

## VALENCIA, VENEZUELA

*SISDELAV: Soil information of the Valencia Lake basin, Venezuela*

Jesús A. Viloría<sup>1</sup>, Coraly Estrada<sup>2</sup> y Juan C. Rey<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Edafología, Apdo. 4579, Maracay; edafo@telcel.net.ve.

<sup>2</sup>PDVSA-PALMAVEN, S.A., Maracay.

<sup>3</sup>FONAIAP-CENIAP, Maracay.

---

### Resumen

Los sistemas de información de suelos tienden a convertirse en una alternativa tecnológica que permite mayor flexibilidad de uso de los datos, que los mapas e informes producidos convencionalmente por los levantamientos de suelos. SISDELAV tiene como objetivos aumentar la utilidad del estudio de suelos a escala 1:25.000 de la depresión del Lago de Valencia y proponer, a través de un caso concreto, un nuevo enfoque para los inventarios de suelos, basado en el manejo automatizado de datos. El desarrollo del sistema incluyó un diagnóstico de la situación inicial de la información, la definición de las capas de información y del modelo lógico de datos, el desarrollo de programas de automatización de la información, y la unión entre mapas, programas e información atributiva. Esta última incluye las unidades cartográficas y taxonómicas, y los datos recabados en puntos de muestreo. SISDELAV provee no sólo información clasificada de atributos individuales del suelo (drenaje, inundación, salinidad y otros) que puede ser desplegada automáticamente como mapas temáticos, sino también facilidades para generar nuevas interpretaciones o clasificaciones de los datos, en función del problema que genera la demanda de información.

**Palabras claves:** Sistemas de información geográfica, SIG, levantamiento de suelos, bases de datos.

### Abstract

Soil information systems tend to become a technologic alternative which allows greater flexibility for using soil data than the maps and reports conventionally produced by soil surveys. The aims of SISDELAV are to increase the value of the 1:25.000 soil survey carried out in the Valencia lake basin and to propose, by means of a particular case, a new approach for soil survey based on the automated management of data. The development of this system included a diagnosis of the initial state of the information, the definition of the information layers and the logic model of data, the writing of programs to automate the information, and the generation of links between maps, programs and the attributive information. The late includes map units, taxonomic units and data recorded at sample points. SISDELAV provides not only classified information on individual soil features (e.g. soil drainage, flooding, salinity) which can be automatically displayed as thematic maps but also facilities to produce new interpretations and classifications of the data, according to the problem for which the information is required.

**Key words:** GIS, geographic information systems, soil survey, database.

---

### INTRODUCCIÓN

La depresión del Lago de Valencia constituye un área de tierras planas de alta vocación agrícola, con una superficie aproximada de 150.000 ha, ubicada en el Centro-Norte de Venezuela, cubriendo parte de los Estados Aragua y Carabobo. La aguda competencia por el aprovechamiento del espacio físico entre usos urbanos, industriales y agrícolas, y el proceso de degradación ambiental manifestado en la contaminación del lago de Valencia, ameritan el diseño y ejecución de planes regionales y locales de ordenamiento territorial.

A fines de la década de los 70 y comienzos de los 80, el MARNR realizó un estudio semidetallado de suelos de toda la depresión con el fin de proveer información para la elaboración de planes regionales y locales de utilización de la tierra (Zinck, 1977). El estudio fue ejecutado por bloques que fueron levantados en forma independiente por agrólogos diferentes, pero aplicando una misma metodología de levantamiento y coordinados por un mismo supervisor técnico. Problemas de correlación de suelos impidieron unificar los mapas de suelo de los diferentes bloques en un mapa único con una leyenda

uniforme, al final del estudio. Estos problemas fueron tipificados por Viloría (1985) quien propuso una metodología para la integración de los bloques. Posteriormente, un proyecto de correlación de suelos conducido conjuntamente por el MARNR y la Facultad de Agronomía de la UCV permitió completar e integrar la información de los diferentes bloques en un mapa unificado de suelos de toda la depresión del Lago de Valencia (Viloría *et al.*, 1993).

Parte de la información producida por el estudio de suelos referido fue digitalizada para facilitar su manejo durante el proceso de correlación; pero la información fue digitalizada utilizando diferentes formatos y programas, de acuerdo a la tarea requerida. Si bien, los mapas de suelo de los diferentes bloques de levantamiento pudieron ser integrados, errores de digitalización del mapa de suelos y la dispersión de los datos en diferentes archivos y formatos, impedían su utilización y generaban un alto riesgo de pérdida de esta información.

Esta situación determinó la necesidad de desarrollar un sistema de información de suelos (SIS). Un SIS utiliza las capacidades de un sistema de información geográfica y de un

sistema de manejo de bases de datos para manipular en forma automatizada los mapas de suelo, conjuntamente con la información atributiva de las unidades cartográficas y taxonómicas de suelos, y los datos recabados en puntos de muestreo.

