



SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL IV. SUELOS DEL RÍO TUNUYÁN MEDIO E INFERIOR¹

Environmental information system
IV. Soils of Tunuyán river (Mendoza, Argentina)

Oswaldo Emilio Cappé²

Originales
Recepción: 24/05/2000
Aceptación: 14/12/2000

RESUMEN

En el Ministerio de Ambiente y Obras Públicas de Mendoza (Argentina) se desarrolló un Sistema de Información Ambiental (SIA), que ya se encuentra operando en municipios y organismos de gobierno. Por convenio entre dicho ministerio y la Facultad de Ciencias Agrarias (UNCuyo) se instaló una estación paralela del sistema en esta última para disponer de un centro especializado en el manejo de información agropecuaria mediante los SIG, actuando en conexión, complementación y apoyo con otros centros locales. Dentro de este marco, en este trabajo se han incorporado al SIA los resultados de dos estudios (4, 13) sobre la caracterización de los suelos del área de influencia del río Tunuyán en sus tramos medio e inferior.

Objetivos:

1. Generar 4 coberturas en formato ArcInfo. Dos corresponden a mapas de aptitud para el riego, elaborados a nivel de reconocimiento según las normas del U.S.B. of Reclamation denominados RTMCLSUE (Río Tunuyán Medio Clases de Suelos) y RTICLSUE (Río Tunuyán Inferior Clases de Suelos). Están subdivididos en polígonos cuyas bases de datos informan sobre períme-

ABSTRACT

An Environmental Information System (EIS) was developed in the Ministerio de Ambiente y Obras Públicas (Department of Environment and Public Works) of Mendoza, Argentina. It contains a considerable amount of outstanding information and it is already being used by some municipalities and other government offices. A parallel EIS working station was installed in the Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Cuyo (School of Agriculture, National University of Cuyo) in order to develop a GIS specialized agricultural information center.

Within that reference frame, the results of two studies (4, 13) of the Tunuyán river soils (middle and lower sections) have been incorporated to the EIS. As the first objective, four coverages have been generated within ArcInfo format. Two of them are maps of suitability of soils for irrigation made according to the US Bureau of Reclamation regulations, divided in polygons. The data base supply information about perimeter, area in m², id number and capability class for each polygon. The others two coverages have information showing the places where the samples of soils were obtained. The data

1 Partes I, II y III consultar en bibliografía (pág. 108).

2 Departamento de Ingeniería Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Almirante Brown N° 500. Casilla de Correo 7. M5528AHB Chacras de Coria. Mendoza. Argentina.
e-mail: ccea@fca.uncu.edu.ar

tro, superficie, n° de identificación y clase de suelo de cada polígono. Las otras dos: RTMPMSUE (Río Tunuyán Medio Puntos de Muestreo Suelos) y RTIPMSUE (Río Tunuyán Inferior Puntos de Muestreo Suelos) contienen puntos que indican dónde se extrajeron muestras de suelos (calicatas y barrenadas). En sus bases de datos, estas coberturas contienen el n° de identificación original y la clase y subclase con que fueron catalogados.

2. Procesar la información incorporada en el entorno ArcInfo, para obtener mapas con coberturas de clases de suelos y puntos de muestreo en los dptos. de San Martín, Junín, Rivadavia, Santa Rosa y La Paz.

3. Investigar un método para procesar -usando el programa Idrisi- la información incorporada y establecer una nueva modalidad de análisis y presentación, generando un mapa de aptitud de suelos del dpto. Rivadavia a partir de la información suministrada por los puntos de muestreo.

base supplies information about id number given in the original work and class and subclass for irrigation.

The second objective was to analyze the collected information in order to obtain soil maps at a "departamento"(county) level. As a result, coverages with soil type and the areas where they were taken in the counties of San Martín, Junín , Rivadavia, Santa Rosa and La Paz were obtained.

The third objective was to find a method of processing the information from the samples points using the Idrisi software in order to establish a new technique of analysis and representation. In this particular case, a map representing the soil aptitudes from Rivadavia County was generated.

Palabras clave

SIG • río Tunuyán • suelos • Argentina • Mendoza

Key words

GIS • Tunuyán river • soils • Argentina • Mendoza

INTRODUCCIÓN

Algunos municipios y otros organismos de gobierno de Mendoza (Argentina) ya utilizan el Sistema de Información Ambiental (SIA), desarrollado en el Ministerio de Ambiente y Obras Públicas de Mendoza (MAOP). Por convenio entre el mismo y la Facultad de Ciencias Agrarias (UNCuyo) se instaló una estación paralela del sistema en esta última para contar con un centro especializado en el manejo de información agropecuaria mediante SIG, actuando en conexión, complementación y apoyo con otros centros locales. En la década del '70, el Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (INCYTH), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), el Dpto. Gral. de Irrigación (DGI) y el Centro Regional de Agua Subterránea (CRAS) acordaron evaluar el aprovechamiento de los recursos hídricos en la región de Cuyo. En 1975 se efectuó una clasificación utilitaria -con fines de riego- de los suelos agrícolas de las áreas media e inferior del río Tunuyán (4). Copia de ese trabajo, abarcando solamente el área referida a la zona del río Tunuyán Medio, quedó archivada en el DGI. Posteriormente, el DGI completó el área del Tunuyán Inferior y elaboró un plano con la clasificación de sus suelos. Toda esta información se ha incorporado al SIA.

Objetivo general

Enmarcar el trabajo dentro de un programa que utilice los SIG para el almacenamiento y análisis de información agronómica en Mendoza.

Objetivos específicos

1. Incorporar al SIG la clasificación utilitaria con fines de riego de los suelos agrícolas de las áreas media e inferior del río Tunuyán.
2. Procesar la información incorporada en el entorno ArcInfo para obtener mapas de suelos a nivel de departamentos.
3. Investigar un método para procesar bajo el programa Idrisi la información incorporada estableciendo una nueva modalidad de análisis y presentación.

MATERIALES

- Equipo computacional: PC Pentium (150 Mhz) y RAM = 64 Mb; mesa digitalizadora Summagraphics (Summagrid IV) e impresora HP Paint Jet XL300.
- Programas: PC Arc/Info v. 3.4.2b, ArcView GIS v. 3.1, Geosoft 1.9 e Idrisi para Windows v.1.01.006.
- Publicaciones pertinentes (4, 13).

