

**LA CLASIFICACIÓN AGROPRODUCTIVA
DE LOS SUELOS MAL DRENADOS**

**CLASSIFICATION AGRO-PRODUCTIVE
DES SOLS MAL DRAINÉS**

A. MESA NÁPOLES, ABDÓN JOAQUÍN TRÉMOLS

RESUMEN

Se realizó un estudio para determinar el efecto de propiedades fundamentales de algunos suelos mal drenados incluidos los Vertisuelos y suelos Hidromórficos, sobre los rendimientos de la caña de azúcar con el fin de conocer la agroproductividad de distintos suelos.

Se estudiaron 930 bloques cañeros en todo el país y se empleó el método de regresión progresiva modificada (stepwise regression procedure forward), para determinar las relaciones entre índices del suelo y rendimientos.

Se emplearon 54 variables desechando automáticamente las no significativas. Se comparan los resultados con el de los suelos bien drenados Ferralíticos Rojos y se establece una clasificación según la productividad valorada de acuerdo a éste estudio.

RÉSUMÉ

On a effectué une étude pour déterminer les effets des propriétés fondamentales de quelques sols mal drainés, y compris les Vertisols et les sols hydromorphes, sur les rendements de la canne à sucre afin de connaître l'agroproductivité des différents sols.

On a étudié 930 plantations de canne à sucre dans tout le pays et on a utilisé la méthode de régression progressive modifiée pour déterminer les rapports entre les caractères du sol et les rendements.

On a utilisé 54 variables en rejetant automatiquement celles qui n'étaient pas importantes. On compare les résultats à ceux des sols ferrallitiques rouges bien drainés et on établit une classification selon la productivité évaluée conformément à cette étude.

INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos más importantes de la agricultura actual lo constituye conocer el potencial productivo de las distintas unidades pedológicas con el fin de poder planificar la agricultura adecuadamente, conocer las posibilidades de producción de alimentos y materias primas para la industria procesadora, así como contar con criterios justos para las inversiones de recursos, el empleo de insumos, el desarrollo de la infraestructura, etc.

La máxima aspiración dentro de éste contexto no solo es conocer el potencial agroproductivo de los suelos para uno o varios niveles tecnológicos estáticos sino en su dinámica en función de diversas condiciones variables, particularmente los diversos componentes del clima en el tiempo.

El estudio que se expone, se ciñe al caso particular de los rendimientos probables a alcanzar para el nivel tecnológico actual en condiciones de secano, en la caña de azúcar cultivada en los Vertisuelos y suelos Hidromórficos pobremente drenados.

Para la realización de este estudio se partió del criterio expuesto por J. Amerycks, (1975), que señala la posibilidad de emplear un mapa escala 1:50 000 y por Mackenzie y Manson, (1974), quienes plantearon que las series de suelos pueden ser utilizadas como unidad básica para evaluar las tierras o alternativamente las propiedades del suelo que influenciaron la productividad, lo que también es asesorado por M. G. Cline, (1978).

Kerényi, (1978) y otros han demostrado como pueden emplearse los datos de sitios específicos para conocer la capacidad productiva de un suelo y P. Kundder et al., (1977), concretaron que la capacidad de producción de cosechas específicas se basa fundamentalmente en las propiedades del suelo y los insumos; mientras que D. Teaci y M. Burt, (1964), expresaron que la producción agrícola dependía de factores ecológicos, agronómicos y sosioeconómicos que pueden responder a una función matemática.

A la determinación matemática de esas relaciones causales de los rendimientos le prestaron singular atención L. Kourouma, (1979), H. Cuanalo y R. Ponce (1981), y Fernández et al., (1982) así como A. Mesa (1984).

Concluye este estudio con un agrupamiento o categorización de los suelos según su capacidad agroproductiva con respecto a la caña de azúcar basado en principio expresado por P. Segalen, (1977) de que las clasificaciones responden a las necesidades de los hombres de poner en orden sus conocimientos para comprenderse entre sí.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este estudio:

- Se revisaron más de 50 000 tarjetas de 150 empresas cañeras promediando por separado los rendimientos de la caña de primavera, frío, soca y retoños, así como los correspondientes a las series de suelos existentes en las mismas, obteniendo un rendimiento promedio por cepa y por suelos (D.G.S.F., 1980); se seleccionaron 1,080 bloques que fueron denominados como de "altos rendimientos" en todo el país, validados luego de corroborar la coincidencia entre el Mapa Nacional de Suelos (escala 1:50 000) y las observaciones de campo; se efectuaron conteos de población en estos bloques de acuerdo a un instructivo establecido para corroborar si los campos de "altos rendimientos" seleccionados correspondían con una población entre el 85 y el 90% de la debida y existía una homogeneidad en cuanto a la edad.

