

SUPERFICIE DE MUESTREO Y NÚMERO DE SUBMUESTRAS PARA EVALUAR LA FERTILIDAD EN SUELOS CULTIVADOS CON *Brachiaria brizantha* EN LAS MESAS ORIENTALES DE ANZOÁTEGUI, VENEZUELA

[Maricia J. Navas V.](#)^{*}, Juan C. Rey^{**} y Tania Rodríguez^{*}

^{*}Investigadores. INIA. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Anzoátegui. El Tigre 6034. Apdo. 212 y

^{**}Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Apdo. 4653. Zona Universitaria. Ay. Universidad, vía El Limón Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela

RECIBIDO: Mayo 14, 2002

RESUMEN

El establecimiento de una metodología de muestreo de suelos está dada principalmente por el conocimiento de su variabilidad espacial. El objetivo de este trabajo fue evaluar esa variabilidad de los macro y microelementos en suelos cultivados con *Brachiaria brizantha*, ubicados en el sistema agrario Alto Río Tigre, con la finalidad de establecer una superficie óptima de muestreo y el número mínimo de submuestras que se deben realizar para obtener una muestra compuesta representativa de las condiciones químicas reales del área seleccionada. En consecuencia, el análisis de esta muestra resultará ser más preciso, reflejándose positivamente en las recomendaciones de fertilizantes y enmiendas. Para lograr este objetivo, se realizaron muestreos intensivos y sistemáticos en 10 fincas representativas de la región. En cada una de las fincas se marcaron 49 puntos de muestreos separados por una distancia de 100 m referenciados con coordenadas (X, Y) y una profundidad de 0-20 cm. A las muestras de suelo se les determinó concentración de macro y microelementos, pH, textura y materia orgánica. Los resultados fueron sometidos a un análisis geoestadístico para obtener los parámetros de los semivariogramas (alcance o rango de dependencia espacial, umbral o sill y efecto nugget), con los cuales se calcularon el área a muestrear y el número de submuestras que se requieren por muestra compuesta. Los alcances promedio de las variables fluctuaron entre 201 m y 244 m, con coeficientes de variación bajos (<30%). Se estableció una superficie de muestreo de 4 a 6 ha, además las variables presentaron una mediana variación espacial a cortas distancias, por lo que se estableció un número de 25 submuestras por muestra compuesta.

Palabras Clave: variabilidad espacial de suelos; macroelemento; microelemento; *Brachiaria brizantha*; muestreo de suelos; Anzoátegui; Venezuela.

INTRODUCCIÓN

Al sur del estado Anzoátegui se localiza el sistema agrario Alto Río Tigre, cuyos límites naturales se delimitaron según la cuenca de este río hasta su confluencia con el río Aisme. Tiene una superficie de 131.000 ha sobre los municipios Pedro María Freites, San José de Guanipa, Miranda y Simón Rodríguez, donde se encuentran ubicadas 1219 fincas dedicadas a la explotación agropecuaria (Navas, 2000).

De acuerdo al estudio realizado en la zona por Silva (1996), en la mayoría de los sistemas agropastoriles predominan los siguientes pastos: *Brachiaria brizantha*, *Brachairia ecumbens*, *Digitaria swazilandensis*, *Panicum maximum*, *Penisetum purpureum* y *Cynodon nlemfuensis*. De un análisis de la información generada por Navas (2000) se desprende que la especie *B. brizantha* es la de mayor predominio en el sur del estado, con una superficie sembrada de 22300 ha. En su mayoría los pastos

son introducidos por lo que su rendimiento y valor nutritivo dependen, entre otros factores, del manejo de la fertilización (Navas, 2000).

Para el establecimiento de un programa de fertilización se requieren tres pasos importantes: a) el muestreo de suelo, b) el análisis químico y c) la interpretación de los análisis químicos (Navas, 2000).

El análisis químico del suelo constituye hoy en día una técnica de amplio uso y aceptación para el diagnóstico de la fertilidad. No obstante, su calidad y representatividad están influidos principalmente por la forma como es tomada la muestra, lo cual afecta más que cualquier otro tipo de error, bien sea de laboratorio o humano (Ovalles, 1992).

