

III.-Relaciones entre parámetros físicos y químicos de los suelos.

I. TRUJILLO JACINTO DEL CASTILLO, F. GUTIERREZ JEREZ y A. BORGES PEREZ

ETUDE SUR LA MALADIE DE PANAMA AUX ILES CANARIES.
III.- Relations entre les paramètres physiques et chimiques des sols.

I. TRUJILLO JACINTO DEL CASTILLO, F. GUTIERREZ JEREZ
y A. BORGES PEREZ.

Fruits, nov. 1983, vol. 38, nº 11, p.759-764.

RESUME - Une analyse de régression simple a été réalisée dans le but de trouver des relations entre différents paramètres physiques du sol, de détermination difficile, comme l'instabilité structurale (I_S), la stabilité structurale (S_T), l'indice de structure (I.S.), et d'autres de détermination plus simple.

Des équations ont été trouvées entre ces paramètres et la matière organique totale, qui nous ont permis de calculer avec suffisamment d'approximation, différentes propriétés physiques ($I_S, S_T, I.S.$) pour les sols de bananeraies des Canaries.

INTRODUCCION

En trabajos anteriores sobre el Mal de Panamá, GUTIERREZ y col. (1982), se hizo una descripción de las características físicas y químicas de los suelos de plátanos de las Islas Canarias, estudiándolas estadísticamente para poder diferenciar los suelos donde se presentaba esta enfermedad de aquellos otros en donde no aparecía.

Entre los parámetros estudiados se encontraban algunos tales como la inestabilidad estructural, que vimos era fundamental para la diferenciación entre los suelos con plantas sanas y enfermas. A partir de esta inestabilidad estructural (I_S) se obtenía la estabilidad estructural (S_T) así como el índice de estructura (I.S.), de acuerdo con las ecuaciones propuestas por DABIN para suelos tropicales, características estas que también diferenciaban a estos suelos.

Debido a lo laborioso de la técnica empleada para la determinación de la inestabilidad estructural (I_S), así como de aquellas otras características de los suelos que intervienen en las ecuaciones para la obtención de la estabilidad

(S_T) y el índice de estructura (I.S.), pretendemos obtener algún tipo de relación entre estos parámetros (de difícil determinación) con otros de determinación más sencilla.

MATERIAL Y TÉCNICAS ANALÍTICAS

El material y las técnicas analíticas empleados son descritos en un artículo anterior de GUTIERREZ y col. (1982).

Valores de estabilidad estructural (S_T) e índice de estructura (I.S.) recomendados por DABIN para suelos tropicales.

La estabilidad (S_T) debe ser superior a 50-60.

Para el índice de estructura se presenta la siguiente escala:

mala	800
mediocre	800-1100
media	1100-1300
buena	1300-1600

muy buena	1600-1900
excepcional	1900

RELACIONES ENTRE PARÁMETROS

Como la intención fundamental de este estudio es el poder relacionar parámetros de fácil determinación con aquellos otros cuya obtención es muy laboriosa, consideramos en todas las ecuaciones de regresión de la Tabla (2) variable dependiente a aquellos parámetros de difícil determinación (K , I_s , S_T , $I.S.$, M_p) mientras que la variable independiente son los parámetros que comunmente se determinan en los análisis de rutina del suelo ($M.O.T.$, $M.O.H.$, Arcilla, Arena).

Conductividad hidráulica (K).

La conductividad hidráulica se encuentra solamente relacionada linealmente con el porcentaje de arcilla y arena, aunque su nivel de significación solo alcanza el 1 %. Las ecuaciones de regresión y los coeficientes de correlación se dan en la Tabla 2.

Inestabilidad Estructural (I_s).

La inestabilidad estructural se encuentra relacionada con la materia orgánica total (gráfica 1), materia orgánica humificada y cinc, por una ecuación de tipo potencial ($y = a \cdot x^b$), los niveles de significación son para los tres parámetros al 0.1 %, siendo sus coeficientes de correlación 0.768, 0.693 y 0.574 respectivamente.

Por otro lado, también está relacionada con el porcentaje de arcilla y arena a través de una ecuación exponencial ($y = a \cdot e^{bx}$), con niveles de significación de 0.1 % y coeficientes de correlación de 0.570 para ambos casos.

