

LA INFLUENCIA DE ALGUNAS CONDICIONES ECOLOGICAS SOBRE LA NATURALEZA DE LA MICROFLORA AEROBICA SAPROFITICA DE ALGUNOS SUELOS REPRESENTATIVOS DE HONDURAS *

RALPH J. HERVEY, CARLOS RIVERA HOUSE Y JONATAN ESPINOZA **

INTRODUCCION Y REVISION DE LITERATURA

Antes del año 1930, las investigaciones científicas, relacionadas con los suelos tropicales del mundo, eran muy escasas y restringidas geográficamente (9, 12, 24, 29, 42, 54, 56). Pero después de 1940, los estudios sobre varios aspectos edáficos se multiplicaron perceptiblemente (9, 14, 24, 31, 32, 37, 39, 53, 56). A pesar del incremento de tales obras, hasta ahora, se han hecho relativamente pocos estudios acerca de los suelos tropicales del nuevo mundo (4, 7, 16, 17, 21, 24, 29, 37, 46, 50, 56).

La mayoría de los trabajos edáficos americanos se referían solamente, a los aspectos físicos y químicos (7, 8, 14, 17, 18, 26, 27, 40, 44, 56 58), o a los resultados de la aplicación de abonos inorgánicos (2, 4, 37, 40, 43).

* Los autores agradecen la ayuda prestada, para la preparación de esta obra, a las siguientes personas: Regina de Lorenzana Universidad de Honduras, por su cooperación para la revisión del español y la escritura a máquina; a la señora Madelaine de Hervey, por el dibujo de gráficas y copia del manuscrito; a Erma de Young, Secretaria de la Texas Agricultural Experiment Station, por su paciencia e interés en la presentación final de este trabajo. Además desean apreciar profundamente la cortesía, interés y ayuda de gran valor prestada por el Ing. Jorge Cáceres miembro de la Facultad de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. El Ing. Cáceres revisó el estilo de la redacción en español originalmente preparada por el autor principal.

** Profesor de Biología Fulbright, en el Centro Universitario de Estudios Generales (C. U. E. G.), Universidad Nacional Autónoma de Honduras - Tegucigalpa, 1967 y Microbiólogo de Suelos, ausente, con permiso, de la Universidad de Texas A and M, Temple - Texas. Químico de Suelos, Secretaría de Recursos Naturales, Dirección General de Agricultura y Ganadería, Tegucigalpa - Honduras. Profesor de Biología, Centro Universitario de Estudios Generales (C. U. E. G.), Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

En la categoría de estudios edáficos de la América Latina, ya se incluyen un gran número de publicaciones sobre ensayos hechos en suelos de Centroamérica en áreas geográficas y ecológicas bastante semejantes (2, 8, 14, 17, 37, 40, 43, 44, 45, 47) a las áreas de Honduras estudiadas por los autores (23, 24).

No obstante, los estudios relacionados solamente a la microbiología de los suelos centroamericanos son todavía algo escasos (21, 22, 42, 45, 47, 58, 51, 52).

Afortunadamente, para una investigación como ésta, varias obras no microbiológicas (2, 3, 7, 14, 26, 30, 32, 44, 46, 58) contenían datos relacionados a la actividad bioquímica de los microbios edáficos. Por tanto, tales datos fueron discutidos en este trabajo que trata de la ecología de la microflora aeróbica-saprofítica de varios suelos hondureños (25, 26).

INVESTIGACIONES EN SUELOS DE HONDURAS

Algunos suelos geográficamente representativos de Honduras (2, 26, 44, 45), no son muy diferentes de otros suelos típicos del trópico americano que se encuentran bajo condiciones ambientales, semejantes, en cuanto a factores importantes, tales como: el contenido de materia orgánica, el nivel de acidez, la concentración y naturaleza química de compuestos de fósforo orgánicos e inorgánicos (7, 8, 14, 17, 24, 32, 56, 58).

De modo semejante a las condiciones variables que se encontraron en varios suelos de Guatemala (37, 40), El Salvador (14, 37, 43), Costa Rica (7, 8, 17, 18, 37, 46), Panamá (39, 46), Colombia (29, 32, 33) y Venezuela (56, 57, 58), se encontraron en los suelos hondureños una variación amplia en estos factores intrínsecos, además de otras (23, 26).

Algunos suelos hondureños (2, 23, 44, 46), tanto como ciertos suelos colombianos (29, 30, 32) y venezolanos (56), tenían niveles de materia orgánica asombrosamente elevados (de 4 hasta 60/o) para suelos tropicales (9, 12, 30, 54), los cuales eran, generalmente, de bajo contenido de humus como consecuencia del ambiente favorable a la actividad microbiana (11, 12, 13, 24, 33, 35, 38, 45, 47).

El grado de acidez también era bastante variable en suelos hondureños (25, 26, 44), desde pH 4.0 hasta pH 8.0. Pero la mayoría de los suelos de este país tenían un pH 5.0 a 6.5 (2, 26, 46).

Los datos de Awan (2, 3) indicaban que el mayor porcentaje de fósforo "total," de algunos suelos hondureños, correspondía a la forma orgánica, una condición bastante semejante a lo que se encontraba en casi todos los suelos de la América tropical (7, 17, 18, 58) y en la mayoría de los suelos del mundo (1, 6, 10, 14, 20, 38, 41).

Dado que mucha del área de Honduras tiene una fisiografía montañosa, las condiciones del ambiente exterior que influían sobre los microbios edáficos eran ampliamente variables. En consecuencia, se esperaba que la naturaleza cualitativa y cuantitativa de las poblaciones microflorales eran bastante distintas, según el sitio geográfico del suelo (12, 54).

El clima de este país centroamericano se diversifica desde el tropical cálido, en las áreas bajas de las costas, hasta el de temperaturas frescas o frías, semejantes a los de la zona templada, en las montañas. Debido a dos estaciones al año, la seca y la lluviosa, los suelos quedaban por largos períodos muy secos o muy húmedos, según el tiempo.

Los trabajos de microbiología edáfica hechos sobre suelos de América Central, menos los de Honduras, son pocos (16, 21, 42); un alto porcentaje de los trabajos publicados de esta área se originaron en Honduras y casi todos eran resultados de investigaciones llevadas a cabo por la United Fruit Company. A pesar de existir algo más de diez estudios hondureños sobre microbios edáficos, desgraciadamente, había muy poca información sobre la naturaleza de la microflora saprofítica-aeróbica, "total," incluyendo bacterias, actinomicetos y hongos (25, 45, 47).

Más bien, casi todas las investigaciones microbianas de América Central, hechas hasta ahora trataron solamente de ciertos grupos morfológicos o fitopatógenos tales como: los hongos verdaderos (16, 21, 2, 23, 52) u hongos patógenos, específicamente como el *Fusarium oxysporum*, var. *cubense*, organismo causante de la enfermedad del banano llamada "Mal de Panamá" (42, 48, 49, 50, 51).

Asimismo, los trabajos hondureños, anteriores al nuestro (25) se hicieron solamente con dos o tres suelos de naturaleza muy semejante, no geográficamente representativos del país y en condiciones de ambientes bien húmedos y cálidos en la costa del norte (16, 22, 23, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51).

En consecuencia, por la falta de estudios amplios sobre suelos representativos de Honduras, se realizó esta investigación con el propósito de determinar las influencias ecológicas impuestas sobre las poblaciones microbianas por tres condiciones edáficas del ambiente: el contenido de la materia orgánica, el grado de acidez y la concentración del fósforo disponible para el crecimiento de vegetales cultivados.

Para poder relacionar estos factores con la existencia microbiana, se determinó la abundancia, naturaleza y distribución de las microfloras saprofíticas-aeróbicas "totales" (25) mantenidas por los suelos de Honduras, que estaban influenciadas por ambientes bastante diferentes según el lugar geográfico (cuadro 1).

Cuadro 1. Factores Ambientales Fuera de y Dentro del Suelo que Caracterizan Varias Muestras Edáficas 1/
Geográficamente Representativos de Honduras.

Muestr No.	Factores Fuera del Suelo					Factores Dentro del Suelo 1/			
	Colección de Muestra		Clima-General		Fisiografía		Extrínsecos		Intrínsecos ^{3/} Textura
	Área Nacional (Departamento)	Estación Anual	Temp.	Lluvia pulg.	Elev. m.	Superficie Terrestre	Aramiento	Cosecha	
233	Cortés	Ver.	Caliente	200	150	Plano	Cult.	Caña Az.	Limo Arc.
373	Olancho	Ver.	Cálido	180	600	Mont.	Cult.	Algodón	Limo Arc.
378	Choluteca	Ver.	Caliente	110	150	Plano	Cult.	Algodón	Limo Arc.
418	F. Morazán	Ver.	Caliente	100	150	Plano	Cult.	Algodón	Limo Arenoso
654	Sta. Bárbara	Ver.	Templado	90	900	Mont.	Cult.	Caña Az.	Limo Arc.
792	Sta. Bárbara	Ver.	Templado	210	1200	Mont.	Cult.	Café	Marga Limo
1879	Olancho	Inv.	Templado	170	900	Mont.	Cult.	Legumb.	Marga Limo
1980	Colón	Inv.	Cálido	150	750	Mont.	Cult.	Café	Limo Arenoso
1981	Colón	Inv.	Cálido	150	750	Mont.	Cult.	Café	Limo Arenoso
1997	El Paraíso	Inv.	Caliente	90	150	Plano	Cult.	Algodón	Marga Limo.
Suelo Virgen	F. Morazán	Inv.	Templado	200	1800	Alta Mont.	No Cult.	Arboles	Marga Limo
Hojas caídas	F. Morazán	Inv.	Templado	200	1800	Alta Mont.	No Cult.	Arboles	Todo (organ)

- 1/ Profundidad del perfil edáfico a que se colectó muestras: 0-15 cms. Hojas caídas en selva lluviosa, en la superficie.
- 2/ Muestras no cultivadas de selva lluviosa montañosa, incluyendo el suelo verdadero y las hojas caídas sobre del suelo en varios estados de descomposición.
- 3/ Véase, otros factores intrínsecos dentro del suelo: el contenido de materia orgánica, el pH y la concentración de fósforo disponible, (cuadro 3).