La representatividad de una muestra depende de la variabilidad de los suelos existentes, mientras más homogéneos son los suelos, la representatividad es mayor y viceversa. La representatividad de las muestras de suelo para el diagnóstico de la fertilidad se expresa a través de una superficie, cuyo tamaño es función de la intensidad de uso y manejo del suelo (Ovalles, 1992; Ovalles *et al.*, 1989).

Al conocer la variabilidad química del suelo pueden establecerse superficies de muestreos que capten la variabilidad de las concentraciones de macronutrientes y micronutrientes de un área determinada. En consecuencia, esto se reflejará en la calidad y representatividad de los análisis químicos (Ovalles *et al.*, 1989).

Existen instructivos que contienen pautas para la toma de muestras, así como los factores a considerar en relación con el muestreo de suelo. El uso de estos instructivos se ha extrapolado a suelos sometidos a diferentes manejos y sistemas de producción. En este caso las muestras de suelo se toman bajo el supuesto de que las características medidas en un punto también representan las áreas cercanas no muestreadas (Henríquez y Vilorio, 1999).

La geoestadística es una herramienta analítica empleada para captar y cuantificar la variabilidad horizontal y vertical de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo (Mateos, 1987; Rangel, 1991; Trangmar *et al.*, 1985; Brucker, *et al.*, 1999). En este estudio, se utilizó esta herramienta para evaluar la variabilidad espacial horizontal de la concentración de macro y micronutrientes en 10 unidades de explotación agropecuaria ubicadas al sur del estado Anzoátegui, cultivadas con una superficie de 50 ha del pasto *B. brizantha*, con la finalidad de determinar, bajo estas condiciones específicas, la superficie óptima de muestreo y el número de submuestras para obtener una muestra compuesta.

MATERIALES MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en 10 fincas ubicadas en el sistema agrario Alto Río Tigre. Este sistema está localizado al sur del estado Anzoátegui en los municipios Simón Rodríguez, San José de Guanipa, Pedro María Freites y Miranda.

Las fincas donde se realizaron los muestreos se seleccionaron bajo dos criterios: 1) Que estuvieran ubicados en alguno de los municipios que abarca el sistema agrario y 2) que tuvieran una superficie mínima sembrada de 50 ha con del pasto *B. brizantha*. Seleccionadas las fincas se procedió a determinar sus coordenadas geográficas con un GPS (Figura I).

Tomando como referencia las coordenadas de las fincas, se identificaron en el mapa de asociaciones de grandes grupos de la zona sur de Anzoátegui, escala de 1:250000 (Coplanarh, 1969), con la finalidad de conocer los grandes grupos de suelo de las fincas seleccionadas. Así mismo se ubicaron en un mapa de zona de vida del área elaborado por Silva (1996).

FIGURA 1. Ubicación de las fincas evaluadas para la determinación de la superficie óptima de muestreo y número de submuestras

Las fincas seleccionadas fueron caracterizadas por medio de encuestas que realizadas a los dueños, a quienes se indago en cuanto al manejo del pasto, fecha de siembra, fertilización y utilización de riego.

Los muestreos fueron iniciados en el período lluvioso, específicamente en los meses de julio-agosto. Se realizaron de una forma intensiva y sistemática, de acuerdo a la metodología propuesta por Ovalles (1992). Fueron ubicados 49 puntos de muestreo por finca a intervalos regulares de 100 m de distancia, según una cuadrícula de 7 filas por 7 columnas. En cada punto, se muestreo el suelo a una profundidad de 0-20 cm, con el fin de determinarles los macro y microelementos.

Las muestras de suelo fueron sometidas a las siguientes determinaciones analíticas: porcentaje de arena (a), limo (L) y arcilla (A; método de Bouyoucos); pH, relación suelo agua 1:2,5 (método potenciométrico); porcentaje de materia orgánica (MO) según Walkley y Black; conductividad eléctrica (CE) por el método conductimétrico; fósforo (P) y potasio (K), método Brayl; Calcio (Ca) y magnesio (Mg), método de Morgan; zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn) y hierro (Fe), método Mehlich I, según se indica en Gilabert de Brito *et al.*, (1990).

