

INFLUENCIA DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL DEL SUELO SOBRE PARAMETROS DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) EN MONAY, ESTADO TRUJILLO.

EFFECT OF SOIL SPATIAL VARIABILITY ON SUGARCANE PARAMETERS (*SACCHARUM OFFICINARUM*) IN MONAY, TRUJILLO STATE

Fernández, Oswaldo¹; Pérez, Ronald¹; Gubinelli, Anyelo¹ y Matheus, Jesús¹

¹Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Departamento Ciencias Agrarias, Universidad de los Andes, Trujillo, Estado Trujillo, Venezuela. e-mail:oswaldof@ula.ve

Resumen

Un estudio sobre variabilidad espacial de suelos fue realizado sobre un tablón de 1,82 ha, sembradas de Caña de Azúcar dentro de la estación experimental del Núcleo Universitario "Rafael Rangel" de la Universidad de los Andes en el Estado Trujillo. Se hizo un muestreo de suelos lo cual permitió tomar dentro del área de estudio un total de 88 puntos, en estos puntos fueron tomadas las muestras de suelo a dos profundidades 0 – 30 y 30 – 50 cm respectivamente. En el horizonte superficial se analizaron las siguientes variables: pH, CE, Ca, Mg, P, K, a, L, A; en el horizonte subsuperficial: pH, CE, Ca y Mg. También se hicieron mediciones del diámetro del tallo y la altura de la planta para cada sitio de muestreo. Los datos provenientes de estos análisis fueron procesados utilizando las estadísticas clásicas y el análisis geoestadístico, incluyendo semivariogramas omnidireccionales, a partir de los cuales se produjeron mapas de contorno, siguiendo el método de interpolación "Kriging". La mas alta variabilidad, según las estadísticas clásicas, fue mostrada por las variables P y K, cuyo coeficiente de variación fue mayor de 65%. La relación entre las variables analizadas y los parámetros del cultivo fue muy baja, tal como lo indicaron los coeficientes de correlación y determinación, a excepción de la variable limo, la cual presentó la correlación negativa mas alta (-0,24) y (-0,21) con las variables altura y diámetro del tallo respectivamente. El análisis geoestadístico indicó que el Nugget ó varianza al azar se presenta en baja proporción con respecto a la varianza espacial en la mayoría de las variables analizadas, lo cual indica que hay una marcada dependencia espacial de estas variables en el suelo.

Palabras claves: variabilidad de suelos, semivariogramas, geoestadística, nugget, kriging.

Abstract

A soil spatial variability study was conducted on a 1,82 ha sugarcane field in the Núcleo Universitario Rafael Rangel experimental station of the Universidad de Los Andes in Monay, Trujillo State. Soil sampling was performed following a geostatistics design with 88 sampling points. At each site, soil samples were taken at 0 to 30 and 30 to 50 cm depth. In the surface horizon, pH, electric conductivity, and contents of Ca, Mg, P, K, sand, silt, and clay percent were analyzed. In the subsurface horizon, only pH, electric conductivity, and Ca and Mg contents were determined. Plant height and stem diameter were also measured at each site. The data was statistically and geostatistically analyzed, omnidirectional semivariograms were generated, and contour maps were drawn for each variable using the kriging interpolation technique. According to the statistics analysis, the variables P and K showed the highest variability, their

variation coefficient was larger than 65%. The relationships among the analyzed variables and crop parameters were very low, such as the correlation and determination coefficients indicated. Only the silt content showed the highest negative correlations (-0,24) and (-0,21) with the variables plant height and stem diameter respectively. The geostatistics analysis revealed that the majority of the studied variables had a high spatial dependence, the nugget or random variance was a low proportion of the total variance for each case.

Key Words: soil variability, semivariograms, geostatistics, nugget, kriging.

INTRODUCCIÓN

El suelo es un cuerpo natural continuo que cubre la superficie terrestre, cuyas características difieren de un lugar a otro. Esto sugiere que en los suelos vecinos frecuentemente se pueden conseguir diferencias graduales, algunas de ellas significativas. Tal variación existente hace necesario estudiarlos y agruparlos de acuerdo a una metodología particular, con el fin de entenderlos mejor y manejarlos más apropiadamente.

La variabilidad espacial de los suelos presenta dos componentes fundamentales uno Aleatorio y otro Sistemático, teniendo en cuenta la fuente de error que produce la variación. Wilding y Dress (1983), citados por Fernández (1989), definen la variabilidad sistemática como los cambios graduales o tendencias en las propiedades del suelo que pueden ser entendidos en función de cambios de los factores y procesos formadores del suelo, a una escala dada de observación. Upchurch y Edmonds (1992), definen la variabilidad sistemática como aquella que puede ser atribuida a causas conocidas, entendibles y predecibles. Cuando la variabilidad no puede relacionarse a causas conocidas, esta es definida como variabilidad aleatoria o debida al azar y estos autores estiman que en los suelos, en general, la variabilidad sistemática es mayor que la variabilidad aleatoria, aunque reconocen que la relación entre los dos tipos de variabilidad puede tener una alta dependencia de la escala de trabajo. Es por ello que se utiliza el análisis geoestadístico, que se basa en el uso de los semivariogramas. El semivariograma es una de las herramientas más adecuadas para determinar si existe estructura espacial para las variables del suelo a través de la identificación de la dependencia espacial, el alcance de esta, la distancia óptima de muestreo y el tamaño óptimo del área a muestrear.