Los sistemas de información de suelos han surgido desde la década de los años 70, estimulados por el desarrollo de equipos y programas de computación capaces de manejar los grandes volúmenes de datos generados por los levantamientos de suelos. Desde entonces, varios sistemas de información han sido desarrollados hasta el presente. Pero muchos de ellos se limitan a realizar en forma automatizada, operaciones de rutina de organización, manejo, consulta e interpretación de la información de suelos, basados en los mismos enfoques utilizados por los procedimientos manuales de manejo de datos (Bie, 1975; Burrough, 1993).

Los avances científicos y tecnológicos ocurridos en las últimas décadas en los campos de manejo automatizado de datos (incluyendo sistemas de información geográfica, geoestadística, clasificación multivariada, técnicas de percepción remota, y evaluación automatizada de tierras) permiten concebir a los sistemas de información de suelos como una alternativa tecnológica al levantamiento de suelos convencional. La principal ventaja de esta nueva tecnología es su mayor flexibilidad de uso de los datos. Una vez que los valores de los atributos de suelo han sido almacenados en bases computarizadas de datos, es potencialmente posible realizar una evaluación automática de cualquier sitio del área estudiada para cualquier tipo definido de uso de la tierra, actual o potencial (Han *et al*, 1995; Hammer *et al*, 1995; Bell *et al*, 1994).

Por otra parte, diversos autores coinciden en destacar que el inventario de suelos atraviesa actualmente una coyuntura crítica en muchos países, como resultado de severas restricciones presupuestarias. Señalan, además, que la naturaleza de los usuarios de la información de suelos está cambiando del gobierno central, a gobiernos locales e inversionistas privados, los cuales son más específicos con relación al tipo de información requerida. Consecuentemente, el levantamiento de suelos debe evolucionar para satisfacer las necesidades y expectativas actuales, adoptando métodos innovadores y eficientes de colección y análisis de datos y mejorando la presentación e interpretación de la información de suelos. El mapa y el informe convencional de suelos de propósito general presentados en papel, están quedando obsoletos como medio para presentar información de suelos. Los mismos deben ser remplazados por mapas interpretativos de suelo para propósitos específicos, generados por computadoras, incluyendo información más objetiva, generada estadísticamente, sobre la variabilidad del suelo. (Basher, 1997; Indorante *et al*, 1996).

Así, el presente trabajo ha sido conducido con los siguientes objetivos. Primero, desarrollar un sistema automatizado de almacenamiento y consulta de la información de suelos de la depresión del Lago de Valencia con el propósito de dar valor a los resultados del estudio semidetallado de suelos de esta región. Segundo, proponer a través de un caso concreto un nuevo enfoque para los inventarios de suelos, que permita aprovechar las ventajas tecnológicas que ofrecen los sistemas

automatizados de información.

El sistema ha sido desarrollado a partir de los datos generados por el estudio semidetallado de suelos de la depresión del lago de Valencia y la integración posterior de los mapas de suelos de los diferentes bloques de levantamiento. Estos datos incluyen:

- a) El mapa integrado de suelos, constituido por 28 hojas cartográficas (en formato de Cartografía Nacional) a escala 1:25.000.
- b) Las descripciones de las unidades cartográficas y unidades taxonómicas representadas en el mapa de suelos.
- c) Las descripciones de campo y resultados de análisis de laboratorio de 401 perfiles de suelos seleccionados en forma subjetiva para representar las principales clases de combinaciones suelo-paisaje reconocidas en el área de estudio.
- d) Las descripciones de campo y resultados de análisis de laboratorio de 342 perfiles de suelos ubicados en las intersecciones de la cuadrícula nacional de coordenadas UTM, con un kilómetro de separación entre puntos adyacentes. Este conjunto de datos incluye parejas de puntos adicionales de muestreo tomadas en cada quinto punto de la cuadrícula, en una dirección seleccionada al azar, a ambos lados del punto principal, separados de éste por una distancia de 50 m.

Es necesario advertir que las observaciones con barreno, realizadas durante el levantamiento de suelos, no se incluyeron en el sistema de información. Estas observaciones suman aproximadamente 10.000 perfiles, con un promedio de 5 horizontes por perfil y su digitalización requiere un esfuerzo considerable. Por otra parte, los datos recogidos en cada una de estas observaciones corresponden fundamentalmente a variables nominales u ordinales.

Para el desarrollo del sistema se utilizaron los siguientes programas de computación:

*ArcView (Environmental systems research institute Inc)*: software para sistemas de información geográfica bajo ambiente Windows. Permite visualizar, explorar, consultar y analizar información espacial.