MÉTODOS

1. Incorporar al SIG la clasificación utilitaria con fines de riego de los suelos agrícolas de las áreas media e inferior del río Tunuyán.
 - 1.1 Material existente: planos en escala 1:50 000 con el trazado de líneas que definen áreas de igual categoría de suelo, según normas del USBR e indicación de los lugares de muestreo, identificados por un n° y la clase y subclase con que fueron catalogados. En una primera etapa se incorporó ambas coberturas por separado (polígonos y puntos) al SIG utilizando ArcInfo, adaptando procedimiento anteriormente empleado (2).
 - 1.2 Como los planos disponibles no poseían coordenadas geográficas, se georreferenciaron con puntos (tics) de la base cartográfica de las zonas N y E de Mendoza (1), coincidentes con puntos fácilmente identificables (por ej. cruces de calles) con coordenadas en el sistema UTM (Universal Transverse Mercator).
 - 1.3 En el entorno ArcInfo y utilizando la mesa digitalizadora, mediante el comando ADS, se incorporaron al sistema las áreas correspondientes a cada clase de aptitud para riego como polígonos. Como etapa final del proceso de digitalización se etiquetaron todos los polígonos, previamente identificados sobre la hoja, a medida que se iban cerrando.
 - 1.4 Una vez terminada la digitalización, con el comando CLEAN, se generaron las uniones de arcos y se crearon relaciones entre los elementos que integran la cobertura y las respectivas bases de datos de atributos.
 - 1.5 Luego, con el módulo ARCEDIT, se editó la cobertura correctiva de los errores existentes, controlando el resultado con el comando LABELERRORS. A continuación, con el comando BUILD, opción POLY, se restablecieron las relaciones y se reeditó la base de datos de atributos de polígonos (PAT).
 - 1.6 Para agregar a la PAT la clase de suelo (según las normas del USBR), a la que pertenece cada polígono, se creó una base de datos utilizando el comando TABLES con dos campos: el n° de identificación del polígono (RTMCLSUE_I) y la clase a la que corresponde (CLASE). Posteriormente, usando el comando JOINITEM se agregó esta última información a la PAT, según estructura observable en la tabla de pág. 94.
Los tres primeros campos se calculan y completan automáticamente, cuando Arc/Info genera la topología. El primer polígono, con n° de identificación 0 y valor negativo de área, representa el polígono exterior. Su superficie es la sumatoria de todos los demás.
 - 1.7 Posteriormente, sobre una copia generada por el comando CREATE y utilizando FORMS UPDATE del módulo TABLES, se modificaron las coordenadas de los tics, reempla-

zando el valor existente dado en pulgadas de la mesa digitalizadora por valores en UTM obtenidos en la etapa 1.1 (georreferenciación). A continuación se transformó la cobertura mediante el comando TRANSFORM.

- 1.8 Finalmente, con método similar al descrito se determinaron como puntos los lugares de donde se extrajeron muestras de suelos (calicatas y barrenadas) para generar una cobertura de puntos en cuya PAT figuran el número de identificación dado en el trabajo original y la clase y subclase con que fueron catalogados.

PAT para los diez primeros polígonos de la cobertura RTMCLSUE.

* N° de orden de cada polígono. ** N° de identificación de cada polígono dado por el usuario.

*** Categoría de suelo según las normas del USBR.

ÁREA (m ²)	PERÍMETRO (m)	RMZCLSUE_*	RMZCLSUE_I**	CLASE***
-2.112033e+09	275490.4	1	0	
1.451425e+08	178947.7	2	1	3
6.681656e+05	3351.557	3	2	2
3.449419e+05	2299.43	4	3	2
3.710161e+06	7644.054	5	4	2
1.362254e+07	31310.76	6	5	2
5.399555e+08	649053.8	7	6	4
583247.8	3909.451	8	7	6
81786.25	1129.857	9	8	4
1.577924e+07	37072.93	10	9	2

- 2 Procesar la información incorporada en el entorno ArcInfo para obtener mapas de suelos por departamentos.
- 2.1 Con el comando SPLIT de ArcInfo se generaron las coberturas de clases de suelos y puntos de muestreo por departamento. Este comando permite dividir una cobertura en varias o extraer un sector de la misma, aplicando una *split cover*, que define el área a cortar. En este caso se usó como *split cover* las coberturas definidas por los límites de cada departamento obtenidas en un trabajo anterior.
- 3 Investigar un método para procesar -usando el programa Idrisi- la información incorporada estableciendo una nueva modalidad de presentación y análisis. En los estudios utilizados como base para este trabajo (4, 13), la elaboración de los mapas fue manualmente, ubicando los pozos con su categoría en un plano base 1:50 000. Luego se trazaron los límites de cada clase teniendo en cuenta:
- Las áreas definitivas de cada clase responden en un 95 %, como mínimo a las pautas de clasificación establecidas.
 - Cuando se observaron características externas diferenciando las clases, los límites se trazaron según las mismas.
 - En los casos en que no se manifestaron externamente las diferencias se interpoló entre dos pozos de distinta clase.
- Posteriormente las superficies asignadas a cada clase se calcularon con planímetro. Se pensó que la utilización de los SIG facilitaría esta tarea y se decidió trabajar con un sistema raster -como Idrisi- cuya ventaja es el espacio geográfico uniformemente definido. Como resultado, los sistemas raster poseen mayor poder analítico que los

vectoriales en el análisis de espacios continuos y son ideales para el estudio de datos que cambian continuamente sobre el espacio: suelos, vegetación, lluvias, etc.

Luego de investigar diferentes posibilidades se definió el siguiente método, referido a los suelos del dpto. de Rivadavia:

- 3.1 Para la transformación de la cobertura M10PMSUE (dpto. Rivadavia puntos de muestreo suelo) de ArcInfo a Idrisi se editó con el módulo ARCEDIT (editfeature label), seleccionando todos los puntos (labels) (sel all). Se modificó el n° de identificación, haciéndolo igual al de orden mediante: calculate \$id = \$recno. Luego se hace BUILD, opción Points, restableciendo las relaciones y actualizando la tabla de atributos de puntos (PAT). Con DESCRIBE se toma nota de las coordenadas y n° de puntos. Finalmente, con el comando UNGEN, se crea un archivo en formato ASCII con las coordenadas x e y de todos los puntos de la cobertura. Para operar este comando se indica primero que se trata de puntos y después, se da el nombre de la cobertura de entrada (es decir, la transformable) y otro a la de salida.

La operación es ARC:\ UNGEN POINT M10PMSUE M10PMSUE.PTS (se le agrega .pts sólo para recordar que es un archivo de puntos). En Idrisi se ejecuta el módulo ARCIDRIS, que transforma el archivo anterior en formato vector.

