

MODELAJE DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL EN DELINEACIONES DE MAPAS DE SUELO USANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

Modeling of spatial variability of soil map delineations using geographical information systems.

Juan Carlos Rey B. y Francisco Antonio Ovalles V.¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Apartado Postal 4653. Maracay 2101, Venezuela.

Resumen

Los mapas de suelo suponen que las unidades cartográficas son internamente homogéneas. Sin embargo, existe una variabilidad interna en las unidades de mapeo, que se constituye en una de las principales limitaciones para hacer predicciones acerca de la potencialidad del suelo. El objetivo de este estudio fue modelar la variabilidad espacial del % de arcilla y del pH en el horizonte A de dos delineaciones de la unidad A3 del mapa de suelos del Sector Río Orituco-Chaguaramas, localizado en el Estado Guárico, Venezuela. Las delineaciones fueron denominadas A3-1 (144 ha) y A3-2 (339 ha). Las propiedades de suelo (% de arcilla y pH) fueron analizadas para establecer las zonas con texturas medias (arcilla entre 18 y 35%) y pH neutro (pH entre 6.1 y 7.3) dentro de cada una de las delineaciones estudiadas. Adicionalmente, el área de suelos que cumplía con esta condición fue representada en un mapa y calculada mediante un Sistema de Información Geográfica. En los mapas resultantes de la superposición de la información de % de arcilla y pH, se apreció como para la delineación A3-1, el 62% (89.5 ha) presentaron suelos de texturas medias y pH neutro; mientras que para la delineación A3-2, solo 85 ha (25%) cumplieron con esa condición en sus suelos superficiales, de un total de la delineación de 339 ha. A pesar de que las zonas muestreadas son delineaciones de una misma unidad cartográfica, las proporciones de suelos superficiales con texturas medias y pH neutro son distintas, esto enfatiza la necesidad de conocer la variación interna de atributos de suelo dentro de las delineaciones, sobre todo en el horizonte superficial. **Palabras Claves:** Variabilidad espacial de suelos, sistemas de información geográfica, modelaje espacial, maíz, Guárico.

Abstract

Soil map units are supposed to be internally homogeneous. However, there is a within mapping unit variability that remains as one of the main constraints to reliable soil interpretation, and it is a limiting factor for making accurate predictions of soil performance at any particular position on the landscape. The objective of this study was to model the spatial variability of clay percentage and pH from the A horizon, in two delineations of the unit A3 from the soil map of Río Orituco-Chaguaramas sector, located in Guárico State - Venezuela. The delineations were denominated A3-1 (144 ha) and A3-2 (339 ha). Soil properties (clay % and pH) were analyzed to establish areas with medium textures (clay between 18 and 35 percent) and a neutral pH (pH between 6.1 and 7.3). Additionally, the soil area that fulfilled this condition was represented in a map and calculated by means of a Geographical Information System. The delineation A3-1 (144 ha), had 62% (89.5 ha) of medium textures and a neutral pH soils. The delineation A3-2 (339 ha), had 85 ha (25%) of superficial soils that fulfilled this condition. Although the sampling areas were delineations of the same mapping unit (A3), the proportions of superficial soils with medium textures and a neutral pH were different. This emphasizes the necessity to know the internal variation of soil attributes inside the delineations, especially in the superficial horizon. **Key Words:** Soil spatial variability, geographical information systems, spatial modeling, corn, Guárico.

INTRODUCCIÓN

Los mapas de suelos, en particular aquellos más detallados (escalas menores a 1:50.000), suponen que las unidades cartográficas son relativamente homogéneas en su interior presentándose la mayor variación en los límites entre las unidades. En muchos casos este modelo es completamente irreal, es muy común que el suelo en un lugar es similar al suelo en los lugares cercanos, y la similitud tiende a declinar con el aumento de la distancia. Sin embargo, existen sitios donde indudablemente el suelo cambia abruptamente. De esta forma, el procedimiento convencional de representación de la variabilidad de suelos (mapas) no toma en cuenta, el cambio gradual o la dependencia espacial dentro de las clases (Voltz y Webster, 1990).

Por otra parte, la geoestadística toma en cuenta la dependencia espacial de las propiedades de los suelos, pero presenta la desventaja de que no considera el conocimiento que se tiene acerca de las diferencias pedológicas y geológicas en el paisaje, los límites naturales, el relieve, etc. y la tecnología requiere de un muestreo intensivo (Agbu y Olson, 1990; Heuvelink y Bierkens, 1992).

