
Evaluación de la realidad de campo de mapas de suelos

Ground - truth evaluation of soil maps

Viloria, J. A. y A. Rosales

Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Edafología, Apdo. Postal 4579, Maracay, Venezuela.

RESUMEN

La realidad de campo de un mapa de suelos indica el grado de certeza con el cual el mapa predice cómo es el suelo en el campo. Este trabajo evaluó la realidad de campo taxonómica e interpretativa del mapa integrado y de los mapas originales de suelos de dos áreas adyacentes de la Depresión del Lago de Valencia, Venezuela, a fin de estudiar el efecto de la integración y el valor predictivo del mapa resultante. Los siguientes atributos fueron seleccionados para la evaluación interpretativa: pendiente, textura del suelo entre 0-25 y 25-100 cm de profundidad, clase de pedregosidad, profundidad a un horizonte moteado o a un estrato de arena o granzón, reacción al HCl entre 25-50 cm de profundidad, y pH en agua 1:1 entre 20-40 cm de profundidad. La variación total de cada atributo fue dividida en cuatro clases. Esta clasificación fue aplicada a 42 sitios de muestreo seleccionados al azar, y los resultados fueron comparados con la clasificación pronosticada para cada sitio por los mapas de suelos. El nivel de realidad de campo de cada sitio fue calificado del 1 al 4, de acuerdo al grado de coincidencia entre las clases pronosticadas y observadas. El mapa de suelos no es aceptable si, con una probabilidad de 90%, la proporción de sitios con calificación 4 es $\gg 15\%$, o la de sitios con calificación 1 ó 2 es $\ll 50\%$. Los niveles de realidad de campo de los mapas evaluados resultaron adecuados. Aún cuando la pureza taxonómica es $\ll 50\%$ las impurezas son, mayormente, suelos similares al suelo principal de cada unidad cartográfica. La proporción de suelos disímiles limitantes es mayor en las leyendas de los mapas originales (21.4 % 10.5%), que en la leyenda integrada (11.9% 8.2%). En síntesis, la integración simplificó y unificó las leyendas de los mapas originales, sin reducir la capacidad predictiva del mapa de suelos.

Palabras Clave: Mapa de suelos, correlación de suelos, control de calidad, realidad de campo, Depresión del Lago de Valencia

ABSTRACT

The ground-truth of a soil map judges the accuracy of the map as a predictor of soil conditions at any place in the surveyed area. This study evaluated both the taxonomic and the interpretative ground-truths of the integrated soil map and the original maps of two adjacent areas in the Valencia, at the Center-North of Venezuela. The aim has been to examine the effect of the integration of the maps and to appraise the value of the integrated soil map. The following soil features were employed to evaluate the interpretative ground-truth: general slope, soil texture at 0-25 cm and 25-100 cm depths, stone class, depths to mottles, sand or gravel, HCl fizz at 25-50 cm depth, pH in water 1:1 at 20-40 cm depth. The range of variation of each attribute was divided into four classes. This classification was applied to 42 sample sites selected at random and the obtained classes were compared with those predicted by the soil maps for each site. A ground-truth score from 1 to 4 was assigned to each site according to the degree of agreement between the predicted and the observed classes. The soil map is rejected if sites scored 4 are $\gg 15\%$, or sites scored 1 or 2 are $\ll 50\%$ of the total sample, for a 90% probability. Results reveal that the interpretative ground-truths of these soil maps are adequate. The taxonomic purity of the maps were always less than 50%, but the impurities were usually similar to the dominant soil class at each map unit. However, the proportion of dissimilar-limitant soils is nearly twice as much in the original maps (21.4% 10.5%) than in the integrated one (11.9% 8.2%). It is concluded that the integration improved the legibility of the legend, and the usefulness of the soil map for land evaluation and agrotechnology transference, without reducing accuracy.

Index Words: Soil map, soil correlation, quality control, ground-truth, Valencia

INTRODUCCIÓN

Un mapa de suelos es un modelo a escala de una región, territorio o espacio de terreno, que muestra la heterogeneidad del paisaje fraccionada en áreas más homogéneas con relación a las características del suelo.

Este tipo de mapa, denominado coroplético, usualmente es construido sobre la base de relaciones conceptuales suelo-paisaje, mayormente cualitativas, que pueden ser reconocidas en fotografías aéreas u otro tipo de imagen de percepción remota. Esto permite reducir el esfuerzo de muestreo, de manera que relativamente pocos sitios son visitados y sus suelos caracterizados e identificados.

