa tendrá asociada exclusivamente su información descriptiva correspondiente, además que su análisis será más preciso al sobreponer cada una de estas, directamente en pantalla, imprimirlas o clasificarlas.

Así se tiene que la información incluida dentro del sistema, correspondió en primer lugar al plano catastral por sección de riego, con la correspondiente información del Padrón de Usuarios; relacionada a ésta se le agregaron datos captados a nivel de predio, como son los resultados de la operación de un ciclo agrícola.

La integración, análisis, codificación y captura de las bases de datos es la parte más crítica del proyecto y también la más laboriosa; la calidad del análisis y de los productos finales dependen de lo completa y precisa que sea la información.

Para llevar a cabo la codificación de la información fue necesario elaborar un catálogo de claves en el cual se diera a conocer la descripción del concepto y el número con el cual estaría representado para su registro en los formatos de información. De esta manera se facilitaría la captura de datos en los formatos correspondientes del sistema, ya que sólo se registra el número que representa al concepto (dado durante la codificación de datos) y no el concepto, de esta manera se evita recapturar (textualmente) un concepto y se disminuye el riesgo de cometer errores ortográficos.

Para la captura de la información contenida en el Padrón de Usuarios, se empleó el programa desarrollado para la Gerencia de Distritos de Riego, GDR, de la Comisión Nacional del Agua, CNA, denominado Sistema para el Manejo de Padrones de Usuarios, SIPAD, que se encuentra liberado por la CNA-GDR para uso común de los DR. Para lograr su integración y validación total, fue necesario realizar minuciosamente una revisión del estado de esta información con relación a los planos catastrales correspondientes, verificando su congruencia para asegurar la calidad requerida por el sistema de información geográfica.

Cabe señalar que debido a que los usuarios generalmente emplean el número de lote para identificar sus predios y para realizar otras actividades, se aumentó un campo en las bases de datos del SIPAD (exclusivamente para la tercera unidad), para que se procediera a su registro. De esta manera al imprimir un plano con el sistema, será posible plasmar en cada lote su número correspondiente, a elección.

La cartografía en general se capturó mediante el uso de una tableta digitalizadora generando archivos digitales. Estos archivos son manejados por separado, considerando cada uno de ellos una capa de información o cobertura con las características particulares de cada tema (atributos).

Interrelación de las bases de datos

La potencia de un SIG radica en su capacidad para relacionar los datos numérico-estadísticos con los datos geográficos o espaciales. Esta relación se logra de acuerdo a la descripción que presentamos en los siguientes párrafos (*Computer Associate*, 1992b).

Los nexos de unión entre los elementos cartográficos y atributos o información descriptiva, se mantienen por medio de un identificador único asignado a cada uno de los elementos; es decir, este elemento debe ser un dato común entre esta información.

A los polígonos, que en este caso representan a los predios o parcelas, el identificador se les asignó en el momento de su digitalización mediante una etiqueta

que representa su número de cuenta y subcuenta, siendo este el dato común entre el Padrón de Usuarios y el plano catastral correspondiente.

Para los canales, el número de identificación con que se relaciona, es el correspondiente a la clasificación y codificación de canal dada por el propio SIPAD, e igualmente para el caso de toma granja, considerada por SIPAD como punto de control.

El identificador asignado se almacena físicamente en dos lugares: en el fichero (archivo) que contiene las coordenadas X, Y, y en el registro correspondiente a la tabla de atributos generada con los procesos de ARC/INFO después de digitalizar.

La información geográfica catastral y de infraestructura está contenida en un mismo plano por cada una de las secciones de riego, por lo que del plano se extrajeron seis capas de información (cuadrícula del distrito, división catastral, canales, drenes, tomas y caminos), de tal manera que de cada sección de riego se generaron seis coberturas diferentes, cada una con su propia identificación.

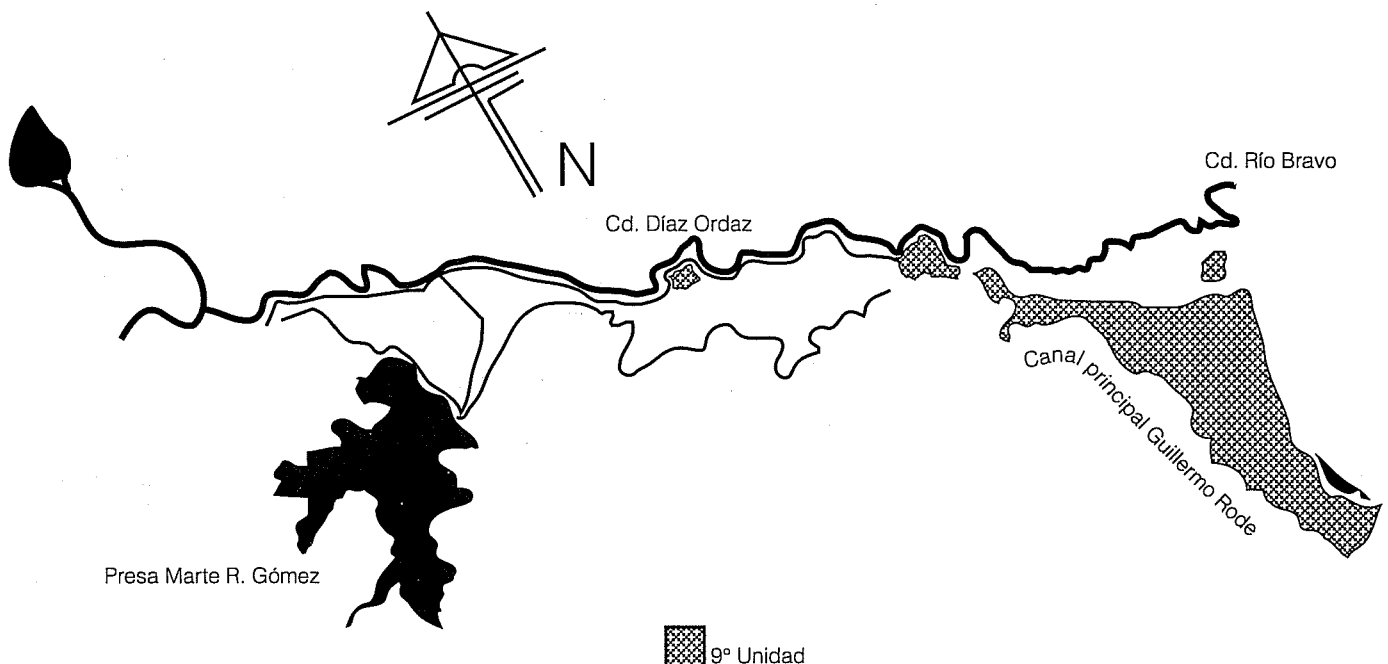
La información sobre las demás capas se obtuvo para el total de la tercera unidad de riego. Se trabajó un plano por cada tema (textura, series de suelos y salinidad). Para su relación a las secciones y módulos, la referencia común es la cuadrícula, que además es válida para todo el DR, porque es la misma.