La operación es File\Import > Software Specifics Formats > ARCIDRIS

Entre el tipo de conversión deseada: ArcInfo a Idrisi

Tipo de rasgo: points

Nombre del archivo ArcInfo de entrada (con extensión): m10pmsue.pts

Entre el nombre del archivo vector a crear en Idrisi: m10pmsue (puede ser el mismo)

Sistema de referencia a utilizar: utm-19s (utm para 19° Sur)

Unidades de referencia: m

Unidad de distancia: 1

Verificar con Files\Document la información referida a coordenadas y cambiar por las definidas para m10mask (ver 3.2)

- 3.2 Transformación de la cobertura M10DEPTO de ArcInfo a Idrisi: en ArcInfo se copia esta cobertura, llamada M10MASK. Luego mediante TABLES se seleccionan las tabla de atributos de polígonos (PAT) y con ADDITEM se agregan los ítems: MAJOR1 y MINOR1, con un ancho de 6 caracteres (6), como campo numérico (n) y sin decimales (0). Creados los ítems se les provee nuevas categorías mediante códigos para identificar y extraer los rasgos de la cobertura y crear un archivo en formato DLG (Digital line graphs). Esto se ejecuta, siempre dentro de TABLES, con:

calculate MAJOR1 = 1 calculate MINOR1 = M10MASK_ID

Así se transfiere el número de identificación de cada polígono -con el que va a pasar al archivo DLG- al campo minor1.

Se controla que los polígonos pasados como background tengan número de identificación 0. Finalmente, con BUILD opción poly y DESCRIBE se toma nota de las coordenadas mínimas y máximas de x e y de la cobertura. En este caso:

X mín: 528315.8 Y mín: 6306625

X máx: 566482.6 Y máx: 6331756

Luego se ejecuta el comando ARCDLGN para efectuar la transformación:

ARC:\ ARCDLGN M10MASK M10MASK.DLG, indicando cobertura de entrada y archivo de salida con extensión .dlg.

En Idrisi se ejecuta el módulo DLG, que transforma el archivo DLG a Idrisi en formato vector. La operación es:

File \ Import \ U.S. Gov. Data Formats \ DLG

Archivo.DLG: m10mask. No necesita extensión.dlg. Pide las coordenadas de la ventana a extraer:

Coordenada mín. de x: 527950 Coordenada mín. de y: 6306300
Coordenada máx. de x: 566800 Coordenada máx. de y: 6332040
Conviene dar valores de x e y por arriba y por debajo de los máximos y mínimos que tenía la cobertura original redondeados de manera de obtener un número de columnas y filas entero en base a la resolución deseada.

Luego pide si se quiere dar nuevas coordenadas de x e y para el resultado, a lo cual se responde que se desea mantener inalteradas dando enter para cada par de valores de x e y.

Sistema de referencia: utm-19s (utm para 19º Sur)

Unidades del sistema de referencia: m

Unidades de distancia: 1

Tipo de datos a extraer: Áreas

Archivo vectorial de salida: m10mask

Rasgos a extraer

En esta ocasión se presentan opciones adicionales. Scan data (permite ver la información del archivo) para tomar nota de los minor1 códigos (mínimo y máximo) utilizables en un paso posterior. Terminada esta operación se retorna al cuadro de Extracción de rasgos. Para especificar los rasgos a extraer, se señala con un identificador para el tipo de rasgo seguido de un código mayor y menor de los que se van a incluir en esa categoría. Una alternativa para reasignar códigos es especificar un nuevo código: -999 señalando que se adoptarán los mismos identificadores existentes en el archivo DLG. En este caso, asignar un nuevo identificador (integer) de Idrisi de: -999. Para los rasgos con un DLG major code: 1 y DLG minor code desde 1 (el menor valor que se desea extraer hasta DLG minor code que incluye 1 (el mayor valor que se desea extraer).

El polígono 1, que representa el área de estudio, pasa con valor 1 y todos los demás como 0 (void polygon o background; es decir, todo lo que no se ha incluido).

Título: por ej. Rivadavia área de influencia. Se inicia el proceso de extracción con OK. Con Files\Document se verifica la información referida a coordenadas y se determina que el flag value 0 corresponde al background (flag definition).

A continuación se crea una imagen con un valor constante. Esto se logra mediante el módulo INITIAL, que opera así:

Data entry\INITIAL

Hay dos opciones: copiar los parámetros espaciales de otra imagen o definir los parámetros espaciales individualmente. En este caso se elige la segunda.

Nombre de la imagen a crear: m10mask

Tipo de datos de salida: integer

Tipo de archivo de salida (se desea que la imagen se almacene en formato): binary

Valor inicial: 0 (el valor que va a tener cada celda)

Título de la nueva imagen: Rivadavia área de influencia

Continue...

Sistema de referencia: utm-19s

Unidad de referencia: meters

Cantidad de columnas y filas que va a tener la imagen a crear: 1295 y 858 respectivamente.

Coordenada mín. de x del sistema de referencia para la imagen: 527950

Coordenada máx. de x del sistema de referencia para la imagen: 566800

Coordenada mín. de y del sistema de referencia para la imagen: 6306300

Coordenada máx. de y del sistema de referencia para la imagen: 6332040

Conviene dar a x e y valores por arriba y por debajo de los máximos y mínimos que tenía la cobertura original y redondeados de manera de obtener un número entero de columnas y filas en base a la resolución deseada.

Por ejemplo para lograr una resolución de 30 m, se efectúa el siguiente cálculo:

$$566800 - 527950 = 38.850 \text{ m} / 30 \text{ m} = \text{se adoptan } 1295 \text{ columnas}$$

$$6332040 - 6306300 = 25.740 \text{ m} / 30 \text{ m} = \text{se adoptan } 858 \text{ filas}$$

Unidades de valores: classes

Unidad de distancia: 1

Verificar con Files\Document la información referida a coordenadas y determinar que el flag value: 0 corresponde al background (flag definition).

Creada la imagen con valor 0 en todos los pixels se convierte el archivo vector del polígono que representa el área de estudio en representación raster con el módulo POLYRAS:

Reformat\Raster\Vector Conversion > POLYRAS

Archivo vectorial Idrisi que contiene los datos de polígonos (a rasterizar):

m10mask

Imagen a actualizar con ese archivo: m10mask

La imagen obtenida m10mask representa el área de estudio. Su información se verifica con Document.

- 3.3 Generación de la imagen que representa el área de influencia de cada punto de muestreo con el comando THIESEN que construye polígonos alrededor de cada punto. Estos polígonos definen la región que es dominada por cada punto:

Data Entry\Surface Interpolation THIESEN

Tipo de archivo de puntos:

Archivo vectorial

Archivo de imagen

Se elige la primera opción para trabajar con el archivo vectorial creado anteriormente (m10pmsue).

Archivo vectorial de entrada: m09pmsue

Imagen de salida: m10areas

Límites de la región de estudio: Toma las coordenadas que tiene el archivo vectorial

Coordenada mín. de x: 527950 Coordenada mín. de y: 6306300

Coordenada máx. de x: 566800 Coordenada máx. de y: 6332040

Parámetros del archivo de salida:

Archivo tipo: Binary

Datos tipo: Integer

Columnas: 1295 Líneas: 858

Título: Rivadavia Thiessen a partir de puntos de muestreo

Con Document se verifica la información de esta imagen.