Aún cuando el desarrollo de la geoestadística ofrece, hoy en día, nuevas opciones para la predicción de suelos en sitios de interés, por medio de mapas isopléticos (Burrough, 1993), la preparación y uso de mapas coropléticos continua siendo de gran utilidad.

Varios especialistas han expresado su preocupación en relación a la confiabilidad de la información provista por los mapas de suelos. Por esta razón, han señalado la necesidad de definir criterios de control de calidad, de manera de medir el éxito alcanzado por un levantamiento de suelo en relación a sus propósitos (Webster y Beckett, 1968; Burrough et al., 1971; Jarvis, 1974; Western, 1978; Pérez, 1979; Marsman y De Gruijter, 1984).

Beckett y colaboradores (1967; Webster y Beckett, 1968; y Beckett y Burrough, 1971) han desarrollado procedimientos de control de calidad basados en una comparación entre la varianza de características relevantes del suelo dentro de las unidades cartográficas o las unidades taxonómicas (clases de suelo), y su varianza en el área total del estudio.

Alternativamente, la bondad de un mapa de suelos podría ser medida por el grado en el cual las varianzas de características relevantes del suelo dentro de las unidades del mapa son menores que determinados valores críticos. Sin embargo, muchos usuarios podrían tener dificultad para definir valores de varianza máxima aceptable de las propiedades de suelo de su interés. Ellos podrían encontrar más fácil definir intervalos de variación de características del suelo, dentro de los cuales no realizarían cambios en sus prácticas de manejo. La utilidad del mapa de suelos podría ser juzgada, entonces, en función de su habilidad para predecir los valores de características del suelo dentro de esos intervalos.

Algunos autores han introducido el término "realidad de campo" (ground-truth) referido a la evaluación del grado de exactitud con el cual el mapa y su leyenda representan el paisaje de suelo (Arnold, 1978; Pérez, 1979; Pére y Arnold, 1979; Forbes et al., s.f.).

Forbes et al. (s.f.) proponen un método para evaluar la realidad de campo de un mapa de suelos, orientado a determinar la proporción del área del mapa en la cual la información suministrada es substancialmente cierta. El método utiliza como criterios de realidad de campo, un conjunto de características del suelo seleccionadas de manera tal que sean relevantes para el uso de la tierra, y fácilmente medibles en el campo o el laboratorio, sin ambigüedades. La amplitud total de variación de cada característica es dividida en clases. Luego, en cada uno de un conjunto de puntos de observación, se determina la clase correspondiente a cada característica seleccionada, y se compara con la clase esperada, de acuerdo al mapa de suelos. Los resultados de la evaluación de los diferentes sitios observados son combinados para obtener un valor compuesto de la realidad de campo para la muestra como un todo. Este valor puede ser comparado por métodos estadísticos, con normas previamente establecidas, para juzgar si el nivel de realidad de campo obtenido es aceptable o no.

Pérez (1979) enfatiza que la calidad de un levantamiento de suelo debe ser medida en términos de su utilidad para los objetivos para los cuales fue realizado. Así, los intervalos de variación de las características utilizadas para evaluar la calidad de un mapa de suelos deben ser definidos en función de los objetivos del levantamiento.

La Depresión del Lago de Valencia, en el centro-norte de Venezuela, es escenario de un agudo conflicto por el uso de la tierra entre fines agrícolas, urbanos, recreacionales e industriales. El Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR) realizó un estudio semidetallado de suelos de toda la depresión (escala 1:25 000), para apoyar los planes de ordenamiento territorial de la región. Este estudio fue realizado por bloques de levantamiento de aproximadamente 5.000 ha cada uno. Una vez completado el levantamiento de campo, se presentaron dificultades para integrar la información de los diferentes bloques en un solo mapa de suelos. Viloría (1985) propuso una metodología para integrar esta información y la aplicó experimentalmente a los mapas de suelo de Mariara (bloque 14) y San Joaquín (bloque 13).

En este trabajo se presenta una evaluación de las realidades de campo del mapa integrado de suelos y de los mapas originales referidos, realizada mediante una adaptación de la metodología propuesta por Forbes et al., (s.f.). El objetivo del mismo ha sido estudiar el efecto de integración de los mapas originales y determinar el valor del mapa resultante. Igualmente, este estudio ilustra el proceso de control de calidad de levantamientos de suelo, como un componente fundamental de la correlación de suelos, a través de un caso particular.