Estabilidad Estructural (S_T).

Esta característica, calculada a partir de la conductividad hidráulica y la inestabilidad estructural de acuerdo con DABIN, está relacionada con la materia orgánica total y la humificada por una función logarítmica ($y = a + b \ln x$), siendo ambas significativas al 0.1 % y presentando coeficientes de correlación de 0.548 y 0.557 respectivamente.

Asimismo se relacionan con la arcilla y arena linealmente al nivel de 1 %.

Índice de Estructura ($I.S.$).

Al igual que S_T , el índice de estructura se obtiene a partir de S_T , la porosidad y el agua útil (GUTIERREZ y col.) este parámetro está vinculado con la materia orgánica total por una ecuación logarítmica, con un coeficiente de corre-

lación $r = 0.721$ significativo al nivel del 0.1 % (gráfica 2). Mientras que con la materia orgánica humificada su relación es lineal, con coeficiente $r = 0.592$ significativo también al 0.1 % (gráfica 3).

Su relación con la arcilla y arena es lineal, sus coeficientes de correlación son 0.529 significativo al 0.1 % y 0.447 significativo al 1 % respectivamente.

Macroporosidad (M_p).

La macroporosidad está ligada a la materia orgánica total de una forma lineal ($r = 0.624$ significativo al 0.1 %) y con la humificada logarítmicamente ($r = 0.510$ significativa al 1 %).

Con la arcilla y la arena linealmente con coeficientes de correlación de 0.548 y 0.480 significativos al 0.1 y 1 % respectivamente.

CONSIDERACIONES SOBRE LAS RELACIONES

De acuerdo con lo anteriormente comentado encontramos que es la M.O. total, la que da mayores coeficientes de correlación en su relación con los distintos parámetros físicos del suelo (K , I_s , S_T , $I.S.$ y M_p). El coeficiente de correlación más alto corresponde a su relación con la inestabilidad estructural ($r = 0.768$), seguido del que le corresponde a su relación con el índice de estructura ($r = 0.721$), por lo que podríamos utilizar sus respectivas ecuaciones de regresión para determinar dichos parámetros con bastante aproximación, a partir de la M.O.T. Dichas ecuaciones serían :

a) para la inestabilidad estructural (I_s)

$$I_s = 4.81 \cdot M.O.T^{-1.12} \quad (s_{y,x} = 0.749)(1)$$

b) para el índice de estructura ($I.S.$).

$$I.S. = 491 + 581 \ln M.O.T \quad (s_{y,x} = 283)(2)$$

Debido, por una parte a que, tanto la estabilidad estructural como la macroporosidad aunque están relacionadas con la M.O. total significativamente al nivel del 0.1 %, sus determinaciones son relativamente bajas al 30 y 25 % respectivamente y, por otra parte, la relación de la permeabilidad hidráulica no es significativa pensamos en relacionar estas propiedades, primeramente con la inestabilidad estructural y el índice de estructura, parámetros que pueden determinarse a partir de la M.O. (ecuaciones 1 y 2) después entre ellas, con objeto de que una vez obtenido uno de ellos poder determinar los demás.

En la tabla 2 damos las ecuaciones de regresión y los coeficientes de correlación correspondientes a dichas relaciones.

Encontramos que la permeabilidad hidráulica (K) estaba

TABLA 1.

