

Estudio sobre el Mal de Panama en las Islas Canarias.

I.-Características físicas y químicas de los suelos y su relación con la aparición de la enfermedad.

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

ESTUDIO SOBRE EL MAL DE PANAMA EN LAS ISLAS CANARIAS.
I.- Características físicas y químicas de los suelos y su relación con la aparición de la enfermedad.

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

Fruits, Oct. 1983, vol. 38, nº 10, p. 677-682.

RESUME - Une étude des caractéristiques physiques (conductivité, instabilité structurale, indice de structure, macroporosité et texture) et chimiques (pH, matières organiques totale et humifiée, macro et micro-éléments) des sols de bananeraies des Iles Canaries a été réalisée afin de tenter d'observer les différences existant entre les sols de bananeraies présentant la maladie de Panama et ceux de bananeraies saines.

De l'analyse statistique des résultats obtenue on conclut que les propriétés physiques en général, jouent un rôle aussi important que certaines caractéristiques chimiques (M.O., M.O.H., Mg, K, K/Mg et Zn).

INTRODUCCIÓN

STOVER (1962) ha señalado la necesidad de realizar estudios con fundamentos estadísticos, para intentar llegar a conclusiones válidas sobre la influencia de los factores físico-químicos del suelo en la aparición del Mal de Panamá en cultivos de plátanos.

Hasta el presente, la mayor parte de los estudios realizados en este sentido, han sido dirigidos hacia la variedad «Gros Michel», variedad esta en la que el Mal de Panamá se desarrolla con mucha virulencia.

En el estudio bibliográfico realizado por STOVER (1962) se pone de manifiesto que no existen en general conclusiones definitivas, sino que incluso muchas veces aparecen criterios contradictorios.

El Mal de Panamá fué observado por primera vez en las Islas Canarias en 1924 (ASHBY, 1926 ; CAÑIZO, 1932), pero su incremento no ha sido preocupante hasta estos últimos años, a pesar de que la variedad cultivada en estas islas es la Cavendish enana, en principio resistente a esta enfermedad.

Las experiencias de campo y los continuos contactos con los agricultores, nos ha llevado a pensar que este problema ha empezado a agravarse a raíz del abandono de determinadas prácticas agrícolas que hace algunos años se realizaban con cierta asiduidad, como era fundamentalmente la incorporación al suelo de estiércol en abundancia

* Consejo Superior de Investigaciones Científicas - Centro de Edafología y Biología Aplicada - Cabildo Insular de Tenerife (Islas Canarias).

y en profundidad.

Esto es lo que nos ha llevado a realizar un estudio de las propiedades físicas y químicas de los suelos donde aparece la enfermedad junto con suelos en donde la platanera aparece sana, para tratar de hacer un estudio estadístico que nos puede llevar a poner de manifiesto las diferencias existentes entre suelos sanos y enfermos, si es que existen.

Llamamos suelos enfermos, aquellos en los cuales las plantas que crecen en ellos enferman sistemáticamente año tras año, incluso cambiando la planta madre existente por otra procedente de una plantación sana, con el fin de que la nueva planta no lleve la enfermedad. Y suelos sanos, aquellos en donde hasta estos momentos no han aparecido plantas enfermas.

MATERIAL Y TÉCNICAS ANALÍTICAS

El estudio se llevó a cabo con una serie de perfiles de suelos, de plantaciones de las islas de Tenerife y Gran Canaria, tomándose tres o cuatro muestras por perfil dependiendo de la profundidad. Se tomaron muestras de suelos sanos y enfermos en las plantaciones con el fin de evitar el error que pudiera cometerse por diferencias de tratamientos de unos agricultores a otros.

El presente trabajo se ha concretado fundamentalmente a los horizontes superficiales de los perfiles, por ser el que más afecta a las raíces de las plataneras. Pero si en algún caso concreto los datos de los horizontes superficiales no explican la presencia de plantas enfermas, estudiaremos los horizontes más profundos. Se tomaron en total 35 perfiles.