MATERIALES Y METODOS

Se colectaron diez muestras de suelos agrícolas (26) y dos muestras de suelos de una selva lluviosa de montaña.

Todas las muestras se recolectaron a una profundidad de 0 hasta 15 cm., sin incluir las hojas caídas; en el laboratorio se guardaron bajo condiciones secas durante períodos variables de 15 días hasta 5 meses antes de ser estudiadas, cuantitativamente, las poblaciones microbianas.

La mayoría de las muestras se colectaron durante el verano cuando ya estaban secas por causas naturales; los sitios de recolección se encontraron ampliamente distribuidos en el área geográfica del país e incluyeron condiciones ambientales bastante variables (cuadro 1).

Análisis físico y químico del suelo: Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Suelos de la Secretaría de Recursos Naturales de Honduras (26); la materia orgánica fue analizada por el método de Schollenberger, usando dicromato de sodio para oxidar el carbono orgánico; el pH se determinó, en pasta de suelo, con el uso del potenciómetro; el fósforo disponible se determinó por fotometría, usando ácido débil como extractante (relación de 1g. de suelo a 5 ml. de ácido) (28).

La textura y la estructura de los suelos fue apreciada al tacto; en ciertos casos las texturas se compararon a base de partículas finas (arcilla), empleando un método de decantación durante un período continuo de 24 horas.

Enumeración de las poblaciones microflorales: Dado que los suelos se desecaron durante el almacenaje de las muestras, o ya estaban bien secos al tiempo de recogerlos en el campo, se tomó una muestra representativa de 100 gramos de suelo y se humedecieron con agua, en una proporción de 300/0 en peso.

Se incubaron bajo una temperatura de 28°C. por diez días en una lámina poco profunda, asegurando, de esta manera condiciones aeróbicas para el beneficio de microbios que requerían del oxígeno. Con este método de incubación se esperó poder reintegrar las poblaciones microbianas a sus niveles potenciales, tanto cualitativa como cuantitativamente.

Se determinó el tamaño de las poblaciones y la clasificación de los grupos de microbios principales (hongos, actinomicetos y bacterias), en platitos *Petri*, con un medio nutritivo de agar, según el método de Fred y Waksman (19).

En las preparaciones de las diluciones necesarias para la cuenta de poblaciones, se emplearon 10 g. de cada suelo. Se suspendieron las

muestras en volúmenes de agua medida y esterilizada y se agitaron por 20 minutos.

Con pipetas esterilizadas se preparó una serie de diluciones hasta 1-10,000,000. Se mezcló bien 1 ml. de cada dilución con 15 ml. de medio de agar líquido en los platitos Petri para el cultivo de las colonias microbianas. Se hicieron 3 réplicas por cada dilución y, para asegurar una cuenta de colonias más perfecta, se prepararon platitos de diferentes diluciones (10^{-4} , 10^{-5} , 5×10^{-5} , 10^{-6} , y 10^{-7}).

A partir del número de colonias que desarrollaban en los platitos, según la dilución, se calculó el tamaño de cada población o grupo microbiano principal.

Los datos de población se representaron como la cantidad de "células propagativas" que se encontraron por gramo de suelo seco.

Para el crecimiento selectivo de grupos de microbios fisiológicos se usaron los medios de cultivo, muy distintos en cuanto a acidez. El grupo de microbios "ácido-tolerantes" se cultivó bajo pH 4.8 hasta 5.1; de los "neutrofilos" se cultivó bajo pH de 6.8 hasta 7.2.

El medio "ácido" era un agar ricamente nutritivo que contenía nitrato, peptona (nitrógeno orgánico), glucosa y extracto de suelo, más todos los elementos mayores necesarios para el crecimiento.

El medio "neutral" era nutritivamente pobre, de un contenido de nitrógeno bajo.

Las fórmulas de los dos medios de cultivo se presentan en la Tabla No. 1

Los medios de cultivo se esterilizaron bajo presión de vapor, a una temperatura de 121 °C. por 20 minutos. El extracto de suelo que se echó a ambos medios, se preparó con agua a una temperatura de 100°C. por media hora. Se suplementaron los medios con el extracto para proporcionar a éstos las otras materias orgánicas e inorgánicas necesarias para el crecimiento óptimo de los microbios del suelo.

Casi todos los microbios "ácido-tolerantes" que formaron colonias en el medio ácido (rico), desarrollaron muy bien, crecieron rápidamente y produjeron colonias grandes.

TABLA No. 1

Agar, medio ácido peptona-glucosa con ex- tracto de suelo				Agar, medio neutral contenido de nitrógeno bajo extracto de suelo			
Compuestos	Ión Nutritivo	Conc. Iónica	Volumen ml.	Compuestos	Ión Nutritivo	Conc. Iónica	Volumen ml.
NaH_2PO_4	$\text{PO}_4^{=}$	0.1		Na_2HPO_4	$\text{PO}_4^{=}$	0.1	
KCl	K^+	0.02		KCl	K^+	0.02	
MgCl_2	Mg^{++}	0.02		MgCl_2	Mg^{++}	0.02	
MgCl_2	Mg^{++}	0.02		MgCl_2	Mg^{++}	0.02	
Na_2SO_4	$\text{SO}_4^{=}$	0.01		Na_2SO_4	$\text{SO}_4^{=}$	0.01	
NaNO_3	NO_3^-	0.2		NaNO_3	NO_3^-	0.001	
peptona (N)	amino-ácidos	0.5		peptona (N)	amino-ácidos	0.001	
glucosa	---	0.5		glucosa	---	0.24	
agar agar	---	2.0		agar agar	---	2.0	500
extracto de suelo	(Suelo H_2O 1-2)		5000	extracto de suelo	(Suelo a H_2O : 1-2)		500
H_2O			5000	H_2O			

Nota: Se ajustó el pH
a 4.8-5.1

Nota: El pH de 6.8-7.2 se obtuvo sin ajustarlo
por medio del amortiguador, Na_2HPO_4

En el medio pobre ("el neutral"), todos los microbios, incluyendo los hongos, crecieron más lentamente y formaron colonias pequeñas por falta de nitrógeno suficiente.

Ciertas colonias de bacterias y actinomicetos, por ser muy pequeñas, debido al crecimiento lento o a su naturaleza no característica, no se reconocieron fácilmente. Estos tipos se determinaron después de aislarlos en cultivo puro por medio del microscopio donde se pudo observar, además, el tipo de célula o *hifa* que formaba la estructura de la colonia.

El período de incubación para la mayoría de las colonias fue 10 días. Pero para los tipos de colonias que desarrollaron lentamente fue de 18 días.

Para poder hacer, más tarde, una investigación definitiva sobre la naturaleza cualitativa de las especies de microorganismos de los suelos hondureños, se aislaron unas 300 colonias de cultivo puro. Las colonias que se aislaron, por lo general, eran pequeñas y no se identificaron fácilmente. Algunas se seleccionaron por su naturaleza única o porque indicaron poder de antagonismo.

PRESENTACION Y DISCUSION DE LOS DATOS

Esta investigación sobre varios suelos hondureños demostró la presencia de grandes poblaciones de organismos "ácido-tolerantes" en los suelos agrícolas (cuadro 2).

Las bacterias y los actinomicetos componían la mayoría de los miembros de estas poblaciones fisiológicas totales de tipos aeróbicos-saprofíticos.

Del grupo "ácido-tolerantes," los actinomicetos, generalmente constituyeron de 50 hasta 80⁰/₀ del total (cuadro 2). Por el contrario, los hongos, conocidos generalmente como organismos "ácido-tolerantes," eran relativamente escasos en suelos cultivados. Solamente en suelos vírgenes que (contenían bastante materia orgánica y se manifestaban muy ácidos), de la selva lluviosa de montaña, se encontró una gran mayoría de hongos (76-77⁰/₀ de las poblaciones microbianas "totales") (cuadro 2).

TAMAÑO DE LA POBLACION Y LA NATURALEZA DE LA "MICROFLORA TOTAL"

El tamaño de las poblaciones microflorales (hongos, actinomicetos y bacterias) capaz de sostenerse en cada uno de los 12 suelos investigados, se indica en los cuadros 2 y 3. Estos datos indican que los suelos hondureños son ampliamente variados. En este aspecto sostienen poblaciones muy pequeñas en algunos casos y relativamente elevadas en otros (0.6 hasta

Cuadro 2. Tamaño de las Poblaciones y Por Ciento de Representación de Unos Grupos Mayores que Componen las Microfloras Saprofíticas, Aeróbicas Totales de Suelos Representativos de Honduras.