I _s	S _T	I.S.	K	M _p	M.O.T	M.O.H	Mg	Ca/Mg	K/Mg	Zn	Arcilla	Arena
1,31	62	1298	5,3	21,6	2,93	1,12	12,13	0,96	0,31	3,7	33,8	21,3
1,43	77	1645	31,7	24,0	3,44	0,37	7,50	1,15	0,56	5,7	31,2	34,7
0,35	76	1902	8,8	34,8	11,72	2,00	17,85	1,62	0,34	11,2	24,5	42,9
0,30	93	1958	52,9	32,4	5,12	0,91	9,77	1,89	0,51	9,6	17,5	58,5
0,39	87	2112	35,3	51,4	6,72	1,41	9,97	1,53	0,64	12,0	19,5	54,0
0,36	86	1369	28,2	41,0	3,62	1,62	23,85	1,38	0,34	11,6	27,9	37,6
0,25	84	1658	17,6	44,2	8,44	1,20	23,03	1,50	0,34	14,8	34,0	36,7
1,86	71	1314	21,1	39,7	3,45	0,47	7,45	1,75	0,35	1,4	37,0	23,4
1,16	77	1431	26,4	37,9	2,80	0,64	9,66	1,49	0,21	1,0	48,0	21,0
0,53	59	1567	1,7	39,8	4,14	0,82	12,75	1,24	0,58	5,8	24,5	43,5
0,68	74	1656	12,3	61,0	6,72	1,55	13,00	1,88	0,40	6,5	29,5	38,3
0,99	58	788	2,6	11,0	4,03	1,00	8,71	2,12	0,77	6,9	39,5	26,9
1,04	58	1296	2,6	23,1	4,07	1,09	11,10	0,22	0,57	8,5	37,0	29,6
2,40	58	895	5,3	22,3	2,66	0,73	9,66	2,14	0,75	4,0	37,9	36,9
1,73	77	1291	37,0	31,5	4,42	1,64	11,31	2,59	0,56	5,0	32,9	38,0
0,86	68	1138	7,0	27,6	3,09	1,66	11,72	4,20	0,62	2,1	35,4	28,2
1,39	60	1042	4,4	33,5	3,06	0,82	9,36	2,88	0,66	1,3	44,5	18,9
1,58	74	1101	24,7	24,4	3,23	0,88	14,08	1,73	0,44	2,0	37,9	24,1
2,29	66	963	14,1	27,7	2,40	-	11,72	3,52	0,49	1,6	40,4	37,2
1,70	67	1351	12,3	20,3	2,93	0,84	10,11	0,64	0,21	4,0	42,5	20,8
0,60	73	1571	9,7	33,1	4,99	1,43	7,70	2,99	0,74	2,7	26,5	38,0
1,24	74	1789	21,2	35,5	10,17	2,62	9,87	2,08	0,31	38,0	24,5	45,4
1,14	78	1287	30,2	45,7	2,20	-	4,16	1,72	2,52	-	11,1	79,0
1,92	49	916	1,7	30,1	2,79	0,84	16,55	1,89	0,67	2,5	32,0	34,5
2,38	42	672	0,9	20,1	2,50	0,49	6,06	1,47	0,32	1,4	28,8	38,1
1,22	56	983	2,6	37,9	4,31	1,27	7,53	2,12	0,35	2,5	32,0	30,6
1,10	53	764	1,7	31,2	4,48	0,84	8,53	3,37	0,74	4,7	29,5	41,5
1,37	33	480	0,2	26,3	3,10	0,54	9,67	2,11	0,75	10,0	32,0	34,9
1,31	59	1078	3,5	15,6	2,84	0,36	10,03	2,24	0,53	5,7	39,5	22,1
0,73	60	1176	2,6	23,1	2,27	1,18	9,87	2,15	0,67	8,5	37,0	27,9
1,62	55	1010	2,6	28,2	3,43	0,73	12,12	3,17	0,63	1,7	35,4	30,0
2,48	52	882	6,2	33,5	1,79	0,44	8,84	3,73	1,01	0,8	44,5	18,8
5,41	42	590	1,7	14,7	1,21	0,23	8,02	2,06	0,77	2,2	45,4	19,9
2,44	48	694	1,7	18,6	2,41	0,47	9,05	2,96	1,05	4,8	37,9	26,3
5,00	52	727	5,3	20,1	1,16	0,23	12,33	1,23	0,39	3,0	36,2	27,8
3,58	62	941	12,3	12,4	1,83	0,44	13,98	1,81	0,42	2,4	45,4	32,7

altamente relacionada a través de una ecuación exponencial con la estabilidad estructural ($r = 0.920$ significativo al nivel del 0.1 %) (gráfica 4) y que este parámetro (S_T) estaba relacionado linealmente con el índice de estructura (I.S.) ($r = 0.86$ significativo al nivel del 0.1 %) (gráfica 5).