MATERIALES Y MÉTODOS

Criterios para la Evaluación de la Realidad de Campo

Los siguientes atributos fueron seleccionados como criterios para la evaluación de la realidad de campo, del mapa integrado de suelos y de los mapas originales de suelos de Mariara (bloque 14) y San Joaquín (bloque 13):

- Pendiente general del terreno
- Textura del suelo entre 0 y 25 cm de profundidad
- Textura del suelo entre 25 y 100 cm de profundidad
- Clase de pedregosidad
- Profundidad a un horizonte moteado indicativo de condiciones de reducción
- Profundidad a un estrato de arena
- Profundidad a un estrato de granzón
- Reacción al HCl diluido 1:10, entre 25 y 50 cm de profundidad
- pH en agua 1:1 entre 20 y 40 cm de profundidad
- La selección de estos atributos se basó en las siguientes consideraciones:
- Son características relevantes para el uso agrícola de la tierra en la Depresión del Lago de Valencia
- Son fácilmente medibles en el campo o en el laboratorio.
- No varían fácilmente por efecto del manejo agrícola del suelo, con excepción de la pedregosidad superficial.

Todas las características seleccionadas fueron medidas o estimadas en el campo, menos el pH en agua 1:1, el cual fue determinado en el laboratorio.

Para los propósitos de la evaluación de la realidad de campo, la amplitud total de variación de cada una de estas características fue dividida en cuatro clases, tal como se muestra en el Cuadro 1. Los límites entre estas clases corresponden a valores de las características usadas como límites de clases en la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 1992), o a valores empleados como límites de fases en el Estudio de Suelos Semidetallado de la Depresión del Lago de Valencia (Ovalles y Zinck, 1983).

Cada una de las diferentes unidades cartográficas del mapa integrado de suelos, fue clasificada en base a los criterios de realidad de campo seleccionados. Cada miembro principal de una asociación de suelos fue clasificado por separado.

SELECCION DE SITIOS DE MUESTREO

Tamaño de la muestra

Forbes et al. (s.f.) sugieren un tamaño de muestra igual a un punto de observación por cada 50 cm² de mapa, y consideran adecuado un intervalo entre 30 y 50 observaciones. El área efectiva de levantamiento (descontando las áreas misceláneas) del mapa integrado de suelos fue estimada en 2.100 cm², la cual corresponde a un tamaño de muestra de 42 observaciones.

Localización de sitios de muestreo en el mapa de suelos

Para localizar los puntos de muestreo se dividió el mapa integrado de suelos en dos hojas: una correspondiente al bloque 13 y la otra, al bloque 14. En los márgenes de cada hoja, se dibujó un sistema de coordenadas, constituido por un eje X en dirección Oeste-Este y un eje Y, en dirección Sur - Norte. La longitud total de cada eje fue subdividido con una resolución de 1 mm.

El sistema de coordenadas fue completado con un eje Z de dirección normal al plano de referencia del mapa. El eje Z fue dividido solamente en dos puntos: el punto 1 correspondiente al bloque 13 y el punto 2, correspondiente al bloque 14. Cada punto del mapa quedó así determinado por sus tres coordenadas X, Y, Z.

Las coordenadas de los puntos de observación componentes de la muestra, fueron determinadas al azar, con la ayuda de una tabla de números aleatorios. Los puntos así seleccionados fueron transferidos al mapa, con excepción de los siguientes casos:

- Los puntos localizados fuera del área levantada
- Los puntos localizados en áreas misceláneas (por ejemplo, áreas urbanizadas, cuerpos de agua)
- Los puntos localizados muy cerca de un límite de suelos.

El grado de exactitud con el cual los puntos seleccionados pueden ser localizados en el terreno, utilizando el mapa base, con 90% de confianza, se estima en <F128P10W1>æ<F14> 40 metros. Se dibujó un círculo con un radio igual a esa distancia (1.6 mm a escala 1:25.000), alrededor de cada punto transferido al mapa. Los puntos en los cuales el círculo dibujado cubría parte de un límite entre delineaciones fueron descartados. La razón para descartar esos puntos es la incertidumbre en relación a la delineación en la cual esos puntos estarán ubicados cuando sean localizados en el terreno.