Cada módulo de riego está integrado por secciones, de tal manera que para asegurar su congruencia al momento de realizar sobreposiciones se identificaron las coordenadas geográficas correspondientes a los planos de cada uno de ellas, comparándolas con las coordenadas del módulo y con las presentadas en la cuadrícula general del DR. De esta forma se generaron lo que en un SIG se denomina *tics*, que no son otra cosa que puntos de registro que representan la posición de elementos conocidos en la superficie de la tierra de los que se conocen sus coordenadas reales. Entonces, para cada cobertura, se utilizó el mismo conjunto de *tics*, de forma que las diversas capas de información pudieran relacionarse entre sí y ser congruentes espacialmente.

Durante el proceso de digitalización, mediante una etiqueta, se asignaron identificadores. El nexo de unión entre los elementos del plano y los atributos generados durante su captura se mantiene por medio del identificador único, asignado a cada elemento.

El programa ARC/INFO permite automáticamente (mediante la ejecución de algunos procesos programados), relacionar las diferentes bases de datos incluidas al sistema de manera organizada, a través de una secuencia de órdenes del ARC/INFO que facilitan la realización de operaciones geográficas con cierto grado de complejidad.

3. Plano general del DR 026 Bajo Río San Juan, Tamaulipas



Distrito de riego 026 Bajo Río San Juan, Tamaulipas

El DR 026 (ilustración 3), al norte de Tamaulipas, en la frontera con los Estados Unidos de América, ocupa total o parcialmente los municipios de Mier, Miguel Alemán, Camargo, Gustavo Díaz Ordaz, Reynosa y Río Bravo, con una superficie dominada de 85 901 ha, de las cuales 76 951 son regables.

El área del distrito se divide en cinco unidades de riego con 5 258 usuarios. El tipo de tenencia de la tierra prevaleciente es el de propiedad privada con 3 535 propietarios que poseen el 74% de la superficie del distrito, con un promedio de 18.02 ha por usuario. El tipo de tenencia ejidal abarca 13 231 ha divididas entre 1 407 usuarios con un promedio de 9.40 hectáreas.

Para dotar del agua necesaria para el riego, se tiene la presa de almacenamiento Marte R. Gómez, con una capacidad de 932 millones de m³; su fuente de abastecimiento es el río San Juan. Por medio de bombeo se extrae agua del río Bravo para complementar sus necesidades; existen tres plantas de bombeo en operación.

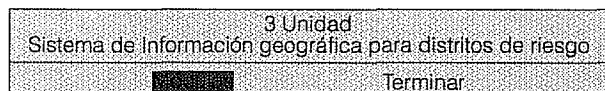
La red de canales comprende 1 074.3 km, divididos en 225.4 km de principales y 848.9 de laterales. La red de drenaje tiene una longitud de 1 229.7 km. Existen 208.5 km de caminos pavimentados, 649.5 revestidos y 1 519.5 km de tierra.

Tercera unidad de riego

Esta Unidad está constituida por los módulos III-1, III-2, III-3, III-4 y III-5 con 24 secciones de riego que cubren una superficie de 43 184 ha, de la cual 37 157.7 ha está bajo riego y es detentada por 1 884 usuarios (ilustración 4).

Aún cuando recibe agua de la presa Marte R. Gómez a través del canal Guillermo Rode, una importante proporción de la misma procede del río Bravo, del

4. Tercera unidad del Distrito de Riego 026, Bajo Río San Juan, Tamaulipas.



- Módulo 1
- ▨ Módulo 2
- ▩ Módulo 3
- ▧ Módulo 4
- ▦ Módulo 5



5. Información del Padrón de Usuarios, según pantalla de captura por SIPAD

>> Localización <<		>> Identificación <<	
Unidad: ■	Zona: ■	Sección: ■	
		Cuenta: ■■	SubCuenta: ■
>> Canales <<			
Principal: ■	Lateral: ■	SubLateral: ■	Ramal: ■
		SubRamal: ■	SubRamal: ■
>> Datos Generales <<			
Punto de Control: ■	Tipo de Usuario: ■	Sist. de Riego: ■	Eq. de bombeo: ■
Estado: ■	Municipio: ■	Ejido: ■	Grupo: ■
		Predio: ■	
Apellido Paterno	Apellido Materno	Nombre	
■■■■■	■■■■■	■■■■■■■■■■	
<< Superficies >>		Sup. Física: ■■■■■■	Ha. Sup. Efect. Rgo.: ■■■■■■
		Ha.	
<< Última Modificación >>		Fecha: ■■■■■■	Referencia: ■

que se extrae mediante la planta de bombeo Anzaldúas-Rode, con una capacidad de hasta 30 m³/seg, con 12 equipos de bombeo.

Los Módulos III-1, III-2, III-3, III-4 y III-5

Para abastecerse de agua, las secciones de riego hacen uso del canal principal Guillermo Rode. El módulo III-1 comprende las secciones 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48 y 48-A, con 58.728 km de canales laterales y 49.369 km de canales sublaterales, 8 313.2 ha y 813 registros en el Padrón de Usuarios.

El módulo III-2 comprende las secciones 49, 50, 51, 52, 53 y 54, con 39.26 km de canales laterales y 20.649 km de canales sublaterales, 7 012.6 ha y 423 registros de padrón.

El módulo III-3 considera las secciones 55, 56 y 57 con 32.945 km de canales laterales, 1.948 km de canales sublaterales, 6 228.4 ha y 254 registros de padrón.

El módulo III-4 comprende las secciones 58, 59 y 60, con 28.515 km de canales laterales, 26.974 de sublaterales, 8 140.1 ha y 256 registros de padrón.

Finalmente, el módulo III-5 comprende las secciones 61, 62 y 63 y cuenta con 23.967 km de canales laterales, 24.631 de canales sublaterales, 7 463.5 ha y 382 registros de Padrón de Usuarios.

Tipos de información del SIG

El SIG desarrollado para los módulos de la tercera unidad del DR 026 está constituido principalmente por información alfa-numérica (Padrón de Usuarios, agrología, infraestructura hidroagrícola y operación) y cartográfica (plano catastral, de infraestructura hidroagrícola (canal, dren, toma-granja, y caminos), planos de salinidad analizada, textura y series de suelos (CNA, 1992).