Suelo No.	Tamaño de poblaciones de grupos: fisiológicos - morfológicos				Por ciento de la población "total" que se representa por			
	Bacterias y actinomicetos (juntos)							
	Acido Toleran- te 2/	Neutrofilos	Hongos		Hongos		Actinomicetos	
	10 ⁶ col./gramo	10 ⁶ col./gr.	A.T.	Neut.	A.T.	Neut.	A. T.	Neutr.
			10 ⁶ col./gr.		%	%	%	%
233	1.0	6.0	0.2	0.2	17	3	41	57
373	19.7	18.0	0.25	0.3	1	2	61	55
378	8.4	2.4	0.23	1.0	3	32	84	14
418	5.8	1.5	0.2	0.38	3	25	22	17
654	14.0	12.6	0.05	0.15	0.3	1	56	60
792	13.5	14.0	0.55	0.2	4	1	48	54
1879	35.5	4.2	0.4	1.25	1	25	58	40
1980	25.0	6.7	0.23	0.48	0.8	7	85	79
1981	20.3	16.3	0.2	0.25	1	1.5	72	78
1997	11.4	7.2	0.63	0.73	5	10	70	85
Suelo vírgen	1.2	5.0	3.8	3.0	76	38	0	10
Hojas caídas	1.2	7.7	2.9	1.4	77	15	0	2

1/ La población "total" incluye las bacterias, los actinomicetos y los hongos (veáse el cuadro No. 3)

2/ A.T.: "ácido tolerantes" microorganismos con el poder de crecer (formar colonias) en media bien ácida (pH 4.8-5.1); Neut: "netrofilos" organismos que requieren una media neutral con respecto a acidéz (pH 6.5-8.0). El número 10⁶ se utiliza para significar "millón de colonias"

36.0 millones de células propagativas, esporas, células vegetivas y trozos de micelio, por gramo de suelo seco); estas varían según el medio usado para el cultivo.

Stotzky et al. (45, 47) encontraron una población de 50 millones por gramo de muestra fresca, en un suelo de la costa del norte; este mismo suelo, después de ser guardado por tres meses, contenía solamente 22 millones de células viables.

El tamaño de la población encontrado por Stotzky et al. (59 millones), por supuesto era más elevada que la más grande que se obtuvo en esta investigación (36 millones). Pero el conteo de Stotzky fue hecho sobre una muestra bien fresca, inmediatamente después de recogerla. Al contrario, en esta investigación, los conteos de poblaciones se hicieron en muestras bastante desecadas y guardadas de 15 días hasta 5 meses. Bajo estas condiciones se esperan poblaciones bajas (54).

No obstante, algunos de los suelos estudiados aquí, aparentemente, sostenían poblaciones bastante pequeñas debido a su naturaleza intrínseca. Poblaciones pequeñas se originaron en suelos que contenían muy poca materia orgánica o indicaban una acidez demasiado fuerte (pH 4.5-5.5).

Es decir, aparte del efecto de disminución de la población, atribuible al prolongado período de desecación y almacenamiento de las muestras, ciertos suelos ácidos y de poco humus no tenían la capacidad de sostener grandes poblaciones de microorganismos. Otros conteos bajos, por supuesto, fueron causados por el lapso prolongado de sequía natural de los suelos durante la estación seca (*in situ*), cuando se colectan las muestras.

Aunque se encontraron poblaciones edáficas pequeñas en ciertas muestras, el tamaño promedio de las poblaciones microbianas "totales" de suelos hondureños (13 millones por gramo), generalmente, era más elevado que el promedio de los suelos tropicales de Malasia.

Corbet (11) encontró un promedio relativamente bajo (0.5 millones de organismos por gramo) en suelos ácidos y de contenido húmico bajo. Aparentemente, los suelos de Honduras sostenían poblaciones microflorales más elevadas que las poblaciones edáficas de Malasia, por consecuencia del ambiente exterior que era más semejante a los ambientes de la zona templada que el de Malasia (12).

El número de microorganismos "ácido-tolerantes," o sea los que eran capaces de crecer en un medio ácido (pH 4.8 hasta 5.1), excedieron ampliamente a los "neutrófilos".

El grupo de microorganismos que crecía en medio ácido (pH 4.8-5.1) era predominante en el 750/0 de los suelos (cuadro 3). Las tres

Cuadro 3. Influencia del Contenido de Materia Orgánica, Como el Factor Edáfico Principal, sobre la Acidez, la Concentración de Fósforo Disponible, y el Tamaño y la Naturaleza de las Microfloras Aeróbicas Saprofíticas de Algunos Suelos Hondureños.

Número de muestra edáfica	Materia orgánica (por ciento)	pH del suelo	Condiciones Edáficas Intrínsecas del Ambiente				
			Concentración de fósforo disponible ppm	Tamaño de población microfloral (millones por gramo)		Actinomicetos	
				Total			
				A. T. 1/	Neutr. 1/	A. T.	Neutr.
				millones colonias por gramo		millones colonias por gramo	
110	1.0	6.3	93	6.0	1.9	1.5	0.3
378	1.3	6.4	140	8.3	3.4	7.0	0.5
233	2.1	8.1	31	1.2	6.2	0.5	3.4
Promedio	1.5	6.9	88	5.3	3.8	3.0	1.4
792	3.0	6.2	97	14.1	14.2	7.0	7.5
654	3.1	6.2	35	14.0	12.7	8.0	7.5
373	3.7	6.4	107	20.0	18.3	12.2	10.1
1997	3.9	7.7	79	12.0	7.9	8.0	6.1
Promedio	3.4	6.6	80	15.0	13.3	8.8	7.8
1879	5.0	7.4	56	35.9	5.5	28.4	2.5
1980	5.1	5.1	4	25.3	6.7	21.2	5.3
1981	5.4	5.6	3	20.5	16.6	14.6	14.3
Promedio	5.2	6.0	21	27.0	9.5	21.4	7.4
Suelo vírgen	44.0	4.1	---	5.0	8.0	0.0	0.8
Hojas caídas	85.0	4.0	---	4.1	9.1	0.0	1.0
Promedio	65.0	4.1	---	4.5	8.5	0.0	1.0

1/ A. T.: Acido tolerantes. Neut: neutrófilos.

poblaciones más grandes que se encontraron 35.9 y 25.5 millones de colonias por gramo de suelo, se desarrollaron en un medio distintamente ácido. La mayoría de las especies en el grupo "ácido-tolerante" fueron bacterias o actinomicetos.

Los hongos "ácido-tolerantes" constituyeron la mayoría de la población microfloral total solamente en dos de las muestras.

Es probable que muchas de las cepas microbianas verdaderamente "ácido-tolerante" también tenían el poder de crecer en medio "neutral," de modo que muchas de las cifras sobre poblaciones citadas como "neutrófilas" resultaron exageradas. Muchas de las colonias que se desarrollaron eran realmente "neutrófilas aparentes."

Se concluye pues, que solamente en esos suelos donde los "neutrófilos aparentes" se encontraron mucho más numerosos que los ácido-tolerantes (como por ejemplo las muestras 233, 373 y 654), era posible postular la existencia de un alto número de microorganismos obligados a un ambiente neutral o básico.

Ecológicamente considerada, la existencia de grandes poblaciones de especies "ácido-tolerantes" parecía estar conforme con la reacción ácida de muchos suelos hondureños, el pH de los cuales variaba, en este estudio, desde 4.0 hasta 6.5 (2, 3, 26).

Pero como los actinomicetos pertenecían a un grupo conocido, generalmente, por su adaptación óptima a suelos alcalinos en las zonas templadas (55) y también, a ciertos suelos de las zonas tropicales (34), el alto porcentaje de actinomicetos de fisiología ácido-tolerante, en los suelos hondureños, sugería que estos organismos se han adaptado a las distintas condiciones ácidas que se encontraban por lo general en muchos suelos tropicales (9, 12, 14, 24, 26, 44, 56).

Los actinomicetos: estos microorganismos parecían constituir el grupo dominante dentro de las "poblaciones totales" de las microfloras saprofítica-aeróbicas de los suelos hondureños.

En casi todos los suelos agrícolas estudiados, estos microbios constituyeron más del 50% de las poblaciones que se desarrollaron tanto en los medios ácidos como en los neutrales. Las proporciones de las poblaciones "totales" que se encontraron compuestas de actinomicetos, se indican en el cuadro 2. Se observó un gran número de cepas actinomicetales, incluyendo algunas que poseían características antagonicas.

El verdadero número de especies que existían en cada suelo, no se pudo determinar hasta que se había logrado completar estudios cualitativos de las más de 300 cepas, de cultivo puro, que se mantienen guardadas.

Algunos de los cultivos de actinomicetos formaron colonias, extraordinariamente grandes, dentro de los 10 a 18 días de incubación.

Más o menos la mitad de los suelos estudiados contenían más cepas de actinomicetos "ácido-tolerantes" que los del grupo "neutrófilo aparente". El tamaño de población del grupo "ácido-tolerantes" varió de 0.5 hasta 28 millones por gramo; el tamaño de las poblaciones "neutrófilas" iba de 0.3 hasta 14 millones (cuadro 3).

La causa ecológica aparentemente asociada con la presencia de altos porcentajes de actinomicetos "ácido-tolerantes" será discutida en la sección correspondiente a "la influencia ambiental."

Las bacterias: el grupo de microbios denominado bacterias existía, por lo general, en una minoría en los suelos hondureños. El número de "propágulos" "ácido-tolerantes" varió desde 1.4 hasta 7.1 millones por gramo. Bacterias "neutrófilas aparentes" aparecieron en número desde 0.2 hasta 8.0 millones.

Refiriéndose a la población total, las bacterias constituyeron desde el 13 hasta 75% de las colonias que se desarrollaron en ambos medios fisiológicos usados para el cultivo. Pero en la mayoría de los suelos este grupo morfológico constituyó el 25% menos de la población total.

Por supuesto, los estudios realizados en 12 suelos típicos del país, sugerían que las bacterias ácido tolerantes eran mucho más numerosas que las del grupo fisiológico neutrófilo.

En estas investigaciones nada se pudo averiguar sobre grupos de bacterias que fijaban el nitrógeno o las que tenían que ver con el proceso de nitrificación.