*Avenue*: lenguaje de programación integrado al ArcView que permite el desarrollo de consultas sencillas, como es el caso de la relación entre entidades de datos 1:1.

*Visual Basic*: lenguaje de programación bajo ambiente Windows que posee mayor versatilidad que Avenue y permite el desarrollo de consultas y procesamiento de datos más sofisticados.

*Dbase III plus*: software para construir bases de datos.

El procedimiento de trabajo se fundamentó en un análisis estructurado de sistemas, adaptado a las características de este proyecto y llevado a cabo a través de los siguientes pasos:

1. Diagnóstico de la situación de la información tanto atributiva como espacial e identificación de problemas para el desarrollo del sistema de información.

2. Definición de las capas de información o temas.

3. Elaboración de un modelo lógico de datos.

4. Automatización de la información.

5. Desarrollo de programas para ejecutar consultas, reportes y gráficos, con el modelo de datos existente, utilizando las facilidades de los lenguajes de programación seleccionados.

6. Unión entre la información espacial (mapas), la información atributiva y los programas elaborados, utilizando para esto el software de sistema de información geográfica seleccionado.

Todo este proceso fue supervisado por un comité de especialistas en desarrollo de sistemas e inventarios de suelos.

El cuadro 1 resume la información producida por el estudio semidetallado de suelos de la depresión del Lago de Valencia, la cual ha sido utilizada como base para desarrollar este sistema. De acuerdo a sus características, podemos distinguir entre dos tipos diferentes de información. La información geográfica, por una parte, constituida por puntos, líneas y polígonos, y que corresponde al mapa de unidades cartográficas de suelos, a los mapas de ubicación de los puntos de muestreo, y al mapa físico y político-administrativo de la región. Por la otra parte, la información atributiva la cual corresponde a los valores de las variables asociadas espaciales. Esta última, a su vez, ha sido clasificada de la siguiente manera:

1. *Datos primarios*: correspondientes a las características del suelo y su entorno, determinadas iadas a las entidades en campo y laboratorio, a partir de: a) los pedones representativos (calicatas) de las principales clases de suelo y b) los puntos de la cuadrícula de muestreo de 1 km de intervalo.

2. *Información derivada*: producida por la clasificación y generalización de los datos básicos. La misma corresponde a las descripciones de las unidades taxonómicas y cartográficas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Cuadro 1.** Información utilizada como base para desarrollar el Sistema de Información de Suelos de la Depresión del Lago de Valencia (SISDELAV).

Identificación	Unidad de medida	Cantidad	Origen de los datos
Mapa de suelos 1 : 25.000	Carta	28	Integración de mapas de suelos de los bloques de levantamiento
Unidades taxonómicas	Unidad	84	Generalización de datos de pedones
Unidades cartográficas	Unidad	481	Generalización de datos de pedones
Pedones representativos	Pedón	401	Muestreo subjetivo: perfiles representativos de las principales unidades taxonómicas de suelos
Puntos de cuadrícula	Pedón	342	Muestro objetivo: intercepciones de la cuadrícula de 1 km de cada hoja cartográfica

