

METODOLOGÍA PARA LA DELINEACIÓN CARTOGRÁFICA DE SUELOS

Juan Velásquez¹; Guido Ochoa²; Jajaira Oballos³
Jorge Manrique²; Jonny Santiago²

RESUMEN

En los estudios de los recursos naturales, así como en los métodos para su representación, es difícil identificar y cuantificar la variación de los atributos cuando su patrón de distribución se considera continuo.

Se pretende mostrar un procedimiento metodológico sistemático para delinear cartográficamente unidades simples y unidades compuestas suelo-paisaje. Para ello fue seleccionada una parcela experimental para el sector El Arbolito, Municipio Pueblo Llano del estado Mérida, Venezuela.

Los resultados se expresan a partir de los productos cartográficos derivados de la información levantada y tratada (mapa topográfico, modelo 3D y mapa de propiedades de suelo).

Palabras Clave: Unidad suelo-paisaje, delineación cartográfica.

¹ Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

² Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

³ Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

METHODOLOGY FOR CARTOGRAPHIC DELINEATION OF SOILS

Juan Velásquez²; Guido Ochoa²; Jajaira Oballos³
Jorge Manrique²; Jonny Santiago²

ABSTRACT

In the studies of the natural resources, as well as in the methods for their representation, is difficult to identify and to quantify the variation of the attributes when their distribution pattern is continuous.

It is sought to show a systematic methodological procedure to delineate simple units and units compound soil-landscape. The experimental area, sector El Arbolito, Pueblo Llano Municipality in the State of Mérida was selected.

The results are expressed from the derived cartographic products (topographical map, model 3D and map soil properties).

Key Words: Unit soil-landscape, cartographic delineation.

¹ Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

² Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

³ Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

INTRODUCCIÓN

Para una mayor comprensión geográfica, las entidades naturales que contienen los suelos tienen necesariamente que ser delineadas o cartografiadas. Su configuración y dinámica interna presenta estrecha relación con los factores y procesos que van a determinar, en cierta medida, la homogeneidad de la unidad cartográfica de suelos, a partir de los atributos asociados. (Jaimes, 1988).

En los estudios cartográficos conviene distinguir tres conceptos referidos al suelo: a) el suelo como cuerpo natural, (ente físico o real que se puede muestrear), el tipo de suelo (la clase taxonómica, según la clasificación utilizada) y la unidad cartográfica (mancha cartográfica que ocupa en el espacio geográfico). En vista de la compleja distribución de los suelos, es necesario distinguir varias clases de unidades cartográficas (Dorrnsoro, 2003).

Un mapa de suelos representa la distribución de los tipos de suelos en el paisaje. Para ello, debe definir las diferentes unidades cartográficas de suelos y delimitar las extensiones geográficas que ocupan.

La unidad cartográfica es una aproximación a la realidad geográfica. Cada unidad representará el suelo o los suelos más frecuentes en esa zona, lo que determina el grado de pureza de la misma. A pesar de suponerse que los suelos forman en la naturaleza un verdadero conjunto continuo, su separación y consecuente delineación entre unidades puede ser gradual, con límites difusos, por cuanto no se derivan los unos de los otros, por lo menos como lo hacen otros factores del ambiente. No aplica ni el principio de la similitud máxima en el interior de las unidades ni el parentesco ni la filiación (Dorrnsoro, 2003).

La elaboración de un mapa de suelos comprende un proceso, que puede ser lento y laborioso, dado que contempla, a grandes rasgos, un inventario morfológico de los suelos, la determinación de la superficie que ocupan, su clasificación, el estudio de sus propiedades o atributos asociados, la relación con los factores formadores o componentes del medio y finalmente la elaboración del documento cartográfico.

El objetivo central del presente trabajo es proponer un procedimiento sistemático para la elaboración de los mapas de suelo, según las fases de levantamiento, procesamiento y comunicación de la información. Para ello, se realizará un planteamiento teórico metodológico y luego se aplicará a los datos

obtenidos mediante levantamiento en campo; para una superficie aproximada de 80 ha, en el sector El Arbolito, Municipio Pueblo Llano del Estado Mérida, Venezuela para procesar la información y luego representar el mapa topográfico, el modelo en 3D y los mapas de propiedades de suelo (arena, pH y carbono orgánico).

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Los mapas de suelos se pueden clasificar según sus objetivos y la escala de trabajo para establecer tanto la finalidad del mapa final como la extensión a cartografiar, de acuerdo con un determinado nivel de detalle, tipo de levantamiento y representación a utilizar (Dorronsoro, 2003).