Localización de sitios de muestreo en el campo

La localización en el terreno de los puntos de muestreo seleccionados, se realizó en base a puntos de control claramente identificables en el mapa, tales como intersección de carreteras o caminos. El ángulo de desviación y la distancia de cada punto de muestreo con relación al punto de control correspondiente, fueron medidos en la oficina con transportador y escalímetro. Esas mediciones fueron replanteadas en el campo utilizando brújula, jalones y cinta métrica de 50 metros.

Evaluación de la realidad de campo en cada sitio de muestreo

Una vez localizado cada punto de muestreo en el terreno, se realizó una observación de campo con barreno, incluyendo:

- Una descripción breve y la clasificación del suelo al nivel de familia, de acuerdo a la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 1992)
- La determinación de los valores correspondientes a cada una de las características utilizadas como criterios de realidad de campo, excepto pH
- Toma de una muestra del suelo entre 20 y 40 cm de profundidad, para la determinación de pH en agua 1:1 en el laboratorio.

La información obtenida fue utilizada para clasificar cada sitio de muestreo de acuerdo a los criterios de realidad de campo establecidos en el Cuadro 1. Esta clasificación fue comparada con la clasificación pronosticada para este sitio en función de la unidad cartográfica respectiva. A partir de esa comparación, el nivel de realidad de campo de cada sitio fue clasificado, en escala del 1 al 4, de acuerdo a las siguientes normas (Forbes et al., s.f.):

- Calificación 1: Todos los criterios de realidad de campo pronosticados y observados coinciden
- Calificación 2: Menos de 20% (menos de 2) de los criterios de realidad de campo observados pertenece a clases adyacentes y ninguno a clases no adyacentes, con relación a los pronosticados. Las clases adyacentes comparten límites comunes (A-B, B-C, C-D), mientras que las clases no adyacentes están separadas por una o más clases intermedias (A-C, A-D, B-D)
- Calificación 3: Más de 20% (2 ó más) de los criterios de realidad de campo pertenecen a clases adyacentes, y/o exactamente un criterio de realidad de campo pertenece a clases no adyacentes
- Clasificación 4: Más de un criterio de realidad de campo pertenece a clases no adyacentes.

VALORACIÓN GLOBAL DE LA REALIDAD DE CAMPO DEL MAPA DE SUELOS

Criterios de valoración

La calificación de todos los sitios de muestreo en conjunto debe ser comparada con determinados patrones, a fin de juzgar si la realidad de campo del mapa de suelos se considera aceptable o no. En ausencia de normas previamente establecidas y evidencias experimentales relevantes, se aplicó la siguiente regla propuesta por Forbes et al. (s.f.):

El mapa es aceptado si tiene unas proporciones con calificación 1 ó 2 de realidad de campo mayor de 50% y una proporción de observaciones con calificación 4 menor del 15%.

Análisis estadístico

Los resultados de la evaluación de la realidad de campo de un mapa de suelos, mediante la aplicación de las normas citadas, se ajustan a una distribución binomial. Es decir, corresponden a una población en la cual una proporción "p" de los elementos que componen tiene una determinada característica y una proporción "q" = 1-p no la tiene. Así, la "pureza" del mapa de los suelos es evaluada en base a la proporción "p" de sitios con calificación 1 ó 2, versus la proporción "q" de sitios con otra calificación. En cambio, el porcentaje de inclusiones " fuertemente contrastante " es evaluado en base a la proporción "p" de sitios con calificación 4, versus la proporción "q" de sitios con otra calificación.

Una muestra representativa de una población binomial permite definir con un nivel de probabilidad dado, un intervalo de confianza dentro del cual ocurre la proporción real de los elementos de esa población, que poseen la característica estudiada. El intervalo de confianza es definido por un límite superior y otro inferior, los cuales varían en función del nivel de probabilidad elegido y el tamaño de la muestra. Así, para un nivel de probabilidad de 90% los límites de confianza inferior y superior pueden ser determinados mediante las ecuaciones " $p + 1.65 (p.q/n)$ " y " $p - 1.65 (p.q/n)$ ", respectivamente, donde n es el tamaño de la muestra, y 1.65 es el valor de la variable estandarizada Z , para un 90% de probabilidad.