En función de lo anterior, se escogió un tablón ocupado por el cultivo de caña de azúcar con fines forrajeros (*Saccharum officinarum*) variedad San Pablo 72, con un área de 1.82 ha, y en el cual se planteó un estudio con los siguientes objetivos:

- 1) Determinar la variabilidad espacial de las características físicas y químicas del suelo seleccionado para este estudio.
- 2) Establecer las relaciones espaciales entre estas variables y algunos atributos de la planta: Altura de la planta y Diámetro del tallo, a partir del análisis geoestadístico de las variables del suelo

MATERIALES Y MÉTODOS

La unidad de producción agrícola, se encuentra ubicada en el sector La Catalina-Vega Grande, Parroquia Monay, Municipio Pampán del Estado Trujillo. Ocupa una gran porción de una planicie aluvial, ubicada en la margen izquierda del Río Monaicito. Esta unidad abarca una superficie de 350 hectáreas destinadas a actividades agropecuarias, de las cuales aproximadamente 75 hectáreas están dedicadas al cultivo comercial de la caña de azúcar, el resto a ganado de doble propósito y zonas de protección boscosa. La zona de estudio presenta un relieve plano, microrelieve liso con una pendiente oeste-este del 1%. Son suelos con una profundidad efectiva > 1 m y un drenaje restringido, con una permeabilidad moderada a lenta. En la Tabla 1, se presentan los valores adecuados de las características químicas y físicas para dos profundidades en el cultivo de caña de azúcar. La zona de estudio presenta una precipitación media anual de 1253 mm, con un comportamiento bimodal con dos picos anuales, uno en Abril-Mayo y el otro en Octubre-Noviembre (Maldonado, 1998)

Un reconocimiento preliminar del área de muestreo, el cual se llevó a cabo sobre un tablón de caña de azúcar de 1,82 ha, permitió hacer un chequeo de los suelos, relieve, la vegetación y aspectos relacionados con el uso de la tierra. Con el fin de establecer el muestreo, éste se realizó en dos etapas: en la primera se hizo un muestreo preliminar, en el cual se establecieron dos transectas: (N-S)

Tabla 1. Fertilidad Integral del Suelo en Caña de Azúcar

Características	0-20 cm	20-40 cm	Valor Adecuado*
Textura	FL	FL	F
Fósforo (mg kg ⁻¹)	T	T	18 - 30
Potasio (mg kg ⁻¹)	332	148	105-200
Calcio (me l ⁻¹)	3.63	6.52	1 - 10
Magnesio (me l ⁻¹)	1.54	0.56	0.2 - 6
Hierro (mg kg ⁻¹)	45	19	20 - 80
Manganeso (mg kg ⁻¹)	81	42	15 - 100
Cobre (mg kg ⁻¹)	7.8	3.6	3 - 20
Zinc (mg kg ⁻¹)	26	24	9 - 36
SO ₄ (me/l)	5.76	4.92	6 - 20
MO %	3.50	1.90	> 3.3 - 5.0
pH 1:2.5 en agua	8.3	8.3	6.5-7.2
CE. 1:5 dS cm ⁻¹	0.23	0.17	0.20 - 0.45

Tomado de Zérega (2000).

perpendicular al Río Monaquito, allí se tomaron 21 muestras a una distancia de 7 m entre si, y (E-O) paralela al río, se tomaron 11 muestras a una distancia de 9 m (Figura 1). A partir de este muestreo, se construyeron los semivariogramas para las variables analizadas y se determinaron los rangos de dependencia espacial, lo cual sirvió para escoger la distancia de muestreo para el análisis geoestadístico. En la segunda etapa se diseñó un muestreo geoestadístico (Sumner, 1999), en el cual se establecieron 88 puntos de muestreo tal como se ilustra en la Figura 2. En cada punto, se tomaron muestras a dos profundidades, (0-30) y (30-50) cm, y se estableció su ubicación en términos de sus coordenadas (x, y). Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Servicio de Analisis de Suelos del NURR, ULA, allí se hicieron los siguientes análisis: porcentajes de arena, limo, arcilla, contenidos de fósforo, potasio, calcio, magnesio (mg kg⁻¹), pH y CE (Gilabert de Brito et al., 1990). Posteriormente se realizaron mediciones en el campo sobre el cultivo, se tomaron en cuenta dos variables fisiológicas: Altura (cm) y Diámetro (cm) de la planta a los 5 meses después de la siembra. También se hicieron mediciones de altura del terreno en cada punto para observar el desnivel dentro de la parcela. Es de hacer notar, que para efecto del análisis estadístico de los datos, se tomo toda la información recogida en los dos muestreos, para un total de 109 puntos de muestreo a dos profundidades, con sus respectivas coordenadas. La distancia entre nodos dentro de la cuadrícula fue variable (4 - 20 m) como se recomienda en un muestreo geoestadístico (Sumner, 1999). Las variables de suelo y de la planta fueron sometidas a los siguientes análisis estadísticos: pruebas de normalidad, estadísticas descriptivas (media, varianza, desviación estándar, mínimo, máximo, coeficiente de variación (CV). La estadística descriptiva y el coeficiente de variación en particular,