Las delineaciones de los mapas de suelo pueden pre-

sentar una variación interna que puede afectar la certeza de los pronósticos que pueden hacerse acerca de las propiedades de los suelos (Ovalles y Núñez, 1994; Ovalles y Rey, 1994; Rey y Ovalles, 1997).

Un Sistema de Información Geográfica es un sistema basado en el uso del computador que es usado para almacenar y manipular información geográfica (Aronoff, 1989).

Los resultados generados a través de la geoestadística acerca de los cambios espaciales de los atributos de los suelos evaluados dentro de las unidades cartográficas, podrían ser incluidos en un Sistema de Información Geográfica (SIG), en los cuales las bases de datos permitirían examinar el comportamiento de las distintas propiedades de los suelos en áreas de interés (McKenzie y Austin, 1993).

La importancia de combinar la información de los mapas convencionales de suelo con los resultados del análisis geoestadístico a través del uso de un SIG radica en que, además de conocer que dentro de las unidades de suelo existe una variación interna que puede afectar las predicciones acerca del comportamiento de los cultivos, se puede establecer de manera más precisa y complementaria donde los suelos son más o menos aptos para determinado uso, aspecto difícil de

determinar en los mapas de suelos convencionales.

Diversos autores (McKenzie y Austin, 1993; Rogowsky y Wolf, 1994; van Meirvenne *et al.*, 1990) han usado en forma combinada la geoestadística y los SIG para analizar y representar los cambios espaciales de las propiedades de los suelos.

El objetivo de este trabajo fue modelar los cambios espaciales de propiedades de suelo seleccionadas en dos delineaciones de la unidad cartográfica A3 del mapa de suelos del Sector Río Orituco - Chaguaramas, Estado Guárico, Venezuela.

La investigación se realizó específicamente en dos delineaciones de la unidad cartográfica A3 del mapa de suelos (Escala 1:50.000) del sector río Orituco Chaguaramas (Uzcátegui y Carrero, 1992); las delineaciones se denominaron A3-1 (144 ha) y A3-2 (339 ha) (Figura 1).

La unidad cartográfica A3 se encuentra enmarcada en un paisaje de planicie de denudación que corresponde a una asociación de Typic Haplustalfs y Typic Paleustalfs arcillosa fina, mixta isohipertérmica. El relieve de la unidad es suavemente ondulado con pendientes entre 0.5 y 4%, la clase de drenaje es moderadamente bien drenado y la fertilidad es mediana a alta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El área de estudio abarca alrededor de 11.000 ha y se ubica en la región de Chaguaramas, estado Guárico, Venezuela. Esta región está caracterizada por un clima de bosque seco tropical con una precipitación media anual entre 693 y 1.049 mm, evaporación media anual entre 1.504 y 2.000 mm y temperatura media anual de 26.9 °C.

Información Previa

Rey y Ovalles (1997) determinaron la variación espacial de propiedades de suelos seleccionadas para las delineaciones A3-1 y A3-2 por medio de análisis geoestadístico. Para propósito de este estudio se analizaron los resultados obtenidos en el proceso de interpolación por kriging puntual en A3-1 y A3-2 para el % de arcilla y el pH del horizonte A. La distancia de interpolación usada fue de 50 m.