Dentro de la gran cantidad de colonias bacterianas observadas, ninguna cepa aparecería ser antagonista. No obstante, la falta de cepas antagonistas no se conocerá con seguridad, hasta que se realicen los estudios cualitativos sobre la gran cantidad de cultivos que se mantienen aislados.

Los hongos: el número de "propágulos" (trozos de la micelia o esporas) de hongos que se encontró en los suelos agrícolas de Honduras, generalmente, constituyó una parte pequeña de la población "microbiana total." Solamente en suelos vírgenes, en los cuales el contenido de materia orgánica se encuentra muy elevado, existían los hongos en cantidades relativamente grandes arriba del 70% (véase el cuadro 2). No se observaron más de 20 cepas, o especies distintas, en el cultivo de todas las muestras.

Los tamaños de esta poblaciones fungosas también eran mayores que las de las poblaciones de los suelos agrícolas. Los dos suelos vírgenes tenían 2,9

y 3.8 millones de organismos adaptados al medio muy ácido. En el medio neutral las poblaciones en desarrollo eran menos numerosas.

Las poblaciones que se originaron en suelos cultivados fueron generalmente pequeñas variando desde 0.05 hasta 0.73 millones de "propágulos" por gramo de suelo.

INFLUENCIA DEL AMBIENTE

En los cuadros 3, 4, 5, 6 y las figuras 1-6, se presentan datos sobre varias condiciones ambientales que, indudablemente, influyeron sobre la naturaleza de las microfloras de los suelos aquí estudiados (25).

En el cuadro 1 se incluyen condiciones ambientales "fuera del suelo" y varias condiciones del suelo mismo. El clima y la fisiografía son factores que determinan, en alto grado, la temperatura y el contenido de agua del suelo; la fisiografía influye sobre el drenaje y aireación del suelo.

El presente artículo tiene como finalidad discutir tres factores intrínsecos del suelo: el contenido de materia orgánica, el pH y el fósforo disponible.

La textura y la estructura del suelo, las concentraciones del fósforo, potasio y calcio disponible, el contenido de materia orgánica (m.o.), consideradas individualmente y en combinación, se discutirá, en forma más detallada en otras publicaciones en preparación.

LA MATERIA ORGANICA

El contenido de materia orgánica edáfica parece ser una de las condiciones ambientales más significativas, que influyen sobre el tamaño y la naturaleza fisiológica de la microflora aeróbica-saprofítica.

Como muchos de los suelos ácidos parecen tener, generalmente, contenidos de materia orgánica relativamente elevados (3 hasta 60/o), el nivel de pH también es un factor importante, con influencia mayor sobre las características fisiológicas y que es difícil separar de la influencia húmica. (De modo que la m.o. influye sobre las microfloras hondureñas directae indirectamente, cuadro 3).

Los suelos hondureños que han sido estudiados (25, 26, 44, 45, 48), por lo general no difieren radicalmente de otros suelos que existen bajo condiciones ecológicas similares en el trópico americano.

Las muestras de suelos agrícolas, seleccionadas para esta investigación, fueron escogidas por las variaciones amplias, tanto en el contenido de materia orgánica, como en la concentración de iones de hidrógeno (pH). El

contenido de materia orgánica variaba desde menos de uno por ciento hasta 6 por ciento o más en el suelo virgen.

El contenido elevado de materia orgánica proporciona sostén nutritivo para el crecimiento de grandes poblaciones microbianas y producen un ambiente ácido que permite la existencia de grandes cantidades de actinomicetos y bacterias, predominantemente de tipo "ácido-tolerantes" (25).

Los suelos, con un contenido de materia orgánica relativamente elevado (4 hasta 60/o) a cualquier pH de los encontrados, por lo común, se hallaban elevadas poblaciones microbianas (Fig. 1). Especialmente las poblaciones "totales" de microbios "ácido-tolerantes" en los suelos vírgenes de un contenido de materia orgánica muy elevado (40-80/o), se encontraron excepciones a esta regla general (cuadro 3 y Fig. 2); la existencia de bacterias actinomicetos "ácido-tolerantes" se encontró muy limitada, probablemente, por causa de la acidez elevada y la competencia intensa de los hongos. Las poblaciones de "neutrófilos aparentes" también aumentaron con la elevación de "m.o." A diferencia del grupo "ácido-tolerantes," las poblaciones de microbios "intolerantes a la acidez" empezaron a declinar cerca del 3.50/o de "m.o." La causa de la declinación de "neutrófilos verdaderos" con el aumento de la "m.o." venía, probablemente asociado con el aumento de la acidez (cuadro 4).

Se encontraron poblaciones de bacterias muy pequeñas en los suelos vírgenes de alta concentración de "m.o." (44 hasta 860/o). La gran mayoría de las cepas que componían las poblaciones de tales suelos eran hongos (cuadro 2, Fig. 2).

Al contrario, las poblaciones fungosas en los suelos agrícolas que contenían menos de 60/o de "m.o.," por lo general, eran pequeñas. El aumento de humus, desde 1.0 hasta 5.50/o en los suelos agrícolas, casi no afectó el tamaño de las poblaciones fungosas.

Ningún suelo agrícola sostenía más de 0.75 millones de propágulos por gramo de muestra. En los suelos silvestres las poblaciones fungosas se encontraron cinco veces más numerosas.

LA ACIDEZ

Este estudio sobre las microfloras edáficas hondureñas (25) demostró varios resultados interesantes e inesperados que se relacionaron con el pH.

Como se indicó, se encontraron, frecuentemente poblaciones de actinomicetos y bacterias de tipo "ácido-tolerantes" relativamente elevadas. Fue sorprendente observar que un porcentaje bastante elevado de este grupo fisiológico, eran actinomicetos.

Cuadro 4. Relaciones Generales Aparentes Entre la Acidez (pH)^{2/}, como el Factor Edáfico Principal, y Algunas Otras Condiciones Químicas y Microbiológicas de Suelos Hondureños.

Grupos de suelos semejantes	Número de muestras por grupo	Acidez	Condiciones Ecológicas del Ambiente Edáfico					
			Fósforo Disponible (PO ₄)	Materia Orgánica	Tamaño de Población Microfloral			
					"T o t a l"		Actinomicetos	
					A. T.	Neutr.	A. T.	Neutr.
		pH.	ppm	%	millones de colonias por gramo			
1								
Variación	2	4.0-4.1	----	44-85	4.1-5.0	8.0-9.1	0.2-0.5	0.2-0.8
Promedio		4.05	----	65	4.6	8.5	0.35	0.50
2								
Variación	2	5.1-5.6	3-4	5.1-5.4	21-25	7-17	15-21	5-14
Promedio		5.4	3.5	5.3	23.5	12.0	18.0	10.0
3								
Variación	5	6.2-6.4	35-140	1.0-3.7	6.0-20.0	2.0-18.0	2.0-12.0	0.3-10.1
Promedio		6.3	94	2.4	12.5	10.1	7.1	5.8
4								
Variación	3	7.4-8.1	31.79	2.1-5.0	1.2-35.9	5.5-7.9	0.5-28.4	2.5-6.1
Promedio		7.7	55	3.7	16.4	6.5	12.3	4.0

^{1/} Variación entre las muestras incluídas en cada grupo

^{2/} Suelos agrupados por semejanza del nivel del acidez.

Investigaciones de los actinomicetos en suelos de la zona templada demostraron que este grupo de microorganismos se encontraba más numerosos en suelos básicos (pH 7.0 hasta 8.5) (54, 55).

El alto porcentaje de actinomicetos en suelos hondureños sugería que estos organismos que, generalmente son "*basófilos*" se habían acomodado a un ambiente distintamente ácido, condición que se encontró en muchos suelos del trópico (9, 12, 24, 26).

La influencia primaria de la acidez sobre la naturaleza de las microfloras se indica en los datos del cuadro 4 y gráficamente, en las figuras 3-5.

Suelos algo ácidos (pH de 5.0 hasta 6.3) se encontraban, generalmente asociados con las poblaciones microbianas totales más grandes en ambos grupos fisiológicos (Fig. 3).

Los actinomicetos "ácido-tolerantes" por lo general se encontraban, relativamente abundantes en la zona de pH 5.6 hasta 6.0 (Fig. 4), pero en algunos casos (cuadro 4), concentraciones de "m.o." de 4-5⁰/o también sostenían grandes poblaciones de este grupo fisiológico en suelos distintivamente básicos (pH 7.7). Datos microbianos de este tipo (25) sugerían que la alta concentración de "m.o." y no el pH, era probablemente el factor de más importancia que influía en el tamaño y la naturaleza de las poblaciones microflorales.

En suelos agrícolas el tamaño de las poblaciones fungosas parecía estar influido, algo favorablemente, por la disminución en acidez desde pH 5.4 hasta 7.7 (Fig. 5).

Los promedios del tamaño de las poblaciones aumentaron de 0.27 hasta 0.73 millones a pesar de que el contenido de "m.o." tenía la tendencia a disminuir.

Solamente en los suelos silvestres de fuerte acidez (pH 4.0), se encontraron cantidades relativamente grandes de hongos.

Corbet (12), en sus estudios de suelos tropicales silvestres de Malasia, formados bajo bosques también encontró que los hongos predominaban.

Por el contrario, en Honduras, en los suelos cultivados de acidez intermedia (pH 5.4 - 6.3), se encontraron poblaciones de hongos más pequeñas; posiblemente, porque en este ambiente de poca acidez a los hongos les faltaba el poder de competir bien, con las bacterias y los actinomicetos "ácido-tolerantes."

EL FOSFORO DISPONIBLE

Una de las condiciones importantes en la actividad microfloral era la disponibilidad del fósforo.

