



Comunicación tecnológica

CARTOGRAFÍA EDÁFICA INTERPRETADA SAN CARLOS, MENDOZA (ARGENTINA)

CARTOGRAPHY INTERPRETED OF SOIL SAN CARLOS, MENDOZA (ARGENTINA)

Benjamín R. Perez Valenzuela *
Daniel E. De Cara *
Víctor M. Lipinski *

Originales
Recepción: 10/02/2000
Aceptación: 01/06/2000

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue generar mapas y asociarlos a bases de datos digitales donde se puedan consultar, en forma automatizada y eficiente, preguntas temáticas y por localización. No importa la cartografía en sí misma, sino el análisis, la interpretación y el establecimiento de indicadores de aptitudes edáficas a partir de información geográfica sistematizada.

La Información básica es confiable y posee la máxima integridad. Con IDRISI se realizó, con las bandas 5, 4 y 3 una composición en falso color. Se elaboraron mapas digitalizados de clasificación no supervisada de cobertura del suelo. Se confeccionó, en Access, una base de datos con 26 registros de determinaciones edáficas. Se exportó esta información temática a IDRISI versión 2.0.

Con IDRISI se cartografiaron diferentes campos de la base de datos, lo que estableció distintas zonas pilotos en las que se realizó análisis espacial. De estos análisis se crearon mapas temáticos en formato digital. Con otra base de datos reales de 20 registros se convalidaron los resultados de las cartografías realizadas.

ABSTRACT

The objective of the work is to generate maps and to associate them to digital databases. Where the databases are immediately available and thematic and localization questions can be consulted in automated, efficient and effective form. The basis is not only the cartography by itself but also to analyse, to interpret, to create knowledge, to set indicators of edaphic aptitudes, starting from the data and systematized geographical information.

The basic information is reliable and it possesses the maximum integrity. With IDRISI a composition in false color, with the bands 5, 4 and 3 was carried out. Digitized maps of not supervised classification of covering of the soil were elaborated. In Access a database with 26 registrations of edaphic determinations was created. Thematic information was exported to IDRISI version 2.0.

In IDRISI different fields of the database were established different control areas in those that space analyses was carried out. From these analyses thematic maps were

* 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

El trabajo expresa una visión general de las características edáficas superficiales más importantes y las cartografías temáticas realizadas tienen valor práctico al establecer indicadores que sirven para quienes tengan conocimientos edafológicos medios.

created in digital format. With another real database of 20 registrations, the results of the carried out cartographies was authenticated. The work expresses a general vision of the most important characteristic of surface soil and the thematic cartographies carried out have an important practical value, specially for those who have average edaphic knowledge.

Palabras clave

IDRISI • cartografía • aptitudes de suelos • tomate • teledetección

Key words

IDRISI • chartography • ability of soils • tomato • teledetection.

INTRODUCCIÓN

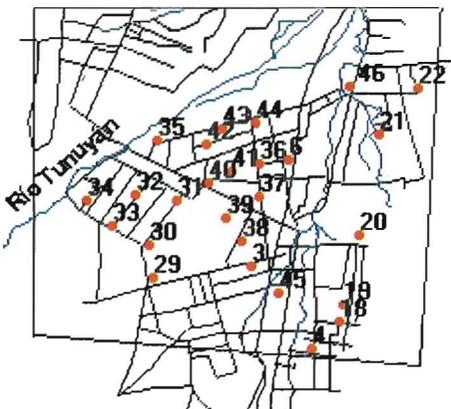
Para analizar, interpretar y establecer indicadores a partir de informaciones geográficas sistematizadas es necesario elaborar mapas y bases de datos digitales que permitan la consulta, automática y efectivamente de preguntas temáticas y por localización. El trabajo puede considerarse desde dos puntos de vista:

- El especialista, o entendido en SIG, interesado en el modelado cartográfico y la confección de los mapas.
- El agrónomo, circunscripto a los resultados de las cartografías realizadas.

En estas tecnologías de SIG, los resultados no son separables del método operativo, debido a su interacción. No obstante se ha respetado la división clásica del trabajo, exigida por las publicaciones habituales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Figura 1. Croquis, lugares de muestreo y zona de la imagen.



Antecedentes

- ❖ Datos alfanuméricos digitalizados, mapa (figura 1), identificación de los sitios de muestreo y tablas con los resultados de análisis de laboratorio e invernáculo. (4) Estos datos se georreferenciaron y cartografiaron utilizando como base la imagen satelital del Landsat de 16/09/97.
- ❖ Software de sistemas de información geográfica: IDRISI y CARTALINX.

Con las bandas 5, 4 y 3 se realizó un falso color de la imagen. En esta composición se efectuó una clasificación no supervisada de los píxeles de la imagen. Los lugares de muestreo se digitalizaron como puntos. Teniendo como base la clasificación de la imagen y el falso color se confeccionaron polígonos que representaban las zonas de influencia de cada sitio de muestreo edáfico. Los polígonos se rasterizaron y fueron usados como imagen de referencia para asignarles a ellos los valores numéricos de los campos de las bases de datos; es decir, los numerales de las tablas se expresaron cartográficamente.