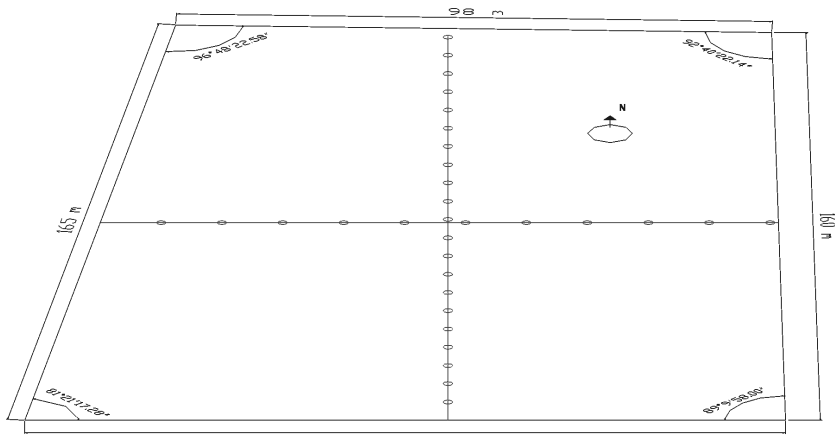


Figura 1. Muestreo Preliminar

son las medidas que dan una indicación de la exactitud relativa de los métodos de interpolación (Gotway et al., 1996). Con la información obtenida se evaluó la correlación entre las variables del suelo, físicas y químicas, y las variables de la planta, diámetro y altura. El coeficiente de correlación cuantifica la asociación que existe entre dos variables, es decir, cuanto de la variabilidad de una es explicada por la variabilidad de la otra. Por otro lado, a través del valor p obtenido, se determina si las correlaciones son o no significativas. Es decir, si p es menor al 5% ó 1% indicara decir que existe una relación estadísticamente significativa entre las variables, con un nivel de confianza del 95% y 99% respectivamente. También, se establecieron las regresiones lineal simple entre las variables del suelo y de la planta (StatMost, 1995). Por último, la dependencia espacial de las variables, fue realizado a través del análisis geoestadístico: semivarianza, semivariogramas, (Pannatier, 1996), y para la interpolación de los datos se usó el método Kriging Puntual (Surfer, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La normalidad de los datos para cada variable fue hecha a través de la prueba Shapiro-Wilk's W (D'Agostino et al. (1990). No se observaron valores atípicos, y todas las variables analizadas tuvieron una distribución cercana a la curva normal, lo cual es un requisito para la obtención de semivariogramas experimentales, debido a que estos son sensitivos a la simetría de las distribuciones (Myers, 1991). En el análisis descriptivo de los datos se tomó en cuenta que aquellas variables con CV