Como seña de la importancia del P, se realizaron numerosas investigaciones en los trópicos de América y del viejo mundo: sobre las características de los compuestos edáficos naturales del fósforo (2, 3, 7, 14, 17, 58), los mecanismos que causan la disponibilidad (1, 2, 20, 38, 41, 58) o fijación (8, 18), y la respuesta vegetal que se consigue con varias formas fertilizantes del elemento (27, 37, 40, 43).

Burd (10), y Black y Goring (6), en sus revisiones de literatura sobre la química edáfica del fósforo indicaron que, por lo general gran parte del P total edáfico existía en formas de compuestos orgánicos, como parte del humus o en células vivas o muertas. Varios investigadores, al estudiar suelos del trópico americano, comprobaron la exposición de Burd, y Black y Goring (2, 7, 14, 17, 58).

En este estudio solamente se determinó el P disponible en la forma mineralizada inmediatamente utilizable en el crecimiento vegetal.

El fósforo inorgánico aparentemente, no influyó de modo directo sobre el tamaño de las poblaciones microbianas; más bien se diría que se encuentra, directamente relacionado con la concentración de "m.o." y con el tamaño de las poblaciones microbianas, que por su parte, dependían del nivel húmico (Figs. 1 y 2).

Los datos en el cuadro 5 y la figura 6 indican que con el aumento del contenido de "m.o." y el tamaño de la población microfloral resultante, la concentración de P disponible va disminuyendo.

En semejantes grupos de suelos bastante ácidos (promedio pH 5.3) el P disponible se encontró en muy baja concentración (3.5 ppm). En suelos básicos (pH 7.7) la concentración de P era intermedia (50 ppm). En suelos de muy poca acidez (pH 6.3) la concentración de P disponible resultó ser la más elevada de todas (109 ppm).

La relación entre el P disponible y los componentes del suelo de naturaleza orgánica tuvieron un interés especial. Awan (2, 3) realizó estudios acerca de la nutrición de vegetales en ciertos suelos de Honduras y encontró muy altos porcentajes (76% - 82%) del fósforo total, en forma de compuestos orgánicos.

Otros investigadores de suelos tropicales también mencionaron la rapidez de descomposición de compuestos orgánicos y el significado de este proceso en relación a la disponibilidad del P (1, 10, 12, 18, 30, 35).

No es posible rechazar, sin hacer más investigaciones, la posibilidad de que los hongos, actinomicetos y bacterias de fisiología "ácido-tolerante" son los responsables, en los suelos hondureños, de un mecanismo importante en la fijación del P inorgánico soluble; almacenado este

Cuadro 5. Relaciones Generales Aparentes Entre Fósforo Disponible 2/ como el Factor Edáfico Principal y otras Condiciones Químicas y Microbiológicas de Suelos Agrícolas Hondureños.

Grupos de suelos semejantes <u>2/</u>	Número de muestras por grupo	Condiciones Ecológicas del Ambiente Edáfico				
		Fósforo disponible	Materia orgánica	Acidez	Tamaño de Población Microfloral "Total"	
		ppm	%	pH	Acido-tolerante	Neutrofilos
<u>1</u> Variación <u>1/</u> Promedio	2	3-4 3.5	5.1-5.4 5.3	5.1-5.4 5.3	20.5-25.3 22.9	6.7 -16.6 11.7
<u>2</u> Variación Promedio	4	31-79 50.0	2.1-5.0 3.5	6.2-8.1 7.4	1.2-35.9 15.8	5.5-12.7 8.1
<u>3</u> Variación Promedio	4	93-140 109.0	1.0-3.7 2.3	6.2-6.4 6.3	5.0-20.0 12.2	1.9-18.3 9.5

1/ Variación entre muestras semejantes

2/ Suelos agrupados por semejanza de concentración de P en 3 grupos: Alta, Intermedia, Baja.

elemento en tejidos o células vivas y muertas, se mantiene así, en una forma no disponible para el crecimiento de los vegetales superiores. Siguiendo a la aplicación de cal a suelos hondureños con resultado de declinación de acidez desde un pH de 5.4 hasta 6.3, Awan (2,3) encontró que la concentración de P disponible se aumentó desde 3.4 hasta 6.0 ppm. El fósforo orgánico declinó desde 82.4% hasta 72.1% del P total (orgánico e inorgánico). Este incremento de P soluble sugiere que una actividad microbiana más agradable a un ambiente de muy poca acidez es responsable por la minerilización del fósforo orgánico (1, 6, 11, 20, 33, 36, 54).

COMPENDIO

Esta investigación se realizó en diez suelos cultivados y dos suelos silvestres de bosque lluvioso de montaña. Estos suelos eran diferentes en el contenido de materia orgánica, el pH, la textura y la estructura.

Las condiciones extrínsecas ambientales tales como el tipo de cosecha, el grado de cultivo de la tierra, factores del clima y la elevación, también variaban ampliamente.

Los datos indicaban que el tamaño de las poblaciones y la naturaleza fisiológica y morfológica de la microflora parecen tener relaciones significativas con ciertas condiciones del ambiente.

Los tamaños de la población "total" (bacterias, actinomicetos y hongos) variaban ampliamente desde menos de 1 millón hasta 36 millones de células "*propágulos*," por gramos de suelo. Se encontraron porcentajes asombrosamente elevados (50 hasta 80) de actinomicetos "ácido-tolerantes," es decir, especies que tienen la capacidad de crecer en un medio de cultivo distintamente ácido (pH 4.8).

El fenómeno de alto número de actinomicetos en suelos ácidos tropicales era muy diferente de lo que se esperaba en este grupo de microorganismos en la zona templada.

Bien se reconoció que los actinomicetos edáficos en esta zona, generalmente, eran "no tolerantes" al medio ácido. Por el contrario, los hongos se encontraron muy escasos fuera de los suelos silvestres montañosos de fuerte acidez (pH 4.2).

Las poblaciones totales de "neutrófilos," es decir, especies que requieren el medio neutral (pH 7.0) para su crecimiento eran más pequeños que las poblaciones de los "ácido-tolerantes" en la mayoría de los suelos investigados.

Dentro de los varios factores ecológicos intrínsecos de los suelos que se determinaron cuantitativamente, el contenido de materia orgánica parecía

ser la condición más importante que influía en la naturaleza de los microbios.

Suelos que contenían 50/o de "m.o." mantenían poblaciones de microbios "ácido-tolerantes" cinco veces más elevados que los que contenían 1.50/o de "m.o."

Poblaciones de neutrófilos llegaron al máximo tamaño en suelos de no más de 3.50/o "m.o." y una acidez que se aproximaba a un pH de 6.8.

El tamaño de las poblaciones de hongos estuvo muy poco influenciado por el contenido de "m.o.," excepto en los suelos silvestres que contenían cantidades de "m.o." sumamente elevadas (60).

La influencia de la acidez parecía ser menos importante que la de la materia orgánica, excepto en los suelos silvestres, donde su acidez fuerte suprimía el tamaño de las poblaciones de bacterias y actinomicetos, a pesar de la abundancia de materia orgánica, pero permitía poblaciones de hongos relativamente elevadas.

En los datos de Awan (acerca del fósforo disponible en ciertos suelos hondureños, el pH de los cuales se elevó desde 5.2 hasta 6.2 por medio de la cal) tanto como los datos de esta investigación en lo relacionado con el P soluble inorgánico, sugerían que los altos porcentajes de microbios "ácido-tolerantes" en los suelos de este país centroamericano tenían una relación significativa con la cantidad de P para el uso inmediato de los vegetales en crecimiento.