A partir de lo anterior, se pueden delinear: a) mapas básicos de suelos, los cuales no buscan objetivos específicos de aplicación, pero que están adaptados a clasificaciones de suelos aceptadas por la comunidad científica (por ejemplo Soil Taxonomy); b) mapas de propiedades, los cuales son representaciones de cualquier atributo o característica del suelo (físico, química, mineralógica, biológica, otra), y que pueden estar conformados por un conjunto de isolíneas, y c) mapas temáticos de suelos, los cuales son aplicados, frecuentemente extraídos a partir del mapa base, definidos a partir del grado de idoneidad (capacidad de uso, aptitud para fines específicos, erosión, contaminación de suelos, entre otros).

Aunque existe mucha divergencia para definir una escala pequeña, mediana y grande; sin embargo, se puede expresar que los mapas a escalas pequeñas (1:5.000.000 a 1:250.000) son con fines de reconocimiento para información preliminar de suelos, estudios generales o didácticos. Representa países o regiones; son mapas síntesis, con baja densidad de observaciones, con unidades cartográficas complejas y clases taxonómicas de máximo nivel (por ejemplo, orden de suelo, según Soil Taxonomy).

Los mapas de suelo a escala mediana (1:100.000 a 1:50.000) son para levantamientos semidetallados, con baja o media densidad de observaciones. Aportan importantes datos sobre los suelos y sus factores formadores. Las unidades cartográficas están constituidas por clases taxonómicas de 2do y 3er nivel (por ejemplo, Subórdenes, Grandes Grupos y Subgrupos de suelos, según Soil Taxonomy). Sirven de base para elaborar otros mapas interpretativos (de propiedades y temáticos).

Los mapas de suelo a escala grande (1:25000 a 1:10000) son utilizados en levantamientos detallados, a nivel de finca, con alta densidad de observaciones, y constantes controles de campo. Las clases taxonómicas son de nivel categórico bajo (por ejemplo, Subgrupos, Familias y Series, según Soil Taxonomy, o Subunidades según la FAO).

Con respecto a la precisión, los límites de las unidades cartográficas de suelos están separados por finas líneas, aunque los suelos generalmente no presentan límites definidos, sino más bien difusos y pasan gradualmente de unos a otros. Se considera que en un buen mapa de suelos, los límites entre unidades deben tener una precisión de unos 2 a 3 mm sobre el plano (Dorronsoro, 2003).

En un mapa, el tamaño mínimo (área mínima cartografiable) que debe ocupar una unidad cartográfica ha de ser de al menos 25 mm cuadrados; un cuadrado de 5 mm de lado (Vink; 1975, citado por Rossiter, 1994).

Las celdas de malla son divisiones relativamente pequeñas, regulares y “homogéneas”. Ellas corresponden a los llamados “píxeles” de una imagen de sensores remotos, basados en cuadrículas raster. La relación básica entre la escala del mapa y el tamaño del polígono viene de Forbes, Rossiter y Van Wambeke (1982). El área de decisión mínima (ADM) corresponde a la delimitación óptima legible (DOL) de un mapa, convertida a escala real. El DOL es convencionalmente tomado para tener 4 veces la delimitación mínima legible (DML) de 0,4cm² (un cuadrado de 6 mm de lado), es decir, 1,6 cm² en el mapa para mayor legibilidad, tal como se aprecia en la figura 1.

Se puede calcular la escala de levantamiento y representación, equidistancia (de acuerdo con el rango de muestreo) y el área (cuadro 1) para continuar con el diseño, la secuencia o trayectoria del muestreo y proceder a la densificación de los puntos. Este puede realizarse a partir de la fotointerpretación para delinear las áreas y simplificar el levantamiento de los mapas de suelos; esto es el análisis de las relaciones (asociación) del suelo en su medio (geología, la topografía, vegetación, clima, entre otros). Los límites geográficos de los suelos coincidirán con los límites en donde cambian algunos planes de los factores formadores.



Figura 1. Concepción de la unidad mínima y óptima de levantamiento y representación cartográfica.

La fórmula para determinar el ADM en hectáreas (= 10.000 m²; 100 ha = 1 km²), según Forbes, Rossiter y Van Wambeke (1982), es:

$$ADM (ha) = 1.6cm^2 \times 10^{-8} ha cm^{-2} \times (Factor\ de\ escala\ mm^{-1})^2$$

Se puede invertir esta relación para encontrar la escala necesaria para un ADM dado:

$$FACTOR\ DE\ ESCALA\ MM^{-1} = \sqrt{ADM (ha) \times 0,625cm^{-2} \times 10^8 cm^2 ha^{-1}}$$

Las unidades cartográficas serán cada vez más homogéneas conforme las escalas de los mapas sean mayores.