Las muestras de suelo, una vez secas al aire, se pasan por un tamiz de 2 mm, procediéndose luego a realizar los distintos análisis.

Determinaciones físicas.

Análisis granulométrico. Se emplea la técnica de BOUYOCOS (1936).

Conductividad hidráulica. Se determinó según el método de RICHARDS (1954).

Inestabilidad estructural. Se utilizó la técnica descrita por COMBEAU y MONNIER (1962), usando el aparato diseñado por FEDOROFF.

Macroporosidad. Se obtuvo por diferencia entre la porosidad total y la microporosidad, según DUCHAUFOR (1975).

Estabilidad estructural. Se calcularon a través de la ecuación dada por DABIN para suelos tropicales

$$S_t = 20 (2.5 + \log 10 k - 0.837 \log 10 I_s)$$

en donde k es la conductividad hidráulica y I_s la inestabilidad estructural.

Índice de estructura. Esta característica también se calculó según DABIN a través de la siguiente fórmula :

$$I.S. = S_t \cdot \sqrt{Pu \cdot Au}$$

en donde S_t es la inestabilidad estructural, Pu es la porosidad útil (Porosidad total - pF 4.2) y Au es el agua útil (pF3 - pF 4.2).

Determinaciones químicas.

pH. El pH se determinó en suspensión acuosa del suelo (1:2.5).

Fósforo asimilable. El fósforo se extrajo con una solución de bicarbonato sódico 0.5 M (OLSEN y col. 1954).

Materia orgánica. Se determinó con el Carnograph 12.

Materia orgánica humificada. Se utilizó la técnica descrita por KONONOVA (1966), empleando una mezcla de pirofosfato sódico 0.1 M e hidróxido sódico 0.1 N.

Cationes (Ca, Mg, Na, K). Se extrajeron con una solución de acetato amónico 1 N a pH 7. El Ca y Mg se determinaron con EDTA-Na₂ y el Na y K por fotometría de llama.

Oligoelementos (Fe, Mn, Cu y Zn). Para la extracción del Fe, Mn y Cu se empleó el extractante propuesto por LINDSAY y NORWELL (1969). Para el caso del Zn se utilizó el acetato amónico 1N a pH 4.8 (JOHN, 1972a).

Tratamiento estadístico.

Con objeto de obtener conocimiento sobre ciertos conjuntos de datos (población) a partir de observaciones relativas a una muestra, utilizamos el instrumento matemático de «Cálculo de Probabilidades».

Este estudio estadístico lo realizamos con una medida de tendencia central como es la media aritmética y estudiamos así mismo la representatividad de dicha medida de centralización. Las medidas de dispersión o concentración (p.e : desviación típica) nos van a cuantificar esa representatividad.

Realizamos el contraste de hipótesis estadístico, utilizando la (t) de student, sobre distintas características de una población estadística (propiedades físicas y químicas). Este contraste de hipótesis lo aplicamos a las medias poblacionales correspondientes a suelos con plantas sanas y enfermas.

Utilizamos dos tipos de contraste, a) el bilateral, mediante el cual determinamos si existe o no diferencia signifi-

cativa entre las medias de ambas poblaciones (μ) (sanas y enfermas) a una probabilidad dada, generalmente superior al 95 % (hipótesis nula $H_0 : \mu_S = \mu_E$ ó hipótesis alternativa $H_a : \mu_S \neq \mu_E$); b) el unilateral, mediante el cual podemos afirmar cual de ambas medias poblacionales es superior (hipótesis nula $H_0 : \mu_S \leq \mu_E$ ó hipótesis alternativa $H_a : \mu_S > \mu_E$).

Asi mismo determinamos el intervalo de confianza correspondiente a cada media poblacional (sanas y enfermas) con una probabilidad del 95 %.