El trabajo se estructuró en tres ítems:

a) Cartografía de indicadores de áreas de distintas aptitudes edafológicas superficiales establecidas sobre la base del rendimiento de ensayos de tomate en invernáculo. El campo de la base de datos cartografiado fue el que expresaba los resultados del ensayo de invernáculo de producción de materia seca de tomate fertilizado con nitrógeno y fósforo. Esta cartografía fue reclasificada para obtener los indicadores de las áreas de distintas aptitudes edáficas. Se vectorizaron los polígonos raster obtenidos y se rasterizaron nuevamente. A esta cartografía de rendimientos de tomate se le calculó el área.

b) Asociación de las áreas de los distintos rendimientos de tomate con los atributos edáficos digitalizados cartográficamente, estableciendo indicadores de suelo sencillos. Se cartografiaron como imágenes los distintos campos de los atributos o características edáficas, expresados en las tablas. Con la imagen de rendimiento de tomate -como objeto espacial- se procesaron las imágenes con atributos edáficos para extraer indicadores estadísticos como las medias, desviaciones estándar, etc., de estas últimas cartografías.

c) Convalidación de los resultados del estudio con atributos edáficos reales y polígonos ficticios. Se utilizaron los valores de 20 sitios de muestreo que no estaban ubicados en la zona de influencia de la imagen, pertenecientes al Sur de San Carlos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tablas en papel digitalizadas en Access fueron dos:

la tabla 1: 01Vic_Li.mdb, con las características edáficas de San Carlos, cuyos campos y tipo de datos son:

NodeID	Doble	Identificador
nu_suelo	Smallint not null unique	Número de identificación del suelo
p_H	Real	pH del suelo
Vol_Sed	Real	Volumen de Sedimentación, textura
CaCO ₃	Real	Contenido de CaCO ₃ en los suelos
Mat_orga	Real	Materia orgánica
NITROG_T	INTEGER	Nitrógeno total de los suelos, Kjeldahl
Rel_C_N	Real	Relación Carbono : Nitrógeno
K_extCO ₂	INTEGER	Potasio extraíble con carbónico 1:10
CHi_002b	Real	Contenido hídrico a 2 kPa
CHid_1b	Real	Contenido hídrico a 100 kPa
CHid_15	Real	Contenido hídrico a 1500 kPa

Tabla 1. 01 Vic_Li.mdb. Características edáficas de San Carlos.

NodeID	nu_suelo	P_H	Vol_Sed	CaCO ₃	Mat_orga	NITROG_T	Rel_C_N	K_ext_CO ₂	CHI_002b	CHid_1b	CHI_15
1	46	8	0.98	1.81	1.16	666	10.1	264	21.12	13.18	9.3
2	22	8	0.88	3.21	0.83	499	9.6	205	15.92	9.56	7.23
3	21	7.9	1.11	4.33	2.14	1102	11.3	320	37.14	26.66	18.9
4	20	8.3	0.84	1.41	0.68	458	8.7	240	13.45	7.98	6.26
5	18	7.4	0.88	0.16	1.38	894	9	205	15.28	9.2	7.03
6	19	7.9	1.01	0.47	1.11	707	8	180	28.26	20.36	14.21
7	4	7.5	1.04	0.02	1.86	1082	10	154	23.67	17.3	12.01
8	45	7	0.92	0.04	1.23	957	7.5	121	15.62	11.04	9.67
9	29	8	0.78	0.05	0.41	437	5.4	120	10.84	7.32	5.57
10	30	7.8	0.84	3.31	1.22	468	15.1	56	14.38	8.55	5.98
11	31	7.7	0.94	1.81	2.38	1040	13.3	120	20.06	14.11	9.81
12	32	7.8	0.88	1.41	1.08	562	11.3	88	14.85	10.11	7.25
13	33	7.9	0.94	5.49	1.23	666	10.7	33	22.26	13.89	8.91
14	34	8	0.84	1.97	1.09	458	13.8	36	13.61	8.43	6.97
15	35	7.7	0.86	6.16	0.75	333	13.1	47	15.09	8.27	6.25
16	36	7.8	0.95	6.52	1.36	873	9	334	19.02	11.94	9.61
17	37	7.8	0.88	5.84	0.82	374	12.7	38	15.29	9.59	7.48
18	38	7.8	0.92	3.44	1.36	707	11.2	74	17.86	12.05	9.99
19	39	8	0.84	3.02	0.54	312	10	43	11.54	7.58	6.36
20	40	8	0.88	6.46	0.96	478	11.6	90	17.91	10.62	7.42
21	41	8	0.92	4.91	1.23	666	10.7	78	20.25	14.34	10.85
22	42	7.7	0.86	5.79	0.82	645	7.4	102	13.77	8.21	5.84
23	43	7.8	0.88	3.96	0.75	520	8.4	44	17.45	11.01	9.34
24	44	7.8	0.92	6.27	1.43	853	9.7	152	22.19	15.38	9.49
25	6	7.6	1.08	7.03	2.91	1435	11.7	220	27.8	19.2	13.62
26	3	7.8	0.84	0.86	0.91	478	10.9	109	14.27	8.9	6.57

La tabla 2: 02Vic_26.mdb, con las características edáficas y rendimientos de tomate en invernáculo, cuyos campos y tipos de datos son:

SUELOS	DOUBLE	Identificador
nu_suelo	INTEGER	Número de identificación del suelo
P_OLSEN	Real	Contenido de fósforo del suelo (método Olsen)
P_ARIZON	Real	Fósforo extracción carbónica 1:10
MSSINP_T	Real	Materia seca de tomate, g/maceta, sin fertilización fosfórica, con nitrógeno
MSCONP_F	Real	Materia seca de tomate, g/maceta, con fósforo y nitrógeno
RR_T_F_r	Real	Relación de rendimientos: MSSINP_T/MSCONP_F
CE_ext_s	Real	Conductividad eléctrica extracto de saturación, dS/m
MSCONP_e	INTEGER	Materia seca de tomate, cg/maceta, con fósforo y nitrógeno. MSCONP_F*100

Tabla 2: 02Vic_26.mdb. Características edáficas y rendimientos de tomate en invernáculo.