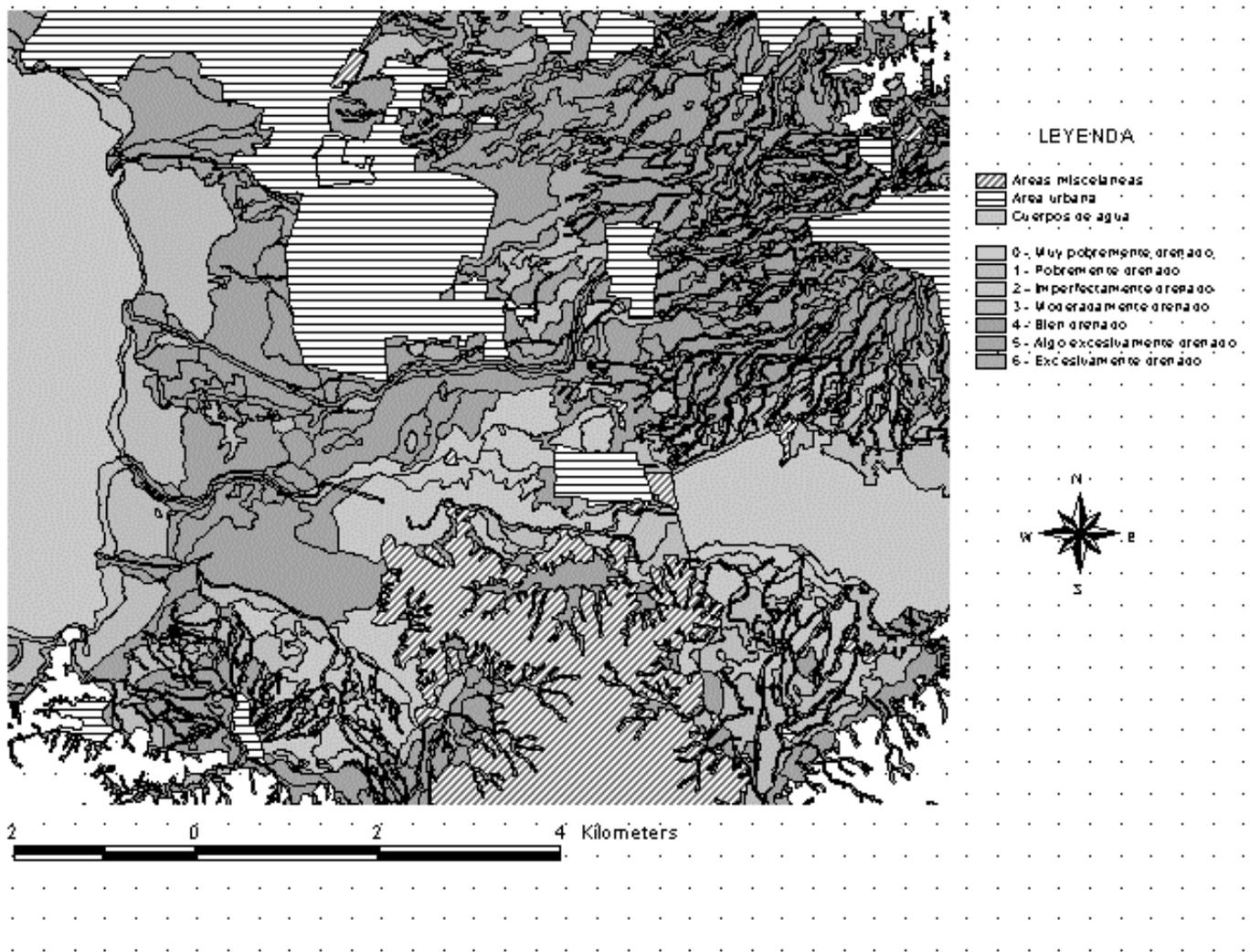
Para el diseño del sistema se consideraron dos tipos de usuarios potenciales de la información. En primer lugar, usuarios no especializados en Ciencia del Suelo (generalistas), que deben tomar decisiones sobre el uso y manejo de la tierra en función de consideraciones económicas o políticas; pero que necesitan conocer anticipadamente la respuesta esperada del suelo a los usos propuestos, para asegurar la racionalidad de sus decisiones. En segundo lugar, profesionales con conocimientos suficientes de Ciencia del Suelo (especialistas), capaces de interpretar la información básica de suelos, bien para resolver problemas de su propio interés o bien para satisfacer demandas particulares de información de usuarios del primer tipo.

Los generalistas pueden demandar información interpretada en función de:

a) Las potencialidades y limitaciones generales del suelo para el desarrollo del uso de la tierra en áreas de interés particular,

o

b) La aptitud de la tierra para tipos específicos de utilización



**Figura 1.** Clases de drenaje del suelo en el sector central de la depresión del lago de Valencia.

en esas áreas.

La respuesta a estos dos tipos de demanda de información requiere dos aproximaciones diferentes. Así, la información sobre potencialidades y limitaciones generales del suelo puede ser suministrada rápidamente, porque el sistema contiene clasificaciones interpretativas de las principales cualidades del suelo. Las clases han sido definidas en forma cualitativa (e.g. suelo bien drenado, suelo imperfectamente drenado, etc.) o por medio de límites cuantitativos (e.g. pendiente <3 %, 3-5 %, 5-8 %, 8-16 %). La figura 1, es un ejemplo de este tipo de producto del sistema de información.

En cambio, la obtención de información sobre la aptitud de la tierra para un tipo de uso específico requiere conducir un proceso de evaluación de tierras, que combine datos de las variables del suelo relacionadas con el uso de la tierra en consideración, con modelos interpretativos adecuados. Los modelos interpretativos pueden estar disponibles en el sistema o ser desarrollados por usuarios "especialistas" utilizando la información del sistema y las facilidades de éste para el análisis de datos.

La información producida por este tipo de consulta es ilustrada por la figura 2.

Considerando la naturaleza de los datos disponibles, por una parte, y las necesidades previstas de los usuarios potenciales del sistema, por la otra, la información atributiva fue organizada en las siguientes entidades de datos: Unidades Taxonómicas, Unidades Cartográficas, Pedones y Cuadrícula, como se especifica en el cuadro 2. Estas entidades de datos están relacionadas entre sí en la forma mostrada por el modelo lógico de datos presentado en la figura 3.