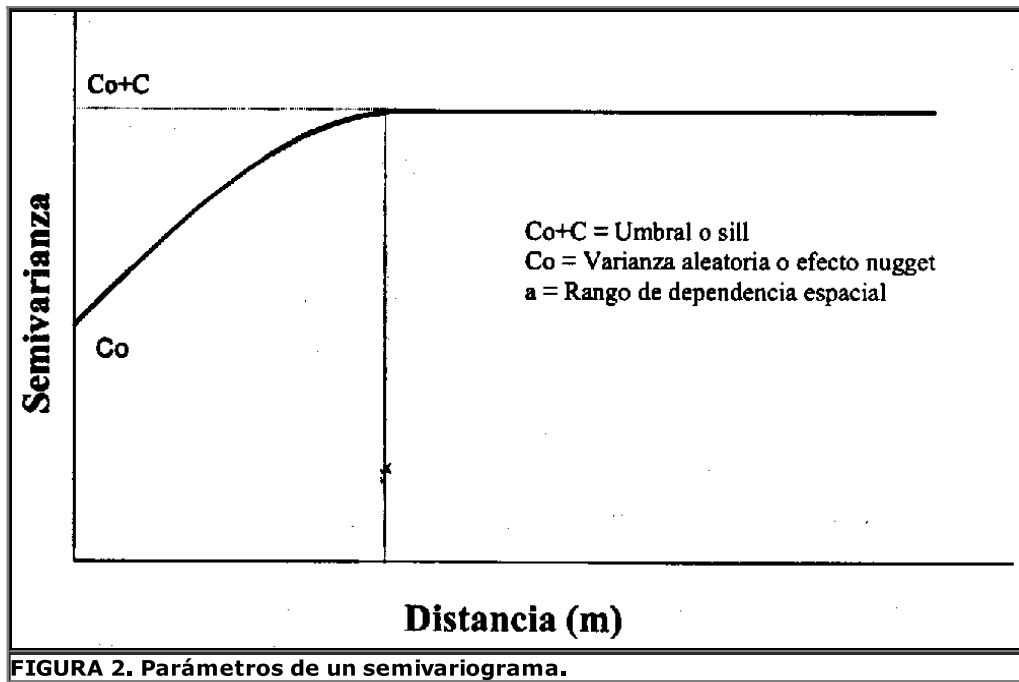
El análisis estadístico de los datos se inició con la detección y eliminación de valores atípicos. Según Lasttie y McBratney citado por Rey (1996); los valores atípicos pueden afectar seriamente la calidad de cualquier método de predicción, por lo que se realizó su identificación y eliminación a través de la metodología propuesta por Tukey (1977) donde:

- $H = 3^{\text{er}} \text{ Cuartil} - 1^{\text{er}} \text{ Cuartil}$
- Paso = $1,5 \times H$
-
- Cerca interna superior = $3^{\text{er}} \text{ Cuartil} - \text{Paso}$
- Cerca interna inferior = $1^{\text{er}} \text{ Cuartil} - \text{Paso}$
- Cerca externa superior = $3^{\text{er}} \text{ Cuartil} + 2 * \text{Paso}$
- Cerca externa inferior = $1^{\text{er}} \text{ Cuartil} - 2 * \text{Paso}$

Los valores que se encuentran entre las cercas internas y externas se denominan adyacentes, los que están fuera de las cercas externas son datos muy lejanos. Fueron considerados como valores atípicos los valores dentro de la categoría muy lejanos.

Eliminados los datos atípicos, fueron calculados los estadísticos básicos (medias, valores máximos y mínimos y desviación estándar) por medio del SAS (Statistical Analysis System, 1989), a los fines de evaluar las características y tendencias de los datos.

Por medio de un análisis geoestadístico fue calculada la semivarianza de las variables evaluadas en cada finca. Con la semivarianza se obtuvieron semivariogramas que fueron ajustados a modelos teóricos, usando el programa Variowin (Pannatier, 1996) para así obtener los parámetros del semivariograma (alcance, efecto nugget o aleatorio y el umbral o sill), según se aprecia en la Figura 2. Estos parámetros constituyen el modelo de variación de las propiedades de suelo evaluadas. Los modelos utilizados para ajustar los semivariogramas fueron: lineal, esférico, exponencial, logarítmico y gaussiano, considerados los de uso más frecuente (Mateos, 1987; Ovalles, 1992; Webster y Oliver, 1990).