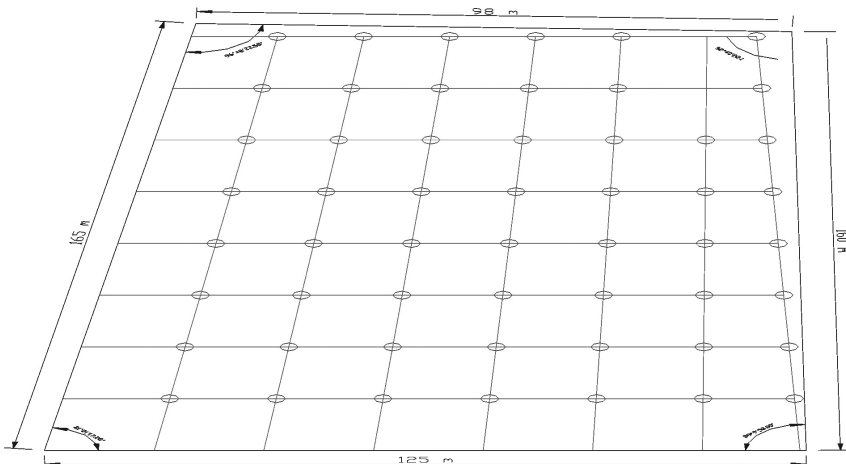


Figura 2. Diseño geoestadístico de muestreo dentro del tablón de caña de azúcar

> 65% se consideran de una alta variabilidad, con CV entre 25 y 65% se califican de variación media, y aquellas < 25% son consideradas de baja variabilidad (Sumner, 1999). De este análisis se obtuvo lo siguiente: las variables P y K presentan una alta variabilidad, las variables CE, Ca, y Mg muestran una mediana variabilidad y las variables pH, arena y limo muestran una baja variabilidad. Esto coincide con lo planteado por Sumner, 1999, quien hace una revisión de los coeficientes de variación de las propiedades del suelo en varios trabajos de investigación. Muchas propiedades afectadas por el manejo del suelo, por ejemplo fósforo soluble, cationes cambiabiles, sulfatos solubles y sulfato total son comúnmente más variables que las propiedades morfológicas (color, espesor del horizonte A), físicas (distribución de tamaño de partículas, densidad aparente), y químicas (pH), estas últimas propiedades son usadas para definir unidades taxonómicas. Wilding y Dress, (1983) dan coeficientes medios de variación para el calcio, magnesio y potasio cambiabiles de 50-70 % fluctuando hasta 160 %. Ellos también concluyeron que la variabilidad de las propiedades físicas tales como Limites de Atterberg, fracciones de tamaño de partículas, densidad aparente y contenido de agua (CV de 10-53 %) es muy a menudo menor que la conductividad hidráulica (CV de 50-150 %) medido sobre la misma área. Estos resultados también son similares a los observados por Ortega y Flores, (1999), quienes determinaron en sus ensayos de campo, que las características nutricionales del suelo fueron siempre inestables en el tiempo y el espacio, mientras que en todos los campos el pH fue la característica de menor variación. Por ultimo, el desnivel del terreno, la altura y diámetro de la planta, muestran una baja variabilidad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estadísticas descriptivas de algunas variables del suelo y del cultivo de Caña de Azúcar.

Variables	Media (X)	D.E (S)	Varianza (S ²)	C.V %	Min.	Max.
pH (0-30)	8,64	0,41	0,17	4,88	7,02	9,70
pH (30-50)	8,70	0,35	0,12	4,12	7,70	10
C.E (0-30) dSm ⁻¹	1,31	0,52	0,27	36,09	0,46	3,03
C.E (30-50) dS m ⁻¹	0,92	0,36	0,13	35,41	0,47	2,41
Ca (0-30) mg kg ⁻¹	1380	406,34	165113,88	27,61	680	2920
Ca (30-50) mg kg ⁻¹	1000	458,55	210269,95	43,62	100	3320
Mg (0-30) mg kg ⁻¹	1152	294,57	86772,12	24,70	480	2136
Mg (30-50) mg kg ⁻¹	816	368,35	135686,68	42,20	312	2880
P (0-30) mg kg ⁻¹	27,77	19,44	378,11	67,28	0,60	133,43
K (0-30) mg kg ⁻¹	51,01	53,59	2872,32	84,47	8,63	234,39
a (0-30) %	37	8,11	65,83	22,59	20	66
L (0-30) %	48	6,76	45,79	14,34	20	62
A (0-30) %	18	4,60	21,24	27,11	4	26
Desnivel m	1,55	0,07	0,0059	4,97	1,35	1,77
Diámetro cm	2,20	0,34	0,11	15,86	1,10	2,80
Altura cm	100	20,70	428,63	20,46	51	149

D.E.= desviación estándar, C.V.= coeficiente de variación %.

El análisis de correlación y regresión simple entre las variables del suelo y las variables dependientes Diámetro y Altura de la planta permitió corroborar que en general los coeficientes de correlación (r) y de determinación R² son bajos (< 0,1), lo cual indica una baja asociación entre estas variables. Sin embargo, la variable limo presenta una correlación negativa ligeramente superior de (-0,24) y de (-0,21) con respecto a las variables altura y diámetro de la planta respectivamente. También se presenta una correlación negativa de -0,21 entre la CE y la Altura de la planta para la profundidad (0-30 cm) indicando esto que estas variables están incidiendo negativamente en el desarrollo del cultivo, lo cual está asociado a problemas de drenaje y salinidad que inciden negativamente en el desarrollo del cultivo (Cuadros 2 y 3).

Cuadro 2. Regresión Lineal Simple (R²) y Coeficiente de Correlación (r) de la Variable dependiente Diámetro del tallo de la Planta.

Profundidad (0-30 cm)

Variable Independiente (Suelo)	Ecuación Y = a + bx	R ²	r
pH	D = 2,3012 - 0,0185. pH	0,000516	-0,0227
CE dS m ⁻¹	D = 2,2449 - 0,070. C.E	0,011672	-0,1080
Ca mg kg ⁻¹	D = 2,0875 + 0,0. Ca	0,002044	0,0452
Mg mg kg ⁻¹	D = 2,0631 + 0,0001. Mg	0,003385	0,0582
P mg kg ⁻¹	D = 2,1344 + 0,0003. P	0,000305	0,0175
K mg kg ⁻¹	D = 2,1649 - 0,0003. K	0,002925	-0,0541
Arena %	D = 2,1122 + 0,0009. a	0,000425	0,0206
Limo %	D = 2,6540 - 0,0108. L	0,046465	-0,2156
Arcilla %	D = 1,8930 + 0,0147. A	0,039812	0,1995
Desnivel m	D = 2,0828 + 0,0391. Des.	0,000078	0,0088

Profundidad (30-40 cm)

pH	D = 2,6439 - 0,0579. pH	0,003690	-0,0607
CE dS m ⁻¹	D = 2,2462 - 0,0995. C.E	0,011524	-0,1073
Ca mg kg ⁻¹	D = 2,2049 - 0,0001. Ca	0,006274	-0,0792
Mg mg kg ⁻¹	D = 2,2771 - 0,0001 Mg	0,025405	-0,1594

R² = Coeficiente de determinación de la variable, r = Coeficiente de correlación de la variable. D= diámetro del tallo