Los elementos de datos de las diferentes entidades están organizados en forma de tablas que pueden ser combinadas entre sí, aprovechando la capacidad que ofrece la organización de la información en una base de datos relacional.

Por otra parte, la información geográfica fue organizada de acuerdo a los siguientes temas o niveles:

Mapa de planimetría básica, incluyendo centros pobla-

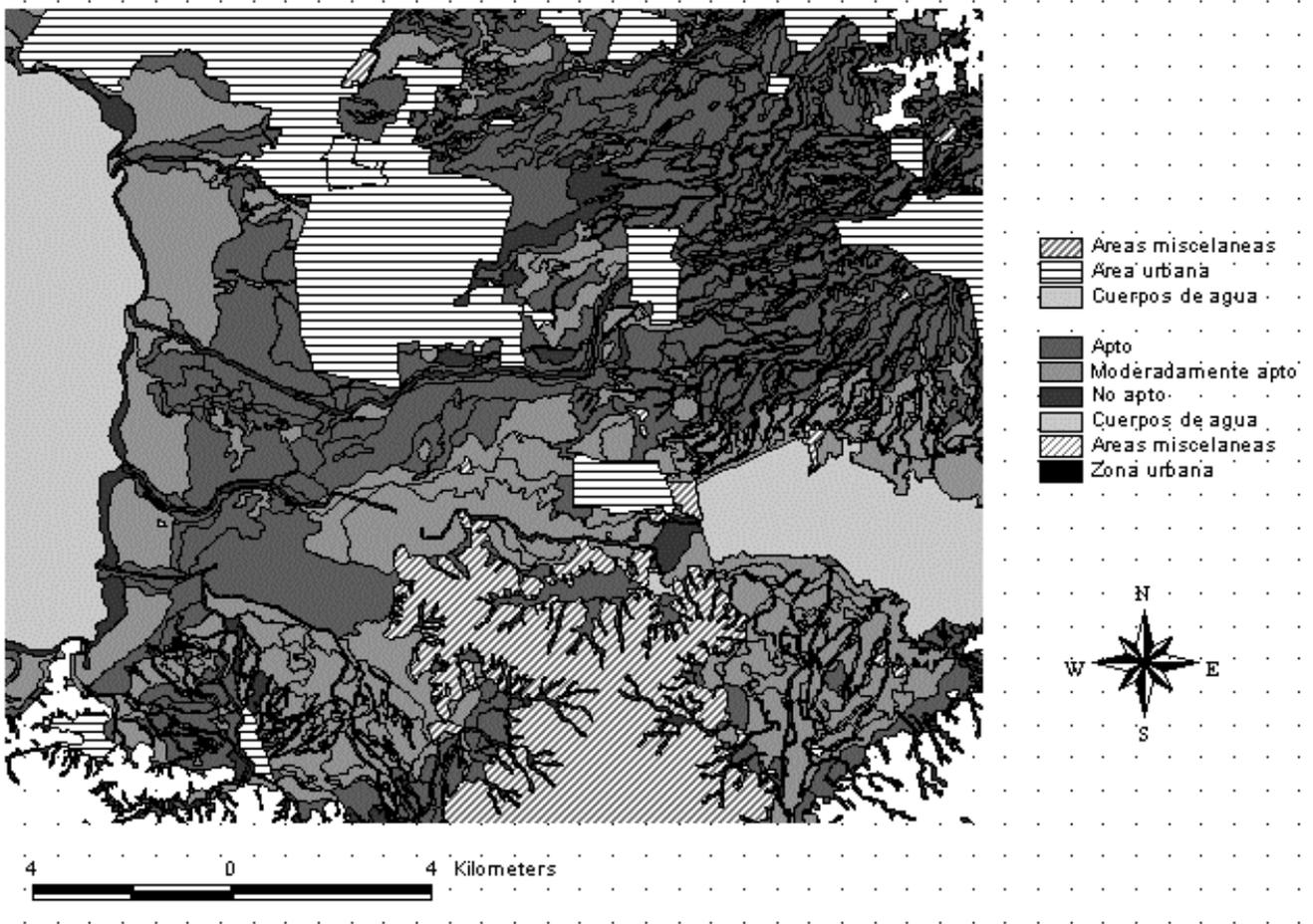


Figura 2. Aptitud de las tierras para el cultivo de caña de azúcar en el sector oriental de la depresión del lago de Valencia.