Los parámetros de los semivariogramas de cada variable, obtenidos en las 10 fincas fueron promediados. Con el alcance se calculó la superficie de muestreo, con el sill y el efecto nugget se calculó el nugget relativo, el cual indica el grado de dependencia espacial de las variables evaluadas. Esto permitió establecer el número de submuestras requeridas para formar una muestra compuesta en un área determinada.

A continuación se especifican las fórmulas y los pasos seguidos para establecer la superficie de muestreo y el número de submuestras requeridos para una muestra compuesta:

Con la ecuación 1 fue calculada la semivarianza para cada variable de suelo (pH, Ca, Mg, P, K, Mn, Fe, Zn, Cu, % de a, A L y MO). La semivarianza es la varianza de las diferencias entre pares de puntos separados entre puntos por una distancia dada (Ovalles, 1991, 1992)

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_1^n [Z_{(x)} - Z_{(x+h)}]^2$$

Donde:

$\gamma(h)$ = semivarianza

N = número de pares

$Z(x)$ = valor de una propiedad en un lugar X

$Z(x+h)$ = valor de una propiedad a una distancia

h del lugar X

Los semivariogramas se obtuvieron al elaborar el gráfico de la semi- varianza contra la distancia. Generalmente, la semivarianza aumenta con los incrementos de la distancia hasta alcanzar un valor denominado umbral, a esto se le denomina carácter transitivo; por otra parte, la distancia a la cual se alcanza el umbral se denomina amplitud alcance o rango y constituye la distancia hasta donde existe dependencia espacial entre las observaciones. Teóricamente la semivarianza debería ser cero cuando la distancia es cero, pero ello frecuentemente no ocurre, en consecuencia a este efecto se le denomina efecto nugget o aleatorio y es dado por una variación imposible de detectar a la escala de muestreo utilizada (Wester y Oliver, 1990). Con la

finalidad de precisar los parámetros de los sernivariogramas (umbral, alcance y efecto nugget), ellos fueron ajustados a modelos teóricos (Figura 2).

Con el parámetro alcance de los semivariogramas fue calculada la superficie óptima de muestreo con la ecuación 2:

$$\text{Superficie de muestreo (ha)} = (\text{Promedio del alcance de cada variable en m})^2 / 10000\text{m}^2 \quad [2]$$

El grado de dependencia se calculó con el nugget relativo (ecuación 3) que se refiere a la relación porcentual entre la varianza nugget y la varianza total conocida como sill o umbral (Figura 2).

$$\text{Nugget relativo} = [\text{Col}(\text{Co}+\text{C}) / \text{C}] \times 100 \quad [3]$$

Donde:

Co = sill
C = nugget

El grado de dependencia espacial de las variables fue clasificado según el criterio establecido por Canibardella *et al.* (1994) quienes establecieron lo siguiente: una relación de nugget relativo < de 25% indica una fuerte dependencia espacial; un intervalo entre 25 y 75% indica moderada dependencia espacial y > de 75% es el reflejo de una débil dependencia espacial.

Calculado el grado de dependencia espacial, fue determinado el número de submuestras requeridas para formar una muestra compuesta: si la variable evaluada presentaba un nugget relativo menor de 25% debería tomarse 15 submuestras; entre 25 y 75% se tomarían entre 20-25 submuestras y si es superior a 75% tomar 30 submuestras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra la identificación, ubicación y caracterización de las fincas donde se realizó el muestreo de suelo. En él se evidencia que tres fincas se encuentran ubicadas en el municipio Freitas, dos en San José de Guanipa, tres en Simón Rodríguez y dos en el municipio Miranda. El área de estudio se encuentra en una zona de vida bosque seco tropical subhúmedo y bosque muy seco tropical subhúmedo, clasificado según Holdrige (1978), como Bosque Seco Tropical Subhúmedo (BSTSH) y Bosque Muy Seco Tropical Subhúmedo (BMSTSH).

CUADRO 1. Identificación, ubicación y caracterización de las fincas seleccionadas.

Los suelos evaluados pertenecen a tres grandes grupos: Kandistults, Quarzipsaments y Haplustoxs. Los Kandistults se caracterizan por ser profundos y friables, con baja capacidad de intercambio catiónico, baja saturación de base, pH ácido y por poseer acumulaciones de arcillas en el subsuelo (horizonte argílico). Los Haplustoxs no presentan horizontes argílicos pero sí un horizonte óxico dentro de 2 m de profundidad. Los Quarzipsaments contienen más del 90% de minerales de sílice y otros minerales extremadamente duros en las fracciones de 0,02 a 2,0 mm.