Cada bloque seleccionado correspondía a una fase de suelo definida o sea, a una serie con sus factores limitantes más ostensibles en más de un 80% de su área; se tomó información pedológica de perfiles ubicados dentro del bloque o al menos del mismo contorno de suelos predominante en éste.

Para las funciones de producción se utilizan ecuaciones de regresión múltiple determinado la dependencia entre los rendimientos (variable dependiente y propiedades del suelo y otros factores.). Se ajustó una curva de regresión lineal múltiple del siguiente tipo:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n + E$$

donde:

y = rendimiento, variable dependiente de los distintos efectos.

x_n = variables independientes (propiedades del suelo y otros factores).

b_0 = constante de la ecuación.

b_n = coeficiente de regresión.

E = error.

Fueron utilizados como variables independientes la información analítica física, química y morfológica, cuantitativa o cualitativa de los bloques cañeros de "altos rendimientos" que con la segregación de datos poco fidedignos quedaron reducidos a 930 bloques y se efectuó una ecuación por grupos de suelos estudiándose en este caso particular el Grupo V de Vertisuelos y suelos Hidromórficos mal drenados.

Para la evaluación fue utilizado un programa para una computadora electrónica CID-201-B elaborado por G. Urbano del Instituto de Investigaciones Agroquímicas y de Mejoramiento de Suelos especialmente modificado para este trabajo.

Se siguió el método de "regresión progresiva modificado" (step wise procedure forward) con el fin de lograr ecuaciones con las variables que tienen mayor influencia sobre los rendimientos y que introduce una a una cada variable según un criterio de mayor significación estadística, pudiéndose llevar hasta el nivel deseado, recomendado por Cuanalo y Ponce (1981) y Ralston et al (1968).

Se empleó un nivel de significación de 90 y 95% aunque Kourouma (1979) y Cuanalo (1981), señalan que en este tipo de estudio con campos bajo producción agrícola es perfectamente posible emplear niveles de 90% e incluso 80%, es decir 10 y 20% de probabilidad como criterio de permanencia de variables.

El modelo matemático empleado permite utilizar variables cuantitativas y cualitativas. Estas últimas presentan valores discontinuos y enteros. Los valores se asignan como sigue:

x_9 = pedregoso = 1

x_{10} = no pedregoso = 0

x_{13} = mal drenaje = 1

x_{14} = buen drenaje = 0

y así sucesivamente.

Las variables cualitativas y cuantitativas empleados fueron:

x_1 - Provincia

x_2 - Empresa

x_3 - Serie de Suelo

x_4 - Suelos I

x_5 - Suelos II

x_6 - Suelos III

x_7 - Suelos IV

x_8 - Suelos V

- x_9 - Pedregosos
- x_{10} - No pedregosos
- x_{11} - Rocoso
- x_{12} - No rocoso
- x_{13} - Graviloso
- x_{14} - No graviloso
- x_{15} - Mal drenaje
- x_{16} - Buen drenaje
- x_{17} - Topografía llana
- x_{18} - Topografía ondulada
- x_{19} - Suelos gleyzados
- x_{20} - Suelos no gleyzados
- x_{21} - Suelos erodados
- x_{22} - Suelos no erodados
- x_{23} - Suelos muy profundos (md)
- x_{24} - Suelos profundos (d)
- x_{25} - Suelos medianamente profundos (mdt)
- x_{26} - Suelos poco profundos (pd)
- x_{27} - Suelos muy poco profundos (mpd)
- x_{28} - Caña Primavera (P)
- x_{29} - Caña de Frío (F)
- x_{30} - Caña Soca (S)
- x_{31} - Caña Retoños (R)
- x_{32} - Caña Primavera Quedada (PQ)
- x_{33} - Caña Retoños Quedada (RQ)
- x_{34} - Profundidad de los horizontes A y B
- x_{35} - Porcentaje medio ponderado de los carbonatos hasta 50 cm de profundidad..