Mediante el estudio de la desviación típica, determinamos que valores se alejan totalmente por alguna causa de la distribución normal de la muestra en torno a la media poblacional. Esto es, por lo que en el estudio de algunas propiedades eliminamos dichas muestras y aplicamos nuevamente el contraste de hipótesis y la determinación del intervalo de confianza para la media poblacional.

El número de elementos (muestra) correspondientes a la población de suelos con plantas sanas es de diecinueve ($n_s = 19$) y el correspondiente a los suelos con plantas enfermas es de diecisiete ($n_e = 17$).

Las propiedades físicas estudiadas fueron las siguientes : conductividad hidráulica (k) inestabilidad estructural (I_s) estabilidad estructural (S_t), índice de estructura (I.S.), macroporosidad (M_p), granulometría (arcilla, limo, arena).

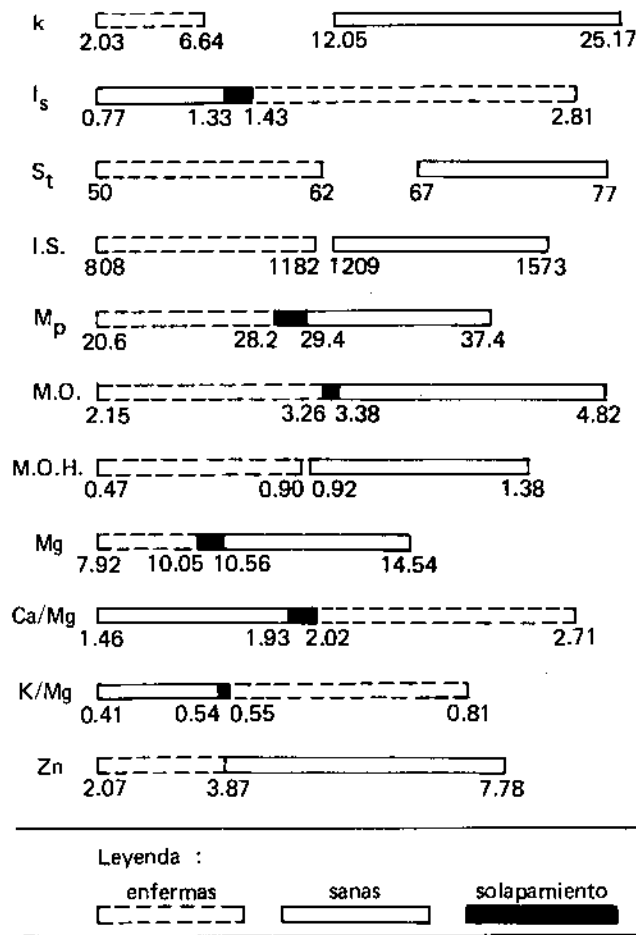
Las propiedades químicas estudiadas fueron : materia orgánica total (M.O.), materia orgánica humificada (M.O.H.), grado de humidificación (G.H.), cationes extraídos con $AcNH_4$ 1N (Ca, Mg, Na, K), las relaciones (Ca/Mg, K/Ca, K/Mg) pH, fósforo asimilable (P_2O_5), micronutrientes (Cu, Zn, Fe y Mn).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Tablas 1 y 2 se presentan los datos correspondientes a las propiedades físicas y químicas respectivamente. Los valores señalados con un asterisco (*) son los eliminados de acuerdo con lo explicado anteriormente.

En las Tablas 3 y 4, se presentan los resultados obtenidos del estudio estadístico para las propiedades físicas y químicas. En ellas aparecen los valores de las medias aritméticas correspondientes a las muestras de la población de suelos sanos (S) y de los suelos enfermos (E) ; la t de student y el número total de elementos ; las hipótesis admitidas a partir de dicha t de student así como el nivel de significación, normalmente entre el 95 y 99 por ciento ; y el intervalo de confianza al nivel del 95 por ciento para las medias poblacionales correspondientes a los suelos sanos (μ_S) y enfermos (μ_E).

