

Evaluación de Cacao Híbrido Bajo Dos Sistemas de Sombra en Turrialba, Costa Rica¹

I. Morera*, A. Mora*

ABSTRACT

Two shade systems for higher yield in cocoa hybrids were compared: poro (*Erythrina poeppigiana*) and laurel (*Cordia alliodora*). After eleven years of data for cocoa yield had been completed with each shade system, three cocoa hybrids were evaluated for some traits. No significant differences between the treatments were noted for the eleven-year average. Although there were no significant differences between the shade systems; the poro system resulted in slightly improved yields of cocoa compared with the laurel system, which was inferior in yield by 10.7 kg/ha. These results and others previously reported for both systems suggest that the poro system is apparently more effective for improving cocoa yield and other traits.

COMPENDIO

Con el propósito de medir el rendimiento y otras características de híbridos de cacao, se compararon dos sistemas de sombra: poró (*Erythrina poeppigiana*) y laurel (*Cordia alliodora*). Después de 11 años de tomar datos en cada sistema de sombra, fueron evaluadas algunas características de tres híbridos de cacao. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos para el promedio de 11 años. Sin embargo, aunque no existió diferencias significativas entre los sistemas de sombra, en poró hubo un ligero incremento de 10.7 kg/ha en rendimiento de cacao comparado con el sistema de laurel. Estos resultados, y otros reportados, para ambos sistemas sugieren que el sistema de poró es un poco más efectivo para incrementar el rendimiento y otras características del cacao.

INTRODUCCION

En Centroamérica y el Caribe, los agricultores tradicionalmente han manejado el cultivo de cacao en forma muy variada, utilizando diversos modelos y/o sistemas ecológicos de gran sostenibilidad.

El hábitat natural del cacao corresponde a las zonas en que predominan los bosques tropicales bajos. En estas condiciones vive en asociación biológica con otras especies como palmeras, árboles y arbustos pequeños; por esta razón se dice que el cultivo de cacao es umbrófilo, por lo que se establece tradicionalmente bajo sombra (3, 9).

El cultivo de cacao sin sombra puede presentar varios problemas. Dependiendo de la fertilidad natural del suelo, la creciente extracción de nutrimentos conduce con el tiempo a una disminución de la producción y a la senescencia temprana de los árboles (2). Se menciona que la eliminación completa de la sombra en cacaotales en producción produce un rápido incremento del rendimiento, pero pronto se deteriora la plantación con la muerte regresiva por enfermedades, ataque de insectos y, finalmente, la muerte de los árboles (12).

Una sola especie arborea rara vez reúne todas las características deseables que debería tener el árbol ideal de sombra del cacao. Sin embargo, se debe tratar de seleccionar aquella(s) especie(s) con mejores cualidades (7, 8, 10).

La utilización de algunas especies para sombra varía ampliamente dentro de regiones y entre países (9). Por ejemplo, Vinha y Mattos (11) describen 131 especies de árboles nativos recomendados como sombra permanente para cacao, en el estado de Bahía y norte del estado de Espírito Santo en Brasil.

Entre las especies recomendadas como sombra permanente se mencionan frutales (cítricos; anonáceas,

¹ Recibido para publicación el 24 de agosto de 1990
Los autores agradecen la colaboración de Eddie Salazar en la recolección de datos

* Programa de Mejoramiento de Cultivos Tropicales, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, C.R.

Anacardium occidentale, *Calocarpum mammosum* y otros; leguminosas, principalmente de los géneros *Gliricidia*, *Inga* y *Erythrina*; árboles maderables como *Cedrela toona* (cedro rojo) y *Cordia alliodora* (laurel); palmáceas y otras especies, como *Cocos nucifera* y *Hevea brasiliensis* (5, 7, 8).

Las leguminosas presentan la ventaja de incorporar nitrógeno al suelo, y algunas producen madera para leña (5, 11).

Se menciona que la especie *E. poeppigiana* incorpora alrededor de 224 kg/ha de sulfato de amonio por año, y se reproduce fácilmente por medio de estacas y semillas (9).

En el caso de *C. alliodora* (laurel), se considera especie prometedora como árbol de sombra por su rápido crecimiento, fuste recto y sistema radical aparentemente profundo; la copa, que ocupa poco espacio, presenta una alta producción de hojas y se autopoda. Además, su madera tiene mucha demanda para la construcción de pisos, cielos rasos, puertas, ventanas y gabinetes (9).