Cuadro 1. **RELACIÓN ENTRE LA ESCALA, UNIDAD DE LEVANTAMIENTO Y LA DENSIFICACIÓN DE LOS PUNTOS.**

ESCALA DEL MAPA	UNIDAD MÍNIMA (ha) DML	UNIDAD ÓPTIMA (ha) DOL = ADM	RANGO DE MUESTREO (DENSIFICACIÓN) (m)	EQUIDISTANCIA (m)
1:5000	0.1	0.4	32 a 64	50
1:10000	0.4	1.6	64 a 128	100
1:20000	1.6	6.4	128 a 256	200
1:25000	2.5	10	158 a 316	250
1:50000	10	40	316 a 632	500
1:100000	40	160	632 a 1264	1000
1:200000	160	640	1264 a 2528	2000
1:250000	250	1000	1581 a 3162	2500
1:500000	1000	4000	3162 a 6324	5000
1:1000000	4000	16000	6324 a 12648	10000
1:2000000	16000	64000	12648 a 25296	20000
1:5000000	100000	400000	25296 a 50592	40000

Fuente: Rossiter (1994), con modificaciones propias.

Los puntos críticos del terreno en las fotos o imágenes son los que delimitan el área (perímetro) y los que sugieren cambios en la distribución de los suelos (divisorias de aguas, vaguadas, pendientes, coberturas, otros). Se efectúa el reconocimiento de las grandes unidades (nivel grueso de interpretación) y en un estudio más detallado se procede a la delimitación de las posibles unidades cartográficas (nivel fino de interpretación). Luego, se pueden trazar transectas en forma de zigzag, en forma de rejilla, inclusive combinadas (figura 2)

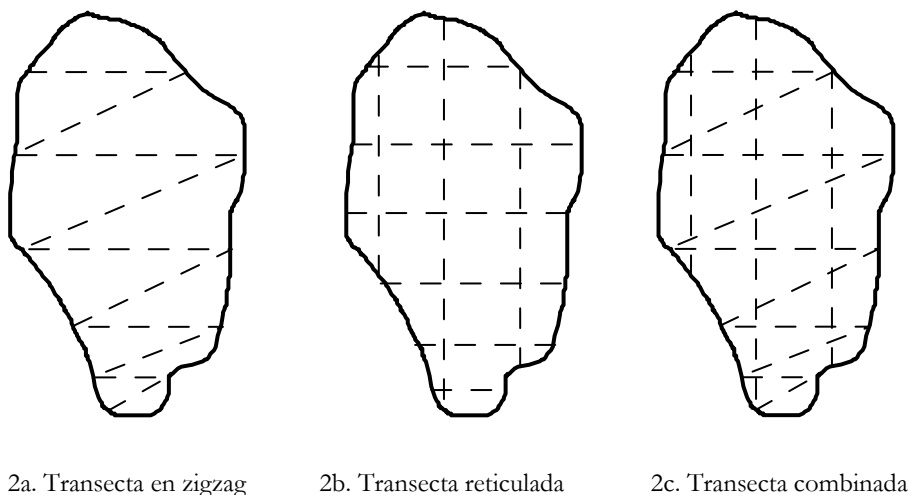


Figura 2. **Trayectorias planteadas (líneas críticas) en una cuenca hipotética para la densificación de los puntos de muestreo.**

En los métodos de integración y delineación cartográfica, para la identificación de espacios geográficos homogéneos (IEGH), se plantea que los enfoques, criterios y sistemas de clasificación de recursos varían según los propósitos de la clasificación, los objetos a clasificar, el nivel de detalle, las características peculiares de la región a estudiar, la información previa existente, los recursos humanos y financieros disponibles (Matteucci, 1979, citado por Kandus, 2003).

Al delinear las unidades cartográficas, se pueden discriminar las variables de delimitación y variables de caracterización. Las primeras se usan para identificar los límites de las unidades (cuadro 2). En general, son variables de tipo primario como la litología, el relieve, el clima, la cobertura (uso), entre otros (Kandus, 2003).

Las variables de caracterización son las que se definen como componentes (atributos) y que se tomarán en cuenta para calcular similitudes entre unidades. Entre las variables de caracterización, es posible discriminar entre variables básicas, que representan fundamentalmente factores primarios

(vegetación, suelos, disponibilidad de agua, relieve, entre, otras) y variables indicadoras (productividad, vulnerabilidad, grado de intervención entre otros).