En la Gráfica 1 se representan los intervalos de confianza para las medias poblacionales correspondientes a los suelos sanos y enfermos.



GRAFICA 1.

En esta gráfica observamos : a) que en algunas propiedades existe una zona de solapamiento, como es el caso de los siguientes parámetros :

- I_s - Inestabilidad estructural, con solapamiento de 0.1 unid.
- M_p - Macroporosidad, con solapamiento de 1,2 unid.
- M.O. - Materia orgánica, con solapamiento de 0.12 unid.
- Mg - Magnesio extraíble con $AcNH_4$, con solapamiento de 0.51 unid.
- Ca/Mg - Relación $\frac{\text{calcio}}{\text{magnesio}}$, con solapamiento de 0.09 unid
- K/Mg - Relación $\frac{\text{potasio}}{\text{magnesio}}$, con solapamiento de 0.01 unid.

b) en otros parámetros encontramos que el límite superior del intervalo de confianza, para la media poblacional de los suelos enfermos, coincide con el límite inferior del intervalo de confianza para la media de los suelos sanos como es el caso del Zn.

c) por último tenemos una serie de parámetros en donde

TABLA 3 - Propiedades físicas.

| Parámetro | Media aritmética muestras | t student | Hipótesis admitidas | Probabilidad | Intervalo de confianza (95 %) |
|--|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------|--|
| Conductividad hidraulica k | $\bar{S} = 18.61$ $\bar{E} = 4.33$ | 4.56 (n _{s+e} =30) | $\mu_s \neq \mu_e$ $\mu_s > \mu_e$ | 99.9 % | $12.05 \leq \mu_s \leq 25.17$ $2.03 \leq \mu_e \leq 6.64$ |
| Inestabilidad estructural I _s | $\bar{S} = 1.10$ $\bar{E} = 2.07$ | 2.71 (n _{s+e} =36) | $\mu_s \neq \mu_e$ $\mu_e > \mu_s$ | 98 | $0.77 \leq \mu_s \leq 1.43$ $1.33 \leq \mu_e \leq 2.81$ |
| Estabilidad estructural S _t | $\bar{S} = 72$ $\bar{E} = 56$ | 4.07 (n _{s+e} =36) | $\mu_s \neq \mu_e$ $\mu_s > \mu_e$ | 99 | $67 \leq \mu_s \leq 77$ $50 \leq \mu_e \leq 62$ |
| Indice de estructura I.S. | $\bar{S} = 1391$ $\bar{E} = 995$ | 3.29 (n _{s+e} =36) | $\mu_s \neq \mu_e$ $\mu_s > \mu_e$ | 99 | $1209 \leq \mu_s \leq 1573$ $808 \leq \mu_e \leq 1182$ |
| Macroporosidad M _p | $\bar{S} = 32.8$ $\bar{E} = 25.0$ | 2.65 (n _{s+e} =33) | $\mu_s \neq \mu_e$ $\mu_s > \mu_e$ | 98 | $28.2 \leq \mu_s \leq 37.4$ $20.6 \leq \mu_e \leq 29.4$ |
| Arcilla (%) | $\bar{S} = 33.3$ $\bar{E} = 34.1$ | -0.293 | | N.S. | |
| Limo (%) | $\bar{S} = 25.6$ $\bar{E} = 25.6$ | -0.02 | | N.S. | |
| Arena (%) | $\bar{S} = 33.3$ $\bar{E} = 34.3$ | -0.209 | | N.S. | |
| Arcilla + limo (%) | $\bar{S} = 58.9$ $\bar{E} = 59.7$ | -0.212 | | N.S. | |

aparece una zona de separación perfectamente definida entre ambos intervalos de confianza, entre los que se encuentran :

k - conductividad hidráulica, con separación de 5.81 unid.
S_t - estabilidad estructural, con separación de 5 unid.
I.S. - índice de estructura, con separación de 27 unid.
M.O.H. - materia orgánica humificada, con separación de 0.02 unid.