Se produce entonces una imagen que representa mediante polígonos de Thiessen, las áreas de influencia de cada punto. Los de los bordes se extienden sobre el total de la imagen (1295 x 858). Por lo tanto se debe limitar esta interpolación al área de estudio definida por m10mask.

Es decir, se debe separar el área de estudio, que es lo que nos interesa, de lo que se encuentra fuera de la misma (background). Esto se logra haciendo un overlay multiplicando los valores de los píxeles de las imágenes m09areas por los de m10mask. Esta última tiene sólo ceros (background) y unos (área de estudio). Los valores de la imagen m09areas que se multiplican por cero se convertirán también en cero (background) y de esta manera generamos una nueva imagen que presenta los valores interpolados sólo dentro del área de estudio. Se opera así:

Analysis \ Mathematical Operators \ OVERLAY
Primera imagen: m10areas
Segunda Imagen: m10mask
Imagen de salida: m10pmsue
Operador: se elige:
Primera * Segunda
Título de la nueva imagen: Overlay m10areas x m10mask
Unidad de los valores: classes

Verificar con Files\Document la información referida a coordenadas y determinar que el flag value: 0 corresponde al background (flag definition).

- 3.4 Luego, a la última imagen obtenida se agregan los atributos de clase de suelos que corresponden a cada polígono generado. Mediante el comando ASSIGN se genera una nueva imagen vinculando los rasgos geográficos definidos en una imagen (áreas de influencia de cada punto de muestreo) con atributos (clase de suelos) definidos en el archivo correspondiente.

En consecuencia, a continuación se debe crear ese archivo de valores iniciándolo en el entorno ArcInfo mediante el comando PULLITEM. Se genera una base de datos extrayendo los ítems de la base de datos de atributos (PAT) de la cobertura m09pmsue:

ARC:\ PULLITEM M10PMSUE.PAT (archivo de entrada) M10CLASE (archivo de salida)

1st item: m10pmsue_ID

2nd item: clase

3rd item: end

Do you wish to use the above items Y/N: Y

Luego en el programa Idrisi (DOS) se ejecuta el comando DBIDRIS

Entre el nombre del archivo dBase: m10clase

Entre el nombre del archivo de valores Idrisi: m10clase

A continuación se selecciona la opción 1 (dBase a Idrisi)

Luego:

4 View field names

2 Change identifier field

m10pmsue_ID

3 Change data field to transfer clase

1 Start data transfer

Finalmente se efectúa la asignación de valores con ASSIGN

Data Entry \ ASSIGN

Imagen con definición de atributos: m10pmsue

Archivo con atributos de valores: m10clase

Imagen de salida: m10clas1

Título: Rivadavia clases de suelos parcial

Con Files\Document se verifica la información referida a coordenadas y se determina que el flag value: 0 corresponde al background (flag definition). También se establecen las categorías de las leyendas:

0 background

1 clase1

2 clase2

3 clase3

- 3.5 Hasta este punto se ha obtenido un mapa con las clases de suelos en función del área de influencia de cada punto de muestreo, pero cuando se observan características

externas que diferencian las clases, los límites se trazan teniéndolas en cuenta. Por ej. el curso del río Tunuyán y cauces aluviales, por su condición topográfica, ha sido categorizado como clase 5. Por lo tanto, se deben separar estas zonas dentro del mapa creando una máscara con este polígono de la siguiente manera:

3.5.1 En el entorno ArcInfo se edita una copia del mapa M10CLSUE denominada M10mask2, a la que se le eliminan todos los polígonos y etiquetas, dejando sólo el correspondiente a los cauces, que se reetiqueta con el número de usuario 1. Luego, aplicando el mismo método descrito en 3.2 se obtiene la imagen m10mask2, que tiene valores de 1 para el área de los cauces y 0 para el background.

3.5.2 Con el comando Edit de Idrisi se crea un archivo de datos con la siguiente información: 1 5. Se opera de la siguiente manera:

Data Entry \ EDIT

Tipo de archivo a editar: Values file

Nombre del archivo: clase5 (por ejemplo)

Tipo de datos para el nuevo archivo de valores: Real

Unidad de valores: classes

Título: Cauces clase 5

3.5.3 Con el comando Assign (ver punto 3.4) se reasigna a la imagen m10mask2 el valor de 5 al área que tenía valor 1.

3.5.4 Con el comando Overlay se obtiene la imagen m10clsue que muestra la correcta clasificación de suelos similar a la obtenida en el trabajo original. Se opera así:

Analysis \ Mathematical Operators \ OVERLAY

Primera imagen: m10clas1

Segunda imagen: m10mask2

Imagen de salida: m10clsue

Operador: se elige: Maximun

Título de la nueva imagen: Departamento Rivadavia clases de suelos

Unidad de los valores: classes

Con Document se verifica la información de esta imagen y se agrega a la leyenda de categorías: 5 clase 5

Mediante la opción maximun los píxeles de la imagen de salida (m10clsue) representan el máximo de aquellos correspondientes a las posiciones de la 1ª (m10clas1) y 2ª (m10mask2).

3.5.5 Finalmente con el módulo AREA se miden o calculan las superficies asociadas con cada categoría siendo recomendable generar un archivo de valores para luego imprimirlo solo o juntamente con la imagen si se posee la versión bajo windows. Opera así:

Área

Nombre de la imagen a ser procesada: m10clsue

Tipo de salida deseada: [1] imagen, [2] tabla o [3] archivo de valores

Unidades de salida: [2] hectáreas

Nombre del archivo de salida: sólo si se eligieron las opciones [1] o [3]

3.5.6 Transformación de la imagen final a ArcInfo: Como todo el Sistema de Información Ambiental opera bajo entorno ArcInfo se hace necesario transformar el material producido en Idrisi a ese formato. Esto se logra mediante una serie de etapas, a saber:

4.1 Mediante la utilización del módulo POLYVEC, se produce un archivo vectorial de polígonos a partir de la imagen Idrisi que presenta los niveles freáticos clasificados. Se opera así:

Polyvec

Entre el nombre de la imagen a procesar: m10clsue

Entre el nombre del archivo vectorial a producir: m10clsue
Luego pregunta si el polígono que representa el background no debe ser procesado: y
Entre el número identificador del polígono background: 0
Pregunta si se desea procesar sólo los polígonos listados en un archivo de valores: N

- 4.2 Se transforma luego el archivo vectorial de polígonos a formato ArcInfo con el módulo ARCIDRIS y se opera así:

Arcidris

Entre el tipo de conversión deseada: [2] Idrisi a ArcInfo

Entre el nombre del archivo vectorial Idrisi a convertir: m10clsue

Entre el nombre del archivo (GENERATE) ArcInfo A crear : m10clsue.dlg

Entre el ancho de campo: 12 (default:12)