SUELOS	nu_suelo	P_OLSEN	P_ARIZON	MSSINP_T	MSCOMP_F	RR_T_F_r	CE_ext_s	MSCOMP_e
30	30	5.5	3.5	0.11	0.86	0.13	4.36	86
35	35	6.9	3.7	0.08	0.41	0.19	6.42	41
34	34	4.3	3.8	0.21	0.72	0.28	3.06	72
43	43	11.9	4.7	0.25	0.71	0.35	3.68	71
37	37	7.3	4.9	0.31	0.71	0.43	2.52	70
41	41	7.5	4.9	0.51	0.93	0.55	3.96	93
44	44	17.8	5.7	0.45	1.19	0.38	3.01	119
32	32	8.8	5.9	0.17	0.38	0.44	5.42	38
39	39	8.7	6.7	0.35	0.73	0.48	1.96	73
38	38	10.4	6.8	0.42	0.73	0.58	3.66	73
33	33	30	7.5	0.51	0.96	0.52	1.66	96
21	21	11.9	8.1	0.26	0.63	0.41	3.96	63
46	46	7.8	8.9	0.29	0.66	0.45	1.75	66
6	6	13.4	9.1	0.06	0.22	0.28	8.04	22
36	36	16.6	9.5	0.29	0.76	0.39	4.94	76
40	40	17.9	10.7	0.42	0.81	0.51	3.22	81
42	42	17.5	11.1	0.11	0.36	0.31	7.55	36
3	3	8.9	11.6	0.17	0.73	0.24	4.01	73
45	45	10.1	14.8	0.85	1.51	0.56	2.62	151
22	22	19.4	17	0.41	0.82	0.87	1.51	82
20	20	17.3	19	0.49	0.61	0.82	1.05	61
31	31	36.3	21.1	0.62	0.69	0.89	6.24	69
19	19	25.8	22.7	0.77	1.44	0.53	2.85	144
4	4	18.9	34.8	0.54	0.81	0.67	3.08	81
29	29	19.9	36.4	0.44	0.71	0.63	4.04	70
18	18	15	41	0.45	0.81	0.55	6.54	81

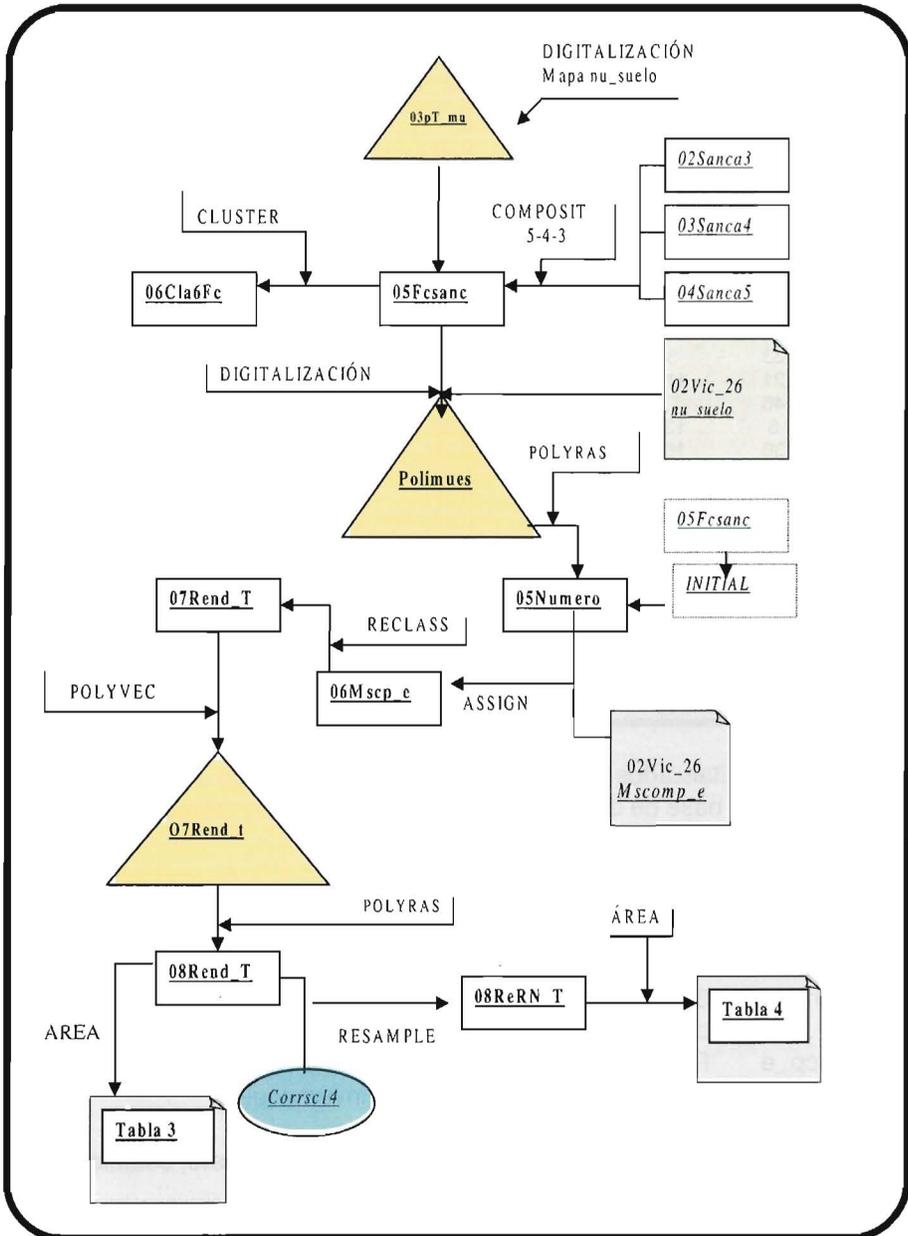
Los datos digitalizados en Access, cuando se importaron a IDRISI, cambiaron a tipo doble. En la base de datos de IDRISI se convirtieron y crearon algunos de los campos. En la imagen se pudieron ubicar 26 registros.