- x₃₆ - Ca \neq \neq meq/100 gr
- x₃₇ - Mg \neq \neq meq/100 gr
- x₃₈ - K \neq \neq meq/100 gr
- x₃₉ - Na \neq \neq meq/100 gr
- x₄₀ - Ca \neq \neq expresado como % de T.
- x₄₁ - T
- x₄₂ - V
- x₄₃ - pH CLK
- x₄₄ - Y_1 (acidez hidrolítica)
- x₄₅ - Materia orgánica (%)
- x₄₆ - P asimilable por Bray y Kurtz modificado
- x₄₇ - Higroscopicidad (hy)
- x₄₈ - Precipitación anual
- x₄₉ - Higroscopicidad específica (Hy)
- x₅₀ - Rendimientos (t/ha)

En la ecuación las variables cualitativas poseen dos opciones:

- a) Aparecer. Su valor es el que señala la ecuación, multiplicado por un número real comprendido entre 0 y 1 que representa el área que ocupa el fenómeno por la variable, siendo 1 al 100% expresado.
- b) No aparecer. El valor del coeficiente se anula al multiplicar por cero.

RESULTADOS

Como resultado de la aplicación de este sistema se obtiene una ecuación correspondiente a cada grupo de tipos genéticos. Se expone el grupo de suelos mal drenados y se compara con el grupo II de los Ferralíticos Rojos.

En todos los casos se determinaron las medias, desviaciones típicas y coeficientes de variabilidad incluidos los rendimientos. Se estableció el franco carácter no paramétrico de algunos índices lo que obliga a manejarlos con cuidado.

Igualmente se determinaron los coeficientes de correlación respecto a los rendimientos por grupos de suelos corroborando lo señalado por Mackenzie y Manson (1974), que algunas propiedades son más importantes en unos suelos que en otros.

Tabla No. 1 Coeficientes de correlación por grupos de suelos respecto a los rendimientos

Indices	Variable cuantitativa	
	Ferralíticos Rojos y algunos Ferrialíticos.	Vertisuelos e Hidromorficos
Profundidad horizonte		
A / B.		
CO ₃ % (Hasta 50 cm)		0,13
Ca (meq/100 gr)		- 0,21
Mg (meq/100 gr)		
K (meq/100 gr)		
Na (meq/100 gr)		
V %		
pH CLK		
Y ₁ (meq/100 gr)		
M.O. (%)	0,19	0,42
P. a sim. (meq/100 gr)		0,25
hy (%)		- 0,06
Ca (% T)		
Precipitaciones	0,49	
T	0,30	

Suelos Grupo II: Ferrítico, Ferralítico Rojos, algunos Ferrialíticos y Ferralíticos Amarillentos.

Rendimiento: 5,9309 (% área de suelos muy profundos) - 19,6853
 (% área de suelos poco profundos) - 22,2216 (% área
 de suelos muy poco profundos) - 9,9747 (% área de
 cañeras de Retoños) - 6,6551 (% área de Retoños Que
 dados) \neq 15,9282 (% área de Caña Frío) \neq 3,2219 (%
 área de Caña Soca) \neq 12,7368 (% área de Caña de Pri
 mavera Quedada) \neq 0,6436 (T meq/100 gr) \neq 7,4091
 (M. Org. %) \neq 0,0995 (Precipitaciones del año ante
 rior en mm) - 69,6436.

$$s_{yx} = 18,5769 \text{ t/ha}$$

$$R^2 = 0,51$$

F a 10% = 17,6657 con 11 y 189 grados de libertad.

Nivel de significación de la ecuación: 10%

$$n = 201$$

Nivel de significación de la ecuación: 10%

$$n = 335$$

Suelos Grupo V: Vertisuelos, Hidromórficos, algunos Aluviales mal drenados.

Rendimiento: 60,6009 \neq 23,6739 (% área suelos ligeramente erosio
 nados) \neq 1,6058 (% área Caña Primavera) \neq 23,5827
 (% Caña Frío) \neq 19,1446 (%Caña Primavera Quedadas)
 \neq 14,5443 (% Cañas Retoños Quedadas) -4,3871 - (%
 Cañas Retoños) \neq 0,2936 (% CO₃) \neq 7,3520 (% M.Org)
 \neq 0,6940 (% hy) - 0,2792 (Ca \neq meq/100 gr).

$$s_{yx} = 16,1783$$

$$R^2 = 0,51$$

F a 10% = 18,3442 con 10 y 179-grados de libertad.