Cuadro 2. **CATEGORÍAS SUGERIDAS PARA LA DELINEACIÓN CARTOGRÁFICA DE LAS UNIDADES DE SUELO.**

VARIABLE DE DELIMITACIÓN	UNIDADES CARTOGRÁFICAS
POR ESTRUCTURA	
Clima	Climosecuencia. Suelos zonales
Geología	Litosecuencia. Litosuelos
Edad de los materiales o suelos	Cronosecuencia. Geocronología de los suelos
Geomorfología	Toposecuencia. Unidades pedogeomorfológicas
POR COBERTURA Y FUNCIONALIDAD	
Uso de la tierra	Zonas urbanas, industriales, agrícolas o pecuarias, áreas de vegetación secundaria en diversos estados de sucesión, plantaciones forestales u otras áreas alteradas que se observan en el paisaje con un mosaico de contornos geométricos típicos de actividades humanas.
OTROS	
Combinaciones de las anteriores. Zonas agrícolas según tipos de suelos, uso del suelo de acuerdo con la zonalidad climática, entre otros.	

Fuente: Varios autores con modificaciones propias.

Desde la geografía y las disciplinas relacionadas con la planificación regional y el relevamiento de recursos, históricamente se habla de tres enfoques (aproximaciones) para la identificación de áreas homogéneas: genético, paisajístico y paramétrico (cuadro 3). Cada uno de ellos se diferencia en cuanto a la filosofía que lo sustenta e involucra un desarrollo metodológico particular. En la actualidad, frecuentemente, se utilizan aproximaciones mixtas (Kandus, 2003).

En la elaboración del documento final, se remodela la cartografía inicial. Así se completan y se precisan los límites geográficos de las distintas unidades. Se confirman unas unidades, otras se subdividen y para otras será conveniente reagruparlas. En definitiva, se definen las distintas unidades cartográficas presentes que quedan definidas por las áreas geográficas que ocupan y por los suelos que las constituyen.

Finalmente, se reajusta la escala del documento final a partir de los borradores de campo que tendrán escalas más grandes y se delinea el mapa de suelos final. Se elabora la leyenda del mapa (listado de las unidades con la clave de su tramado en el mapa) y se resume toda la información elaborada en la correspondiente memoria, donde se describen las características generales de la zona y los factores formadores de los suelos. De los perfiles representativos se describen sus características morfológicas, físicas y químicas, sus asociaciones, los lugares y condiciones bajo los que se presentan (Dorronsoro, 2003).

Cuadro 3. ENFOQUES TEÓRICOS PARA LA INTEGRACIÓN DE CAPAS DE INFORMACIÓN

ENFOQUE	DESCRIPCIÓN	SECUENCIA DE INTEGRACIÓN CARTOGRÁFICA (CAPAS DE INFORMACIÓN)
Genético	Supone un orden en la naturaleza, relaciones causales entre factores ambientales (bióticos y abióticos). Identifica y divide la tierra en unidades genéticamente semejantes.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Unidades climáticas 2. Unidades litológicas 3. Unidades de Relieve 4. Unidades de vegetación 5. Unidades de suelo

	<p>Implica, generalmente, una clasificación divisiva basada en un modelo deductivo. Esta clasificación es jerárquica, en cada subdivisión una variable (sistema monotético) que capta la heterogeneidad existente en cada escala o nivel de análisis.</p>	<p>(Se asume en este caso, que el clima es un factor primario en la formación de los suelos junto con el tipo de material de origen, relieve y la vegetación).</p> <p>Para definir unidades pedogeomorfológicas la secuencia de integración podría ser:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Litología 2. Geomorfología 3. Hidrografía 4. Suelos
<p>Paisajista</p>	<p>Clasifica la superficie terrestre mediante una identidad areal, apelando en forma sustancial al análisis de mapas y material proveniente de sensores remotos. Este enfoque está íntimamente ligado al desarrollo de la teledetección y principalmente a la fotointerpretación.</p> <p>Los procedimientos involucrados son divisivos, en general, no jerárquicos (aunque pueden serlo, esto no es excluyente) y son en forma inherente integradores. Se parte de la premisa de que ningún atributo (objeto o proceso) de la tierra puede ser comprendido aisladamente en forma independiente de los demás. Las características del paisaje pueden ser respuesta a uno o más</p>	<p>Se pueden identificar dos métodos básicos:</p> <p>a) identificación de patrones de paisaje:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mosaico de fotos aéreas o imágenes satelitales. Interpretación. 2. Delineación de las unidades de paisaje de suelo. 3. Delineación de las subunidades de paisaje de suelo. <p>b) superposición de mapas temáticos. Criterio unión (y) e intersección (o):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Unidades climáticas