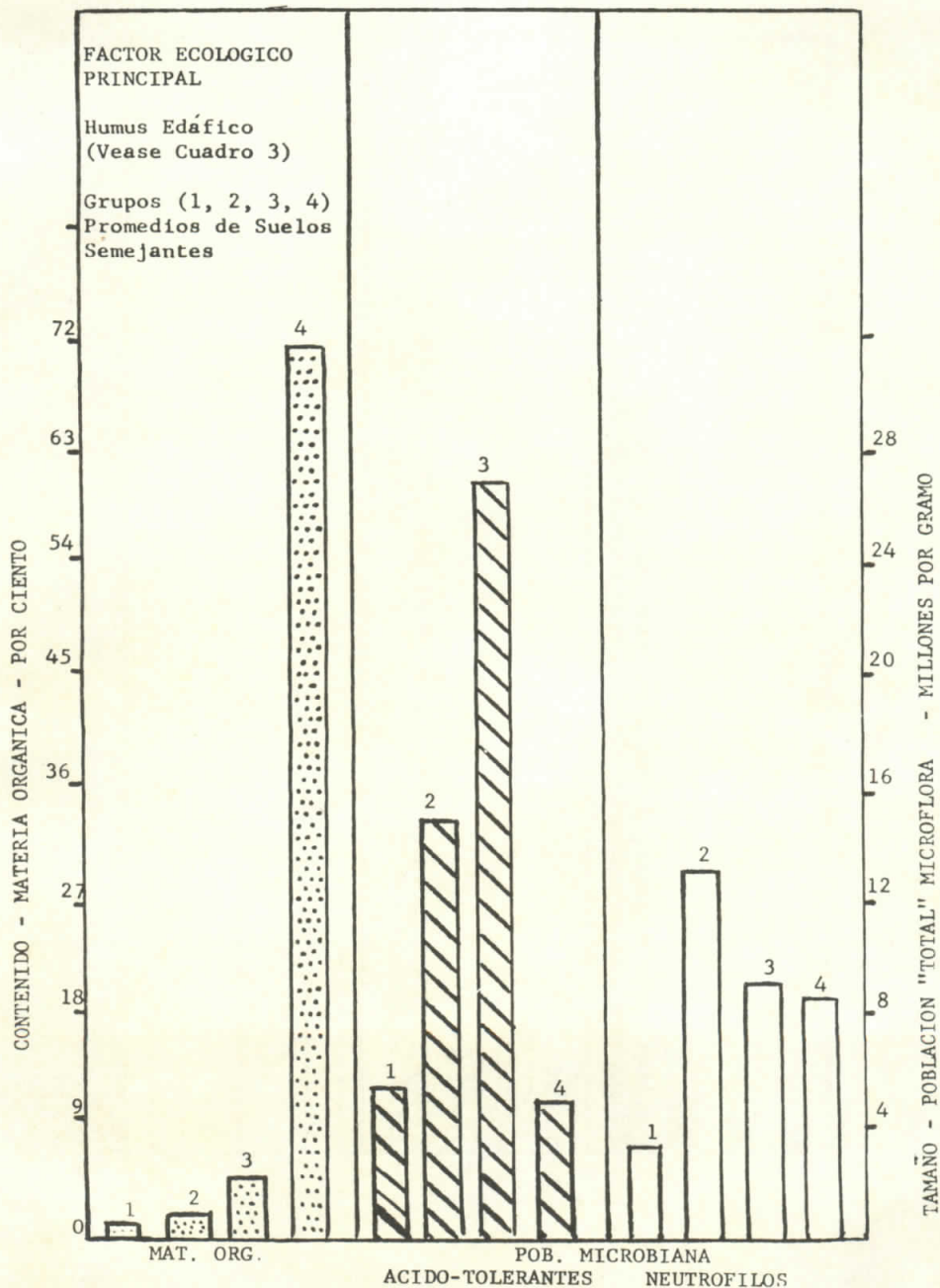


Fig. 1. Relaciones ecológicas generalizadas, entre el contenido de materia orgánica y el tamaño de las poblaciones "totales" saprofíticas, aeróbicas microflorales de algunos suelos hondureños.

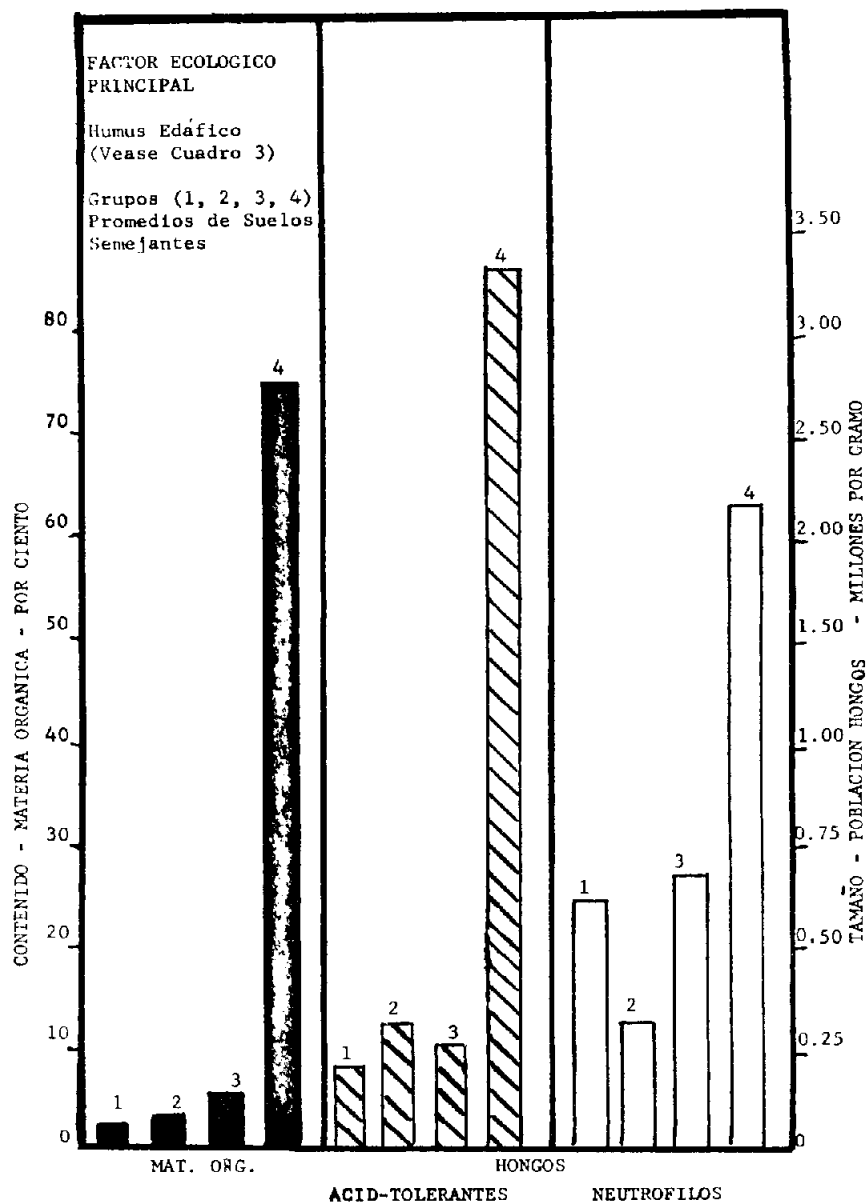


Fig. 2. Relaciones ecológicas generalizadas, entre la concentración de materia orgánica y el tamaño de las poblaciones fungosas de algunos suelos hondureños.

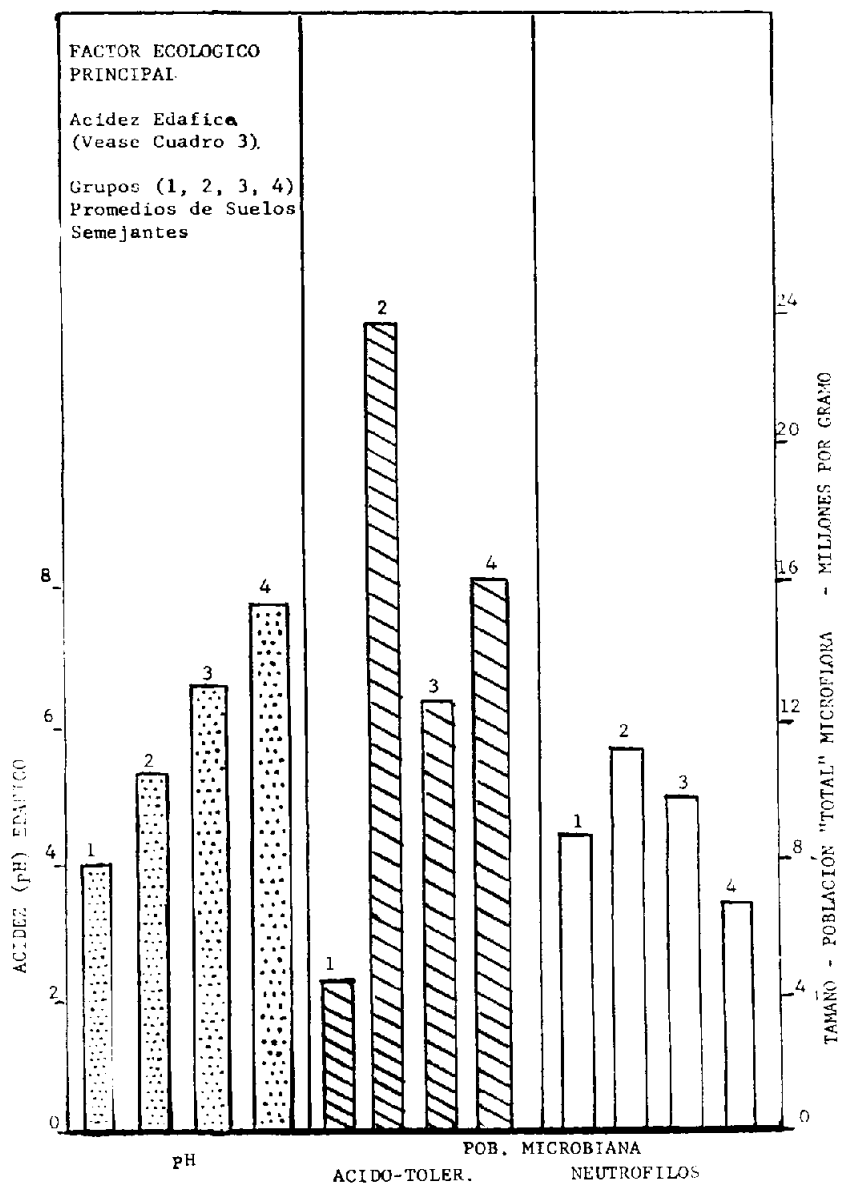


Fig. 3. Relaciones ecológicas generalizadas entre la intensidad de la acidez (pH) y el tamaño de las poblaciones "totales" saprofíticas aeróbicas microflorales de algunos suelos hondureños.