6. Información estadística a capturar por lote y por ciclo para el SIG

Operación						
Cuenta:	2744	Sub-Cta:	01	Lote:	42	Reg. 32/75
Año	Ciclo	Cultivo	Variedad	Explotac	Crédito Seguro	Seguro Sup. Semb. (has)
Asiento:	Fecha	Sup. Reg.	Horas	Q (lps)	Vol (Mm3)	L.N. (cm)
Riego 1:		0.00	0	0.00	0.00	0.00
Riego 2:		0.00	0	0.00	0.00	0.00
Riego 3:		0.00	0	0.00	0.00	0.00
Total		0.00	0	0.00	0.00	0.00
Fertilización	Tipo	Fecha	Kg/Ha	Has		
Pre-Siembra			0.00	0.00		
Siembra 1			0.00	0.00		
Siembra 2			0.00	0.00		
Siembra 3			0.00	0.00		
Sup. Cosechada	Rendimiento	PMR	Costo/Ha	Siniestro		
0.00	0.00	0.00	0.00			
Mover	editar	Grabar				

7. Pantalla de captura de las características hidráulicas y geométricas de un tramo de canal

Canales	
Principal:	2
Lateral:	0
Sub-Lateral:	0
Ramal:	0
S-Ramal:	0
Reg. 4/19	
Clave	: 68 J
Tramo	: 61+720 - 109+486
Tramo Longitud	: 47.77
Gasto	: 40.60
Base	: 14.00
Talud	: 1.5
Tirante	: 3.45
Rugosidad	: 0.00000
Material	: 2
Libre Bordo	: 1.00
Corona	: 2.50
E. Conduc.	: 0.00
E. Conserv.	: 0.00
Mover	Editar Grabar

8. Pantalla de captura de los datos correspondientes a un tramo de dren

Drenes	
Principal:	0-53319
Ramal:	1661
Ramal:	0+400-3+500
P. Control	: 3.10
Descripción	: 2.50
Km	: 2.00
Tipo	: 1.5
Modalidad	: 2.50
Material	: 0.00000
Aforador	: 0.00040
E. Conserv.	: 0.00
Mover	Editar Grabar

Numérica y estadística

Esta información representa el desarrollo histórico de las actividades que se realizan en un DR. Incluye la relacionada al Padrón de Usuarios, documento de gran importancia por ser fundamental para planear y programar acciones y con base en éste, se determinan presupuestos, costos, cuotas, tiempos de ejecución, valor y volumen de la producción, volúmenes de agua, cultivos, etc. Este documento registra a cada una de las personas físicas o morales que hacen uso de los servicios de riego, drenaje, doméstico, industrial o de cualquier otro tipo que se proporcione con sus obras, además de los nombres de los usuarios, contiene las superficies físicas y netas de riego o de drenaje de las parcelas o lotes beneficiados y datos complementarios para su identificación y localización dentro del área del DR. (ilustración 5)

A partir de la consideración de que el padrón es congruente con la cartografía catastral, el SIG se encuentra listo para recibir la información de cualquier ciclo agrícola. Entre la información estadística considerada se puede mencionar, por ciclo agrícola: cultivos, superficie sembrada, regada, cosechada, asegurada, volumen de agua distribuido, número de riegos aplicados, fecha, tiempo de riego, gasto aplicado en cada uno de ellos y siniestros (ilustración 6).

Actualmente los módulos llevan el registro en computadora de la información de las diversas labores y conceptos que son de su interés, y sólo parte de esa información se incluye en el SIG, tanto por razones de volumen de datos como de utilidad.

Otro tipo de información considerada en el SIG se refiere a las características hidráulicas y geométricas de la infraestructura hidroagrícola; por ejemplo, para el caso de canales (ilustración 7) en cada uno de sus tramos se incluye información sobre: tramo, longitud, gasto, base, talud, tirante, rugosidad, material, libre bordo, corona, eficiencia de conducción y estado de conservación.

9. Pantalla de captura de datos correspondientes a caminos

Caminos	
Reg. 2/36	
Inventario	: 0
Descripción	: 0
Tipo	: 0
Ancho	: 0.00
Tramo	: 0
Longitud	: 0.00
E. Conserv.	: 0
Mover	Editar Grabar

Para el caso de drenes: tramo, longitud, base, planilla, talud, tirante, gasto, rugosidad, pendiente, profundidad, corona y estado de conservación. Para caminos: tipo, ancho, tramo, longitud y estado de conservación y para tomas-granja, se incluye información como identificación del canal, kilometraje, capacidad, tipo, modalidad, material, estructura aforadora y estado de conservación.

Cartográfica

Una manera de presentar y de resumir la información numérico-estadística con la finalidad de hacerla más objetiva y evidente, es su representación gráfica en diversos planos, en donde los conceptos más importantes se pueden apreciar con mayor facilidad, reforzando su aspecto cualitativo. Dentro de esta información, el sistema incluye: plano catastral, de infraestructura hidroagrícola, salinidad analizada, texturas, pozos de observación de niveles freáticos, series de suelos, tenencia, ejidos, municipios y cultivos.

Análisis de la información

En esta etapa se analizó y validó la información incluida dentro del SIG, se recopiló información cartográfica, formatos con información de los módulos y documentos que sirvieron para formar la base de datos del sistema.

La preparación adecuada de la información numérico-estadística y cartográfica previa a su captura en el sistema, es una tarea imprescindible si se pretende un rendimiento eficaz en el módulo de entrada de datos al

sistema. Para que los datos puedan ingresar al sistema y ser de utilidad, deben estar validados y ser 100% congruentes. Las consideraciones de calidad y disponibilidad de la información son de primera importancia para que los resultados a sean confiables:

- Planos claros y entendibles, con mínima distorsión, con coordenadas y proyección bien definidas
- Cada elemento del plano debe contar con su relación correspondiente y sus datos descriptivos, iniciando por el Padrón de Usuarios
- Se deben revisar las fuentes de los datos descriptivos y verificar que se encuentren correctos

Durante la revisión del material cartográfico y numérico-descriptivo se encontraron algunos puntos que requirieron corrección, complementación o ambas acciones. Posteriormente se estuvo en condiciones de hacer su captura.

Resultados del SIG

Consulta a las bases de datos

Mediante la opción CONSULTA, el SIG permite acceder a la información de manera rápida y sencilla. De esta forma, desplegado en pantalla el plano catastral de la sección de interés y sobre éste las estructuras y las diversas obras (canales, drenes, tomas y caminos), será necesario seleccionar el concepto que se desee conocer como el Padrón de Usuarios, un tramo de canal, el dren, las características de una toma-granja en particular, datos agrológicos o de operación.

10. Consulta a la base de datos de un tramo de canal previamente seleccionado

Principal: 2 Lateral: 62 Sublateral: 1
 Ramal: 0 Subramal: 0 Subsubramal: 0
 Descripción: Subiat: 0+400 Del

Clave: 328 +

Tramo: 0+000-9+000
 Longitud: 8
 Gasto: 2.42000
 Base: 1
 Talud: 1.25:1
 Tirante: 1.40000
 Rugosidad: 0
 Material: 1
 Libre bordo: 0.20000
 Corona: 6
 Ef. Conducción: 0
 Est. Conserv.: 0

Grabar
 Cancelar

02 E-103 E-104 E-1

11. Consulta a la base de datos de un tramo de dren

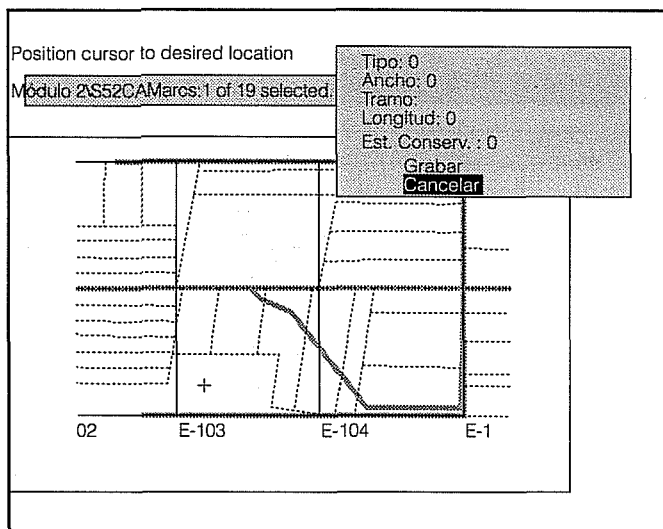
Position cursor to desired location
 Módulo: ZAS52DRE arcs:1 of 27 selected.