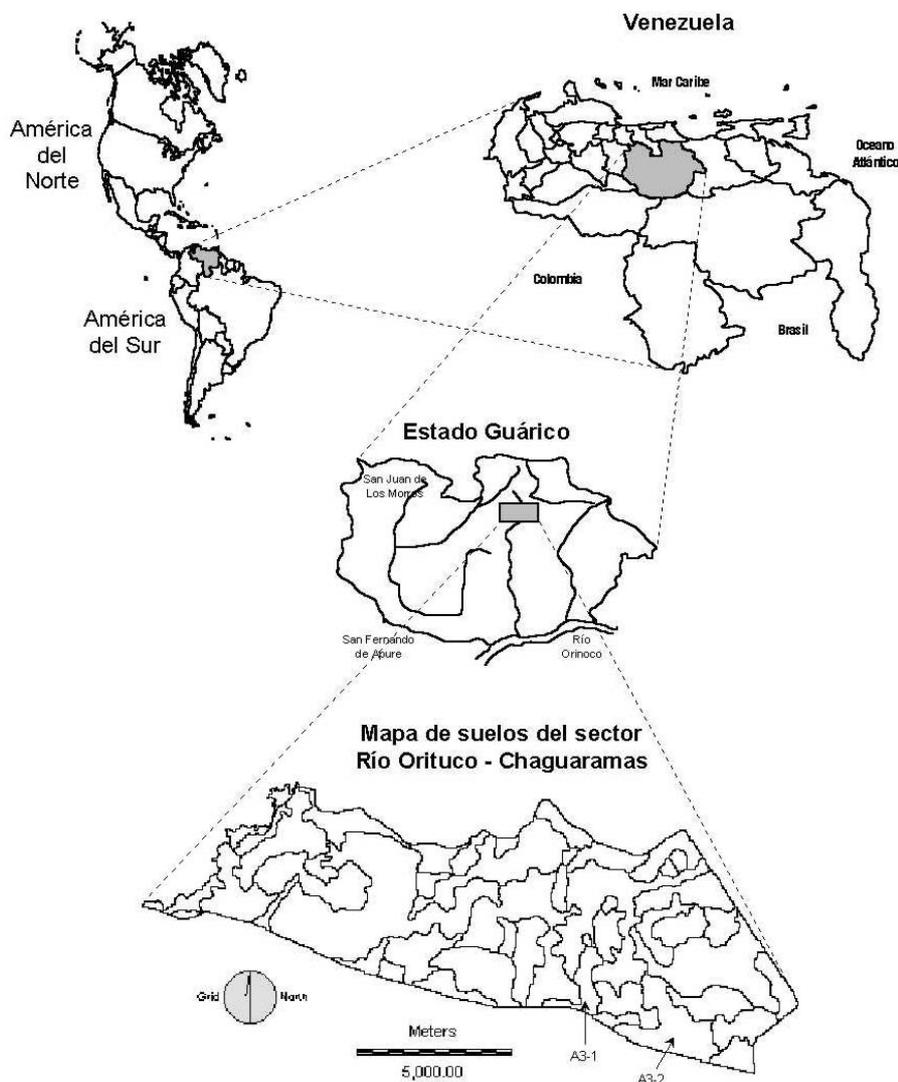


Figura 1. Localización del área de estudio.

Modelaje de la información espacial

Para el modelaje de la información espacial del porcentaje de arcilla y el pH del horizonte A de las delineaciones A3-1 y A3-2 se usó el SIG IDRISI (Ronald, 1996).

El contenido de arcilla de los suelos se considera como una característica relevante de los mismos, debido a que esta propiedad está altamente relacionada con otras características y cualidades como la retención de humedad, la capacidad de intercambio catiónico, el grado de estructuración de los suelos, la permeabilidad, la trabajabilidad, la disponibilidad de oxígeno y otras (Casanova, 1994). Los suelos se pueden considerar de texturas livianas cuando presentan un porcentaje de arcilla menor a 18%, medias cuando el porcentaje de arcilla está entre 18 y 35% y pesadas cuando el porcentaje de arcilla es superior a 35%.

El pH es un atributo importante de los suelos, ya que está relacionado con la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. Los suelos se pueden clasificar en base a su pH como: extremadamente ácidos (pH < 4.5), muy fuertemente ácidos (pH entre 4.5 y 5.0), fuertemente ácidos (pH entre 5.1 y 5.5), medianamente ácidos (pH entre 5.6 y 6.0), neutros (pH entre 6.1 y 7.3), medianamente básicos (pH entre 7.4 y 7.8), moderadamente básicos (pH entre 7.9 y 8.4) y fuertemente básicos (pH > 8.5).

El modelaje se realizó en primer lugar para las variables analizadas en forma individual. Para ello se usó el procedimiento "reclass" de IDRISI, lo que permitió separar áreas dentro de las delineaciones de acuerdo a las clasificaciones mencionadas anteriormente.

En forma general, se tiene que la mayoría de los cultivos presentan un mejor desarrollo en suelos de textura media y reacción neutra. En este sentido, se hizo una combinación de la información del % de arcilla y pH en ambas delineaciones por medio del procedimiento overlay de IDRISI, para establecer las áreas con texturas medias y pH neutro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del proceso de interpolación realizados en las delineaciones A3-1 y A3-2 por Rey y Ovalles (1997) indicaron una alta variación para las propiedades analizadas. Para el caso del % de arcilla del horizonte A se apreciaron valores entre 10% y 53% en A3-1 y entre 12% y 60% en A3-2. Por otra parte, el pH del horizonte A fluctuó entre 5.6 y 8.4 en A3-1 y entre 5.0 y 9.5 en A3-2.