Características de los suelos evaluados

Los suelos evaluados presentan texturas gruesas, reacción ligeramente ácida, bajas concentraciones de P, K, Mg, Ca y altas concentraciones de Fe y Mn. De acuerdo a los coeficientes de variación (CV) existen dos grupos de variables: los porcentajes de a, L y A y el pH mostraron una variación de media a baja (% CV < 60); mientras que el resto de las variables (Ca, Mg, K, Cu, Fe, Zn, Mn, y % MO) presentaron una variación desde baja (% CV < 30) hasta muy alta (% CV > 100) tal como se aprecia en el

Cuadro 2.

La gran variabilidad de las características químicas de los suelos estudiados evidenció la importancia de la determinación de superficies óptimas para realizar muestreos con fines de fertilidad con una alta representatividad, de manera de garantizar recomendaciones contables que permitan mejorar la eficiencia del manejo de la fertilización en los sistemas agropastoriles de las sabanas orientales estudiadas.

Análisis geoestadístico

Se obtuvieron 130 semivariogramas, uno para cada propiedad de suelo (a, A, L, pH, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y MO) y por finca, los cuales mostraron un incremento de la semivarianza hasta llegar a un valor máximo (carácter transitivo) a partir del cual la dependencia espacial entre las observaciones desaparece. Ejemplo de ello se observa en la Figura 3, donde se aprecia que la dependencia espacial desaparece a un alcance o distancia de 300 m para el caso de K y a 202 m en la MO.

El Cuadro 3 muestra el promedio de los alcances de las propiedades de suelo obtenidas en los diferentes semivariogramas. Las medias fluctuaron entre 201 m (Ca) y 244 m (Mg), observándose coeficientes de variación bajos (<30%) para todas las variables estudiadas, lo que indica una baja dispersión en los alcances, es decir, una semejanza de las variables en cuanto a la distancia donde alcanzan su máxima variación. En consecuencia, un único valor de alcance por variable se utilizó para el cálculo de la distancia óptima de muestreo en toda el área de estudio.

Tomando en consideración el máximo (244 m) y mínimo (201 m) alcance se estableció una superficie de muestreo de 4-6 ha. La superficie establecida (4-6 ha) permite la toma de muestras compuestas donde se reduce al mínimo la duplicación de información y donde se evalúa la variabilidad de las condiciones edáficas relacionada con la fertilidad.

CUADRO 2. Valores mínimos y máximos de los promedios, desviaciones estándar (DS) y coeficientes de variación (CV) para las variables evaluadas.

Variable	Promedios	DS	CV%
a (%)	58,2-88,6	1,93-12,76	2-12
L (%)	3,9-15,8	1,62-6,67	33-60
A (%)	6,3-17,5	1,17-7,27	19-56
pH	5,5-6,2	0,19-0,83	4-14
p(mg Kg ⁻¹)	3-16	2-10	40-100
k(mg Kg ⁻¹)	22-84	9-56	31-142
Ca(mg Kg ⁻¹)	54-369	26-134	25-73
Mg(mg Kg ⁻¹)	4-37	4-37	41-86
Cu(mg Kg ⁻¹)	0,2-0,9	0,1-2,6	16-100
Zn(mg Kg ⁻¹)	0,5-1	0,2-0,9	40-150
Fe(mg Kg ⁻¹)	8-61	5-89	56-146
Mn(mg Kg ⁻¹)	1-23	0,6-11	8-100
MO(%)	0,4-1,2	0,12-1,59	28-227