Cuadro 3. Regresión Lineal Simple (R²) y Coeficiente de correlación (r) de la variable dependiente Altura de la Planta (0 - 30 cm)

Variable Independiente (Suelo)	Ecuación Y = a + bx	R ²	r
pH	A = 150,4397 - 5,7712. pH	0,013528	-0,1163
CE	A = 113,7902 - 8,6676. C.E	0,048314	-0,2198
Ca	A = 94,5311 + 0,0045. Ca	0,007869	0,0887
Mg	A = 93,4701 + 0,0065. Mg	0,008471	0,0920
P	A = 99,0186 + 0,0749. P	0,004943	0,0703
K	A = 101,4627 - 0,0044. K	0,000131	-0,0115
arenas	A = 90,5516 + 0,2960. a	0,013459	0,1160
Limos	A = 137,1563 - 0,7626. L	0,062146	-0,2493
Arcilla	A = 95,4048 + 0,3398. Arcilla	0,005723	0,0756
Desnivel	A = 154,6630 - 34,6513. Desnivel	0,016498	-0,1284

(30-50 cm)

pH	A = 198,2901 - 11,2292. pH	0,037419	-0,1934
Ca mg kg ⁻¹	A = 102,8055 - 0,0015 Ca	0,006274	-0,0792
Mg mg kg ⁻¹	A = 107,8055 - 0,0070 Mg	0,015435	-0,1242

Las variables estudiadas presentaron dependencia espacial dentro de la parcela, con rangos que fluctuaron entre 4 y 98 m. La mayoría de las variables presentó un efecto Nugget Relativo entre 36,4 y 75 % indicando esto una moderada dependencia espacial. Solo las variables potasio (K) y arcilla (A) presentaron una débil dependencia espacial, lo cual indica una alta variación a cortos rangos de distancia, menor de 4 m. Los semivariogramas encontrados mostraron patrones desde débil dependencia espacial hasta fuerte dependencia espacial, así se obtuvo que ocho (8) variables presentan modelos esféricos, siete (7) gaussianos y uno (1) exponencial, lo cual corrobora que el componente al azar no es muy marcado, a excepción de las variables arcilla (A), magnesio (Mg) y potasio (K), (Cuadro 4).

La interpretación de los mapas en contorno obtenidos por el método de interpolación “Kriging” a través del programa computarizado Surfer, (1999), nos permite comparar la variabilidad del suelo y de la planta. En la Figuras 3 y 4 se muestran los semivariogramas omnidireccionales de algunas variables del suelo que presentaron una mayor incidencia sobre el desarrollo del cultivo, tales como el pH y el porcentaje de limo. La variable pH para las dos profundidades, muestran una distribución que tiende a incrementarse hacia la parte derecha de la parcela. En toda la extensión del terreno tenemos valores que se encuentran entre los rangos de 7,2 y 9,6 aproximadamente, estos se pueden clasificar como suelos alcalinos o básicos. La conductividad eléctrica tiende a incrementarse hacia la derecha, semejante a la del pH, pero con valores más altos a la mitad de la parcela con rangos de 2 a 2,8 dS/m, lo cual indica concentraciones de sales, debida posiblemente a mal drenaje, clase textural donde prevalecen suelos con alto contenido de limo y arcilla, mesa de agua en invierno, y gran cantidad de cationes y aniones presentes en el agua de riego. La distribución del K en el suelo se observa que es de media a muy baja según la tabla de interpretación de esta variable en el suelo. Tenemos valores entre

Cuadro 4. Parámetros de los Semivariogramas Omnidireccionales.

Variables	Nugget “Co”	V.E. “Cl”	Umbral “Co+Cl”	Alcance “a” m	Co/Co+Clx100 Nugget Relativo %	CDE	Modelo
pH (0 – 30)	0,08	0,14	0,22	95	36,4	M	Gaussiano
C.E (0 – 30)	0,201	0,08	0,281	60,47	71,53	M	Esférico
Ca (0 – 30)	125800	81600	207400	88,11	60,65	M	Gaussiano
Mg (0 – 30)	68800	39560	108360	94,05	63,5	M	Gaussiano
P (0 – 30)	250,8	170,9	349,8	99	71,7	M	Gaussiano
K (0 – 30)	2030	637	2667	4	76,1	D	Esférico
a (0 – 30)	32,24	37,62	69,86	69,3	46,1	M	Exponencial
L (0 – 30)	27,6	27,6	55,2	98	50	M	Gaussiano
A (0- 30)	17,99	3,15	21,14	3,96	85,1	D	Esférico
Diámetro	0,09	0,03	0,12	4,09	75	M	Esférico
Altura	184,9	275,2	460,1	31,68	40,2	M	Gaussiano

V.E = Variación Espacial, CDE = Clase de Dependencia Espacial, M = Moderada dependencia espacial, F = Fuerte dependencia espacial, D = Débil dependencia espacial.