Entre el número de decimales: 4 (default: 4)

- 4.3 En el entorno ArcInfo se genera una cobertura a partir del archivo anterior utilizando en comando GENERATE y se opera así:

GENERATE m10sugen (nombre de la cobertura a generar)

INPUT m10clsue.dlg

LINES

Q

Con DESCRIBE se ven las características de la cobertura y con TOLERANCE se modifican las tolerancias: dangle = 0.1 fuzzy = 0.01

Se ejecuta CLEAN para establecer las uniones entre arcos y como cobertura de salida se establece m10sued1. Luego se edita en ARCEDIT, se efectúan correcciones, se eliminan polígonos muy pequeños (1 a 2 píxeles) y se agregan etiquetas a los polígonos. A continuación se seleccionan todos los arcos con SEL ALL y se les da N° de identificación = 1, mediante CALCULATE \$ID = 1, a continuación se ejecuta UNSPLIT para eliminar nodos innecesarios, se finaliza la edición y se efectúa BUILD opción poly. Finalmente se controla con LABELERRORS para verificar que no existan polígonos sin etiquetar o con más de una. En caso de existir error se localiza con EDITPLOT y se vuelve a editar y corregir.

Se efectúa una nueva copia con COPYCOV denominada m10clsui. Con tables se define una base de datos (clase.dat) con dos ítems: uno denominado: m10clsui_i, ancho: 11, tipo de datos: N y número de decimales: 0 y otro denominado: clase, ancho: 6, tipo de datos: N y número de decimales: 0. Luego con ADD se llena la base de datos con los números de identificación de cada polígono y la clase a que pertenece.

Finalmente se une a la PAT de la cobertura con JOINITEM y luego se ejecuta nuevamente BUILD POLY.

RESULTADOS

Los suelos del área han sido clasificados, según el trabajo original, en clases y subclases. La clase o categoría agrupa suelos semejantes con respecto al grado de limitación y riesgos en el uso de los mismos. Las clases quedan definidas en función de la capacidad de pago; es decir, la capacidad de los suelos para amortizar las inversiones realizadas para su cultivo, cubrir los gastos de explotación agrícola y permitir un nivel de vida decoroso a los agricultores. Según las normas del US Bureau of Reclamation (USBR) los suelos se clasifican en seis clases según su capacidad de uso (pág. 101). A su vez, la subclase está constituida por un grupo de suelos dentro de una clase, que poseen los mismos tipos de limitaciones predominantes y permanentes de su uso para riego.

Clase	Arable	Características de las tierras	Color del área
1	sí	Mayor aptitud para agricultura bajo riego y excelentes condiciones de suelo, relieve y drenaje y alta capacidad de pago.	amarillo
2	sí	Moderada aptitud para agricultura bajo riego. Capacidad productiva, notablemente menor, adaptada a grupos de cultivos más reducidos y costos más elevados que la clase 1.	verde
3	sí	Menor aptitud para agricultura bajo riego que las de clase 2. Deficiencias de suelo, relieve y drenaje, que requieren buenas prácticas de manejo, para lograr una adecuada capacidad de pago.	azul
4	sí c/limitaciones	Deficiencia específica excesiva o corregible a alto costo, lo cual limita su utilidad.	marrón
5	tentativa- mente no	No arables bajo las condiciones naturales pero tienen valor potencial suficiente para hacer sobre ellas estudios especiales luego de los cuales pueden pasar a otra categoría.	rosado
6	no	Insuficiente capacidad de pago para considerarlas regables.	s/ color

Las cuatro limitaciones que se reconocen en este estudio a nivel de subclase y que se indican como un subíndice a continuación de la clase (por ejemplo: 3st) son:

- p: Limitación por profundidad. s: Limitación por textura gruesa.
d: Limitación por drenaje. t: Limitación por relieve.

En base a la densidad del muestreo, este estudio tiene nivel de reconocimiento. Por lo tanto, según el USBR, se segregan solamente las clases de suelos: 1, 2, 3, y 5. Las características específicas que definen las clases para la zona de estudio son:

- **Clase I:** Es aquella muy apropiada para riego y tiene muy escasas limitaciones que restrinjan su uso y se adapta a la mayoría de los cultivos. Los límites establecidos son:
p: Profundidad mayor de 1,20 m hasta el ripio.
d: Sin freática ni capa de lenta permeabilidad.
s: Textura arenosa fina a franco-arcillosa friable.
t: Relieve plano que permite sistematizar para riego con bajo movimiento de tierra menor de 300 m³/ha.
- **Clase II:** Son suelos moderadamente apropiados para el riego y poseen algunas limitaciones que reducen la elección de cultivos o exigen prácticas especiales de manejo. Una limitación con respecto a alguna de las características de los suelos de clase I los coloca en la II. Las limitaciones propias de esta clase son:
p: Profundidad menor de 1,20 m y mayor de 0,80 hasta el ripio.
d: Presencia de una capa de permeabilidad lenta.
s: Textura arenosa gruesa en todo el perfil con baja retención hídrica.
t: Relieve ondulado con presencia de médanos u ondulaciones que significa un alto costo de sistematización para riego, movimiento de tierra de 300 a 600 m³/ha.

- **Clase III:** Son suelos poco apropiados para el riego y presentan limitaciones que reducen la elección de cultivos o exigen prácticas especiales de manejo o ambas cosas. Dos limitaciones de la clase II que se presentan en forma simultánea son condición suficiente para clasificarlo en la III. Las limitaciones propias de esta clase son:
 - p: Profundidad menor de 0,80 m y mayor de 0,50 hasta el ripio.
 - d: Presencia de capa freática temporaria dentro de 1,50 m o permanente entre 0,80 y 1,50 m.
 - s: Textura arenosa gruesa mezclada con ripio en todo el perfil, con muy baja retención hídrica.
 - t: Relieve muy ondulado que requiere un alto costo de sistematización para riego, con movimiento de tierra superior a 600 m³/ha.
- **Clase V:** Son suelos muy poco apropiados para riego. Tienen limitaciones muy serias que restringen la elección de cultivos, requieren manejo muy cuidadoso y prácticas especiales de conservación o una combinación de ambas. Dos limitaciones de clase III presentadas simultáneamente, determinan la clasificación del suelo en la clase V. Las limitaciones propias de esta clase son:
 - p.: Profundidad menor de 0,50 hasta el ripio.
 - d: Presencia de capa freática permanente a profundidad menor de 0,80 m.Cabe destacar que, según el USBR, los suelos clasificados como V en el nivel de reconocimiento, luego de realizar estudios de mayor detalle, pueden pasar a la IV o definitivamente a la VI.

El resultado de este trabajo consiste en la obtención de las siguientes coberturas presentadas sobre una base cartográfica del área obtenida en un trabajo anterior (2).