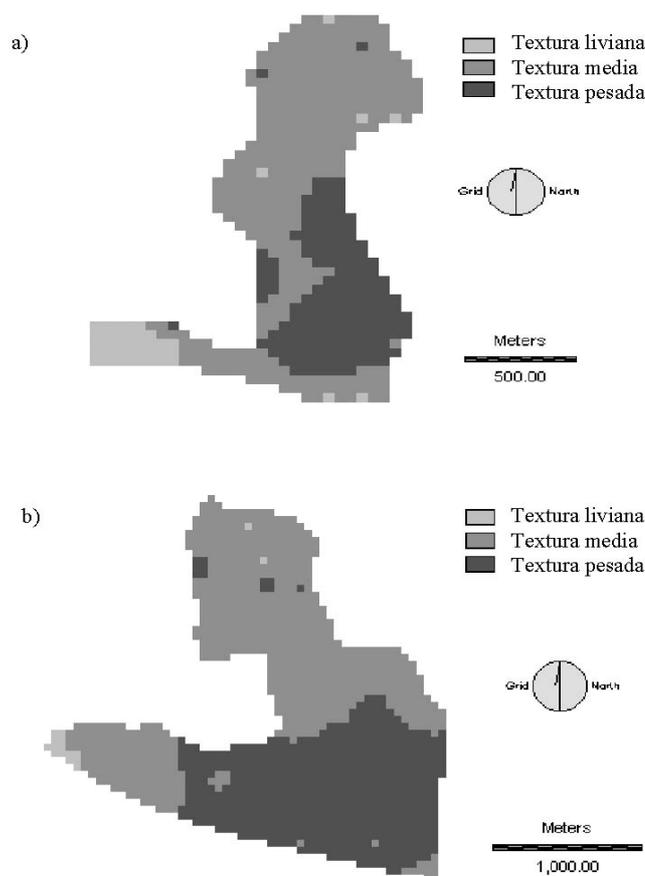


Figura 2. Mapas de clase de textura del horizonte A de las delineaciones A3-1 (a) y A3-2 (b).

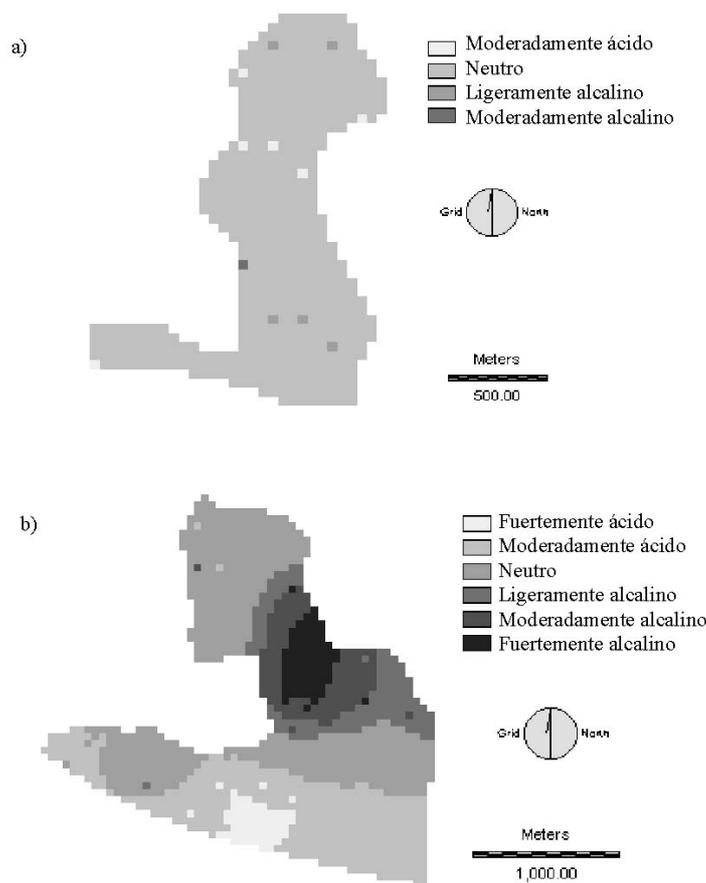


Figura 3. Mapas de pH del horizonte A de las delineaciones A3-1 (a) y A3-2 (b).

Los resultados de la interpolación por kriging puntual realizada en las delineaciones A3-1 y A3-2 fueron incluidos en el SIG IDRISI (Ronald, 1996). IDRISI es un SIG de tipo raster, de esta manera, cada punto interpolado a una distancia de 50 m por medio de kriging es representado en los mapas de IDRISI como una celda cuadrada de 50 x 50 m.