Los datos encontrados en este estudio evidencian la gran influencia que las propiedades físicas, en general, tienen sobre la aparición del Mal de Panamá en los cultivos de plátanos de las Islas Canarias, aunque también aparecen algunas propiedades químicas que parecen tener influencia en la presencia de dicha enfermedad.

Teniendo en cuenta los análisis estadísticos realizados, podríamos denominar suelos resistentes a la enfermedad, aquellos cuyas propiedades físicas y químicas caen dentro del intervalo de los suelos definidos como «sanos» ; suelos semiresistentes aquellos con valores cerca de los límites de separación entre los suelos «sanos» y «enfermos», o en la zona de solapamiento cuando existe ; y por último suelos no resistente aquellos cuyas propiedades físico-químicas caen dentro del intervalo de suelos «enfermos».

En función de los resultados obtenidos en este trabajo podemos, en principio, hacer una serie de recomendaciones a los cultivadores de plátanos en las Islas Canarias, en caminadas a que se efectuen una serie de análisis físicos y químicos, de las propiedades enumeradas por nosotros en este estudio como posibles causantes del Mal de Panamá.

antes de poner en cultivo nuevas zonas plataneras. Por otro lado, también sería posible corregir aquellas zonas ya afectadas ó aquellas susceptibles de enfermar.

Los valores medios de las propiedades físicas y químicas que se recomiendan, según se desprende de las Tablas 3 y 4 son :

| | |
|---------------------------|---------|
| Conductividad hidráulica | 18,61 |
| Inestabilidad estructural | 1.10 |
| Estabilidad estructural | 72.00 |
| Indice de estructura | 1391.00 |
| Macroporosidad | 32.80 |
| Materia orgánica | 4.04 |
| Materia humificada | 1.15 |
| Magnesio | 12.35 |
| Relación Ca/Mg | 1.74 |
| Relación K/Mg | 0.48 |
| Cinc | 5.83 |

BIBLIOGRAFICA

- ASHBY (S.F.). 1926.
Panama disease of bananas in the Canaries and West Africa.
Trop. Agric. Trinidad, 3.8.
- BOWYOCOS (G.B.). 1936.
Directions for making mechanical analysis of soils by the hydrometer method.
Soil Sci., 42, 225-228.
- CAÑIZO (J.) DEL y SARDIÑAS (J.R.). 1932.
La enfermedad de la platanera en el Valle de la Orotava.
Bol. de Patología Vegetal y Entomología Agrícola, 6, 1-34.
- COMBEAU (A.) et MONNIER (G.). 1962.
Méthode d'étude de la stabilité structurale application aux sols tropicaux.
Sols Africains, 6, 1, 5-32.

TABLEAU 4 - Propiedades químicas.