Las imágenes elaboradas más importantes fueron:

- 05fcsanc Falso color realizado con las bandas 5 , 4 y 3.
- 06cla6fc Clasificación no supervisada, con 6 cluster.
- 05Numero Contienen los números de identificación de los polígonos de atributos edáficos.
- 06mscp_e Polígonos que expresan la materia seca de tomate en cg/maceta, resultado de ensayo en invernáculo.
- 07Rend_t Reclasificación de la materia seca de tomate, estableciendo indicadores.
- 08Rend_t Unificación de los polígonos de igual clasificación de materia seca.
- 08ReRn_t Georreferenciación de la imagen anterior.

Adicionada a ellas están todas las imágenes de los campos de las dos tablas mencionadas anteriormente.

Diagrama 1. Modelado cartográfico realizado para obtener el mapa temático.



Los vectores elaborados fueron:

01hidrol	Lineal, principales ríos y arroyos.
03pt_mue	Punto, ubicación de los sitios de muestreos.
04rutas	Lineal, rutas principales.
05calles	Lineal, calles principales.
07rend_t	Polígonos de los rendimientos de materia seca clasificada.
08Po2020	Polígonos ficticios digitalizados de igual superficie.
Polimues	Polígonos que representan la superficie de influencia de cada sitio de muestreo.

Archivos de valores:

CORRSC14 Archivo de correspondencia para realizar la Georreferenciación

a. Cartografía de las áreas de distintas aptitudes edafológicas superficiales establecidas sobre la base del rendimiento de ensayos de tomate en invernáculo.

Para documentar el modelo (diagrama 1, pág. 100) y todo el proceso realizado se confeccionó el siguiente archivo de procedencia, colocando en mayúscula los comandos de IDRISI, las entradas en cursiva subrayada y los resultados en negrita subrayada, sean imágenes, vectores o tablas.

- Clasificación no supervisada

Imágenes 02Sanca3 + 03Sanca4 + 04Sanca5 + COMPOSIT ---> **05Fcsanc**

(imagen falso color, figura 2, pág. 102)

05Fcsanc + CLUSTER (6 agrupaciones generales)---> **06Cla6Fc**

(clasificación no supervisada, figura 3, pág. 102)

- Polígonos de aptitudes edáficas.

DIGITALIZACIÓN de la posición de los puntos de muestreo: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{26}$

(figura 1, pág. 96) sobre 03Fcsanc ---> **03pT mu**

(cobertura vectorial de puntos, figuras 2 y 3, pág. 102)

Sectores de influencia de cada punto.

Interpretación visual sobre 05Fcsanc y 06Cla6Fc con cobertura vectorial

03pT mu ---> DIGITALIZACIÓN de 26 polígonos ---> **Polimues**

(polígonos vectoriales del área de influencia de cada sitio de muestreo edáfico).

Rasterización: Polimues + POLYRAS (generando la imagen INITIAL, copiando

los parámetros espaciales de 05Fcsanc) ---> **05Numero**

(imagen raster con polígonos numerados del 1 al 26)

- Asignación a 05Numero el campo de rendimiento de tomate: Mscomp_e, de la

tabla 02Vic 26 (Características edáficas y rendimientos de tomate en invernáculo).

05Numero + ASSIGN (Campo del elemento identificador = nu_suelo, campo de

datos a asignar a la imagen = Mscomp_e) ---> **06Mscp e** (figura 4, pág. 102)

- Reclasificación de la cartografía de rendimiento de tomate expresado en cg/maceta.

06Mscp e + RECLASS (categoría 0 sin información; 1 < 50; 2, de 50 a 80; 3, de

80 a 100; 4, de 100 a 120 y 5 > 120) ---> **07Rend T** (raster, figura 5, pág. 102)

Sobre la base del modelado y lo expresado en el archivo de procedencia las imágenes obtenidas fueron:

Figura 2. Falso color con las bandas 5-4-3 y sitios de muestreo.