1. Mapas de aptitud para el riego elaborados a nivel de reconocimiento, según las normas del USBR:

RTMCLSUE (Río Tunuyán Medio Clases de Suelos). Subdividido en 26 polígonos. Comprende las zonas irrigadas por este río en los departamentos de San Martín, Junín, Rivadavia y un sector en el oeste de Santa Rosa. La base de datos suministra información sobre perímetro, superficie, número de identificación y clase de suelo de cada polígono. (fig 1, pág 104)

RTICLSUE (Río Tunuyán Inferior Clases de Suelos). Subdividido en 7 polígonos. Comprende las zonas irrigadas por este río en los departamentos de Santa Rosa y La Paz. La base de datos suministra información sobre perímetro, superficie, número de identificación y clase de suelo de cada polígono. (fig 1, pág 104)

2. Mapas con los puntos que indican los lugares de donde se extrajeron muestras de suelos (calicatas y barreadas). Las PAT de estas coberturas contienen el número de identificación dado en el trabajo original y la clase y subclase con que fueron catalogados.

RTMPMSUE (Río Tunuyán Medio Puntos de Muestreo Suelos). Contiene 409 puntos. La base de datos suministra información sobre: número de identificación, clase y subclase de suelo de cada punto.(fig 1, pág 104)

RTIPMSUE (Río Tunuyán Inferior Puntos de Muestreo Suelos). Contiene 83 puntos. La base de datos suministra información sobre: número de identificación, clase y subclase de suelo de cada punto. (fig 1, pág 104)

3. Mapas de aptitud para el riego y de indicación de puntos de muestreo a nivel de algunos departamentos. Como ya se comentó en el método, son el resultado de un corte con el comando SPLIT sobre las coberturas RTMCLSUE, RTICLSUE, RTMPMSUE y RTIPMSUE, utilizando como "split cover" las coberturas que contienen los límites departamentales. Las bases de datos contienen la misma información que los mapas originales pero referidas sólo al área que abarcan.

M08CLSUT (Mendoza - San Martín - Clases de Suelos - Río Tunuyán). Subdividido en 8 polígonos. Base de datos: suministra información sobre perímetro, superficie, número de identificación y clase de suelo de cada polígono. (fig 2, pág 104).

M08PMSUT (Mendoza - San Martín - Puntos de Muestreo Suelos - Río Tunuyán). Contiene 113 puntos. Base de datos: suministra para cada punto, información sobre: número de identificación, clase y subclase de suelo. (fig 2, pág 104).

En el caso del departamento de San Martín cuyo territorio es irrigado por los ríos Mendoza y Tunuyán, también se generaron mapas de aptitud para el riego y de indicación de puntos de muestreo del área regada por el río Mendoza, como resultado de un corte con el comando SPLIT sobre las coberturas RMZCLSUE y RMZPMSUE, obtenidos en un trabajo anterior (2). En este caso el nivel del estudio fue "detallado" y la información disponible en la base de datos de puntos es diferente a la del río Tunuyán.

M08CLSUM (Mendoza - San Martín - Clases de suelos río Mendoza). Subdividido en 25 polígonos. Base de datos: suministra información sobre perímetro, superficie, número de identificación y clase de suelo de cada polígono. (fig 2, pág 104).

M08PMSUM (Mendoza - San Martín - Puntos de muestreo suelos río Mendoza). Contiene 145 puntos. Base de datos: suministra para cada punto, información sobre: número de identificación, textura del suelo en la capa superficial hasta 25 cm (TEX_SUP), textura en la capa profunda de 50 a 80 cm (TEX_PROF), salinidad en micromhos/cm en capa superficial (SAL_SUP) y salinidad en capa profunda (SAL_PROF). (fig 2, pág 104).

M09CLSUE (Mendoza - Junín - Clases de Suelos). Subdividido en 15 polígonos. Base de datos: suministra información sobre perímetro, superficie, número de identificación y clase de suelo de cada polígono. (fig 3, pág 105).

M09PMSUE (Mendoza - Junín - Puntos de Muestreo Suelos). Contiene 118 puntos. Base de datos: suministra para cada punto, información sobre: número de identificación, clase y subclase de suelo. (fig 3, pág 105).

M10CLSUE (Mendoza - Rivadavia - Clases de Suelos). Subdividido en 22 polígonos. Base de datos: suministra información sobre perímetro, superficie, número de identificación y clase de suelo de cada polígono. (fig 4, pág 105).

M10PMSUE (Mendoza - Rivadavia - Puntos de Muestreo Suelos). Contiene 158 puntos. Base de datos: suministra para cada punto, información sobre: número de identificación, clase y subclase de suelo. (fig 4, pág 105).

M11CLSUE (Mendoza - Santa Rosa - Clases de Suelos). Subdividido en 11 polígonos. Base de datos: suministra información sobre perímetro, superficie, número de identificación y clase de suelo de cada polígono. (fig 5, pág 106).

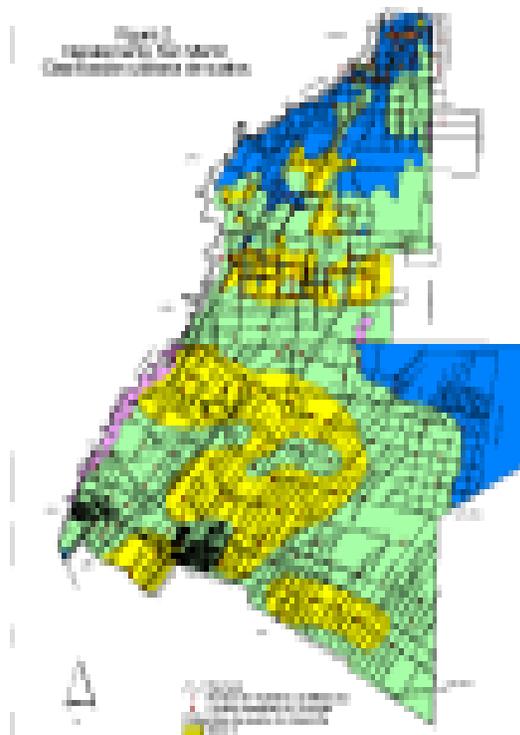
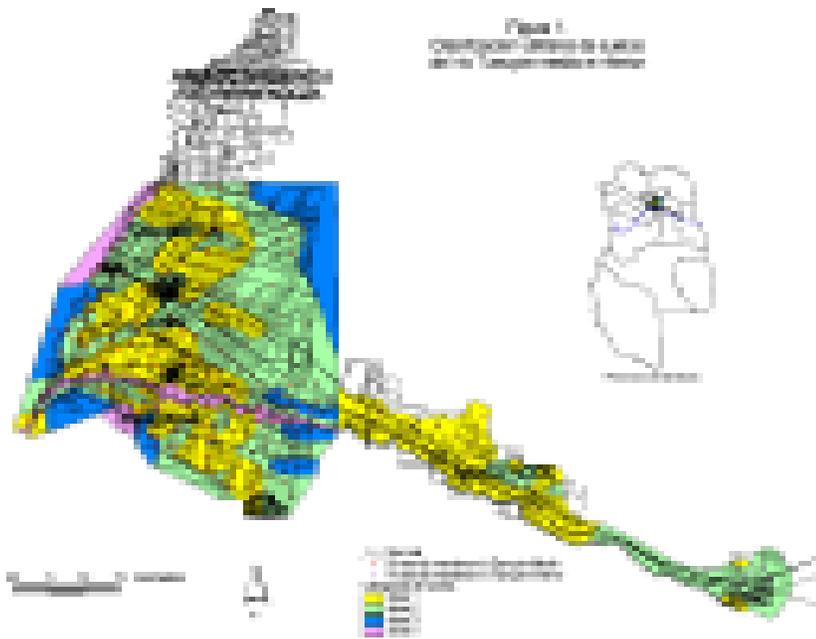
M11PMSUE (Mendoza - Santa Rosa - Puntos de Muestreo Suelos). Contiene 76 puntos. Base de datos: suministra para cada punto, información sobre: número de identificación, clase y subclase de suelo. (fig 5, pág 106).