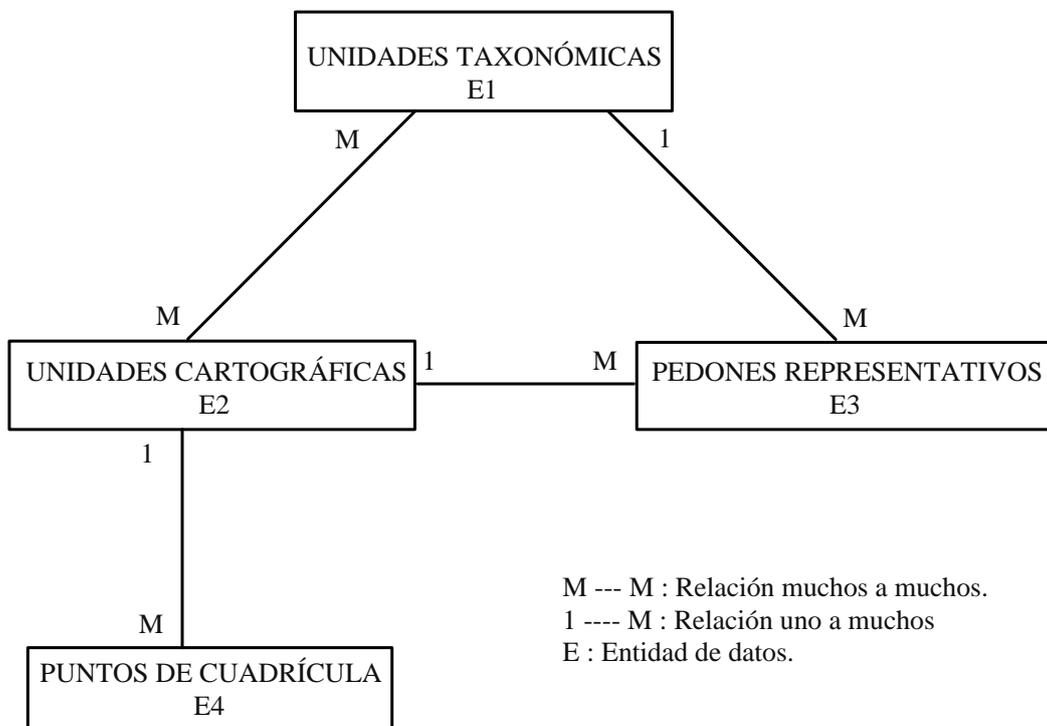
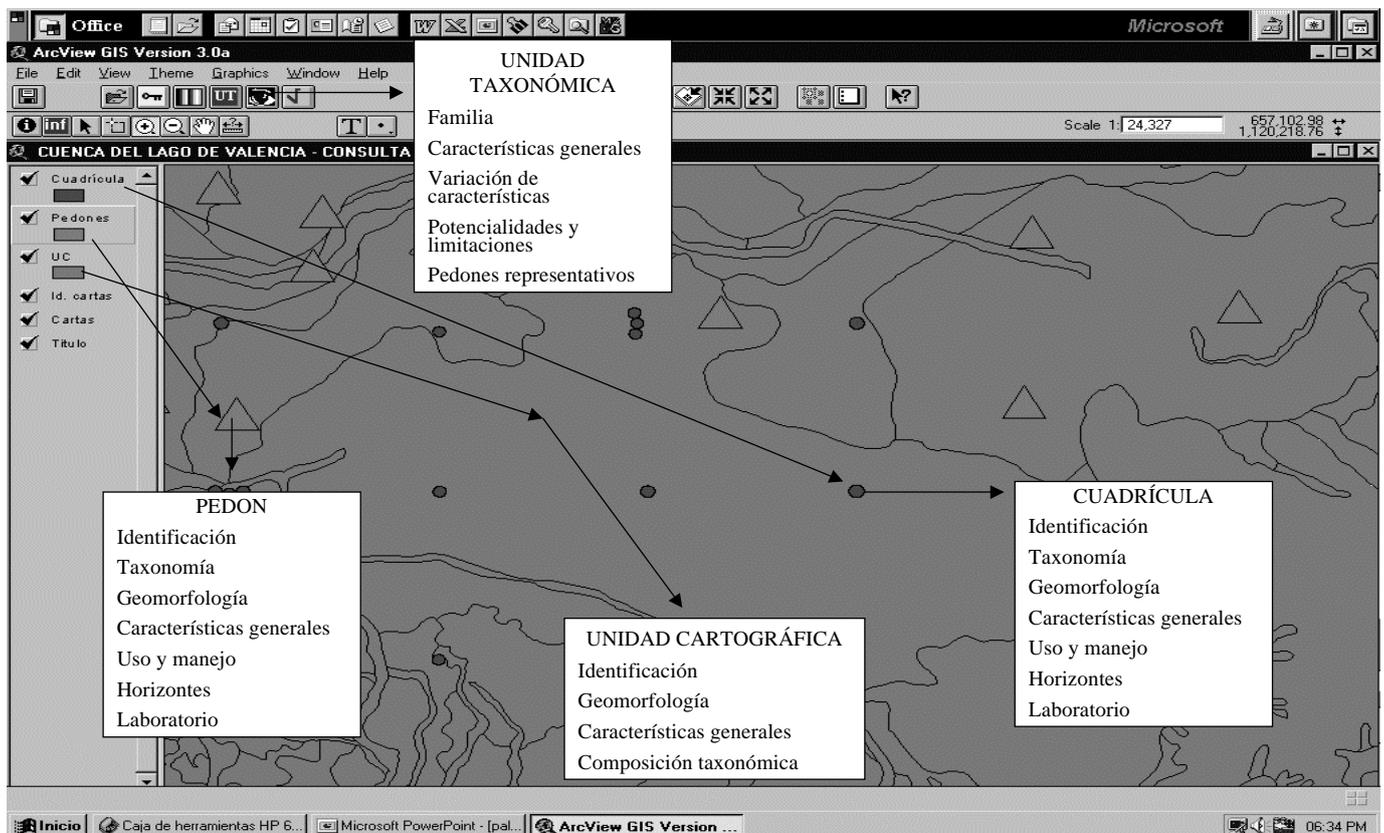