Inventario: 1448
 Descripción:
 Tramo: 0+000-9+700
 Longitud: 9.70000
 Gasto: 5.10000
 Planilla: 2
 Talud: 1.5:1
 Tirante: 2.50000
 Rugosidad: 0
 Pendiente: 0.00050
 Profundidad: 0
 Corona: 4
 Est. Conserv.: 0

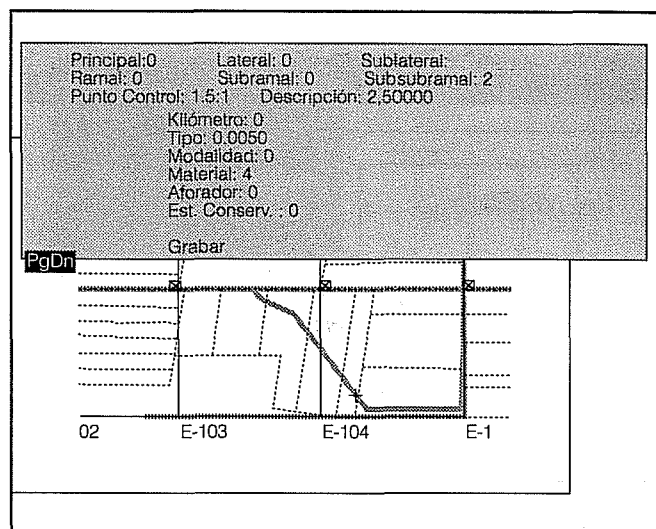
Grabar
Cancelar

02 E-103 E-104 E-1

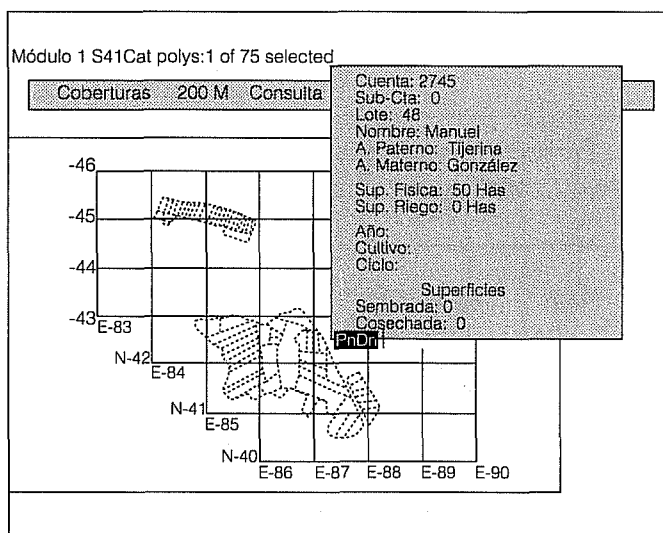
12. Acceso a la base de datos de caminos



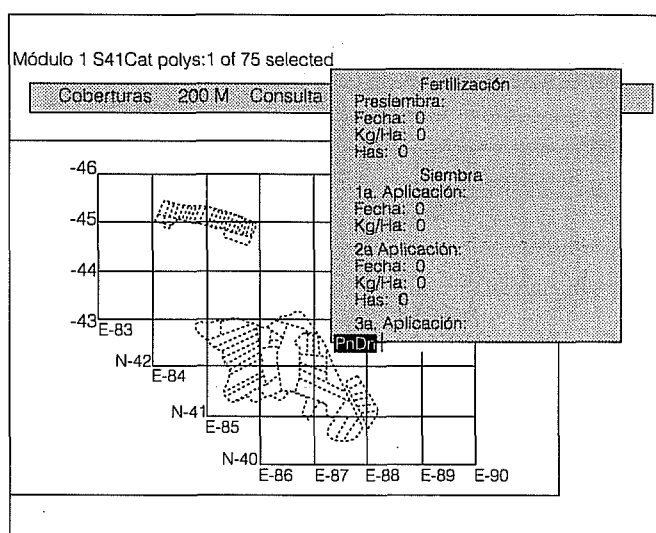
13. Acceso a la base de datos de una toma-granja



14. Acceso a la base de datos de operación (pantalla 1/5)



15. Acceso a la base de datos de operación (pantalla 2/5)



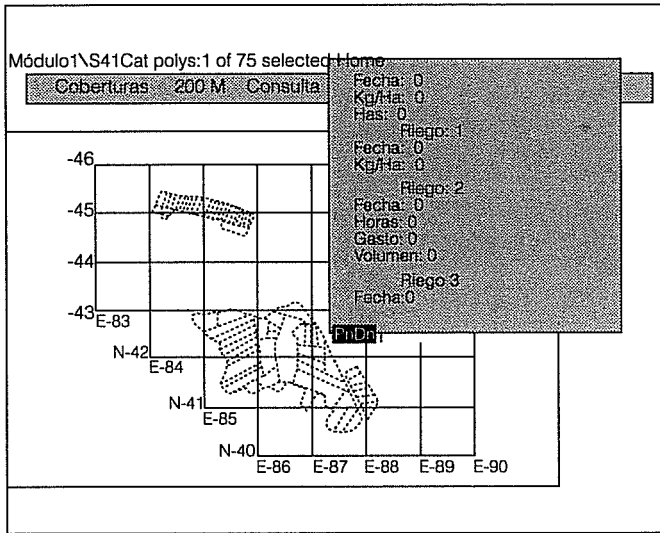
Por ejemplo, para realizar la consulta de la información de un tramo de canal, es necesario seleccionar con el cursor el tramo de interés y aparecerá en pantalla la información más relevante (previamente capturada) con relación a sus características (ilustración 10).

Asimismo podemos conocer inmediatamente la información correspondiente a un tramo de dren (ilustración 11), un tramo de camino (ilustración 12), una toma en particular (ilustración 13) o la correspondiente a la generada durante el desarrollo de un ciclo agrícola (ilustraciones 14, 15, 16, 17 y 18).