Nivel de significación de la ecuación: 10 %

Tomando como base los valores medios y límites de desviación tí
 pica de este estudio se consideran muy productivos los suelos capaces
 de producir más de 102 t/ha, productivos de 75 a 102, medianamente pro
 ductivos de 48 a 75 y poco productivos menos de 48 t/ha.

CONCLUSIONES

La información agroestadística disponible y su calidad ejercen una influencia decisiva sobre los resultados que se obtengan.

El sistema de las funciones de regresión muestra grande perspectivas para delimitar la incidencia conjunta de múltiples factores, permitiendo conocer como influyen sobre los rendimientos los diversos factores sobre los que puede influir el hombre y dirigirlos en el sentido conveniente, además pueden servir en el futuro para predecir rendimientos.

Este procedimiento es muy sensible a la distorsión de los datos básicos y pequeños errores, sobre todo los cualitativos pueden producir errores de estimación considerables.

Queda demostrado en los suelos mal drenados la importancia del mejoramiento del drenaje, pues el factor "suelos erosionados" provee niente de los suelos más ondulados donde el relieve provee mejores condiciones de drenaje superficial, y por lo mismo algo erosionado posee un notable peso en la ecuación.

Se comprueba la importancia del contenido de materia orgánica en estos suelos así como del carbonato de calcio como mejoradores de la estructura, no así del calcio cambiante en un suelo ya de por sí rico en ese elemento. La humedad higroscópica (h_y %), elevada en estos suelos no queda satisfactoriamente explicada.

Se recomienda estudiar más profundamente estos suelos, disminuir la variabilidad mediante una mejor fuente estadística y establecer criterios de zonificación al establecer ecuaciones de regresiones.

BIBLIOGRAFÍA

- AMERYCHS, J. Land evaluation in Europe. F.A.O., Rome. Soils Bulletin (1975):29: 1B, September.
- CLINE, M. G. (1978):Objetivos and rationale of the Cornell study of soil resources inventaories. Proceedings of a workshop organized by the Soil Resources Inventory Study Group at Cornell University. p. 3 December.
- CUANALAO, H. y R. PONCE (1981):Agrohabitat y Agroecosistemas. Análisis de los Agroecosistemas de México. II Seminario Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. México.
- DIRECCIÓN GENERAL DE SUELOS Y FERTILIZANTES (1975):Suelos de Cuba, La Habana.
- FERNÁNDEZ, ADELAIDA, et al (1982):Generalización de Funciones de Producción en el Cultivo de la Caña de Azúcar. Agrotécnia de Cuba. 14(2).
- KERENYI, A. HEGYALJAI;(1978):Erdőtalajok lejtőhordalékainak genétikája és gazdaságiértéke. Kerenyilajos tudományegyetem, Debrecem. Agrokemia es talajan. Budapest 27(3-4):303-319.
- KOUROUMA, L. SUELOS (1979):Agrohabitats y Función de Producción de Caña de Azúcar en el Distrito de Actopan, Veracruz, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México, p. 1-55.
(1977)
- KUNDLER, P. et al.:Measurés and parameters for soil fertility control in an intensive agriculture. Forsoinnngszentrumfür Bodenfrucht bankeit. Müncheberg. Democratic Republic of Germany. Japón.
- MACHKENZIE, A. F. y A.N.,MANSON (1974):Correlation of soil profile properties with forage productivity on four cultivate podzols in Eastern Canada. Transactions of the 10th International Congress of soil Science Moscow 5:54.
- MESA, A. (1984): Tésis en Opción al Grado de Candidato a Doctor en Ciencias Agrícola.
- RALSTON, A. et al. (1968):Mathematical Method for digital. Computo Múltiple Regresión A nalysis. New York. p. 191-203.

SEGALIN, P. (1977): Les Classifications des sols ORSTOM. Paris, p. 175.

TEACI, D. y M. BURT (1964): Okologische kriterien for diebonitierung des Landwirtschaftlichen Gelävides. VII Internationales Bodenkundlicher Kongress. Romania, p. 853.