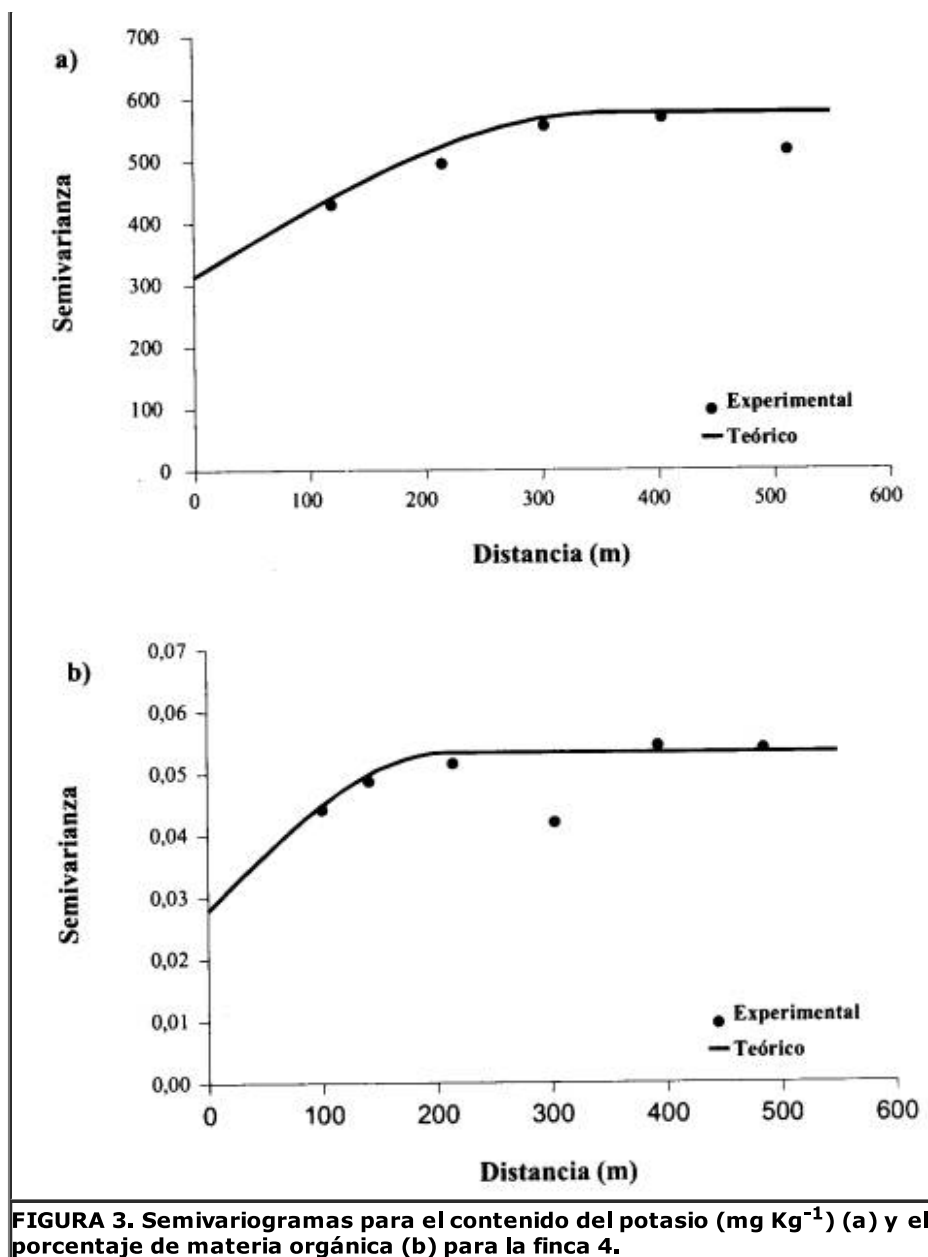


FIGURA 3. Semivariogramas para el contenido del potasio (mg Kg^{-1}) (a) y el porcentaje de materia orgánica (b) para la finca 4.

CUADRO 3. Valores medios, desviación estándar (DS), mínimos, máximos y coeficiente de variación de los alcances obtenidos en los semivariogramas de las variables evaluadas.

Variable	Media(m)	DS	Mínimo(m)	Máximo(m)	CV(%)
a(%)	236	40	200	327	17
L(%)	238	44	181	300	18
A(%)	206	40	150	235	19
pH	211	44	146	268	20
p(mg Kg^{-1})	226	50	124	325	22
K(mg Kg^{-1})	227	47	150	302	20
Ca(mg Kg^{-1})	201	60	117	302	29
Mg(mg Kg^{-1})	244	45	185	329	18
Cu(mg Kg^{-1})	227	40	170	335	21
Zn(mg Kg^{-1})	204	52	170	335	25
Fe(mg Kg^{-1})	216	54	120	296	25
Mn(mg Kg^{-1})	221	46	150	285	21
MO(%)	219	40	146	289	18

Estos resultados concuerdan con lo sugerido por Chirinos y Gilabert de Brito (s/f), quienes recomiendan 5 ha para cultivos anuales y en caso de áreas que se han utilizado en forma intensiva con fuertes aplicaciones de fertilizantes como hortalizas y frutales, un área que no exceda de 2 ha.