Los suelos de las delineaciones A3-1 y A3-2 fueron agrupados y mapeados con IDRISI considerando las clases de textura livianas (% de arcilla < 18), medias (% de arcilla entre 18 y 35) y pesadas (% de arcilla > 35). En la figura 2 se presentan los mapas de los contenidos de arcilla para el horizonte A de las delineaciones A3-1 y A3-2, respectivamente; se observó como en ambas unidades existen suelos con los tres rangos de porcentaje de arcilla, predominando los suelos de texturas medias y pesadas.

El pH del horizonte A se usó para clasificar y mapear los suelos de las delineaciones A3-1 y A3-2, siguiendo la clasificación de pH reseñada anteriormente (Figura 3). En el horizonte A de la delineación A3-1 los suelos presentaron casi en su totalidad un pH neutro (6.1 a 7.3) reseñando una baja variabilidad de la propiedad dentro de la delineación, mientras que en la delineación A3-2 el pH fluctuó de fuertemente ácido a fuertemente básico (5.1 a 9.0) indicando una alta variación interna.

En estudios de escala preliminar (Escala 1:50.000) es común encontrar grandes variaciones en los horizontes superficiales; especialmente en áreas bajo uso agropecuario donde

el manejo afecta en gran medida sus características. Por tal motivo, la definición de las unidades taxonómicas y cartográficas se realiza con base en las características de los horizontes profundos (> 25 cm de profundidad).

La ventaja de usar un SIG es que, además de analizar la información espacial por variable, se puede combinar la información espacial de dos o más variables de distintas maneras.

Si se consideran el %A y pH en el horizonte A, se tiene que los suelos con texturas medias (% arcilla entre 18 y 35) y con pH neutro (6.1-7.3) son aptos para la mayoría de los cultivos. Realizando una sobreposición de los mapas de contenidos de arcilla (Figura 2) y pH (Figura 3) en las dos delineaciones (A3-1 y A3-2), se determinaron los suelos con texturas medias y pH neutro y los suelos que no cumplieran con esta condición (Figura 4).

En los mapas resultantes de la sobreposición de la información de % de arcilla y pH, se apreció como para la delineación A3-1 más de la mitad del área presentaba suelos superficiales con texturas medias y pH neutro, mientras que para la delineación A3-2 sólo una pequeña proporción cumplía con esta condición. Adicionalmente, el área con suelos de texturas medias y pH neutro fue calculada muy fácilmente a través del SIG. De esta forma, de las 144 ha que tiene la delineación A3-1, el 62% (89.5 ha) cumplía con esta condición; mientras que para la delineación A3-2, sólo 85 ha (25%) presentaron texturas medias y pH neutro en sus suelos superficiales, de un to-

tal de la delineación de 339 ha.

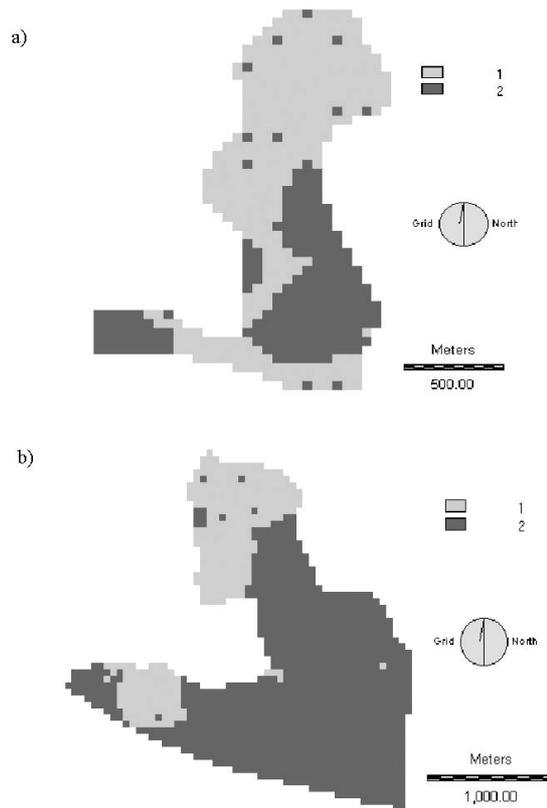


Figura 4. Mapas de los suelos con texturas medias y pH neutro (1) y de suelos que no cumplen con esta condición (2) en las delineaciones A3-1 (a) y A3-2 (b).