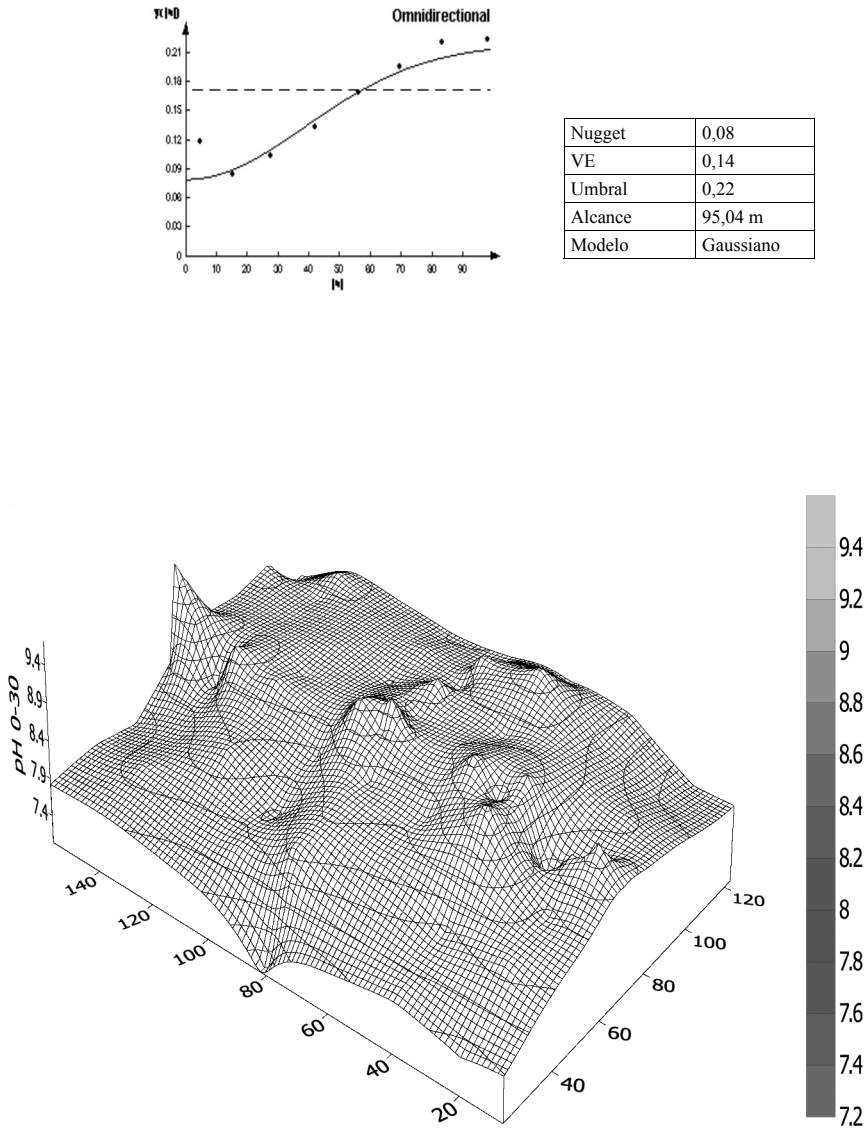


Figura 3. Semivariograma Omnidireccional y mapa de contorno para pH

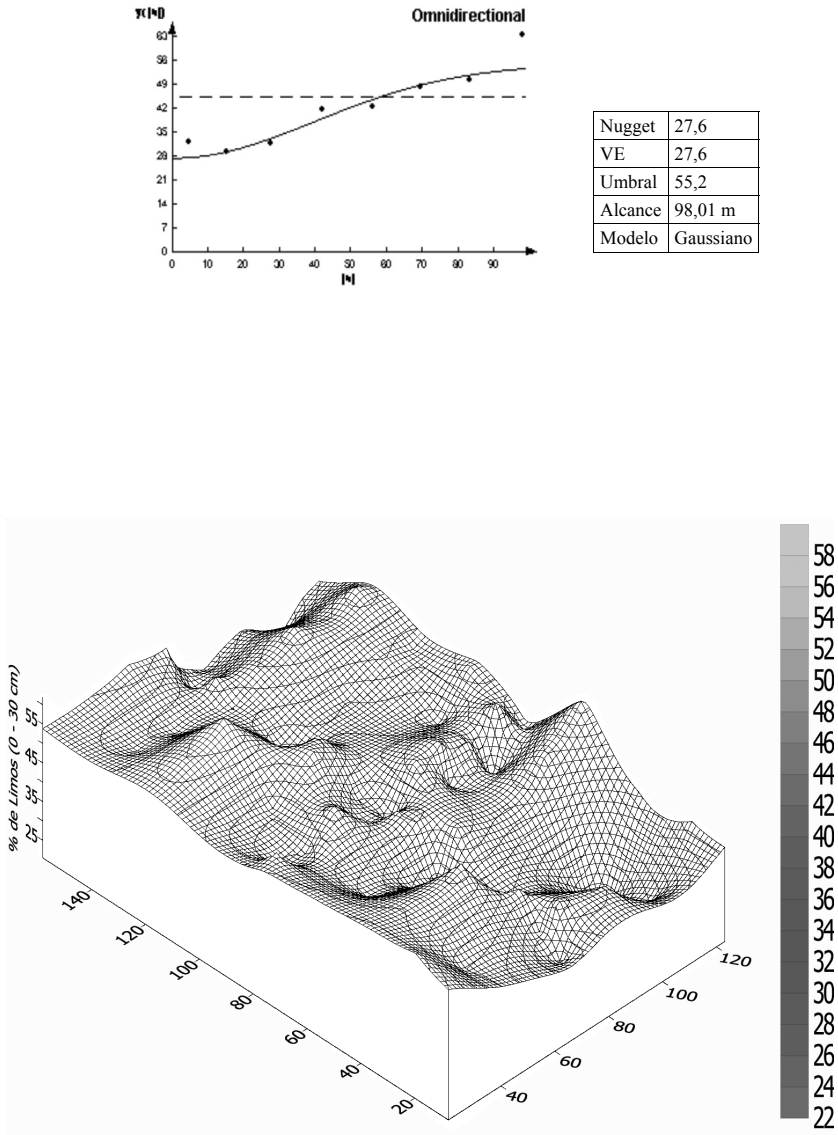


Figura 4. Semivariograma Omnidireccional y mapa de contorno contenido de limo (%).

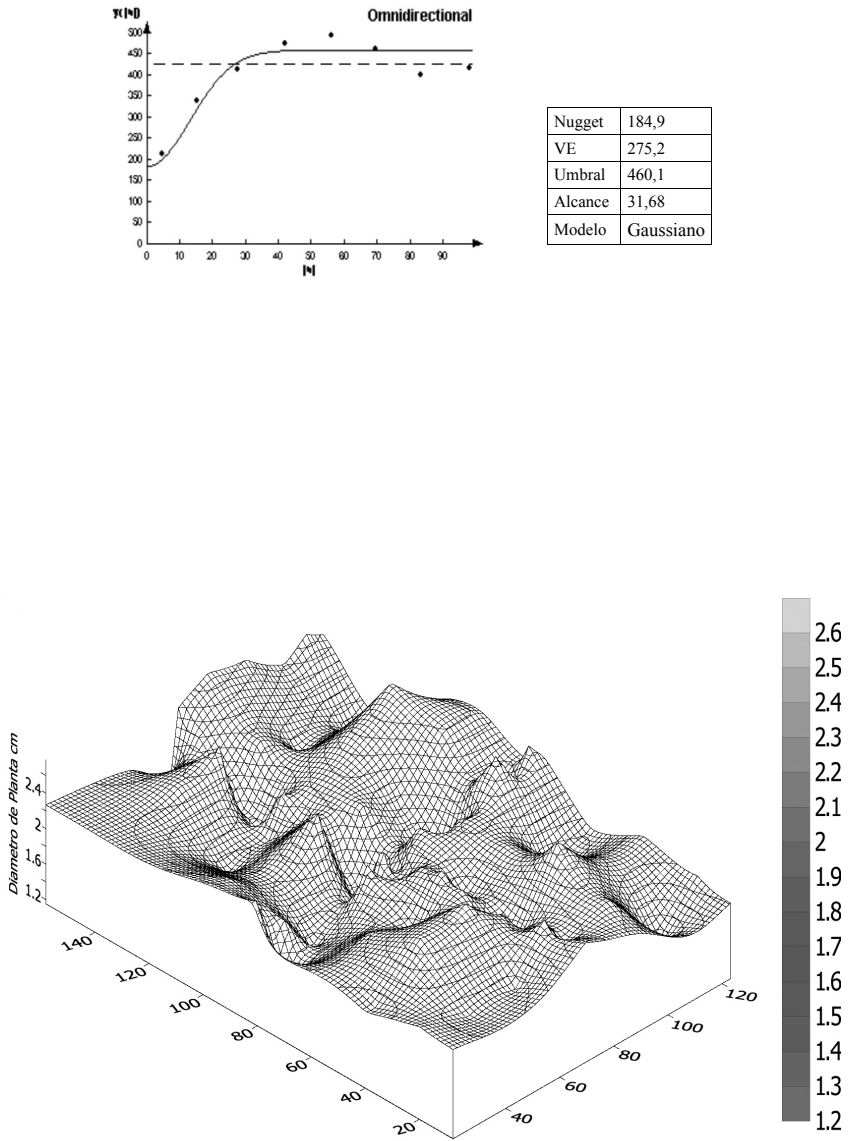


Figura 5. Semivariograma Omnidireccional y mapa de contorno Altura de la planta (m)

los rangos altos, medio y bajo que van desde 10-120 mg.kg-1, solo se presentan dos picos aislados donde los valores de potasio son altos. Podemos decir en general que estos suelos tienden a ser pobres en cuanto al potasio, posiblemente debido a los procesos formadores de los suelos, al arrastre por agua de percolación, fijación en la superficie interna de algunas arcillas por otros cationes, no permitiendo la salida del mismo hacia la solución del suelo, otro factor muy importante es la alta extracción del cultivo de caña de azúcar en estos suelos.

Para las variables físicas del suelo como lo es la textura (a, L y A) observamos que las partículas de limo se encuentran en gran proporción en la mayor parte del terreno, un 80 % aproximadamente, con un rango entre 40 y 60 % de limo.