	<p>factores cuya importancia relativa puede cambiar en el espacio y es posible expresarlas a través de un mapa.</p>	<p>y/o hidrológicas. 2. Unidades litológicas y geomorfológicos. 3. Unidades de cobertura (uso) y/o suelo.</p>
<p>Paramétrico</p>	<p>Cuantificación de los atributos de la superficie terrestre. En general, involucra un proceso de discriminación de elementos (o unidades homogéneas para alguna variable) seguido por un proceso de agrupamiento de los mismos.</p> <p>El objetivo no es discriminar áreas en subáreas, sino en organizar los factores relevantes según esquemas coherentes de homogeneidad.</p> <p>Se utilizan técnicas de agrupamiento (o también técnicas divisivas), multivariadas que permiten determinar la similitud (o distancia) entre todos los pares posibles de unidades homogéneas.</p>	<p>Presenta dos alternativas:</p> <p>1- La subdivisión del espacio en un número de unidades geométricas regulares (artificiales). La garantía de homogeneidad está dada por el tamaño reducido de la celda.</p> <p>2- La subdivisión en un número de unidades irregulares basadas en algunas características observadas o inferibles de la realidad para un nivel de percepción (escala) fijado. Las unidades homogéneas suelen ser de mayor tamaño que en el caso de las grillas regulares. De esta manera incluyen hipótesis de homogeneidad.</p>

Fuente: Varios autores, con aportes propios.

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Levantamiento de la información

La escala seleccionada para el levantamiento y representación de la información es 1:5000 para representar aproximadamente 80 ha. La unidad mínima de levantamiento es de 1000 m² (0.1 ha) con una óptima de 4000 m² (0.4 ha). La equidistancia es de 35 m para la densificación de los puntos de observación.

Se diseñó el muestreo y se tomaron los puntos críticos (perímetro, divisorias de aguas, vaguadas y cambios de pendiente).

El diseño de la ruta de muestreo o itinerario se realizó combinado, es decir, primero en zigzag y luego se trazaron tres líneas o transectas longitudinales al área separadas cada 50 m.

En cada punto se tomó sus coordenadas UTM y la altitud para su georeferenciación con la utilización de los receptores GPS, datum WGS84 y corrección diferencial a partir de un punto de control conocido para el sector (Cementerio de Las Piedras).

La información se plasmó en una minuta o planilla de campo, conjuntamente con la descripción del relieve, cobertura/uso y la actualización de los topónimos para agregar o corregir en el mapa resultante. Paralelamente, se realizaron perforaciones con barreno en cada punto para determinar la cantidad de arena, el pH y el carbono orgánico mediante métodos de laboratorio.

Procesamiento de la información.

Los datos georeferenciados fueron corregidos en oficina, a partir de la hoja de cálculo, de acuerdo con las coordenadas conocidas en el punto del control. Por otra parte, se procesaron las muestras para determinar: textura a partir del método del hidrómetro (IGAC, 1973), pH por el método potenciométrico, en agua destilada y solución de KCl IN, utilizando una relación 1:1 (Jackson, 1964) y carbono orgánico por el método de Walkley-Black., (Soil Conservation Service, 1967).

Se procesó la información a partir del uso del software SURFER, versión 8 (Golden Software, Inc, 2002) para generar el mapa topográfico, los mapas de propiedades de suelos y el modelo 3D. Se aplicó el método de interpolación lineal por mínima curvatura para generar las isolíneas a partir de los puntos muestreados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la fase de comunicación de la información, se generaron los productos cartográficos finales a escala 1:5000, que comprenden: el mapa topográfico (figura 3), modelo de elevación 3D (figura 4), mapa de distribución de la arena (figura 5), mapa de distribución del pH (figura 6) y el mapa de distribución del carbono orgánico (figura 7).

Los productos finales están ajustados a la escala de trabajo, y por consiguiente, al nivel de detalle exigido, según los controles cartográficos generados a partir de la metodología propuesta para la densificación y posterior diseño del levantamiento de la información.

Se observa que los productos cartográficos derivados de la metodología propuesta guardan buena relación geométrica o espacial con respecto a la planimetría y la altimetría del área. Las dimensiones, longitudes, ubicación de los puntos contrastan con las características reales del terreno, lo cual determina que existen relaciones lógicas entre la realidad y lo representado. Estas relaciones lógicas son más evidentes al contrastar el modelo de elevación con los mapas de propiedades de los suelos.

Al observar los mapas de distribución de la propiedades de suelos consideradas, se tiene que la distribución de la arena (figura 5) tiende a ser uniforme, de acuerdo con tipo de material (granito) y el bajo grado de evolución de los suelos, de acuerdo con las bajas temperaturas y bajas precipitaciones del sector.

La distribución del pH en el área de estudio (figura 6) demuestra, al ser contrastarlo con el mapa topográfico y modelo de elevación generado (figuras 3 y 4), que los suelos menos ácidos se distribuyen en las posiciones medias y bajas, mientras que los suelos más ácidos se encuentran en la parte más alta. Esto puede ser explicado debido a que las bases se concentran en las zonas bajas, donde el material es producto de los depósitos o acumulación, mientras

que en las zonas altas, existe una pérdida progresiva de las bases por lavado y posterior escurrimiento; así mismo en el plano alto se encuentran los resaltes rocosos o material "in situ", los cuales son ácido por naturaleza (Grupo Iglesias). El mismo comportamiento lo evidencia el carbono orgánico (figura 6) el cual se incrementa en el plano bajo, donde existe la zona de acumulación, destacando algunas turberas.