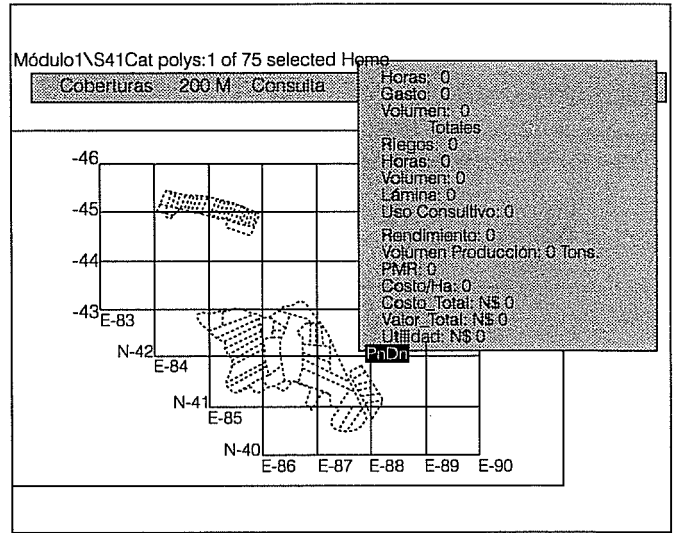
La información se puede consultar ya sea acce-

diendo a la opción SIG, donde se incluye la mayoría de las aplicaciones o mediante la opción EDIT que considera los procesos de actualización de información, utilizando formatos en donde se consideran los diversos temas (infraestructura, operación, agrología) ya relacionados mediante programa con el correspondiente Padrón de Usuarios. Esta opción permite también otros procesos que son necesarios para dar el formato adecuado a la información que en el sistema se desea incorporar (GENERAR, CATÁLOGOS, CARGAR DATOS, IMPRIMIR). El detalle del funcionamiento de estos procesos se incluye en el manual del usuario.

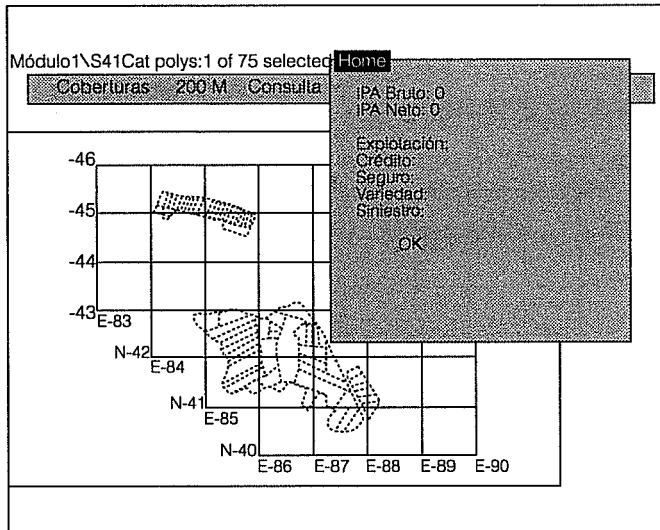
16. Acceso a la base de datos de operación (pantalla 3/5)



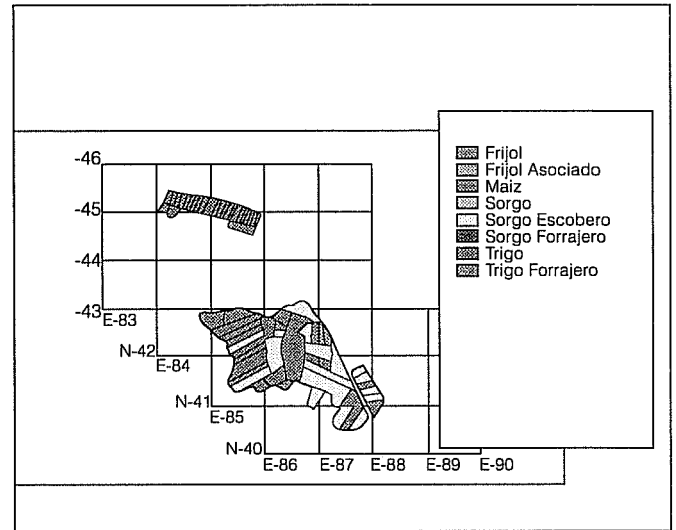
17. Acceso a la base de datos de operación (pantalla 4/5)



18. Acceso a la base de datos de operación (pantalla 5/5)



19. Distribución geográfica de los cultivos (mosaico de cultivos)



Creación y presentación de mosaicos temáticos

Una de las aplicaciones de importancia considerada en el sistema, es la de poder relacionar la información numérico-estadística y cartográfica, y realizar con ésta diversos análisis y procesos, entre estos, la generación de mosaicos que representen diversos temas de interés.

Por ejemplo la distribución geográfica de los cultivos (ilustración 19), variedades, las superficies aseguradas (ilustración 20), superficies con crédito (ilustración 21), el registro geográfico de la aplicación de fertilizantes (ilustración 22) y sus diferentes componentes

orgánicos e inorgánicos, los tipos y distribución de siniestros que impidieron se logaran los rendimientos esperados, los tipos de tenencia de la tierra (ilustración 23), los municipios (ilustración 24), los tipos de explotación de la tierra (ilustración 25), entre otros, para que tanto directivos como técnicos y usuarios encargados del sistema puedan disponer gráficamente de los diferentes factores que inciden de manera significativa en sus áreas de producción.

Así, conocer la distribución espacial de los diversos factores que intervienen en el desarrollo de las actividades agrícolas en un periodo determinado, y su evaluación al menos cualitativa, seguramente que será de

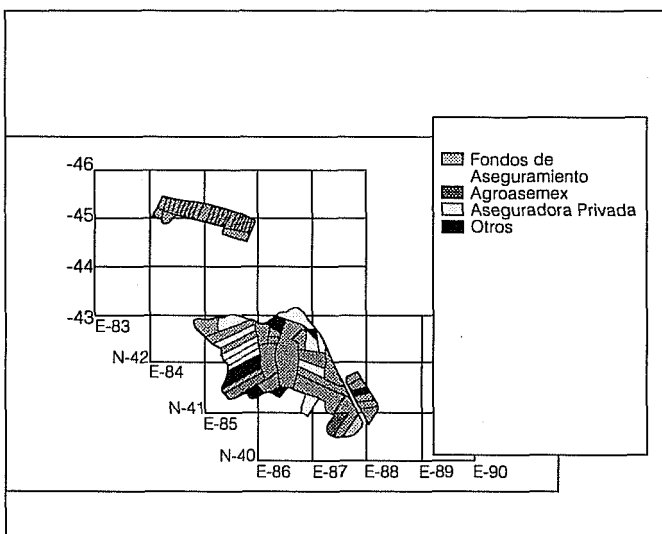
gran valor para los analistas y directivos de los módulos, así como para los técnicos del propio DR, que cuenten con mayores elementos de juicio y análisis para mejorar su desarrollo y el aprovechamiento de los diferentes recursos productivos.

Aunque no se puede apreciar en estas páginas, cada uno de los mosaicos presenta sus diferentes conceptos temáticos mediante diferente coloración, además de la simbología correspondiente a cada uno de ellos. Cabe mencionar que al estar desplegado un mosaico, es posible realizar las diversas consultas permitidas por el sistema.