Al mismo tiempo el índice de estructura se encontró que estaba relacionado logarítmicamente con la inestabilidad estructural (I_s), con un coeficiente de correlación $r = 0.742$ (significativo al nivel del 0.1 %) (gráfica 6). Por lo que podemos utilizar esta relación para la determinación del I.S., con una mayor aproximación.

En cuanto a la macroporosidad encontramos que la relación con el I.S. es la que tiene coeficiente de correlación más alto ($r = 0.61$, significativo al nivel del 0.1 %).

Las ecuaciones propuestas serían :

a) permeabilidad hidráulica (K)

$$K = 0.03 \cdot e^{0.08 S_T} \quad (s_{y,x} = 3.69) \quad (3)$$

b) estabilidad estructural (S_T)

$$S_T = 16.8 + 0.04 \text{ I.S.} \quad (s_{y,x} = 5.18) \quad (4)$$

c) índice de estructura (I.S.)

$$\text{I.S.} = 1283 - 407 \ln I_s \quad (s_{y,x} = 273) \quad (5)$$

d) macroporosidad (M_p)

$$M_p = -23.4 + 0.04 \text{ I.S.} \quad (s_{y,x} = 6.882) \quad (6)$$

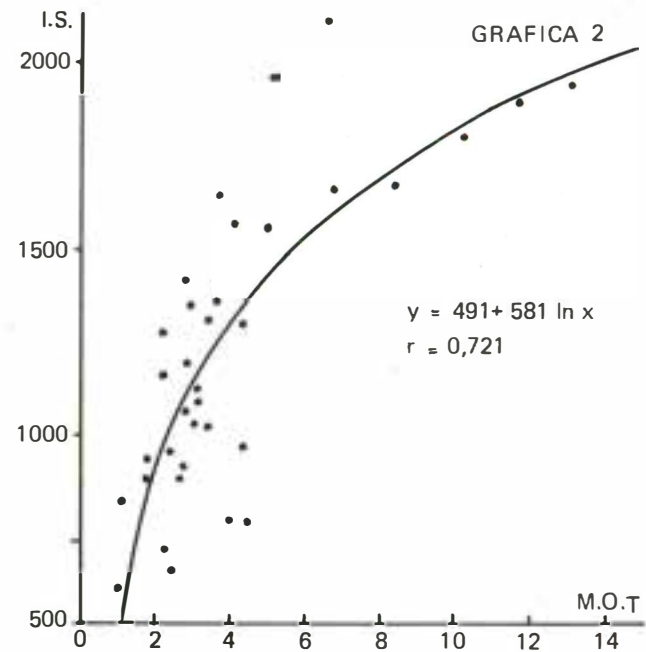
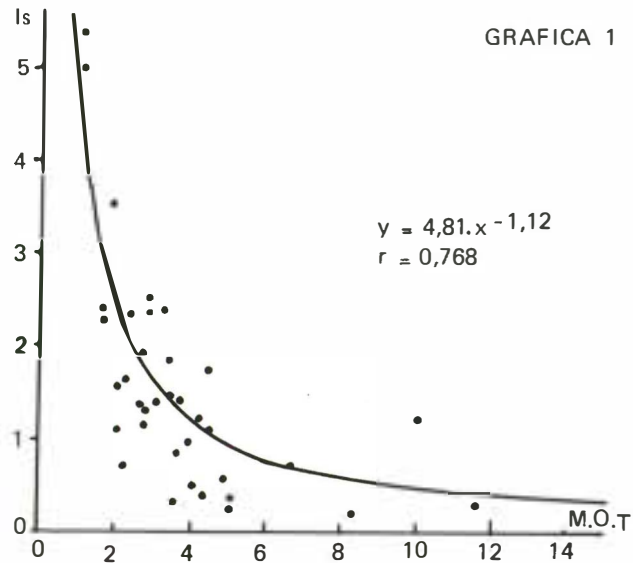
Encontramos también que tanto la M.O. humificada como el Zn estaban relacionados linealmente con la M.O. total, cuyos coeficientes de correlación son 0.770 y 0.710 respectivamente, significativos al nivel del 0.1 % (tabla 2). Con lo cual podríamos determinar la M.O.H y el Zn a partir de las siguientes ecuaciones :