M12CLSUE (Mendoza - La Paz - Clases de Suelos). Subdividido en 3 polígonos. Base de datos: suministra información sobre perímetro, superficie, número de identificación y clase de suelo de cada polígono. (fig 6, pág 106).

M12PMSUE (Mendoza - La Paz - Puntos de Muestreo Suelos). Contiene 26 puntos. Base de datos: suministra para cada punto, información sobre: número de identificación, clase y subclase de suelo. (fig 6, pág 106).

4. Mapa de aptitud para el riego del departamento Rivadavia, generado en entorno Idrisi a partir de la información suministrada por los puntos de muestreo:

M10CLSUI (Mendoza - Rivadavia - Clases de Suelos - Idrisi). Subdividido en 43 polígonos. Base de datos: suministra información sobre perímetro, superficie, número de identificación y clase de suelo de cada polígono. La salida gráfica permite disponer de las superficies correspondientes a cada clase de suelo, calculadas automáticamente con el módulo "Área de Idrisi. (fig 7, pág 107).



Suelos del río Tunuyán medio e inferior

Figura 3
Departamento de San
Cristóbal - Medio inferior

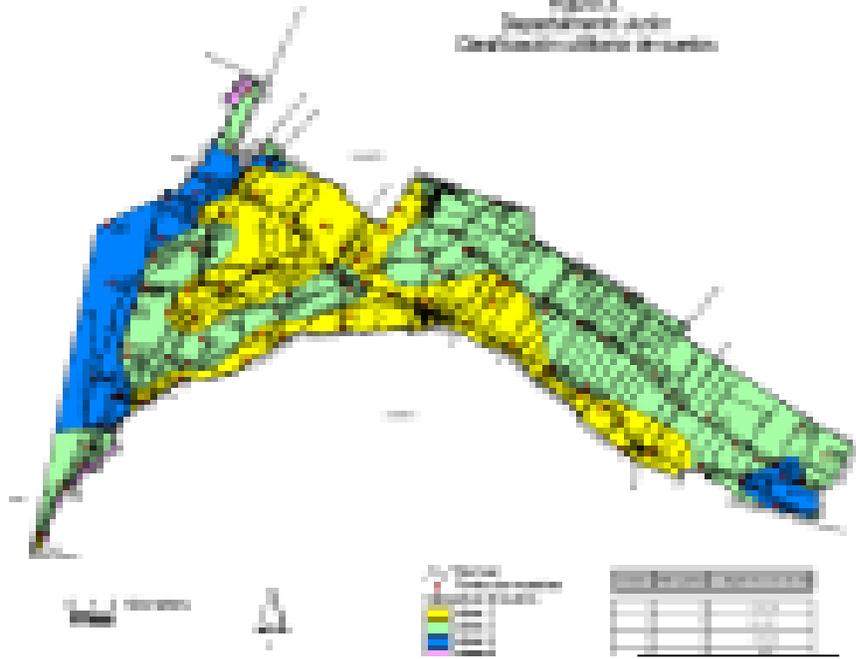
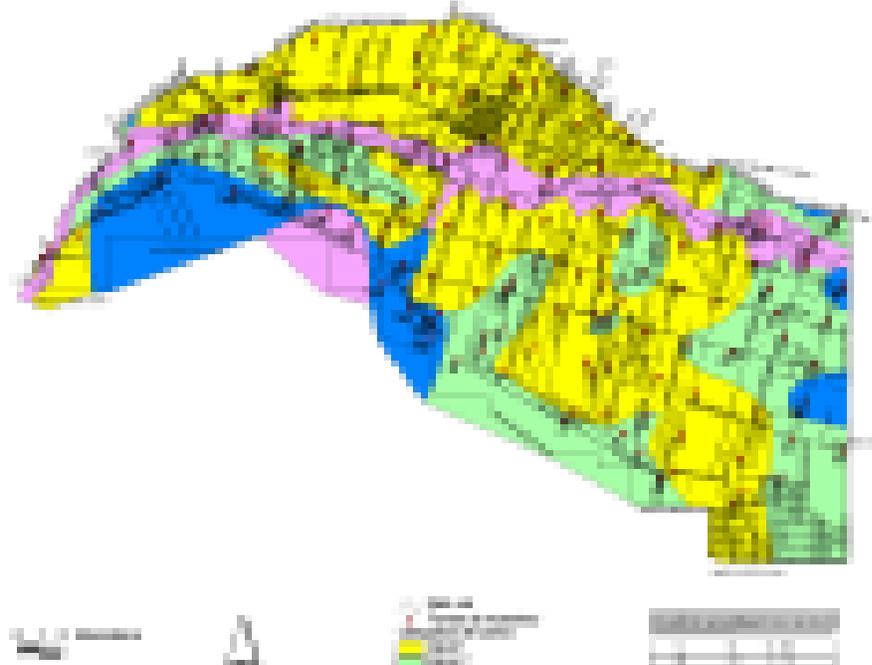
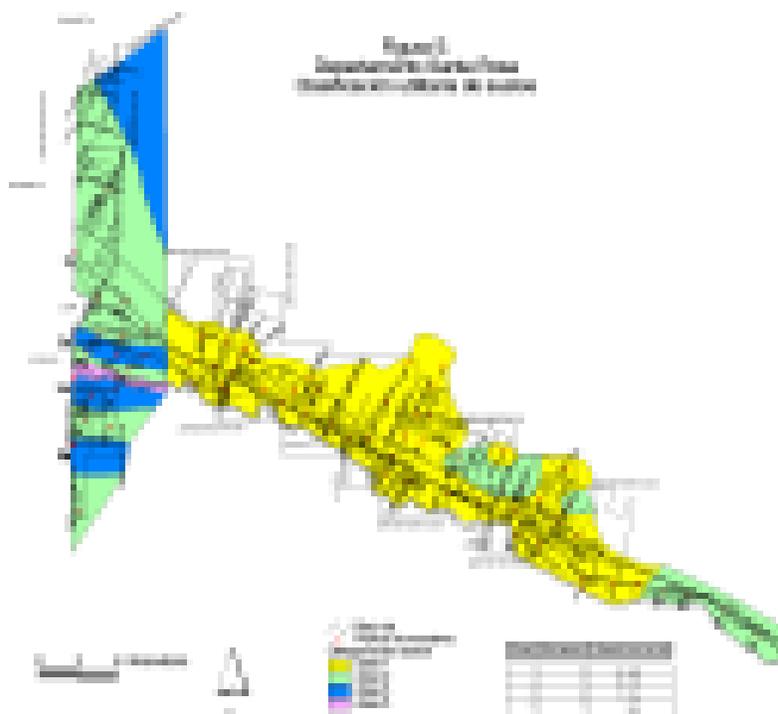
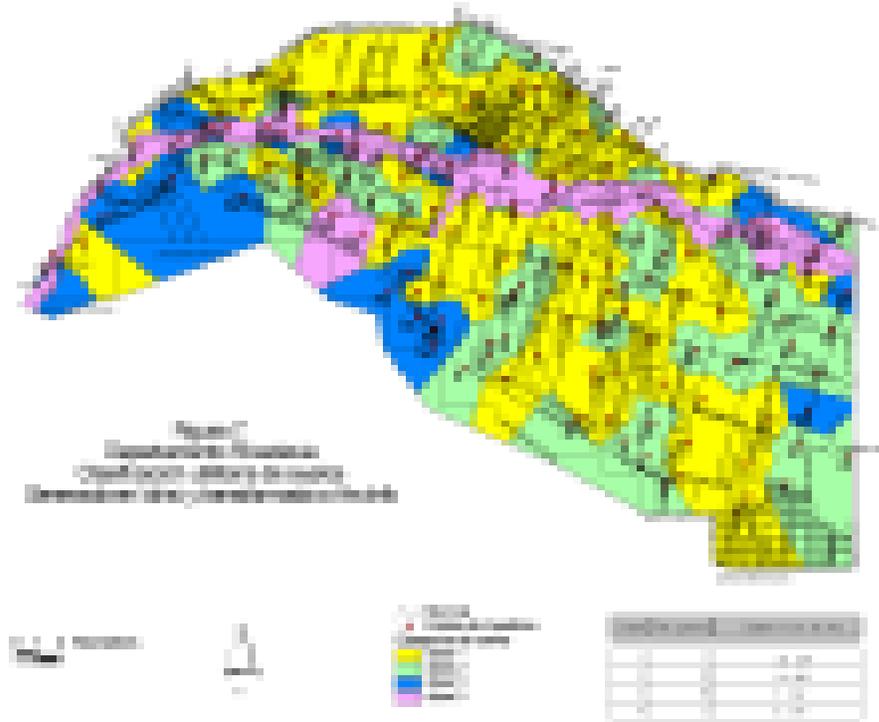