Cálculo del número de submuestras

El establecimiento del número de submuestras requeridas para formar una muestra compuesta de suelo va a depender del grado de dependencia espacial (nugget relativo) de las variables, el cual se refiere a la relación entre la varianza nugget y la semivarianza total (sill), ambos parámetros de un semivariograma (Cambardella *et al.*, 1994).

El grado de dependencia espacial calculado presentó coeficientes de variación entre 27-60 % señalando una media dispersión de los resultados. Por otra parte, las medias fluctuaron entre, 30 (K) y 64 (Cu) %, (Cuadro 4), indicando que las variables presentaron una moderada dependencia espacial. Por lo que se establece un número de 20-25 submuestras para obtener una muestra compuesta para un área de 4-6 ha.

CUADRO 4. Valores medios, desviación estándar (DS), máximo, mínimos y coeficiente de variación del grado de dependencia espacial (nugget relativo) de las variables edáficas evaluadas.

Variable	Media%Co	DS	Mínimo(%)	Máximo(%)	CV(%)
a(%)	45	20	25	74	44
L(%)	41	22	25	100	54
A(%)	50	17	27	66	33
pH	35	19	22	96	54
P(mg Kg ⁻¹)	41	11	28	55	26
K(mg Kg ⁻¹)	30	17	0,1	51	60
Ca(mg Kg ⁻¹)	51	27	24	82	53
Mg(mg Kg ⁻¹)	38	14	18	71	37
Cu(mg Kg ⁻¹)	64	24	30	100	30
Zn(mg Kg ⁻¹)	48	19	24	74	40
Fe(mg Kg ⁻¹)	39	10	22	62	27
Mn(mg Kg ⁻¹)	44	12	26	66	27
MO(%)	48	24	26	91	51

Nugget relativo (% Co)=[Co/(Co+C)x100]=sill, C=Efecto nugget o varianza aleatoria; CV: Coeficiente de variación.

CONCLUSIÓN

- El estudio de la variabilidad espacial de macro y microelementos de suelos representativos de las mesas orientales de Venezuela reveló un alcance de dependencia espacial promedio entre 201 y 244 m y un grado de variación espacial moderado a cortas distancias.
- El muestreo de suelos debería hacerse con muestras de suelos compuestas de 20 a 25 submuestras en un área entre 4 y 5 ha, en sabanas con precipitaciones de 596 - 1272 mm anuales, en suelos pertenecientes a los grupos Haplustoxs, Kandistults y Quazipsaments, cultivados con el pasto *B. brizantha*.
- Los resultados de los análisis químicos de las muestras representarán con mayor exactitud las concentraciones de macro y microelementos del área seleccionada, y no concentraciones puntuales de ellos, lo que conducirá a la generación de recomendaciones de fertilizantes más apropiadas para los sistemas de producción.

SUMMARY

Sampling methodology is governed mainly by soil spatial variability. The objective of this work was to evaluate spatial variability of macro and microelements of a soil cultivated with *Brachiaria brizantha*, located in the Agrarian System Alto Río Tigre, in order to determine optimal sampling surface and minimum number of subsamples needed to obtain a bulk sample representative of chemical conditions of the selected area. Consequently, the analysis of this sample would render more precise results for recommendations

of fertilizers and amendments. To obtain this objective, intensive and systematic samplings were made at 10 farms representative of the region. At each farm 49 sampling points, separated by a distance of 100 m were marked and referenced with coordinates (X, Y). Each point had a depth of 20 cm. Determinations of macro and microelement concentrations, pH, texture and organic matter were done for each sample. Geoestadistical analysis was performed to obtain semi-variogram parameters (range, sill and nugget effect). These parameters were used to calculate the sampling area and the number of subsamples required by each bulk sample. Average scope of variables fluctuated between 201 and 244 m with low coefficients of variation (<30%). A sampling surface of 4-6 ha was established. Moreover, variables presented medium spatial variation at short distances, thus a number of 25 subsamples by bulk sample was established.