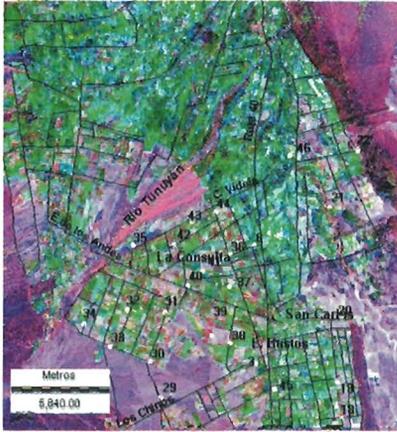


Figura 3. Cluster del falso color; 6 clasificaciones.

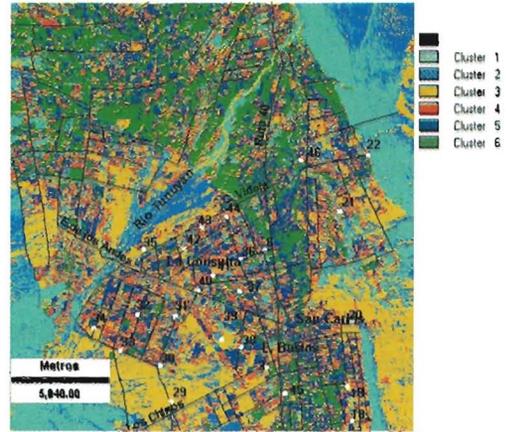


Figura 4. Campo "MSCONP_e" de la base de datos 02vic_26, cg/maceta.

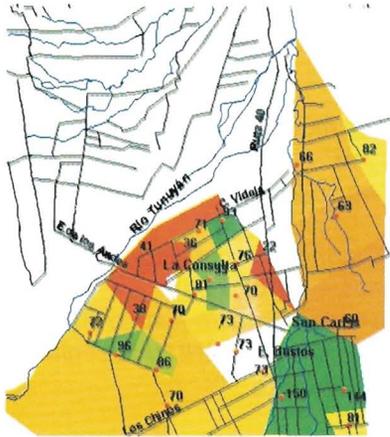
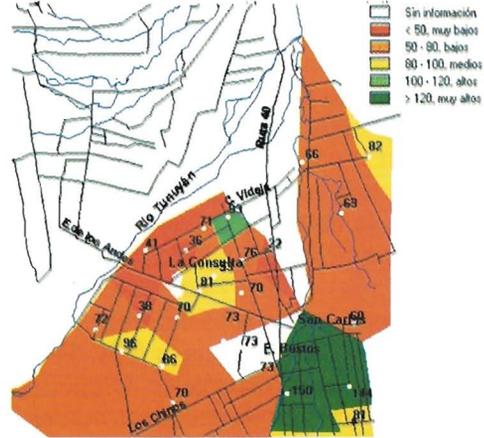


Figura 5. Rendimiento de materia seca, plantas de tomate, cg/maceta



Cartografía del campo que expresa los resultados, en cg/maceta, del rendimiento de materia seca de tomate fertilizado con nitrógeno y fósforo. Campo que se encuentra en la base de datos 02Vic_26.mdb. Características edáficas y rendimientos de tomate en invernáculo

Reclasificación de la cartografía de rendimientos de materia seca de las plantas de tomate.

Aplicando el módulo de ÁREA de IDRISI en la figura 5, la superficie de cada categoría se observa en la tabla 3 (pág. 103):

Tabla 3. Superficies de las categorías por rendimientos de materia seca de tomate. En condiciones de invernáculo y fertilizados con nitrógeno y fósforo. Imagen no georreferenciada.

Categorías	cg mat.seca/maceta	Hectáreas	Porcentaje
0	Sin información		
1	<50 muy bajos	2271.87	7.94
2	50-80 bajos	19437.66	67.91
3	80-100 medios	3494.70	12.21
4	100-120 altos	294.84	1.03
5	>120 muy altos	3123.63	10.91

Como se advierte, gran porcentaje de los terrenos superficiales de San Carlos producen rendimientos bajos de tomate en las condiciones experimentadas de invernáculo. La tabla 3 se realizó con las imágenes sin georreferenciar. Efectuando la georreferenciación con GPS y obteniendo la imagen georreferenciada (08ReRnPr) las superficies de cada categoría y sus respectivos porcentajes se expresan en tabla 4.

Tabla 4. Superficies de las categorías por rendimientos de materia seca de tomate. En condiciones de invernáculo y fertilizados con Nitrógeno y Fósforo. Imagen georreferenciada.

Categorías	cg mat.seca/maceta	Hectáreas	Porcentaje
0	Sin información		
1	<50 muy bajos	2306.57	7.93
2	50-80 bajos	19771.69	67.94
3	80-100 medios	3548.29	12.19
4	100-120 altos	300.46	1.03
5	>120 muy altos	3173.84	10.91

De la comparación de ambas tablas se desprende, en este caso y con la metodología realizada, que no hay diferencias significativas en las áreas a nivel regional, entre la imagen georreferenciada y la no georreferenciada.

b. Asociación de las áreas de los distintos rendimientos de tomate con los atributos edáficos digitalizados cartográficamente.

Como expresa el modelado cartográfico (diagrama 2, pág. 104), se representaron en imágenes los campos de las dos tablas. Estas actúan como variables independientes de la producción de materia seca de tomate por maceta. En la figura 6 (pág. 105) está cartografiado el campo Volumen de sedimentación de la tabla 1: 01Vic_Li.mdb. Características edáficas de San Carlos. En forma similar se mapean todos los otros campos.