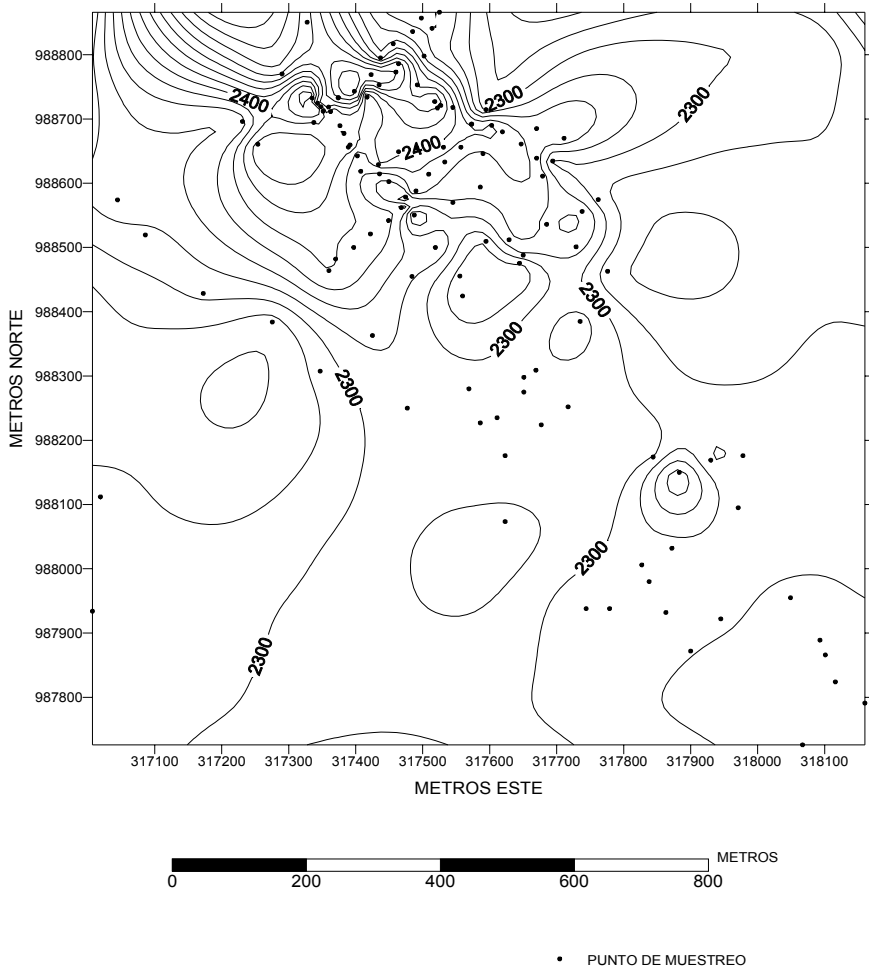


Figura 3. Topografía y distribución de los puntos de muestreo para el área de estudio.

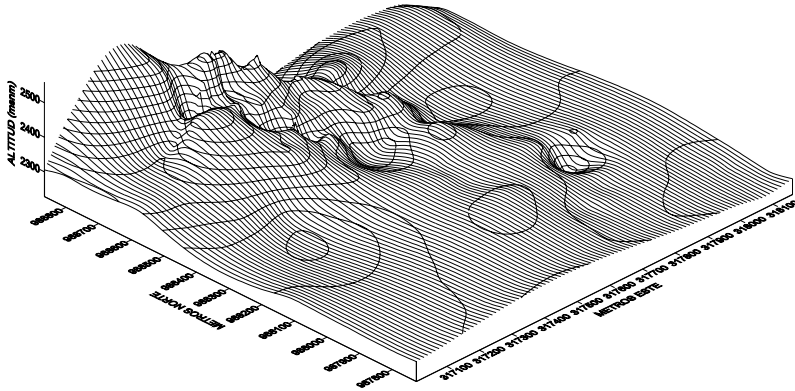


Figura 4. Modelo de elevación del terreno.