Figura 3. Relaciones entre las entidades de datos del sistema de información de suelos de la depresión del lago de Valencia.

**Cuadro 2.** Resumen de entidades y elementos de datos del Sistema de Información de Suelos de la Depresión del Lago de Valencia.

Entidad de datos	Elementos de datos
Unidades taxonómicas	Características generales y rangos de variación de la unidad, clasificación taxonómica, fases, distribución espacial, potencialidades y limitaciones
Unidades cartográficas	Características de la unidad, geomorfología, clasificaciones interpretativas, composición taxonómica
Pedones	Características generales y ambiente geomorfológico del pedón, características morfológicas, físicas y químicas de horizontes, clasificación taxonómica del suelo, uso de la tierra.
Cuadrícula	Características generales y ambiente geomorfológico del pedón, características morfológicas de horizontes, características físicas y químicas de estratos de 0-20 cm y 40-60 cm de profundidad, clasificación taxonómica del suelo, uso de la tierra.



**Figura 4.** Ejemplo de consulta de información de SISDELAV. La ubicación de los pedones se representa por triángulos, la de los puntos de cuadrícula por círculos, y la de unidades cartográficas por polígonos. Al colocar el puntero sobre una de las entidades de datos, se despliega un menú que permite al usuario examinar la información almacenada en la base de datos de esa entidad.

dos, vías de comunicación, cursos y cuerpos de agua, y límites geopolíticos.

Mapa de ubicación de los pedones representativos de las clases de suelo.

Mapa de ubicación de los puntos de muestreo de la cuadrícula de 1 km.

Mapa de ubicación de las unidades cartográficas de

suelos.

Las unidades taxonómicas, por definición, no tienen una ubicación geográfica específica. Consecuentemente, este tipo de información puede ser consultada desde cualquiera de los temas definidos.

Para el manejo de estos temas el SIG produce automáticamente información espacial que el programa almacena en bases de datos Dbase. Esta información puede ser

combinada con la información atributiva en la forma como se ilustra en el cuadro 3. De esta manera, SISDELAV permite al usuario manejar conjuntamente la información geográfica y atributiva.

**Cuadro 3.** Ejemplo de combinaciones de datos espaciales e información atributiva de SISDELAV.

<b>Datos espaciales producidos por el SIG.</b>	<b>SHAPE</b>	Polygon
	<b>MIFCODE</b>	Centroide
	<b>MSLINK</b>	17515
	<b>MAPID</b>	100224
<b>Información atributiva.</b>	<b>SUELOA_ID</b>	12
	<b>UNID_CARTO</b>	367
	<b>SUPERFICIE</b>	25882,70

La organización de los datos contenidos en SISDELAV en bases de datos relacionales permite a los usuarios obtener información de dos maneras diferentes, de acuerdo a la naturaleza de su consulta.

En primer lugar, la información puede ser consultada a través del programa de sistema de información geográfica ArcView, para obtener mapas como el exhibido en la figura 4. Esta forma de consulta permite responder a las preguntas “¿Dónde existen suelos con el atributo x ?” o “¿Cómo es el suelo en el sitio y?”. Los mapas son producidos por medio de operaciones de enlace entre tablas de datos espaciales y tablas de datos de atributos de las unidades cartográficas. Esto permite generar mapas con leyendas diversas, de acuerdo a las necesidades de los usuarios (figuras 1 y 2, por ejemplo).