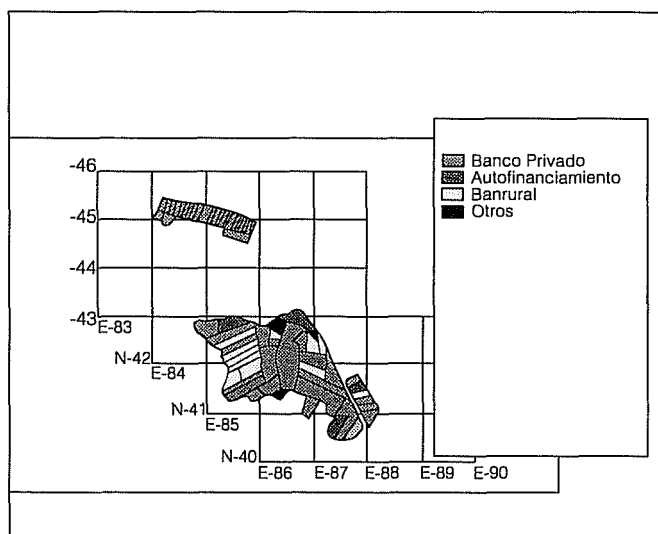
Los mosaicos pueden procesarse y actualizarse en cualquier etapa del ciclo o año agrícola. Una de sus más importantes utilidades se tiene al final del ciclo, cuando la información está completa y puede verse en conjunto para realizar los análisis y evaluaciones de interés.

Otro análisis de importancia que permite el SIG es la sobreposición de los mosaicos, con lo cual es posible identificar un conjunto de características correspondientes a una zona en particular. De esta manera, se podrán ubicar factores que al estar rebasando niveles normales de incidencia, y que beneficien o perjudi-

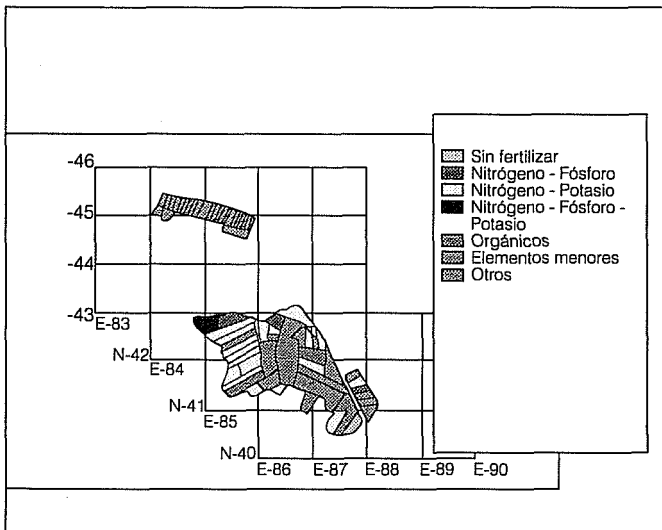
20. Mosaico de superficies aseguradas



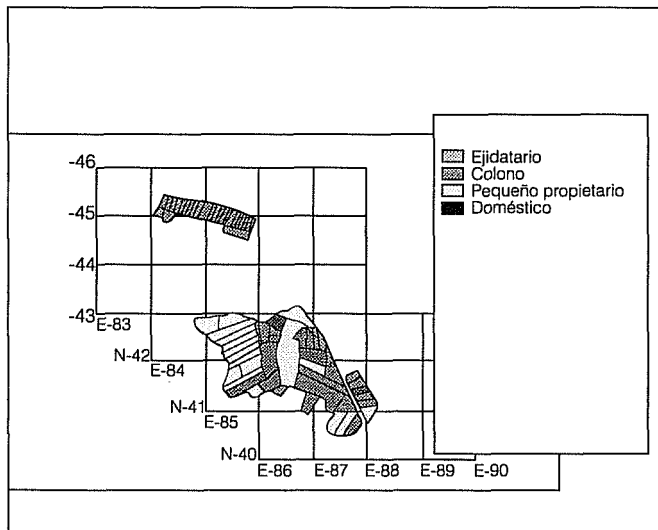
21. Mosaico de superficies con crédito, según las fuentes



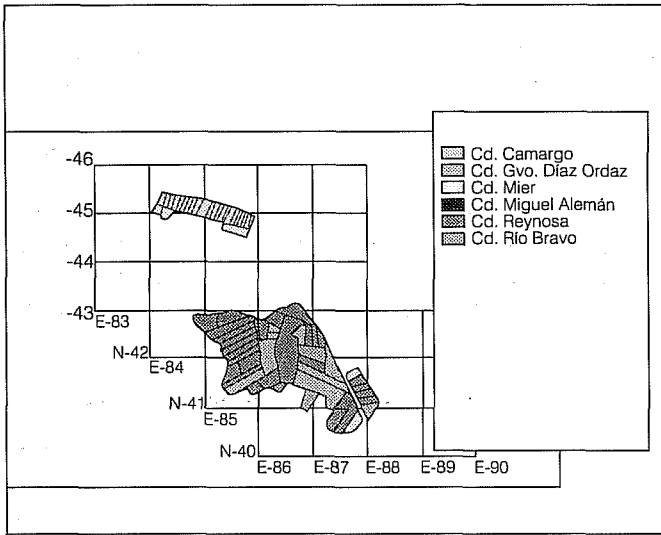
22. Mosaico de la distribución geográfica de fertilizantes



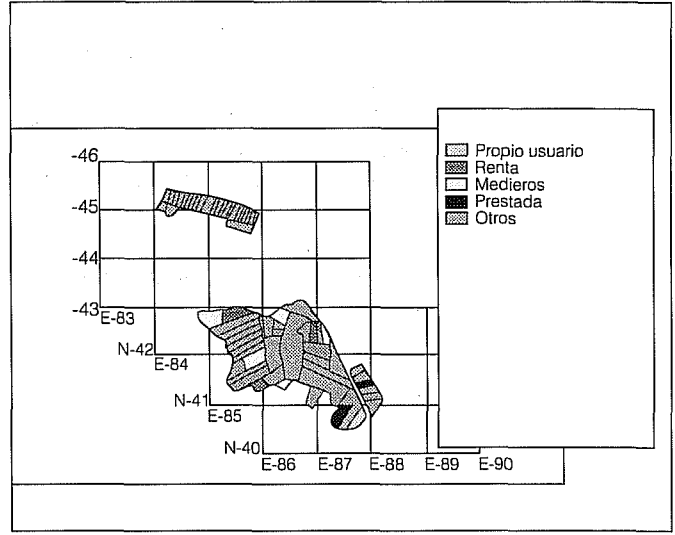
23. Mosaico de la distribución geográfica de tenencia de la tierra



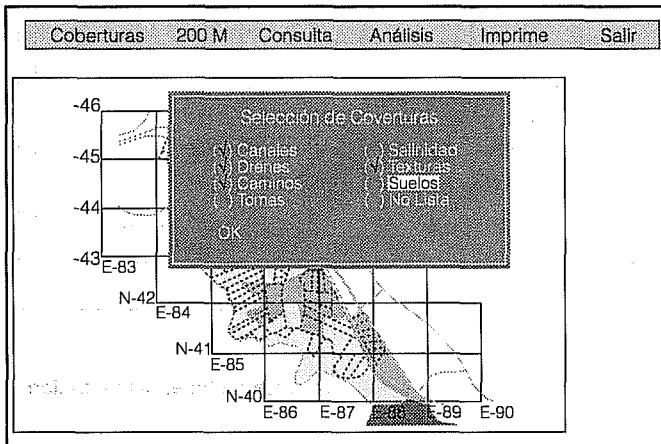
24. Mosaico de la distribución geográfica de los municipios