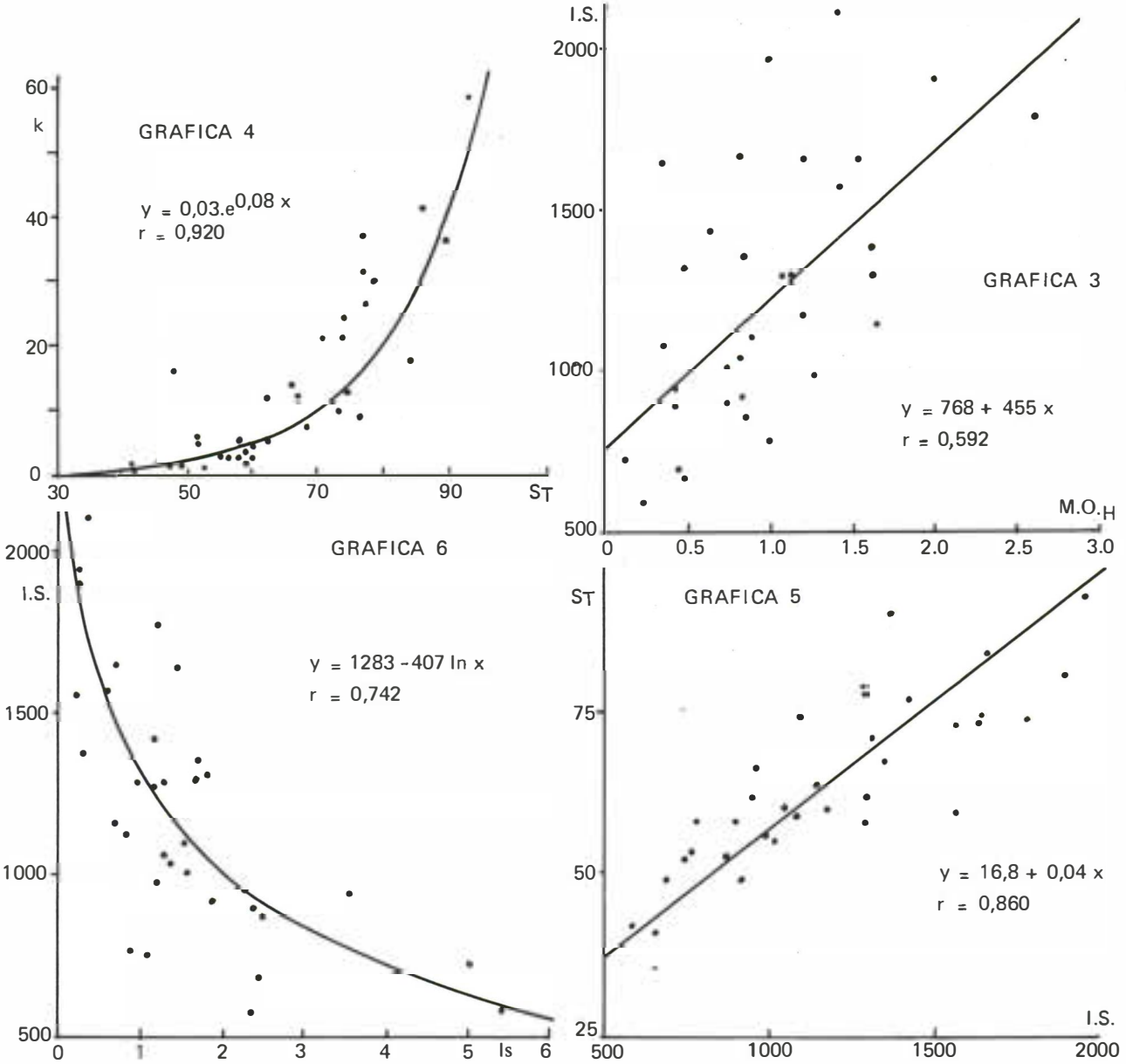
TABLA 2.