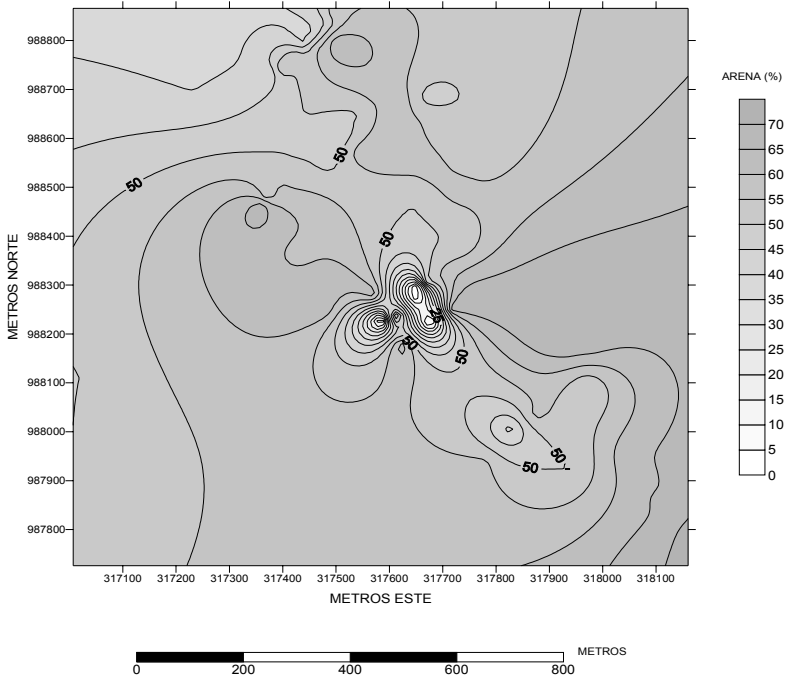


Figura 5. Distribución de la arena.

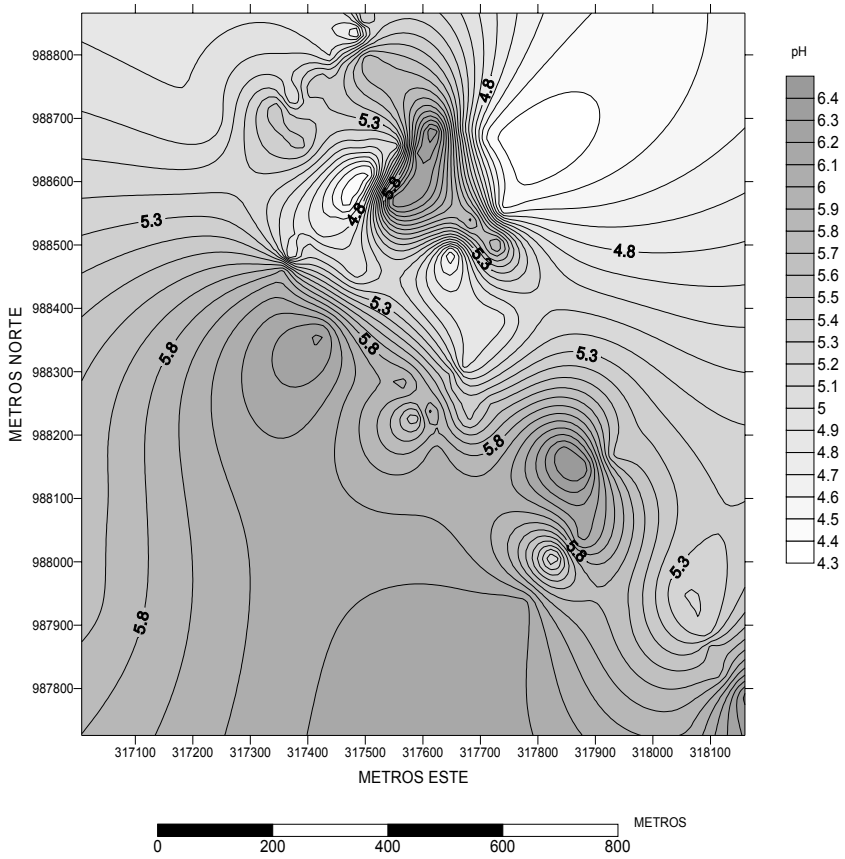


Figura 5. Distribución del pH.