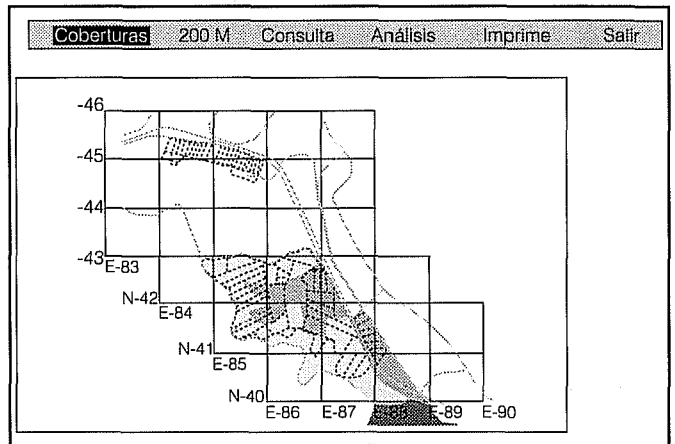
25. Mosaico de tipos de explotación de la tierra



26. Selección de coberturas de información a sobreponer



27. Despliegue conjunto de las capas de información activadas



quen en diferentes grados el crecimiento y desarrollo de los cultivos establecidos; como consecuencia, se podrán planear acciones que corrijan o disminuyan el problema. En la figura 25 se observan activadas las capas de canales, drenes, caminos y texturas de una sección de riego y en la figura 26 su despliegue.

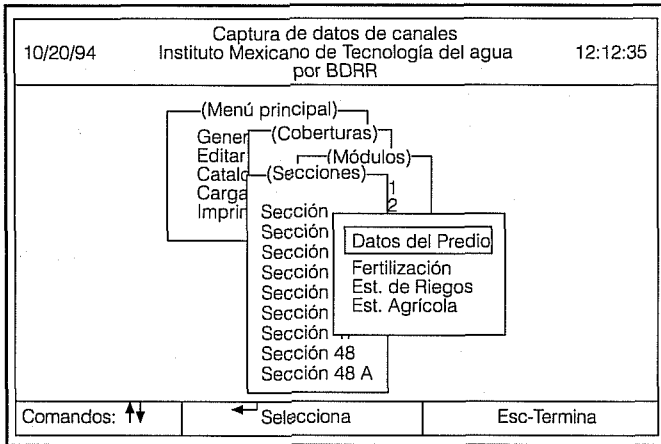
Impresión de resultados numéricos y gráficos

Un aspecto importante en la planeación y programación de las actividades a realizar antes, durante y después de cada ciclo agrícola, es la disposición oportuna de la información numérico-estadística y cartográfica en condiciones impresas aceptables.

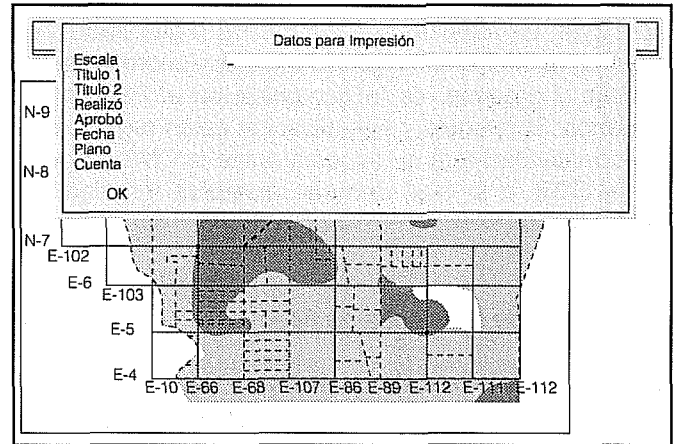
El SIG desarrollado incluye dentro de la opción EDIT del menú principal la impresión en papel de toda la información numérico-estadística, obteniendo diversos tipos de reportes (ilustración 27).

Los mosaicos se pueden presentar para su análisis en pantalla y en papel, obteniendo impresiones a diversas escalas, desde tamaño carta, hasta aquellas que permitan identificar con detalle las características de una superficie específica (1:10,000, 1:15,000, 1:20,000, entre otras), además de otras referencias (ilustración 29) que se ingresan al seleccionar la opción de impresión, para que estas aparezcan en el plano; entre ello figuran títulos, nombre de quien realizó o aprobó, así como fecha de impresión), número de

28. Secuencia de impresión de reportes de información numérica descriptiva



29. Entrada de datos para impresión de un mosaico de información temática



plano, si se quiere, y algo muy importante: se pueden seleccionar los lotes impresos que se desean identificar con el número de cuenta (según la codificación de SIPAD), o bien con el número de lote que habitualmente han venido manejando los usuarios.

Actualización del SIG

El SIG está constituido por diferentes tipos de información a la cual se ha clasificado como:

- Estable o permanente. Básicamente corresponde a la relacionada con agrología
- Variable o temporal. Considera al Padrón de Usuarios, a la operación, así como a la cartografía catastral correspondiente

En ambos casos, la actualización (altas, bajas y modificaciones) de la información se realiza mediante programas elaborados dentro del propio sistema, previendo así la incomodidad que ocasiona el entrar y salir constantemente del sistema cuando este tipo de actividad se maneja de manera independiente, es decir, por fuera del sistema de información geográfica.

Para llevar a cabo la actualización de la cartografía catastral, será necesario tener conocimientos básicos acerca del manejo del módulo que permite realizar la digitalización dentro del *software* ARC/INFO. En el manual del usuario para el manejo y aplicación del SIG, se incluye el procedimiento mediante el cual se podrá actualizar la cartografía catastral, así como la infraestructura hidroagrícola que en él se considera. Además, se menciona el procedimiento para realizar las altas, bajas y actualizaciones de la información numérico descriptiva.

Bases de datos permanentes

La información del SIG, denominada permanente es aquella que sufrirá muy pocas o nulas modificaciones o actualizaciones, por lo que adquiere, como base de datos, un carácter prácticamente estable. Dentro de este tipo de información se encuentra la agrología, la topográfica y la de infraestructura hidráulica.

Bases de datos temporales

La información temporal incluida en el sistema es la que variará de un ciclo agrícola a otro, por lo que deberá de actualizarse frecuentemente. Entre esta información se considera la de: superficies sembradas, superficies regadas, superficies cosechadas, láminas de riego, fecha, horas, gasto, volumen y número de riegos, rendimientos, precio medio rural, costo de producción, valor de la producción, créditos, seguros y siniestros, entre otros.

Ambos tipos de información son susceptibles de manipularse internamente y obtener reportes impresos que resuman los diversos conceptos refiriéndolos a la superficie; así por ejemplo, es posible disponer del resumen correspondiente al ciclo en desarrollo, por sección, por módulo y por Unidad de los resultados generales de la operación. Esta parte del SIG puede emplearse como un medio para llevar el avance de siembras, riegos y cosechas pero se considera que su mayor utilidad podrá observarse al final del ciclo, por permitir tener una idea más clara de los resultados económicos generados en cada una de las secciones de riego.