Los límites de confianza definen el margen de error en el cual se puede incurrir al estimar la proporción " p " de la población a partir de la proporción " p " de la muestra. La elección del límite de confianza superior o inferior para decidir la aceptabilidad o no de un mapa de suelos, depende de si se desea errar a favor o en contra del mapa. Forbes et al. (s.f.) sugieren errar a favor del mapa, dada la variabilidad inherente de los suelos y la dificultad de las decisiones que agrónomos y correlatores deben tomar en el proceso de cartografía de suelos. Por esta razón, dichos autores definen de la siguiente manera, las normas para la aceptabilidad de mapas de suelos:

"Un mapa (o un segmento de un mapa) es rechazado por tener una realidad de campo inaceptable si:

Existe un 90% de certeza de que más de 15% del área del mapa sea evaluada con calificación 4 con respecto a las unidades cartográficas definidas, o

Existe un 90% de certeza de que menos del 50% del área del mapa sea evaluado con calificación 1 ó 2 con respecto a las unidades cartográficas definidas".

La aplicación de esta definición conduce a rechazar un mapa de suelos si la proporción de sitios con calificación 4 es mayor que el límite de confianza superior de 15% o si la proporción de sitios con calificación 1 ó 2 es menor que el límite de confianza inferior de 50%. Esto es ilustrado en las Figuras 1 y 2, respectivamente.

Cuadro 1. Límites de clase de los criterios de realidad de campo seleccionados para evaluar el mapa integrado de suelos y los mapas originales de Mariara (bloque 14) y San Joaquín (bloque 13), en la Depresión del Lago de Valencia

Características	Clases			
	A	B	C	D
-				
Pendiente (%)	0-3	3-5	5-8	>>8
Textura entre 0 y 25 cm de profundidad	arena (a) y arenofrancosa (aF)	<< 18 % arcilla excepto a y aF	18-35% arcilla	>>35% arcilla
Textura entre 25 y 100 cm de profundidad	arena (a) y arenofrancosa (aF)	<< 18 % arcilla excepto a y aF	18-35% arcilla	>>35% arcilla
Clases de pedregosidad*	0	1	2	3 ó más
Profundidad a un horizonte moteado (nivel freático fluctuante) (cm)	0-25	25-50	50-120	>> 120
Profundidad a un estrato de arena (cm)	0-45	45-60	60-90	>> 90
Profundidad a un estrato de granzón (cm)	0-45	45-60	60-90	>> 90
Reacción al HCl entre 25 y 50 cm de profundidad	nula	débil	moderada	fuerte
pH en agua 1:1 entre 20 y 40 cm de profundidad	4.2-5.0	5.0-6.5	6.5-8.5	>> 8.5

* Clases de pedregosidad:

0= piedras de 15-30 cm de diámetro separadas por más de 30 m

1= piedras de 15-30 cm de diámetro separadas por 10 a 30 m

2= piedras de 15-30 cm de diámetro separadas por 1.6 a 10 m

3= piedras de 15-30 cm de diámetro separadas por menos de 1.6 m.

RESULTADOS Y DISCUSION

Evaluación de los mapas de suelos en base a las características seleccionadas

El Cuadro 2 resume los resultados de la prueba de realidad de campo aplicada tanto al mapa integrado de suelos como a los mapas originales.

Cuadro 2. Realidad de campo del mapa integrado y de los mapas originales de suelos de Mariara (bloque 14) y San Joaquín (bloque 13)

Calificación de la realidad de campo	Mapa integrado		Mapas originales	
	Número de observaciones	%	Número de observaciones	%
1	18	42.9	13	30.9
2	9	21.4	16	38.1
3	14	33.3	12	28.6
4	1	2.4	1	2.4
Total	42	100.0	42	100.0

Estos resultados indican que la integración de los mapas de suelos tuvo como efecto fundamental un aumento del número de observaciones con calificación 1 a costa de las observaciones con calificación 2, ya que el número de observaciones con calificaciones 3 y 4 es semejante en ambos casos.

La muestra tomada del mapa integrado de suelos contiene 1 de 42 observaciones evaluadas con calificación 4 y 27 de 42 observaciones evaluadas con calificación 1 + 2. Estos valores, al ser comparados con los ejes de coordenadas definidos en las Figuras 1 y 2, respectivamente, determinan sendos puntos ubicados dentro de la región de aceptación del mapa.