y/x	M.O.T	M.O.H	Zn	Arcilla	Arena	K	I _s	S _T	I.S	M _p
K	N.S.	N.S.	N.S.	$y = 35,2,0,67x$ $r = 0,424^*$	$y = 5,2 + 0,52x$ $r = 0,490^*$	-	N.S.	$y = 0,03.e^{0,08x}$ $r = 0,920^{**}$	$y = 0,48e^{0,002x}$ $r = 0,700^*$	-
I _s	$y = 4,81.x^{-1,12}$ $r = 0,768^{**}$	$y = 1,01.x^{-0,88}$ $r = 0,693^{**}$	$y = 2,45.x^{-0,5}$ $r = 0,574^{**}$	$y = 0,21.e^{0,05x}$ $r = 0,570^{**}$	$y = 4,66.e^{0,04x}$ $r = 0,570^{**}$	N.S.	-	-	-	-
S _T	$y = 46,1 + 15 \ln x$ $r = 0,548^{**}$	$y = 65,3 + 10,5 \ln x$ $r = 0,557^{**}$	N.S.	$y = 88,2 - 0,7x$ $r = 0,424^*$	$y = 48,4 + 0,5x$ $r = 0,424^*$	-	$y = 66,8 - 12,2 \ln x$ $r = 0,656^{**}$	-	$y = 16,8 + 0,04 x$ $r = 0,860^{**}$	$y = 44 + 0,7 x$ $r = 0,550^{**}$
I.S.	$y = 491 + 581 \ln x$ $r = 0,721^{**}$	$y = 768 + 455 x$ $r = 0,592^{**}$	N.S.	$y = 2089 - 26,3 x$ $r = 0,529^{**}$	$y = 704 + 15 x$ $r = 0,447^*$	-	$y = 1283 - 407 \ln x$ $r = 0,742$	-	-	-
M _p	$y = 20,53 + 2,39x$ $r = 0,500^*$	$y = 31,33 + 9,451 \ln x$ $r = 0,510^*$	N.S.	$y = 56,1 - 0,77 x$ $r = 0,548^*$	$y = 15,1 + 0,43 x$ $r = 0,480^*$	$y = 21,97.x^{0,13}$ $r = 0,422^*$	$y = 31,6 - 8,7 \ln x$ $r = 0,585^*$	-	$y = 23,4 + 0,04 x$ $r = 0,610^{**}$	-
M.O.H	$y = 0,25 + 0,18 x$ $r = 0,770^{**}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	$y = 2,02 + 2,03 x$ $r = 0,710^{**}$	$y = 1,80 + 8,2 x$ $r = 0,661^{**}$	-	-	-	-	-	-	-	-

** - significativo al nivel del 0,1 %

* - significativo al nivel del 1,0 %





$$M.O.H = 0.25 + 0.18 M.O.T \quad (s_{y,x} = 0.26) \quad (7)$$

$$Zn = -2.02 + 2.03 M.O.T \quad (s_{y,x} = 3.592) \quad (8)$$

Con objeto de facilitar el cálculo de los distintos parámetros físicos (K, ST, I.S. y Mp), podemos expresar cada uno de ellos en función de la M.O. total por sustitución, es decir, el valor de Is dado por la ecuación 1, es sustituido en la ecuación 5, para obtener I.S. y éste en las ecuaciones 4 y 6 y, por último el valor de ST en la ecuación 3, obteniendo así las siguientes ecuaciones.

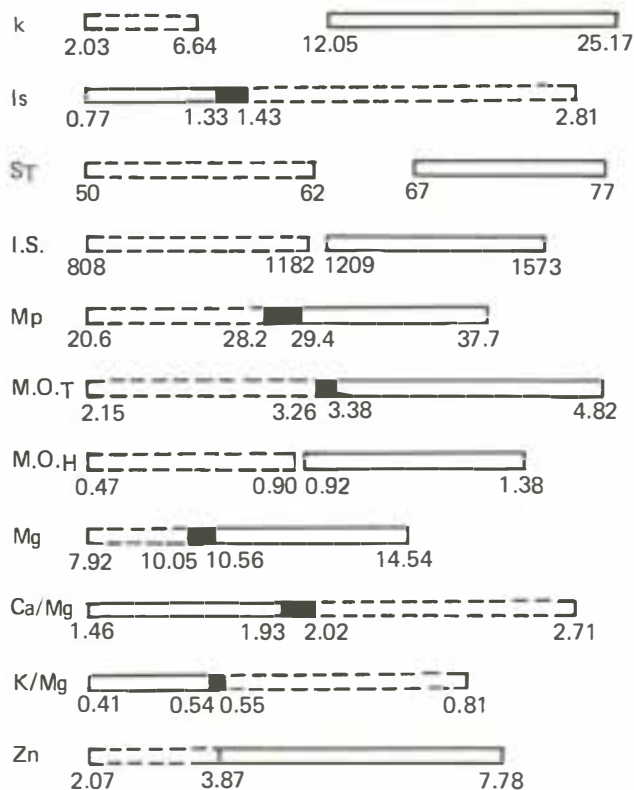
$$I_s = 4.81 \cdot M.O.T^{-1.12} \quad (9)$$