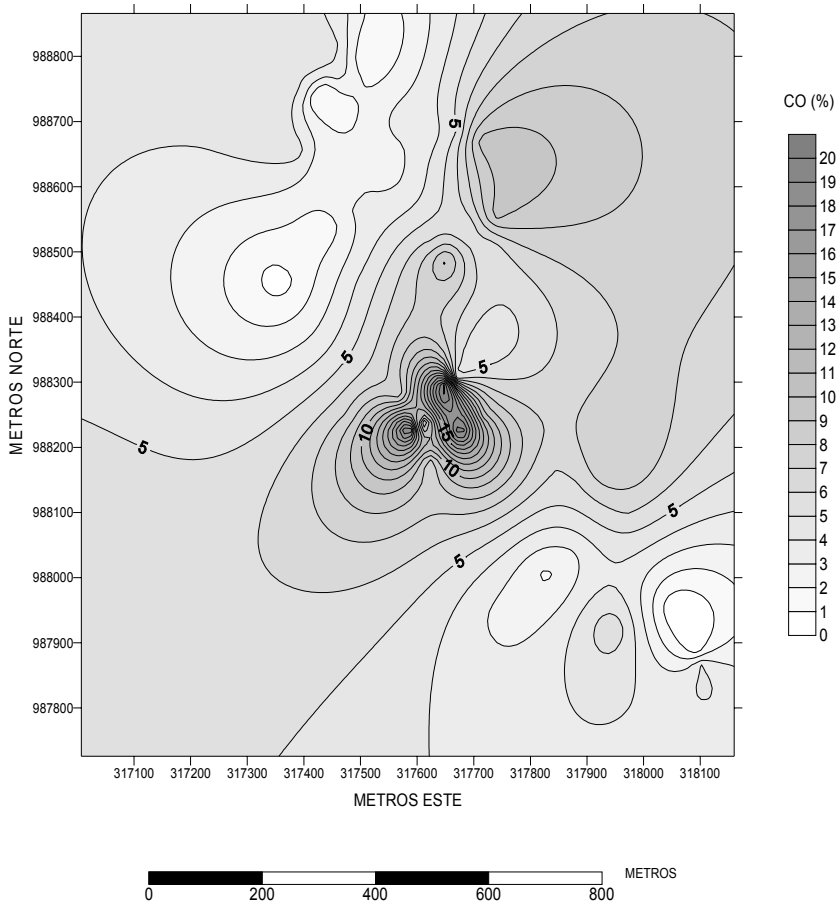


Figura 6. Distribución del carbono orgánico.

CONCLUSIONES

Para un buen diseño cartográfico es indispensable considerar la precisión geométrica del producto final y sus relaciones lógicas. La primera, a partir de la exactitud planialtimétrica, derivada del control geodésico, uso o implementación del datum horizontal y el datum vertical, que se expresa en el sistema de coordenadas y curvas de nivel para el cálculo de longitudes, áreas, elevaciones, desniveles, relaciones entre otros. La segunda, se manifiesta de acuerdo con una buena densificación de observaciones que recojan, según los objetivos, la escala o nivel de detalle, los principales aspectos de la realidad a representar (en nuestro caso, el suelo y elementos asociados del medio), lo que se expresa a partir del contenido temático del producto cartográfico, y que refleje una buena correspondencia entre el mundo real y el mundo representado (relaciones topológicas). De estos dos elementos, básicamente depende el control y confiabilidad del proceso de representación de la información.

Se observó, que existen tanto precisiones geométricas como relaciones lógicas aceptables, entre los mapas de propiedades de suelos, el mapa topográfico y modelo 3D generados a partir de la información levantada en campo, lo cual demuestra que la metodología planteada sistematiza de manera aceptable cada fase del diseño cartográfico (levantamiento, procesamiento y comunicación), en especial, cuando se trata de delinear los suelos y sus propiedades, si partimos del principio que son unidades cartográficas difusas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dorronsor Carlos (2003). **Clasificación y Cartografía de Suelos.** Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. España. En: <http://www1.universia.net/catalogaxxi/pub/>
2. Elizalde, Graciano y JAIMES, Edgar (1989). **Propuesta de un Modelo Pedogeomorfológico.** Revista Geográfica Venezolana: Vol. XXX.
3. Forbes, T.R., Rossiter, D. & Van Wambeke, A. (1982). **Guidelines for Evaluating the Adequacy of Soil Resource Inventories.** 1987 printing ed. SMSS. Technical Monograph #4, Ithaca, NY: Cornell University Department of Agronomy. 51 pp. S592.14 .F69 Mann
4. Jaimes C., Edgar J. (1988). **Determinación de Índices de Homogeneidad Múltiples Globales en Sistemas Pedogeomorfológicos de la Cordillera de la Costa, Serranía de Litoral Central. Caracas-Venezuela:** Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Tesis de Doctorado.
5. Jaimes C., Edgar J. (1994). **Curso de Actualización sobre Caracterización de Suelo.** Universidad de Los Andes. Núcleo Universitario “Rafael Rangel”. Coordinación de Investigación y Postgrado. Grupo de Investigación de Suelos y Aguas. Trujillo.
6. Kandus, Patricia (2003). **Trabajos Prácticos.** Ecología Regional. Módulo 1. Argentina. 36 pp.
7. Rossiter; David (1994). **Lecture Notes: “Land Evaluation”.** Cornell University. College of Agriculture & Life Sciences. Department of Soil, Crop, & Atmospheric Sciences. En: <http://www.itc.nl/~rossiter/pubs/s494toc.htm>.