De la misma forma, si se consideran los mapas originales de suelos de Mariara (bloque 14) y San Joaquín (bloque 13), su realidad de campo es aceptada por tener 1 de 42 observaciones con calificación 4 y 29 de 42 observaciones con calificación 1 + 2. Estos resultados son confirmados por los valores presentados en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Proporción de sitios con calificación 1 ó 2 y con calificación 4 en el mapa integrado y los mapas originales de suelos de Mariara (bloque 14) y San Joaquín (bloque 13), para 90% de probabilidad

Realidad de campo	Mapa Integrado			Mapas originales		
	Número de sitios	%	Intervalo de Confianza	Número de sitios	%	Intervalo de confianza
1 + 2	27	64.3	52.1-76.5	29	69.1	57.8-81.2
4	1	2.4	0 - 6.3	1	2.4	0 - 6.3

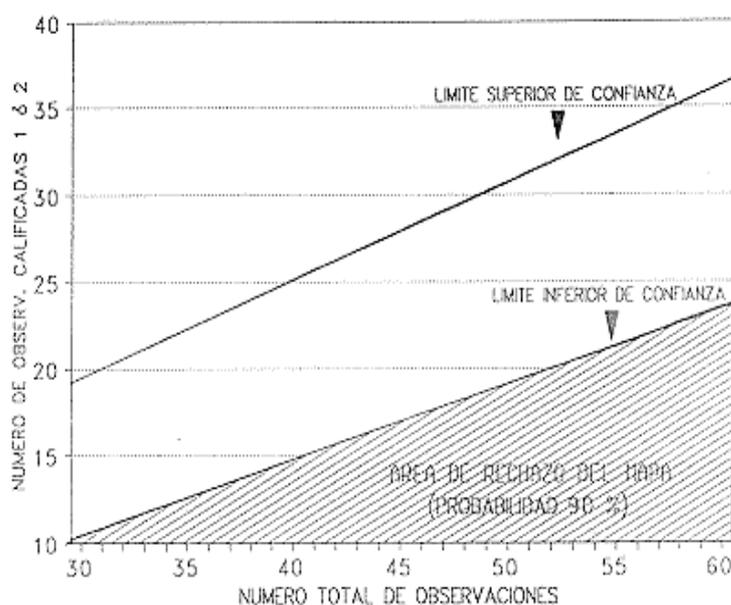


Figura 1. Control de calidad de mapas de suelo -Pureza >50%.

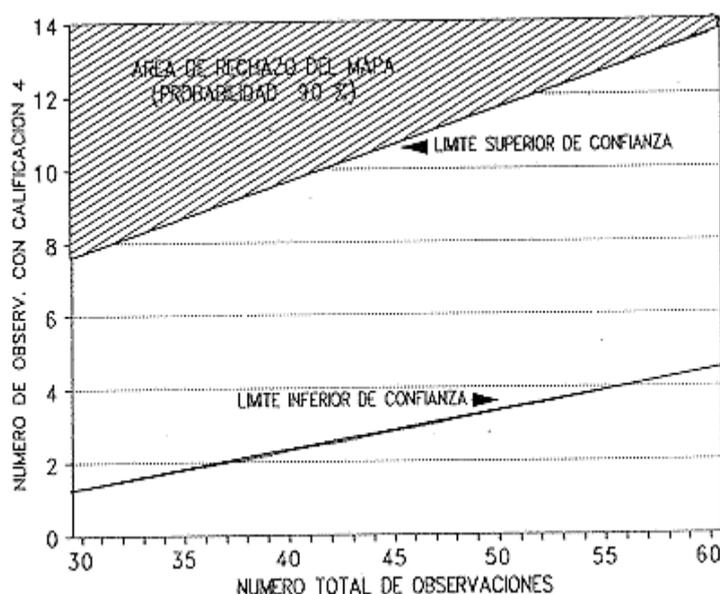


Figura 2. Control de calidad de mapas de suelos -suelos contrastantes 15%.

El resultado obtenido puede ser interpretado de la siguiente manera: 9 de cada 10 evaluaciones realizadas con un procedimiento similar al aplicado en este trabajo, concluirán en una aceptación del mapa de suelos evaluado. El mapa es aceptado porque la "pureza" de sus unidades cartográficas y proporción de inclusiones en ellas de suelos " fuertemente contrastantes " son adecuados, en relación a las características del suelo seleccionadas para evaluar la realidad de campo. Se concluye que tanto el mapa integrado de suelos como los mapas originales, permiten predecir adecuadamente los intervalos de valores probables de los atributos examinados en cualquier sitio de interés dentro del área levantada.

Evaluación del mapa de suelos en base a clasificación taxonómica

El Cuadro 4 reporta los resultados de la comparación entre la clasificación del suelo esperada, de acuerdo a la leyenda, y la clasificación encontrada, a nivel de familia taxonómica y sus fases.