Las variables de la planta que fueron estudiadas (Altura y Diámetro) obtuvieron un comportamiento semejante a algunas variables del suelo, (Figura 5). Los valores más altos para ambas variables se obtienen en la parte derecha de la parcela. Los valores van desde 110 a 145 cm. para altura y 2 a 2,7 cm. para diámetro de la planta, además estas dos variables tiene una correlación alta, mayor del 60 %. El mayor desarrollo de la planta se observó hacia la parte central y derecha de la parcela en donde los porcentajes de limo son menores, lo cual indica que el problema de mal drenaje asociado a texturas muy finas esta incidiendo en el desarrollo del cultivo. El estudio de estas variables permite establecer un manejo eficiente del cultivo aplicando enmiendas o labores de campo que puedan aumentar la productividad.

CONCLUSIONES

Del análisis de la estadística clásica, se concluye que algunas variables como P y K presentan coeficientes de variación (CV) mayores del 65%, que estos valores son altos y se consideran de una alta variabilidad en el campo, de mediana variabilidad: CE, Ca, Mg, A (0-30 cm), y de baja variabilidad: pH, % de limo, Diámetro y Altura de la planta.

En general, los valores del coeficiente de correlación (r) son bajos lo cual indica una baja asociación entre las variables del suelo y de la planta. La variable porcentaje de limo presenta una correlación negativa ligeramente mas alta con respecto a la altura de planta (-0,24), y de (-0,21) con respecto al diámetro de la planta, incidiendo esto negativamente en el desarrollo del cultivo. Esto indica que aquellas zonas donde el porcentaje de limo es alto, existen marcados problemas de mal drenaje, lo cual se refleja en el desarrollo de la caña de azúcar, cultivo altamente susceptible a problemas de aguachinamiento. El análisis geoestadístico de las variables analizadas, demostró que la varianza nugget (varianza aleatoria) se presenta en menor proporción en la mayoría de los semivariogramas, lo cual nos indica que en estos suelos hay una marcada dependencia espacial. En cuanto al rango de dependencia espacial (RDE) se encontró que existen valores desde 4 m

hasta 98 m, esto nos indica que tenemos un amplio rango de dependencia espacial y por lo tanto diferentes zonas de influencia, dependiendo de la variable que se esté analizando. En los mapas generados por interpolación, usando el método de Kriging, se observó que algunas variables tienen la misma tendencia, es decir, su distribución espacial es semejante. También se observó que algunas variables del suelo mostraron un efecto negativo sobre el desarrollo de la planta, tal es el caso del limo, que tiene una distribución amplia en la parcela, con valores más altos hacia la parte izquierda de la parcela, lo cual incide en un menor desarrollo de la planta hacia ese sector en donde se presentan los mayores problemas de drenaje.

BIBLIOGRAFIA

- D'Agostino, R. B. y M. A. Stevens. 1986. Goodness of Fit Techniques. Marcel Dekker, Mew York.
- Fernández, O. 1989. Variabilidad de algunas características edáficas en unidades cartográficas de la Cuenca del Lago de Valencia. Tesis de Postgrado en Ciencia del Suelo, Maracay. Facultad de Agronomía. UCV. Pp. 283. Suelos para diagnóstico de fertilidad. Manual de métodos y procedimientos de referencia. FONAIAP-CENIAP, Serie D, N° 26, Maracay, Venezuela. 164 p.
- Gotway, C., Ferguson, R., Hergert, G. y Peterson, T. 1996. Comparison of kriging and inverse distance methods for mapping soil parameters. Soil Sci.Soc. Am. J. 60:1237-1247.
- Maldonado, R. 1988. Diseño preliminar de una obra de captación y un canal de derivación en el Río Monaicito para la finca "El Reto" de la ULA-NURR, en Monay, Parroquia La Paz, Municipio Pampan, Estado Trujillo. Tesis Ingeniería Agrícola, 153 p.
- Myers, D.E. 1991. Interpolation and estimation with spatially located data Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 11: 209-228.
- Ortega, R y Flores L, 1999. Agricultura de Precisión: Introducción al manejo sitio-específico. Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones Agropecuarias: CRI. Quilamapu-Chile.
- Pannatier, Y. 1996. Variowin. Software for Spatial data Analysis in 2D. Springer Institute of Mineralogy. University of Lausanne. Switzerland.
- StatMost, 1995. Statistical Analysis and Graphics. Data Most Corporation Software.
- Sumner, M.E. 1999. Handbook of Soil Science. Section A. Soil Physics, Chapter 9, p.A-347.

- Surfer. 1999. Surfer for Windows. Contouring and 3D Surface Mapping Software Version 7. Golden CO. USA.
- Upchurch, D.R y W.J. Edmonds. 1992. Statistical procedures for specific objectives. In: Spatial variabilities of soils and landforms. SSSA Special Publication No 28, 2a Ed. Madison. Pp: 49-71.
- Wilding L. y Dress, L. 1983. Spatial variability and Pedology. In: Pedogenesis and Soil Taxonomy. Elsevier, Ámsterdam. Pp. 83-116.
- Zerega, L.O. 2000. Manual para orientar en la Caracterización y Manejo de los Recursos Agro ecológicos (clima, suelo, agua y planta) para la Producción de Caña de Azúcar.