De cada una de estas imágenes digitales se obtuvo con el módulo EXTRACT (IDRISI) un resumen estadístico que expresaba la media, máximos, mínimos, etc. No obstante la información obtenida, se optó por su simplificación para tabular sólo los valores medios de todos los EXTRACT (IDRISI) (tabla 5, pág. 105).

Diagrama 2. Modelado cartográfico para resolver la asociación de áreas indicadas en el ítem b.

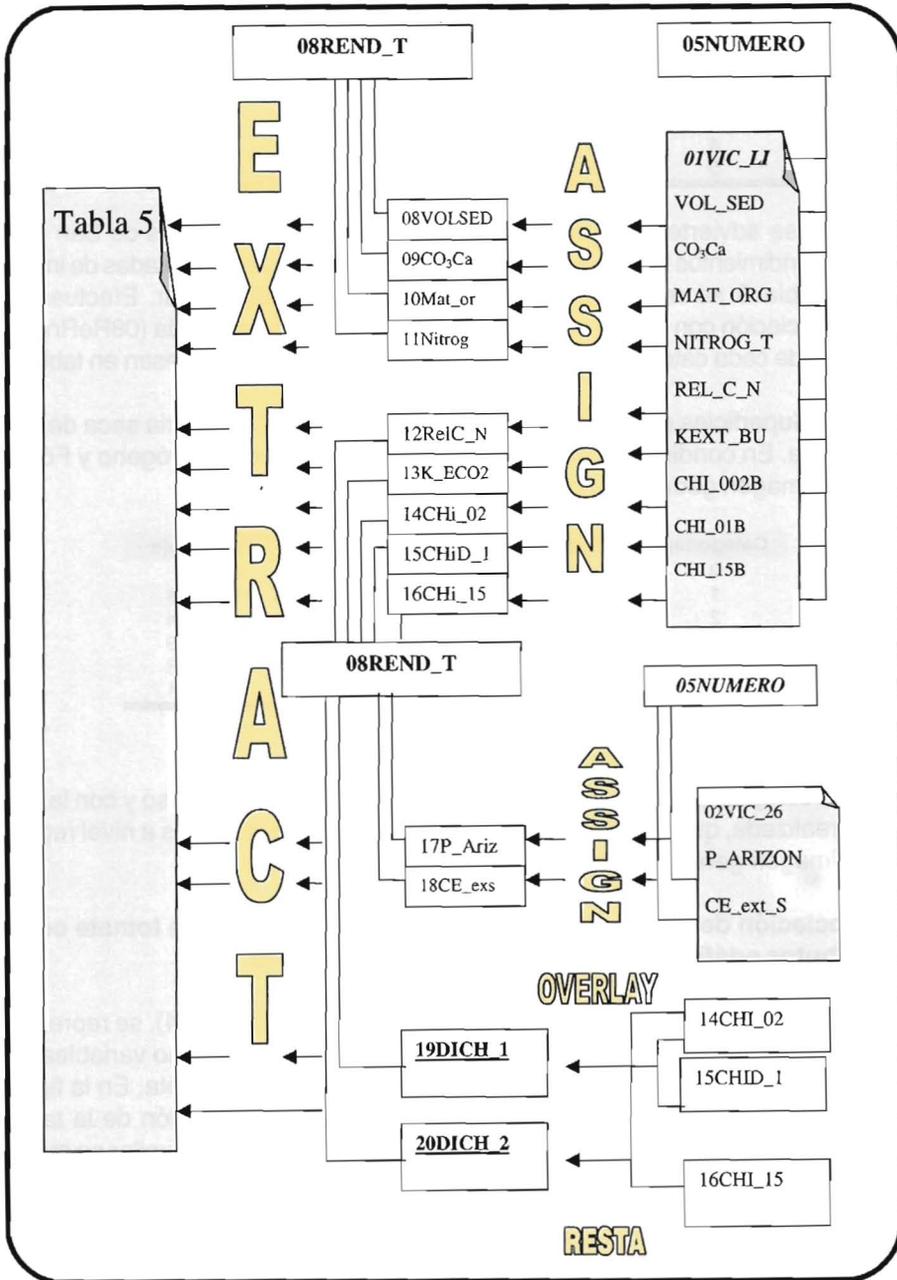


Figura 6. Campo "Vol_Sed" de la tabla "01Vic_li".

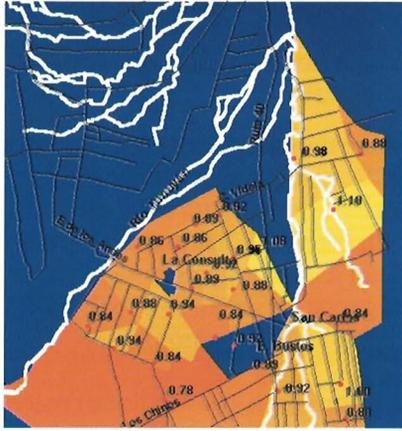
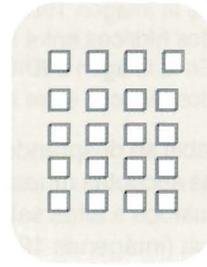


Figura 7. Veinte polígonos ficticios.