De acuerdo a estos resultados, la pureza taxonómica del mapa integrado, definida como la proporción de observaciones correspondientes al suelo principal es inferior al 50%. Aún si se decidiera errar a favor del mapa de suelos, y utilizar el límite superior del intervalo de confianza, la pureza taxonómica alcanzaría apenas el 48%. No obstante este nivel de pureza taxonómica, aunque es ciertamente bajo, no afecta negativamente la capacidad predictiva del mapa de suelos, aunque las inclusiones presentes corresponden en su mayor parte a suelos similares. Así, si se considera en conjunto el número de observaciones correspondientes al suelo principal y a los suelos similares, la pureza del mapa asciende a 74% 11%. Además, la proporción de suelos disímiles limitantes es baja, alcanzando apenas a 12% 8%.

Una diferencia fundamental entre el mapa integrado de suelos y los mapas originales es la complejidad de las leyendas respectivas. Así, más del 90% de las unidades cartográficas reportadas en las leyendas de los mapas originales son asociaciones, identificadas con los nombres de dos y, a menudo, tres clases de suelos diferentes. En cambio, el mapa integrado de suelos posee una leyenda más sencilla, en la cual más del 70% de las unidades cartográficas son consociaciones, identificadas con el nombre de una sola clase de suelo.

Sin embargo, a pesar del mayor número de clases de suelo incluido en el nombre de cada unidad cartográfica, la pureza taxonómica de los mapas originales también es baja, como se observa en el Cuadro 4. Por otro lado, se aprecia que la proporción de suelos disímiles limitantes es mayor en las leyendas de los mapas originales (21.4% 10.5%), que en la leyenda integrada (11.9% 8.2%), lo cual puede ser explicado por las modificaciones realizadas a unidades cartográficas durante el proceso de integración.

En otros estudios de evaluación de la pureza de mapas de suelos o ciertas unidades cartográficas de los mismos, con frecuencia se han obtenido proporciones relativamente altas de impurezas. Así Webster (1985) y Cline (1977) citan intervalos de 25 a 65% y 30 a 80% de impurezas, respectivamente, encontradas en estudios de esta naturaleza.

La pureza taxonómica relativamente baja del mapa integrado de suelos no disminuye la calidad del mismo, porque las impurezas presentes corresponden principalmente a suelos que son similares al suelo principal en respuesta al uso y manejo. Este juicio es corroborado por la baja proporción presente de suelos disímiles limitantes y por la aceptación de la realidad de campo de ese mapa de suelos, evaluada en base a atributos edáficos seleccionados. Por otra parte, la utilización de un mayor número de nombres de clases de suelos para denominar las unidades cartográficas, como ocurre en las leyendas de los mapas originales de suelos no necesariamente mejora la pureza taxonómica del mapa. Por el contrario, genera una leyenda más complicada, cuya interpretación es más difícil.

Cuadro 4. Realidad de campo del mapa integrado y de los mapas originales de suelos de Mariara (bloque 14) y San Joaquín (bloque 13), determinada en base a clasificación taxonómica (probabilidad 90%)

Relación con la leyenda del mapa	Mapa Integrado			Mapas Originales		
	Nº. sitios	%	Intervalo de confianza (%)	Nº. sitios	%	Intervalo de confianza (%)
Suelo principal	15	35.7	23.5-47.9	14	33.3	21.0-45.0
Suelos similares	16	38.1	25.7-50.5	16	38.1	25.7-50.5
Suelos disímiles no limitantes	6	14.3	5.4-23.2	3	7.2	0.5-13.7
Suelos disímiles limitantes	5	11.9	3.7-20.1	9	21.4	10.9-31.9
Total	42	100.0	-	42	100.0	-

CONCLUSIONES

A partir del estudio realizado se concluye que tanto el mapa integrado de suelos como los mapas originales de Mariara (bloque 14) y San Joaquín (bloque 13) son adecuados para predecir con un 90% de certeza los valores de los atributos del suelo seleccionados para esta evaluación. La pureza taxonómica resultó menor de 50%; pero las impurezas presentes corresponden en su mayor parte a suelos similares al suelo nombrado en la unidad cartográfica respectiva.

El proceso de integración de los mapas de suelos ha simplificado la leyenda descriptiva del mapa. La leyenda del mapa integrado contiene no sólo un número de unidades cartográficas, sino también una proporción significativamente mayor de consociaciones (unidades cartográficas identificadas con el nombre de una sola clase de suelos), que las leyendas de los mapas originales. La simplificación de la leyenda facilitará las interpretaciones del mapa de suelos y, como lo demuestra este estudio, no redujo la pureza taxonómica ni interpretativa del mapa.