| Parámetro | Media aritmética muestreos | t student | hipótesis admitidas | Probabilidad | Intervalo de confianza (95 %) |
|-------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------------|--------------|---|
| pH | $\bar{S} = 7.65$ $\bar{E} = 7.49$ | 0.6496 (n _{gr/e} =36) | | N.S. | |
| P ₂ O ₅ | $\bar{S} = 352$ $\bar{E} = 273$ | 1.1775 (n _{gr/e} =36) | | N.S. | |
| Materia orgánica (M.O.) | $\bar{S} = 4.04$ $\bar{E} = 2.72$ | 2.753 (n _{gr/e} =34) | $\mu_s \neq \mu_e$ $\mu_s > \mu_e$ | 99 | $3.26 \leq \mu_s \leq 4.82$ $2.15 \leq \mu_e \leq 3.38$ |
| Materia orgánica humificada | $\bar{S} = 1.15$ $\bar{E} = 0.69$ | 3.220 (n _{gr/e} =32) | $\mu_s \neq \mu_e$ $\mu_s > \mu_e$ | 99 | $0.92 \leq \mu_s \leq 1.38$ $0.47 \leq \mu_e \leq 0.90$ |
| Grado de humificación (G.H.) | $\bar{S} = 25.86$ $\bar{E} = 24.46$ | 0.407 (n _{gr/e} =34) | | N.S. | |
| Ca | $\bar{S} = 22.68$ $\bar{E} = 21.25$ | 0.410 (n _{gr/e} =36) | | N.S. | |
| Mg | $\bar{S} = 12.35$ $\bar{E} = 9.24$ | 2.440 (n _{gr/e} =35) | $\mu_s \neq \mu_e$ $\mu_s > \mu_e$ | 98 % | $10.05 \leq \mu_s \leq 14.54$ $7.92 \leq \mu_e \leq 10.56$ |
| Na | $\bar{S} = 3.24$ $\bar{E} = 3.06$ | 1.1998 (n _{gr/e} =36) | | N.S. | |
| K | $\bar{S} = 5.81$ $\bar{E} = 6.20$ | -0.5125 (n _{gr/e} =36) | | N.S. | |
| Ca/Mg | $\bar{S} = 1.74$ $\bar{E} = 2.32$ | 2.639 (n _{gr/e} =32) | $\mu_s \neq \mu_e$ $\mu_s < \mu_e$ | 98 % | $1.46 \leq \mu_s \leq 2.02$ $1.93 \leq \mu_e \leq 2.71$ |
| K/Mg | $\bar{S} = 0.48$ $\bar{E} = 0.67$ | -2.990 (n _{gr/e} =29) | $\mu_s \neq \mu_e$ $\mu_s < \mu_e$ | 99 % | $0.41 \leq \mu_s \leq 0.55$ $0.54 \leq \mu_e \leq 0.81$ |
| K/Ca | $\bar{S} = 0.39$ $\bar{E} = 0.34$ | 0.341 (n _{gr/e} =36) | | N.S. | |
| Fe | $\bar{S} = 16.13$ $\bar{E} = 11.87$ | 0.810 (n _{gr/e} =36) | | N.S. | |
| Mn | $\bar{S} = 16.03$ $\bar{E} = 11.96$ | 1.133 (n _{gr/e} =36) | | N.S. | |
| Cu | $\bar{S} = 3.03$ $\bar{E} = 4.53$ | -0.634 (n _{gr/e} =36) | | N.S. | |
| Zn | $\bar{S} = 5.83$ $\bar{E} = 2.97$ | 2.634 (n _{gr/e} =30) | $\mu_s \neq \mu_e$ $\mu_s > \mu_e$ | 98 % | $3.87 \leq \mu_s \leq 7.77$ $2.07 \leq \mu_e \leq 3.88$ |

DABIN (B.).

Résumé des valeurs caractéristiques de l'analyse des sols (valable pour les sols tropicaux).
ORSTOM.

DUCHAUFOR (P.). 1975.

Manual de Edafología.
Toray-Masson, Barcelona.

JOHN (M.K.). 1972a.

Influence of soil properties and extractable Zn or Zn availability.
Soil Sci., 113, 222-227.

KONONOVA (M.M.). 1966.

Soil organic matter.
Pergamon Press, Oxford.

LINDSAY (W.L.) and NORWELL (W.A.). 1969.

Equilibrium relationships of Zn, Fe, Cu and Mn with EDTA

and DTPA in soils.

Soil Sci. Soc. Am. Proc., 33, 62-68.

OLSEN (S.R.), COLE (C.V.), WATANABE (F.S.) and DEAN (L.A.). 1954.

Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate.
U.S. Dept. Agr. Cir. 939.

STOVER (R.H.). 1962.

Fusarial wilt (Panama disease) of banana and other Musa species.
Phytop. Paper nº 4. The Commonwealth Mycological Institute.
Kew Surrey.

RICHARDS (L.A.). 1954.

Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.
Agricultural Handbook nº 60, USDA.