Figura 4
Departamento de San
Cristóbal - Medio inferior







CONCLUSIÓN

Mediante los SIG se ha logrado incorporar al SIA la clasificación utilitaria de suelos del área de influencia de los tramos medio e inferior del río Tunuyán. Esta información queda disponible para consulta, análisis e investigaciones posteriores por parte de los usuarios. Además las alternativas que aportan estos sistemas posibilitan desagregar la información incorporada por departamento, facilitando su manejo a municipios que son parte integrante del SIA.

Con un sistema raster, como Idrisi, se ha logrado generar en forma automática, precisa y rápida, un mapa de clasificación utilitaria de suelos y el cálculo de las superficies correspondientes a cada clase. Las diferencias entre el mapa obtenido y el original consisten en que en esta nueva modalidad, cada sector responde a la categoría asignada por los responsables del estudio al lugar de muestreo mientras que, en el anterior, se observan áreas que contienen puntos de muestreo de diferente clase.

Con este trabajo se ha obtenido un nuevo método que permite, según el criterio de clasificación adoptado, generar el mapa correspondiente. Este trabajo se ha transferido al MAOP de Mendoza, municipios y Departamento General de Irrigación y se encuentra disponible -en formato digital o copia en papel- para todo usuario que lo solicite.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cappé O. E. 1997. Sistema de Información Ambiental. I. Base cartográfica de las zonas norte y este de Mendoza Argentina. Rev. Fac. Cs. Agrarias. Tomo XXIX (1). pp. 75-103.
2. _____ . 1998. Sistema de Información Ambiental. II. Suelos del río Mendoza en formato digital. Rev. Fac. Cs. Agrarias. Tomo XXX (2). pp. 21-60.
3. _____ . 2000. Sistema de Información Ambiental. III. Base cartográfica de la zona Sur de Mendoza. Argentina. Rev. Fac. Cs. Agrarias. Tomo XXXI (2). pp. 25-30.
4. Chambouleyron, J. et al. 1975. Clasificación utilitaria con fines de riego de los suelos agrícolas del área media del río Tunuyán. INCYTH - INTA - DGI - CRAS. 110 p.
5. Eastman, Ronald J. 1992. Idrisi User's Guide. Clark University. Worcester, Mas. USA.
6. _____ . 1992. Idrisi Tech. reference. Clark University. Worcester, Mas. USA.
7. Environmental Systems Research Institute. 1991. PC Starter kit V. 3.4D Plus. User's guide. Redlands, CA, USA.
8. _____ . PC Arcedit V. 3.4D Plus, User's guide. Redlands, CA, USA.
9. _____ . PC Overlay V. 3.4D Plus, User's guide. Redlands, CA, USA.
10. _____ . Understanding GIS. The PC Arc/Info method V. 3.4D Plus. Redlands, CA, USA.
11. _____ . 1996. Using ArcView GIS. Redlands, CA, USA.
12. Ministerio del Interior de los Estados Unidos. Manual de la Dirección de Mejoramiento. Volumen V. Uso de la tierra regada. Parte 2. Clasificación de las tierras. 72 p.
13. Río Tunuyán Inferior. Zona Santa Rosa - La Paz. Estudio de Suelos. 1980. Departamento General de Irrigación. Mendoza.
14. Summagraphics Corporation. 1993. Summagrid IV series of digitizers user's manual. Seymour, Connecticut, USA.