El estudio Semidetallado de Suelos de la Depresión del Lago de Valencia ilustra claramente la necesidad urgente de poner en marcha un programa nacional de correlación de suelos.

En general, los bloques evaluados poseen mapas de suelo de calidad adecuada para los objetivos del estudio. No obstante, las diferentes leyendas de los mapas de suelo de ambos bloques, limitan la transferencia de información entre áreas análogas, de un bloque al otro.

El procedimiento utilizado en este estudio para evaluar la realidad de campo de mapas de suelo resultó objetivo y de fácil aplicación. Se recomienda su utilización en el transcurso de los levantamientos de suelo, de manera de detectar y corregir posibles errores durante el avance de los mismos, y certificar la calidad del estudio antes de su publicación. Esta evaluación debería ser

realizada por árbitros adecuadamente seleccionados, a fin de garantizar la imparcialidad y objetividad del control de calidad del mapa de suelos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnold, R. W. 1978. Obtaining ground-truth of existing soil maps. In: Guidelines for soil resource inventory characterization. Cornell University, Dept. of Agronomy, Ithaca, N. Y., USA.
- Beckett, P. H. T., P. A. Burrough y R. Webster. 1967. The cost of soil survey in relation to the classification criteria employed. *J. of the Indian Soc. of Soil Sci.* 15: 187-192.
- Beckett, P. H. T. y P. A. Burrough. 1971. The relation between cost and utility in soil survey. IV. Comparison of the utilities of soil maps produced by different survey procedures, and to different scales. *J. Soil Sci.* 22: 466-480.
- Burrough, P. A., P. H. T. Beckett y M. G. Jarvis. 1971. The relation between cost and utility in soil survey (I-III). *J. Soil Sci.* 22: 359-394.
- Burrough, P. A. 1993. Soil variability: a late 20th century view. *Soils and Fertilizers*, 56: 529-562.
- Cline, M. 1977. The soils we classify and the soils we map. N. Y. Soil Survey Conference. Bergamo East. USDA, Soil Conservation Service. N. Y. Mimeografiado. 16 p.
- Forbes, T., D. Rossiter y A. Van Wambeke. s.f. Guidelines for evaluating the adequacy of soil resource inventories. SMSS Technical Monograph N°. 4. Cornell University and SMSS. Soil Conservation Service, USDA. 50 p.
- Jarvis, M. G. 1974. Soil survey cost-effectiveness. *Agronomy Mimeo N°. 74-30.* Cornell University, Ithaca, N. Y. USA, 29 p.
- Marsman, B. A. y J. J. de Gruijter. 1984. Dutch soil survey goes into quality control. In: *Soil Information Systems Technology*, edited by Burrough, P. A. and Bie, S. W., Pudoc, Wageningen. p.p. 127-134.
- Ovalles, F. y A. Zinck 1983. Estudio de suelos semidetallado de la depresión del Lago de Valencia. Bloque de levantamiento N°. 14, sector Mariara, Edo. Carabobo. Clasificación de tierras con fines de riego. MARNR, Maracay. 113 p.
- Pérez, J. 1979. Quality control and characterization of soil survey with special reference to Venezuela. A Project Report. Cornell University, Ithaca, N. Y., U.S.A. 230 p.
- Pérez, J. y R. Arnold. 1979. Evaluación de exactitud en la clasificación de suelos - uso de algunas técnicas estadísticas. Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo, Boletín Técnico N°. 37, Maracay. 28 p.
- Soil Survey Staff 1992. Keys to Soil Taxonomy. 5th edition. SMSS technical monograph N°. 19. Blacksburg, Virginia. Pa-cahontas Press Inc. 556 p.
- Viloria, J. A. 1985. Correlación de suelos en el estudio semidetallado de la Depresión del Lago de Valencia. Tesis de Magister Scientiarum, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Maracay. 154 p.
- Webster, R. 1985. Quantitative spatial analysis of soil in the field. *Adv. Soil Sci.* 3: 1-70.
- Webster, R y P. H. T. Beckett. 1968. Quality and usefulness of soil maps. *Nature* 219: 680-682.
- Western, S. 1978. Soil survey contracts and quality control. Clarendon Press, Oxford. 284 p.