Key Words: Soil space variability; macroelement; microelement; *Brachiaria brizantha*; soil sampling.

BIBLIOGRAFÍA

BRUCKER, A., E. KANDELER and C. KAMPICHLER. 1999. Plot-scale spatial patterns of water content, pH, substrate-induced respiration and N-mineralization in a temperate coniferous forest. *Geoderma* 93:207-223.

CAMBARDELLA, C., T. MOORMAN, J. NOVAK, T. PARKIN, D. KARLEN, R. TURCO and E. KONOPKA. 1994. Field-Scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. *Soil Sci. Soc. Am J.* 58:1 501-1 511.

CHIRINOS, A. y J. GILABERT DE BRITO. (sf). Muestreo de suelos para diagnóstico de la fertilidad. Maracay, Venezuela. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 19 p. (Serie E N° 8-02).

COPLANARH. 1969. Inventario Nacional de Tierras: Sub-región 7C, 8A Y 8C. Caracas. Ministerio de Agricultura y Cría. Centro de Investigaciones Agronómicas. 112 p.

HENRÍQUEZ, M. y J. VILORIA. 1999. Número de observaciones para obtener semivariogramas de algunas propiedades de suelo y distancias de muestreos. *Agronomía Trop.* 49(1):5-17.

HOLDRIGE, L. R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícola (IICA). 178 p.

GILABERT de BRITO, J., I. LÓPEZ y R. PÉREZ. 1990. Manual de métodos y procedimientos de referencias. Maracay, Venezuela. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 60 p.

MATEOS, A. 1987. Spatial analyses of soil properties for crop modeling studies in Venezuela. Master Tesis. The Netherlands. Wageningen Agricultural University. 70 p.

NAVAS, Y 2000. Influencia de los niveles de macro y microelementos sobre la calidad y oferta forrajera de *Brachiaria brizantha* en el sistema agrario Alto Río Tigre del estado Anzoátegui. Tesis de Maestría. Maracay, Ven. Universidad Central. Facultad de Agronomía. 100 p.

OVALLES, F. 1991. Evaluación de la variabilidad de los suelos a nivel de parcelas para el establecimiento de lotes experimentales en el estado Cojedes. *Agronomía Trop.* 41(1-2):5-21.

OVALLES, F. 1992. Metodología para determinar la superficie representada por muestras tomadas con fines de fertilidad. Maracay, Ven. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Instituto de investigaciones Agrícolas Generales. 44 p. (Serie B).

- OVALLES, F., T. RODRÍGUEZ y J. BRITO. 1989. Determinación de superficies óptimas de muestreo con fines de fertilidad de suelo en la formación Mesa del Estado Monagas. In: X Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Maturín. Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Centro Nacional de Investigaciones. 11 p.**
- PANNATIER, Y. 1996. Variowin. Software for data analysis in 2D. Springer, New York. 91 p.**
- RANGEL, L. 1991. Introducción a los métodos de estimación para variables regionalizadas. Maracay, Ven. Universidad Central. Facultad de Agronomía. Postgrado de Estadística. 20 p.**
- REY, J. 1996. Estimaciones de los cambios espaciales en delineaciones de una misma unidad cartográfica basado en información existente de mapas de estudio convencionales. Tesis de Maestría. Maracay, Ven. Universidad Central. Facultad de Agronomía. 129 p.**
- SILVA, O. 1996. Caracterización del sistema agrario Alto Río Tigre, área de Mesa del estado Anzoátegui. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Avance informe presentado al Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Anzoátegui. 30 p.**
- STATISCAL ANALYSIS SYSTEM (SAS). 1989. User'S Guide: Basics. Sas Institute C. A. 923 p.**
- TRANGMAR, B., R. YOST and G. UEHARA. 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. Advances in Agronomy. 38:45-94.**
- TUKEY, J. 1977. Exploratory data analysis. Reading, MA. Addison- Wesley Publishing Co. 668 p.**
- WESTER, R. and M. OLIVER. 1990. Statistical methods in soil and land resource survey. Oxford. University Press. 307p.**



[Agronomía Tropical](#) > [Colección](#) > [Sumario](#) > [Volumen 53](#) > [Artículo](#)