A pesar de que las zonas muestreadas son delineaciones de una misma unidad cartográfica, las proporciones de suelos superficiales con texturas medias y pH neutro son distintas, esto enfatiza la necesidad de conocer la variación interna de atributos de suelo dentro de las delineaciones, sobre todo en el horizonte superficial.

Este tipo de análisis de la información espacial puede ser muy útil también para la ubicación de áreas específicas dentro de las delineaciones para realizar ensayos experimentales.

La importancia de combinar la información de los mapas de suelos convencionales con los resultados del análisis geoestadístico a través del uso de un SIG radica en que, además de conocer que dentro de las unidades de suelo existe una variación interna que puede afectar las predicciones acerca del comportamiento de los cultivos, se puede establecer de manera precisa donde los suelos son más o menos adecuados para determinado uso, aspecto difícil de determinar en los mapas de suelos convencionales.

CONCLUSIONES

El uso de SIG para modelar la información generada a través de geoestadística permitió conocer que dentro de la unidad A3 del mapa de suelos del sector río Orituco-Chaguaramas (Estado Guárico - Venezuela) existe una variación interna

en el horizonte superficial que puede afectar las predicciones acerca del comportamiento de los cultivos. Adicionalmente, se estableció de manera precisa donde los suelos superficiales presentaban texturas medias y pH neutro.

En estudios de escala preliminar (Escala 1:50.000) es común encontrar grandes variaciones en los horizontes superficiales; especialmente en áreas bajo uso agropecuario donde el manejo afecta en gran medida sus características. Por tal motivo, la definición de las unidades taxonómicas y cartográficas se realiza sobre la base de las características de los horizontes profundos (> 25 cm de profundidad).

En este sentido, a pesar de que las zonas muestreadas son delineaciones (A3-1 y A3-2) de una misma unidad cartográfica (A3), las proporciones de suelos superficiales con texturas medias y pH neutro son distintas. Esto enfatiza la necesidad de conocer la variación interna de atributos de suelo dentro de las delineaciones, sobre todo en el horizonte superficial.

LITERATURA CITADA

- Agbu, P. y K. Olson.** 1990. Spatial variability of soil properties in selected Illinois Mollisols. *Soil Science*. 150(5):777-786.
- Aronoff, S.** 1989. *Geographic information systems: A*

- management perspective. WDL Publications. Ottawa, Canada. 294p.
- Casanova, E.** 1994. Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Central de Venezuela. FAGRO. CDCH. Caracas. 379 p.
- Heuvelinks, G. y M. Bierkens.** 1992. Combining soils maps with interpolations from point observation to predict quantitative soil properties. *Geoderma*. 55:1-15.
- McKenzie, N. y M. Austin.** 1993. A quantitative Australian approach to medium and small scale surveys based on stratigraphy and environmental correlation. *Geoderma*. 57:329-355.
- Ovalles F. y M. Núñez.** 1994. Métodos estadísticos para evaluar la variabilidad de suelos dentro de unidades de capacidad de uso en la Depresión del Lago de Valencia. *Agronomía Tropical* 44(1):23-40.
- Ovalles F. y J. Rey.** 1994. Variabilidad interna de unidades de fertilidad en suelos de la Depresión del Lago de Valencia. *Agronomía Tropical*. 44(1):41-65.
- Rey, J. y F. Ovalles.** 1997. Transferencia del modelo de variación de propiedades de suelo entre dos áreas análogas. XIV Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Memorias. Venezuela, 2 al 7 de Noviembre de 1997.
- Rogowski, A. y J. Wolf.** 1994. Incorporating soil variability into soil map unit delineations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:163-174.
- Ronald, J.** 1996. IDRISI for Windows. Version 2.0: User's guide. Clark Labs Cartographic Technology and Geographic Analysis. Clark University. Worcester, MA, USA.
- Uzcátegui, H. y L. Carrero.** 1992. Estudio de suelos del Sector Río Orituco - Chaguaramas, Edo. Guárico. Nivel Preliminar (Escala 1:50.000). MARNR. 51p. (En prensa).
- Van Meirvenne, M.; G. Hofman; J. Van Hofe y M. Van Ruymbeke.** 1990. A continuous spatial characterization of textural fractions and CaCO₃ content of the topsoil of the polder region of northwest east-Flanders, Belgium. *Soil Science*. 150(4):710-716.
- Voltz, M. y R. Webster.** 1990. A comparison of kriging, cubic splines and classification for predicting soil properties from sample information. *Journal of Soil Science*. 41:473-490.
-