En segundo lugar, el usuario también puede extraer información atributiva de SISDELAV a través de un sistema de manejo de bases de datos, que le permita enlazar diferentes tablas de atributos para obtener los datos pertinentes. La mayoría de los sistemas de manejo de bases de datos disponibles actualmente en el mercado tiene la capacidad de leer archivos dBASE y permiten realizar este tipo de consulta.

Esta forma de operación de SISDELAV es apropiada para atender consultas en las cuales el usuario no necesita mapas. En este caso el usuario deberá identificar el universo de suelos sobre el cual requiere información, por medio de un atributo común existente en las bases de datos del sistema. Por ejemplo, los suelos clasificados en el orden Mollisol o los suelos lacustrinos o los suelos presentes dentro de coordenadas definidas.

## CONCLUSIONES

**Burrough, P.** 1993. The technological paradox in soil survey: new methods and techniques of data capture and handling.

SISDELAV es un sistema de información de suelos en fase de desarrollo experimental. El mismo está en capacidad de suministrar información sobre clasificaciones interpretativas de atributos individuales del suelo (por ejemplo, pendiente, drenaje, inundación, salinidad, sodicidad, acidez) que pueden ser desplegadas como mapas temáticos de manera inmediata. Esta salida del sistema le informa al usuario en forma rápida cómo es el suelo en el área de su interés, así como cuáles son sus potencialidades y limitaciones más importantes. La combinación de diferentes atributos permite responder a preguntas tales como, qué superficie ocupan y dónde se encuentran los suelos de textura media, bien drenados, no ácidos y no salinos.

Este tipo de salida pre-elaborada permite satisfacer con prontitud las demandas de información de usuarios “generalistas”; pero estas salidas son limitadas y le confieren poca flexibilidad al sistema. Sin embargo, SISDELAV también permite a usuarios “especialistas” generar sus propias interpretaciones o clasificaciones de los datos, en función de la naturaleza del problema que genera la demanda de información. Así mismo, este tipo de usuario puede usar el mapa de suelos para desplegar geográficamente la información o producir nuevos mapas por medio de interpolación por kriging.

Es importante destacar las posibilidades de análisis e interpretación de información que ofrece la existencia de dos conjuntos independientes de datos puntuales: los pedones representativos, por una parte, y la cuadrícula, por la otra. En particular, los puntos de la cuadrícula de muestreo por haber sido obtenidos mediante procedimientos objetivos de muestreo, permiten validar clasificaciones e interpretaciones generadas a partir de los pedones representativos.

De esta manera, SISDELAV no sólo permite poner al alcance de los usuarios la información producida por el estudio semidetallado de suelos de la depresión del lago de Valencia y evitar el riesgo de pérdida de esta información, sino que también le brinda a los usuarios una mayor flexibilidad de utilización de los datos, que el informe y el mapa de suelos convencionales.

## LITERATURA CITADA

- Basher, L.** 1997. Is pedology dead and buried?. Australian Journal of Soil Research, 35:979-994.
- Bell, J., R. Cunningham y M. Havens.** 1994. Soil drainage class probability mapping using a soil landscape model. Soil Science Society of America Journal, 58:464-470.
- Bie, S.** 1975. Towards integrated soil information systems. In: Soil Information Systems, editado por Bie, S.W., PUDOC, Wageningen. pp. 73-78.
- In:** Zinck, A.(ed.) Soil survey: perspectives and strategies for the 21st century. ITC Publ. No. 21. FAO-ITC,

Enschede, The Netherlands. pp.15-22.

**Hammer, R., F. Young, N. Wollenhaupt, T. Barney y T. Haithcoate.** 1995. Slope class maps from soil survey and digital elevation models. *Soil Science Society of America*, 59:509-519.

**Han, S., R. Evans, T. Hodges y S. Rawlins.** 1995. Linking a geographic information system with a potato simulation model for site specific crop management. *Journal of Environmental Quality*, 24:772-777.

**Indorante, S., R. McLeese, R. Hammer, B. Thompon y D. Alexander.** 1996. Positioning soil survey for the 21<sup>st</sup> century. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51:21-28

**Esri.** 1996. Arc View GIS the geographic information system 5for everyone. Environmental System Research Institute,

Inc., Redlands, USA.

**Viloria, J.** 1985. Correlación de suelos en el estudio semidetallado de la depresión del Lago de Valencia. Tesis de Maestría, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Maracay. 154 p.

**Viloria, J., M. Dolande, P. García, A. Jácome y W. Pimentel.** 1993. Integración de los bloques del levantamiento del estudio semi-detallado de suelos de la depresión del Lago de Valencia. Programa y Resúmenes de Trabajos, XII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo, SVCS, Guanare. 142 p.

**Zinck, A.** 1977. Ensayo sistemático de organización del levantamiento de suelos. MARNR, División de Información e Investigación del Ambiente, Zona 2, Maracay, Venezuela. 120 p.