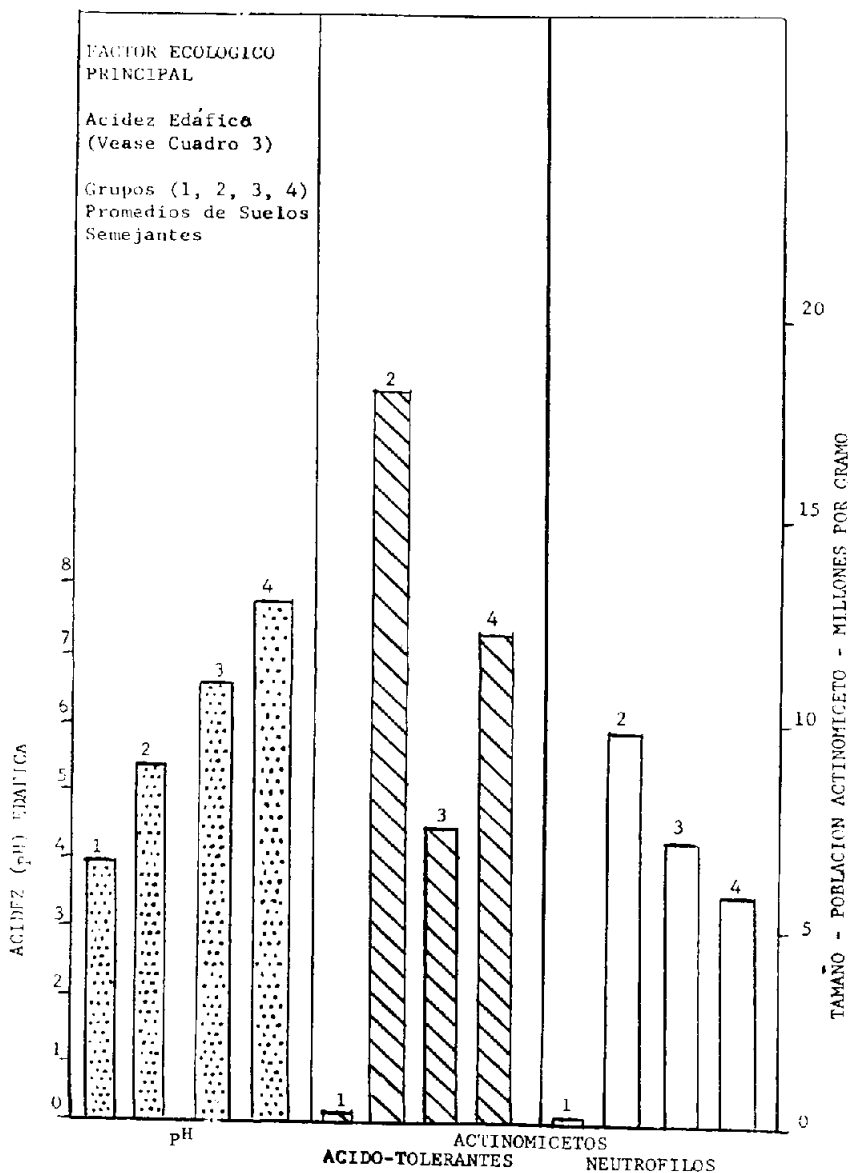


Fig. 4. Relaciones ecológicas generalizadas entre la intensidad de la acidez (pH) y el tamaño de las poblaciones de actinomicetos de algunos suelos hondureños.

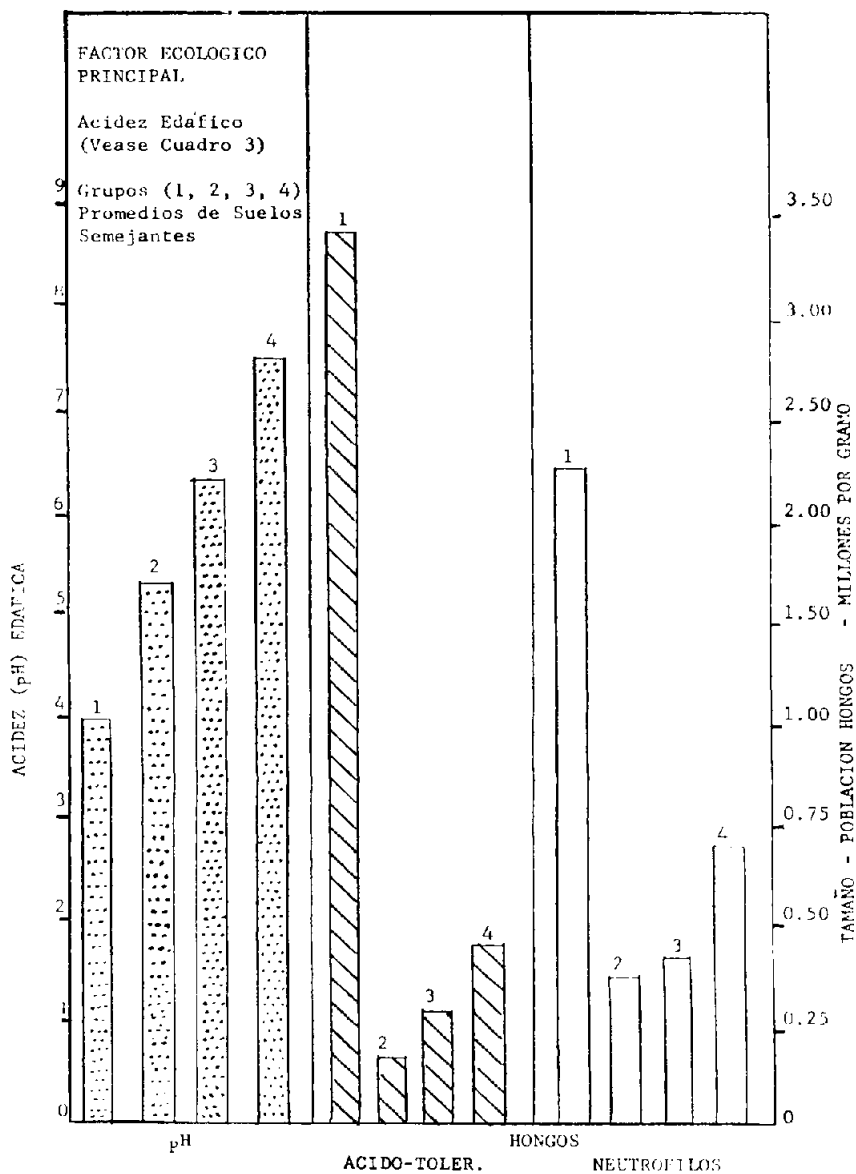


Fig. 5. Relaciones ecológicas generalizadas entre la intensidad de la acidez (pH) y el tamaño de las poblaciones fungosas de algunos suelos hondureños.

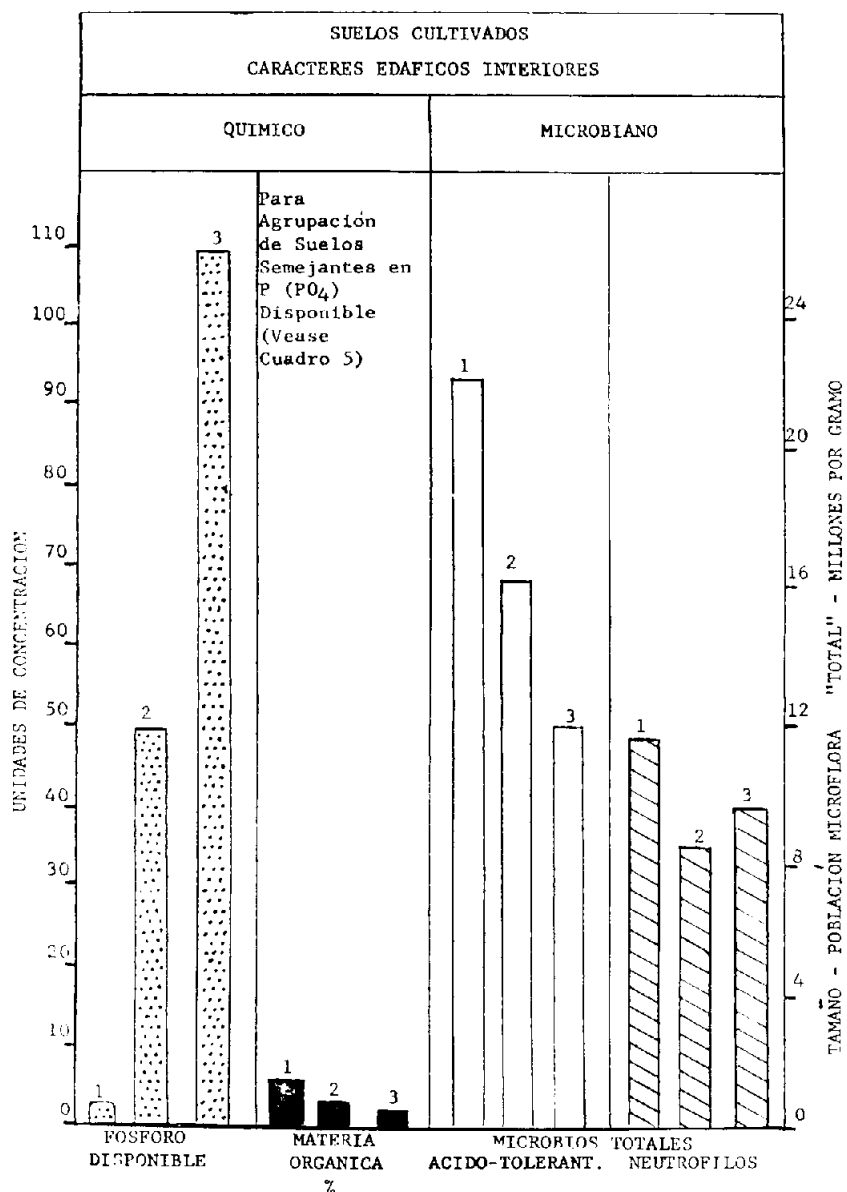


Fig. 6. Relaciones generalizadas aparentes entre la concentración del fósforo disponible y varios otros factores edáficos de algunos suelos hondureños.