Cartografía del campo de atributo de volumen de sedimentación (textura) de la tabla 01Vic_Li. Características edáficas de San Carlos"

Tabla 5. Resumen de las tablas obtenidas con EXTRACT. Valores promedio de los pixeles de las imágenes.

Categorías	Imágenes	08Vol mL/g	09C g%	10M %	11N mg/kg	12R	13K mg/kg	14C g%	15C g%	16C g%	17P mg/kg	18CE µS/cm	19D1 g%	20D2 g%
0	Sin información													
1	<50 muy bajos	0,90	5,1	1,18	650	10,8	100	16,6	10,4	7,5	7,2	6760	6,2	9,1
2	50-80 bajos	0,88	1,7	0,96	580	9	170	16,9	11,1	8,2	19,1	3340	5,8	8,6
3	80-100 medios	0,92	3,0	1,29	710	10,8	130	18,9	12,4	8,9	18,8	3360	6,5	10,0
4	100-120 altos	0,92	6,3	1,43	850	9,7	150	22,2	15,4	9,5	5,7	3000	6,8	12,7
5	>120 muy altos	0,96	0,3	1,17	830	7,7	150	21,9	15,6	11,9	18,7	2730	6,2	9,9

Numerales: cg materia seca de tomate/maceta

Encabezados de las columnas: imágenes que tienen cartografiados los distintos valores edáficos, según el siguiente listado:

- 08Vol Es la imagen que tiene cartografiado los valores de Volumen de sedimentación.
- 09C Es la imagen 09 CaCO₃ de los valores de carbonato de calcio
- 10M Valores de materia orgánica ---> Imagen 10 Mat_or
- 11N Nitrógeno total (Kjeldahl) ---> 11 Nitrog
- 12R Relación carbono:nitrógeno ---> 12 RelC_N
- 13K Potasio extracción carbónica 1:10 ---> 13 KECO2
- 14C
- 15C Contenidos hídricos en equilibrio con succión { 2 kPa; 14Chi_02
- 16C { 100 kPa; 15ChiD_1
- { 1500 kPa; 16Chi_15

17P	Valores de fósforo extraíble con carbónico 1:10 ---> 17P_Ariz
18CE	Conductividad eléctrica del extracto de saturación ---> 18CE
19D1	Es la imagen 19DICH_1 que tiene cartografiadas las diferencias de contenidos hídricos entre las succiones de 100 y 2 kPa
20D2	Es la imagen 20DICH_2 que tiene cartografiadas las diferencias de contenidos hídricos entre las succiones de 1500 y 2 kPa

De esta tabla se desprende que los rendimientos están altamente asociados a la salinidad de las alícuotas muestreadas (imagen 18CE_exs). Los menores rendimientos están vinculados a altas salinidades y a texturas más gruesas, no a las disponibilidades de agua (imágenes 19DICH_1 y 20DICH_2), las cuales estuvieron controladas en el ensayo. Los muy altos rendimientos están asociados a texturas francas (imagen 08VolS), con altos contenidos hídricos (imágenes 14Chi_02, 15ChiD_1 y 16 Chi_15) y elevados contenidos de nitrógeno nativo disponible (11 nitrog).

c. Convalidación de los resultados del estudio con atributos edáficos reales y polígonos ficticios.

Veinte puntos del estudio original no estaban ubicados en la imagen. Los registros están expresados en la tabla 6, que se exportó de IDRISI.

Tabla 6. Características edáficas y rendimiento de tomate en invernáculo. Muestras de San Carlos.

SUELO	P_ARIZON	CE_ext_s	MSSINP_T	MSCONP_F	RR_TE_FE	P_H	Vol_Sed	CO ₃ Ca	Mat_orga	NITROG_T	K_ex_CO ₂	CHI_002	CHI_01	CHI_15
28	6	2.28	29	83	35	8.1	0.76	1.23	0.55	416	81	10.54	7.41	5.78
13	15.1	0.73	80	76	105	7.4	0.78	0	0.62	374	78	12.74	8.74	6.66
25	15.5	1.13	37	47	79	7.7	0.78	0.13	1.11	478	120	8.07	5.32	4.31
27	13.5	0.88	34	59	58	8.1	0.81	0.76	0.97	416	59	10.96	7.03	5.28
9	21	1.25	71	52	135	6.9	0.86	0.03	0.76	541	75	13.89	9.12	6.78
12	14.4	0.74	32	98	32	7.8	0.86	0	0.96	562	47	14.17	9.21	6.85
8	20.6	1.37	51	102	50	7.3	0.88	0.01	0.76	499	74	15.63	10.92	7.56
14	25.5	0.77	52	82	57	7.4	0.88	0	1.45	758	125	13.39	9.16	6.67
15	28.6	1.48	56	94	60	6.9	0.88	0	0.97	666	81	15.49	10.47	8.06
16	30.7	1.78	65	88	74	7.8	0.92	0	1.31	853	120	18.87	13.25	9.99
7	32.1	1.97	57	47	121	7.7	0.94	0.18	1.79	857	93	16.31	10.66	7.74
24	11.4	1.00	71	112	64	8.1	0.94	1.92	1.65	801	170	25.35	14.11	9.39
33	7.5	1.66	50	96	52	7.9	0.94	5.49	1.23	666	33	22.26	13.89	8.91
26	7.3	3.56	41	81	51	7.9	0.96	4.23	2.14	1123	180	26.34	17.61	12.08
10	16.3	0.77	61	106	58	7.9	0.98	0	1.79	878	78	19.62	13.14	10.32
5	10	1.81	71	120	59	7.1	0.99	0.09	1.38	874	80	20.48	13.31	9.07
17	8.3	2.80	77	72	107	8.2	1.01	3.76	2.01	1206	440	38.58	23.99	15.32
23	12.9	2.11	47	84	56	7.7	1.02	0.44	2	1102	60	26.21	18.22	12.17
2	31.8	1.29	82	126	65	7.5	1.04	0.07	1.52	1019	107	22.96	14.71	9.55
11	12.8	0.69	68	107	64	7.9	1.07	0.18	2.97	1477	93	25.86	20.18	15.38