Padrón de Usuarios

La información estadística principal que sirvió de base para que, en relación con los planos digitalizados, el resto de la información (alimentada posteriormente) se maneje y procese, es la contenida en el Padrón de Usuarios. Su manejo y actualización están regidos por la normatividad que al respecto emite la CNA a través de la GDR, a lo cual deberán ajustarse también los módulos.

Cartografía de secciones de riego

Este tipo de información considera a los planos catastrales, que junto con el Padrón de Usuarios, representan la plataforma principal del sistema. En estos planos se identifica la división catastral de cada uno de los usuarios de las secciones de riego, la infraestructura con la que reciben, distribuyen y desalojan el agua (canales, tomas y drenes) y las vías de acceso a cada uno de los predios (caminos).

Conclusiones y recomendaciones

La cooperación obtenida por parte de los módulos y del personal técnico de la CNA fue de gran importancia durante el desarrollo de las diferentes actividades del proyecto. Se espera que los usuarios utilicen el sistema como una herramienta de apoyo para el desempeño de sus diversas actividades.

Es probable que con base en los resultados obtenidos por los usuarios, a mediano plazo, haya más módulos que se integren posteriormente al proyecto; ésto sería un buen indicador del éxito del sistema; de hecho, bajo las condiciones actuales se estima que los módulos han tenido una activa participación en las actividades realizadas, y en todo momento han colaborado con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Como ya es un hecho, por las diferentes necesidades que se presentan en los módulos, el manejo de la información se está haciendo de diferentes maneras, y cada vez es más notorio el uso de las computadoras, en las cuales, en algunos casos en forma incipiente y en otros con un apreciable avance, se hace el registro y seguimiento de los datos, únicamente en forma numérica, cuantitativa, pero se está descuidando su relación espacial, geográfica, en relación al punto o lugar que representan en el terreno, por lo que en este sentido, se siguen teniendo las deficiencias de siempre en cuanto a la cartografía: planos antiguos, deformados, faltos de actualización y con el inconveniente

de no poder actualizarlos fácilmente por carecer de personal apropiado para ello.

Con el uso del SIG para el caso del DR 026, se ha visto la ventaja de disponer, bajo un solo sistema, de diferentes bases de datos, estrecha y biunívocamente relacionadas entre sí, de tal manera que conforman un todo, sobre un esquema único que es el plano catastral general por sección de riego, y ligado directamente con el Padrón de Usuarios, lo que garantiza la confiabilidad de los datos.

Además, la facilidad de actualizar y obtener los diversos planos temáticos, brinda un alto grado de independencia y veracidad en el manejo de la información. Anteriormente se producían constantes errores provocados por las personas, algunas de ellas sin experiencia, que manipulaban los datos; en el caso del SIG, serán los técnicos o gerentes de los módulos, o bien los técnicos del DR, los que manejarán la información, por lo que es de esperarse que haya menos errores y confusión.

El hecho de disponer en forma expedita de planos sobre la misma base que representen a su vez diferentes aspectos o conceptos relacionados con la actividad agrícola, directamente produce elementos de juicio adecuados para la evaluación, así como para la planeación a corto plazo.

La causa de que muchos de los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico queden sin rendir su máxima utilidad, se debe a la falta de una adecuada evaluación y seguimiento.

En general, dadas las actuales condiciones en que están operando los DR transferidos, en que se tienen déficits de medios y personal calificado para atender las diversas demandas de información, y a que apenas se inicia la posibilidad de disponer de herramientas poderosas que les ayuden en el manejo y procesamiento de la misma, no es aventurado pensar que, a futuro, sistemas como el aquí descrito tengan un amplio desarrollo, ajustándose a las condiciones de cada caso, mejorando continuamente su propio avance y así, contribuir a que tanto los DR como los módulos, alcancen la eficiencia y autonomía administrativa y de gestión, necesarios para que la transferencia sea efectiva.

Los cambios generados tanto en el SIPAD como en la cartografía correspondiente implican que el personal (técnicos o usuarios) encargado del manejo y aplicación del SIG adquiera los conocimientos básicos sobre el manejo del paquete ARC/INFO de tal manera que sean ellos mismos quien realicen los cambios en la información generada durante o al final del desarrollo de un ciclo agrícola, con lo cual se mantienen actualizadas las bases de datos, y el SIG, a su vez, con-

serva su utilidad y sus bondades; esto pudiera considerarse como una desventaja, ya que ARC/INFO, aún siendo un paquete comercial, está hecho para fines específicos y por lo mismo, requiere en su manejo una mínima especialización.

Recibido: diciembre, 1994
Aprobado: noviembre, 1995

Referencias

- Aronoff, Stan. 1989. *Geographic Information Systems. A management perspective*. Ottawa, Canada: WDL Publications.(1)
- Comisión Nacional del Agua. 1992. *Características de los distritos de riego año agrícola 1990*. Gerencia de Distritos de Riego-Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, Mexico. (7)
- Computer Associates. 1992a. *CA-CLIPPER Reference Guide*. USA. (3)
- Computer Associates. 1992b. *CA-CLIPPER Programming and Utilities Guide*. USA. (4)
- Didon, E. 1991. *Los sistemas de información geográfica. Conceptos, funciones y aplicaciones*. Apuntes: Satélites y Agricultura. El ejemplo - 'SPOT'. ORSTOM-MEXICO. Montecillos-Chapingo, Mexico: Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados. (2)
- ESRI. 1988. *Understanding GIS, The ARC/INFO Method*. USA. (6)
- Guevara, Armando. 1993. *Sistemas de información geográfica*. Notas de curso, Primer Taller Latinoamericano sobre Sistemas de Información Geográfica, Aguascalientes, México. (5)
- Velasco V, Israel, Santiago Jaimes y Braulio Robles. 1992. *Sistema de información geográfica para distritos de riego*. Informe final Proyecto OM-9108. Jiutepec, Morelos, Mexico: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje. (8)

Abstract

Velasco, I. et al., "Adaptation and Transfer of a Geographic Information System for Irrigation District Users". *Hydraulic Engineering in Mexico (in Spanish)*. Vol. XI. Num. 2, pages 33-47, May-August, 1996.

The development and adaptation of a geographical information system (SIG, in Spanish) for Unit 3 of the Bajo Río San Juan Irrigation District, Mexico, is described. The GIS can link various data bases to spatially (geographically) represent, quickly and opportunely, the characteristics of individual plots or whole areas. The information produced by this system can be employed by the users and operators of the irrigation system to plan, follow up, register and appraise the different activities they carry out during the crop cycle. Moreover, data bases include soil and building characteristics, as well as user registration. Print outs are easily prepared of maps for a number of system characteristics, composite maps, and numerical reports. Based on the reliable and timely information provided by the data bases, this tool can assist in the improvement and modernization of the areas dealing with operations, maintenance, and irrigation and drainage engineering. The software used are ARC/INFO, DBase and Clipper. System configuration includes a plotter, a matrix printer and, of course, a PC with a mathematical coprocessor.

Key words: geographical information systems, computerized data bases, irrigation districts, crop infrastructure, autoadministration.