LITERATURA CITADA

1. Acquaye, D. K. Some significance of soil organic phosphorus mineralization in the phosphorus nutrition of cocoa in Ghana. *Plant and Soil* 19:65-80, 1963.
2. Awan, A.B. Efecto de cal en la disponibilidad de fósforo en los suelos de El Zamorano, Ceiba 10:62-67, 1964.
3. Awan A.B. Effect of lime on availability of phosphorus in Zamorano soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 28:672-673, 1964.
4. Awan, A.B. Efecto de la fertilización con potasio sobre el rendimiento y acame del maíz. Ceiba 11:90-93, 1965.
5. Bennema, J. The red and yellow soils of the tropical and subtropical uplands. *Soil Sci.* 95(4):250-257, 1963.
6. Black, C.A. and Goring, C.A. I. Organic phosphorus in soils, Chap. 5: 123-152 in *Soils and Fertilizer Phosphorus in Crop Nutrition*, 1953
7. bornemisza, Elemer and Igue, Kozen. Comparison of three methods for determining organic phosphorus in Costa Rica soils. *Soil Sci.* 103(5):347-353, 1966.
8. Bornemisza, E. y Igue, K. Oxidos libres de hierro y aluminio en suelos tropicales. *Turrialba* 17:23-30, 1967.
9. Bramao, D. L. Kellogg, C. E. and Bear, F. E. Symposium on tropical soil resources. *Soil Sci.* 95:219-220 (219-282 10 papers), 1963.
10. Burd, J. S. Chemistry of the phosphate ion in soil systems. *Soil Sci.* 65:227-248, 1948.
11. Corbet, A. S. Studies on Tropical Soil Microbiology II The Bacterial Numbers in the soil of the Malay Peninsula. *Soil Sci.* 38:407-416, 1934.
12. Corbet, A. S. Biological Processes in Tropical Soils. W. Heffer & Sons, Cambridge, 1935. pp. 1-127
13. Cunningham, R. C. The effect of clearing tropical forest soil. *J. Soil Sci.* 14:334-345, 1963.
14. Dahnke, William C. Malcolm, John L. and Menéndez, Miguel E. Phosphorus fractions in selected soil profiles in El Salvador as related to their development. *Soil Sci.* 98(1): 33-38, 1964.
15. Edelman, C. H. and Van Der Voorde, P. K. J. Important characteristics of alluvial soils in the tropics. *Soil Sci.* 95(4): 258-263, 1963.
16. Farrow, W. M. Tropical soil fungi. *Mycologia* 46:632-646, 1954.
17. Fassbender, H. W. Formas de los fosfatos en algunos suelos de la zona oriental de la meseta central y de las llanuras atlánticas de Costa Rica. *Fitotecnia Latinoamericana* 3(1-2):187-202, 1966.
18. Fassbender, H. W. and Igue. K. Comparación de métodos radiométricos y colorimétricos en estudios sobre retención y transformación de fosfatos en el suelo. *Turrialba* 17:284-287, 1967.

19. Fred, E. B. and Waksman, S. A. Laboratory Manual of General Microbiology. McGraw-Hill, New York, pp. 87-104, 1928.
20. Friend, M. T. and Birch, J. B. Phosphate responses in relation to soil tests and organic phosphorus, *J. Agr. Sci.* 54:341-347, 1960.
21. Goos, R. G. Soil fungi from Panamá and Costa Rica. *Mycologia* 52:877-883, 1960.
22. Goos, R. G. Further observations on soil fungi in Honduras. *Mycologia* 55:142-150, 1963.
23. Goos, R. G. and Tinonin, M.I. Fungi from the rhizosphere of banana in Honduras. *Canadian Jour. Bot.* 40:1371-1377, 1962.
24. Hardy, F. The soils of South America. Chap. 5, pp. 322-326 in *Plants and Plant Science in Latin America*. Chronica Botanica. Waltham, Mass., 1945.
25. Hervey, R. J., House, Carlos Rivera, and Espinoza, Jonatan. Some characteristics of representative Honduran soil microflora. *Turrialba* (19:208-214, 1969).
26. House, C. R. Unpublished studies of physical and chemical characteristics of Honduras soils. Lab. de Suelos, Secretaría de Recursos Naturales. Tegucigalpa, República de Honduras, 1967.
27. Ignatieff, V. and Lemos, Petezval. Some management aspects of more important tropical soils. *Soil Sci.* 95(4):243-249, 1963.
28. Jackson, M. L. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J. Chap. 3 and 9, 1964.
29. Jenny, H. Great soil groups in the equatorial regions of Colombia, South America. *Soil Sci.* 66:5-28, 1948.
30. Jenny H. Causes of the high nitrogen and organic matter content of certain tropical forest soils. *Soil Sci.* 69:63-69, 1950.
31. Jenny, H. Comparison soil nitrogen and carbon in tropical and temperate regions as observed in India and the Americas. *Univ. Missouri Agr. Expt. Sta. Research Bull. No. 765*, pp. 5-31, 1961.
32. Jenny, H. Bingham, F., and Padilla-Saravia, B. Nitrogen and organic matter contents of Equatorial soils of Colombia, South América. *Soil Sci.* 66:173, 1948.
33. Jenny H., Gessel, S. P., and Bingham, F. T. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. *Soil Sci.* 68:419-432, 1949.
34. Johnstone, D. B. Soil actinomycetes of Bikini Atoll, with special reference to their antagonistic properties. *Soil Sci.* 64:453-458, 1947.
35. Kellogg, Charles E. Shifting cultivation. *Soil Sci.* 95(4):221-230, 1963.
36. Macrae, I. C., Rosabel, R. Ancajas, and Salandanan, S. The fate of nitrate nitrogen in some tropical soils following submergence. *Soil Sci.* 105(5):327-334, 1968.
37. Malcolm, J. L. Ensayos cooperativos sobre fertilizantes para maíz en Centro América en el año 1961. Informe de la 8a. Reunión del Proyecto Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento del Maíz, pp. 69-75. Editado por la Fundación Rockefeller, México, D. F. 1962.

38. Marel, van der, H. W. Tropical soils in relation to plant nutrition. Soil Sci. 64:445-452, 1964.
39. Martini, José A. Caracterización del estado de potasio en seis suelos de Panamá. Fitotecnica Latinoamericana 3(1-2):163-186, 1966.
40. Ortiz, O. I. Experiencias sobre fertilización en Guatemala. Bol. Tec. 15. Dirección General de Investigaciones. Ministerio de Agric. Guatemala, 1965.
41. Pierre, W. H. and Norman, A. G. Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition. Agronomy Monographs. Am. Soc. Agr. 4:487, 1953.
42. Reinking, O. A., Wollenweber, H. W. Tropical Fusaria. Philippine Jour. Sci. 32:103-253, 1927.
43. Salazar, M. J. R. Trabajo experimental realizado en el Salvador por recomendación del P.C.C.M.M. Informe de la 8a. Reunión del Proyecto Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento del Maíz, pp. 55-56, Edited by the Rockefeller Foundation, México, D. F., 1962.
44. Stotzky, G., Dawson, V. E. Martin, R. T. and Ter Kuile, C. H. H. Soil Mineralogy as a factor in spread of *Fusarium* wilt of banana. Science 133:1483-1485, 1961.
45. Stotzky, G., Goos, R. G. and Timonin, M.I. Microbial changes occurring in soil as a result of storage. Plant and Soil 16:1-13, 1962.
46. Stotzky, G. and Martin, R. T. Soil mineralogy in relation to the spread of *Fusarium* wilt of banana in Central América. Plant and Soil 18:317-337, 1963.
47. Stotzky, G. and Goos, R. G. Effect of high CO₂ and low O₂ tensions on the soil microbiota. Ganad. Jour. Microbiol. 11:853-868, 1965.
48. Stover, R. H. Flood-fallowing for eradication of *Fusarium oxysporum* f. *Cubense*: II. Some factors involved in fungus survival. Soil Sci. 77(5):401-414, 1954.
49. Stover, R. H. Flood-fallowing for eradication of *Fusarium oxysporum* f. *Cubense*: III. Effect of oxygen on fungus survival. Soil Sci. 80(5):397, 1955.
50. Stover, R. H., Thornton, N. C. and Dunlap, V. C. Flood-fallowing for eradication of *Fusarium oxysporum* f. *Cubense*: I. Effect of flooding on FUNGUS FLORA OF CLAY LOAM SOILS IN Ulua Valley, Honduras. Soil Sci. 76(3):225-238, 1953.
51. Stover, R. H. and Waite, B. H. Colonization of banana roots by *Fusarium oxysporum* f. *Cubense* and soil fungi. Phytopath. 44:689-693, 1954.
52. Tomonin, M. I. *Scaptocoris Talpa* Champ. on the roots of banana and other crops. FAO Plant Protection Bull. 6:1-2, 1958.
53. Van Wambeke, A. Recent developments in the classification of the soils of the tropics. Soil Sci. 104(5):309-313, 1967.
54. Waksman, S. A. Principles of soil Microbiology, 2nd Ed. pp. 1-906. Williams and Wilkins Co., Baltimore, Md., 1932.
55. Waksman, S. A. The Actinomycetes-Their Nature, Occurrence, Activities and Importance. Chronica Botanica. Waltham, Mass., pp. 1-230, 1950.

56. Westin, F. C. Los principales suelos de Venezuela. Informe No. 1515 pp. 1-175, FAO, Rome, 1963.
57. Westin, F. C., Avilan, Bustamante, A. and Mariono M. Characteristics of some Venezuelan soils. *Soils Sci.* 105(2):92-102, 1968,
58. Westin, Fred C., de Brito, Julia G., and Bustamante, Alfredo. Phosphorus fractions of some Venezuelan soils as related to their stage of weathering *Soil Sci.* 107:194-202, 1969.