$$I.S. = 644 + 456 \ln M.O.T \quad (10)$$

$$ST = 42.25 + 18 \ln M.O.T \quad (11)$$

$$K = 0.88 \cdot M.O.T^{1.44} \quad (12)$$

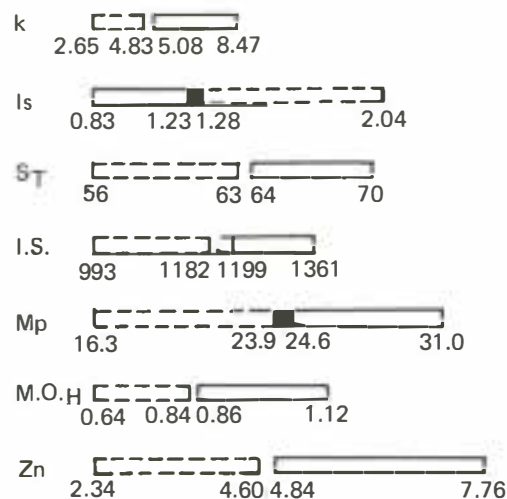
$$M_p = 2.36 + 18.24 \ln M.O.T \quad (13)$$



Leyenda : **GRAFICA 7**
 - - - - - enfermas sanas solapamiento

Que en unión de las ecuaciones (7) y (8) obtenemos una serie de valores que en primera aproximación nos pueden orientar como se encuentra un suelo de plátano en Canarias, con solo disponer del porcentaje de materia orgánica total. Naturalmente una vez orientados nos podríamos dirigir a los estudios pertinentes para poder concretar.

Hay que hacer la aclaración importante de que, debido a que se utiliza a la materia orgánica como parámetro primordial, habría que conocer con certeza el tiempo que ha transcurrido desde el último aporte de la misma al suelo, con el fin de tener una idea clara si ésta se ha incorporado



Leyenda : **GRAFICA 8**
 - - - - - enfermas sanas solapamiento

o no al suelo, pues un aporte reciente de materia orgánica a una plantación y no incorporada, nos falsearía todos los datos sobre sus características físicas.

En este caso sería más factible calcular la inestabilidad estructural a partir de los contenidos de arcilla o arena, más difícilmente modificables en el suelo, a través de las ecuaciones dadas en la Tabla 2, aunque su determinación no sea muy alta, para el resto de los parámetros se utilizarían las ecuaciones (3), (4), (5) y (6).

En un estudio anterior (GUTIEREZ y col., 1982) se presenta una gráfica que de nuevo presentamos en este estudio (gráfica 7), en donde dábamos los valores límites superiores e inferiores para las características físicas y químicas de los suelos que presentaban plantas con Mal de Panamá y para aquellos que no presentaban plantas enfermas.

En el presente trabajo queremos presentar una nueva gráfica (gráfica 8) modificando sus límites, al ser obtenidos por las ecuaciones.

BIBLIOGRAFIA

- DABIN (B.).
 Résumé des valeurs caractéristiques de l'analyse des sols (valable pour les sols tropicaux).
 Rapport ORSTOM.
- GUTIEREZ JEREZ (F.), TRUJILLO JACINTO DEL CASTILLO (I.) y BORGES PEREZ (A.). 1982.
 Estudio sobre el Mal de Panamá en las Islas Canarias.
 I.- Características físicas y químicas de los suelos y su relación con la aparición de la enfermedad.
 Fruits, oct. 1983, vol. 38, n° 10, p. 677-682.