Para asignar esos campos a una imagen se crearon polígonos ficticios de 20x20 m (figura 7, pág. 105), estableciendo que todos tuvieran igual superficie para que la misma no influenciara los valores de resumen estadístico y que las diferencias se debieran solamente a los datos alfanuméricos históricos. Utilizando idéntico método que en el ítem b, se obtuvo la tabla 7.

Tabla 7. Resumen de las tablas obtenidas con EXTRACT.
Valores promedios de los pixeles de las imágenes ficticias.

Categorías	Imágenes	08VolS mL/g	09C g%	11N mg/kg	14C g%	15C g%	16C g%	18CE µS/cm	19D1 g%	20D2 g%
0	Sin información									
1	<50 muy bajos	0,86	0,2	670	12,2	8,0	6,0	1550	4,2	6,2
2	50-80 bajos	0,86	1,1	630	19,0	12,2	8,5	1420	6,8	10,5
3	80-100 medios	0,90	1,4	770	18,4	12,4	8,8	1810	6,0	9,6
4	100-120 altos	0,97	0,5	910	21,6	14,6	10,7	960	7,0	11,0
5	>120 muy altos	1,02	0,1	950	21,7	14,0	9,3	1550	7,7	12,4

Las leyendas de las filas y el encabezado de las columnas tienen el mismo significado que en tabla 5 (pág. 105). No se consignaron campos que no adicionaban información.

De acuerdo con la tabla anterior, en el sector S. de San Carlos, las alícuotas de suelos analizadas tienen salinidades muy bajas y este atributo no es el condicionante de los bajos rendimientos de tomate en invernáculo de este sector. Sin influencia de la salinidad, se corrobora que los muy bajos rendimientos están asociados a texturas arenosas, con bajos valores de los parámetros hídricos del suelo (imágenes 14Chi_02, 15ChiD_1, 16Chi_15) y poca disponibilidad hídrica. Este último factor no se manifestó en el análisis de los 26 datos originales porque la salinidad lo enmascaró.

También se corroboró que aunque haya buena disponibilidad hídrica, los rendimientos serán bajos con baja disponibilidad de nitrógeno nativo (imagen 11Nitrog). Los muy altos rendimientos siguen estando asociados a texturas francas, con altos parámetros hídricos y de disponibilidades hídricas y nitrógeno nativo. Los datos edafológicos obtenidos no son en absoluto novedosos pero han surgido de cartografías y, lo importante, es que están representados espacialmente. Dichos resultados son de invernáculo; no obstante sirven de índice para el cultivo de tomate que, al principio del ciclo, debe vegetar en los primeros 20 cm superficiales del suelo. Según las cartografías elaboradas, se interpreta que los sectores más salinos y menos productivos están próximos al río Tunuyán y la ruta 40. La observación del abanico aluvional puede indicar los sectores de textura más gruesa.

También se puede establecer que los sectores menos salinos y muy productivos están en el Sur del departamento, próximos al distrito Chilecito.

Para elaborar las cartografías se efectuaron generalizaciones; por lo tanto, no es adecuado descalificarlas cuando no coinciden con determinaciones puntuales, especialmente en suelos aluvionales muy heterogéneos.

CONCLUSIONES

- ❖ Contribución al inventario y almacenamiento de la información del recurso suelo del dpto. San Carlos.
- ❖ Expresión visual, mediante las cartografías, de la distribución espacial de los atributos edáficos y delimitación de zonas con indicadores de aptitudes edáficas, evaluadas con el rendimiento de tomate en invernáculo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Chuvieco, E. 1990. Fundamentos de teledetección espacial. Rialp. Madrid. España.
2. Eastman, J. R. 1997. Idrisi para Windows. Guía del Usuario V.2.0. Clark University. Worcester. MA. USA
3. Ejército Argentino. Instituto Geográfico Militar. 1927. Carta topográfica de San Carlos-hoja 3369-33-2, escala 1:50.000
4. Lipinski, V. M. 1978. Diagnóstico de deficiencias de fósforo en suelos del Dpto. de San Carlos, Mendoza. Argentina. Trabajo de Tesis de Maestría..
5. Perez Valenzuela, B. R. 1999. Edafología, en la Agricultura regadía cuyana. Fundar. Mendoza. Argentina.
6. UNIGIS. España. Briggs, D. y Reeve, D. 1999. Adquisición y entrada de datos. Adaptación Servicio de SIG. Universitat de Girona. España.
7. UNIGIS. España. Cornelius, S.; Heywood, I. y Trodd, N. 1999. Operaciones de análisis espacial. Adaptación Servicio de SIG. Universitat de Girona. España.