Alpizar *et al.* (1) estudiaron en el CATIE, Costa Rica, dos sistemas agroforestales: cacao bajo laurel (*C. alliodora*) y cacao bajo poró (*E. poeppigiana*). No se presentaron diferencias en el cacao con respecto a la acumulación de nitrógeno, fósforo y calcio, pero el potasio y el magnesio fueron superiores bajo sombra de laurel. La biomasa total fue más alta en el sistema con *C. alliodora* y, prácticamente, no hubo diferencia en la producción de biomasa aérea de cacao bajo los dos sistemas de sombra.

Heuvelink *et al.* (6) compararon los sistemas anteriores y encontraron que la producción de almendras de cacao y cáscara fue ligeramente superior bajo sombra de *Erythrina*. La producción natural de residuos vegetales bajo *E. poeppigiana* fue de 8.91 t · ha⁻¹ · a⁻¹ más que bajo *C. alliodora* (7.07 t · ha⁻¹ · a⁻¹). Fassbender *et al.* (4) estudiaron modelos de los ciclos de materia orgánica y nutrimentos (N, P, K, Ca, Mg) para estos sistemas agroforestales.

Los objetivos del presente trabajo fueron: comparar dos sistemas de sombra para el cultivo de cacao y evaluar la respuesta en rendimiento y de algunos factores inherentes al cultivo.

MATERIALES Y METODOS

El experimento fue sembrado en 1977 en el CATIE en Turrialba, Costa Rica, a una altura de 602 msnm, 83° 38' de longitud Oeste y 9° 53' de latitud Norte. La

temperatura promedio anual es de 21.5°C con una máxima en promedio de 26.5°C, y una precipitación promedio anual de 2630 mm con una humedad relativa de 87 por ciento.

Los tratamientos por comparar incluyen sombra de poró (*E. poeppigiana*) y laurel (*C. alliodora*) y el híbrido de cacao.

La siembra de los dos sistemas de sombra se hizo a 6 m x 6 m entre plantas y se analizó como un diseño irrestricto al azar con dos repeticiones. El cacao se sembró a 3 m x 3 metros. La unidad experimental ("Catongo" x "Pound 12") estuvo formada por 32 plantas de cacao de un total de 72 por parcela.

Se discuten los datos para el cultivo de cacao que comprendió tres híbridos: UF 29 x IMC 67, EET 400 y SCA 12 y Catongo x Pound 12. Los dos primeros cruces fueron sembrados como borde de la parcela neta y como donadores de polen; sin embargo, también, se incluyen con el objeto de compararlos, debido a que se conoce su identificación bajo los sistemas de sombra.

El manejo de las parcelas en los dos sistemas de sombra ha sido uniforme. El poró se poda dos veces al año: La primera, cerca del 100%, en mayo (al inicio de las lluvias) y la segunda, cerca del 50%, en noviembre.

El suelo es de textura franca y de buena profundidad; el pH osciló entre 5 y 6.

Al momento de la siembra se aplicaron 100 g por planta de la fórmula 10-30-10, o el equivalente de 111.1 kg por hectárea. Posteriormente se usó una fertilización de 666.6 kg/ha de la fórmula 18-10-6-5, a razón de 600 g por planta, en cuatro aplicaciones por año. A partir del cuarto año, la fertilización se repartió desigualmente en cuanto al número de aplicaciones y el tipo de fórmula disponible en el mercado.

Para el control de malezas se aplicó glifosato al momento de la siembra, y luego se dio mantenimiento a la plantación experimental mediante "chapias" manuales.

A los diez meses de haberse sembrado el cacao, se inició la poda de formación, la cual se prolongó durante un año hasta que se logró la arquitectura adecuada de las plantas de cacao.

Cuando aparecieron las primeras mazorcas, se inició el registro quincenal de producción hasta completar once años de cosechas continuas. Con excepción de 1981, por espacio de seis meses, fue suspendida la toma de datos y tan sólo se contó el número de mazorcas por árbol, de los cuales se estimó la producción para ese período.

Las variables evaluadas en este estudio incluyen el rendimiento promedio de cacao seco en kilogramos por hectárea, el número de mazorcas promedio por árbol, el número de mazorca con Cherville Wilt y el número de chupones por árbol. También se calculó el índice de mazorca para cada híbrido y año en particular. Una vez analizada la información, se determinó la diferencia entre medias mediante la prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis para el promedio de los once años no presentó diferencias entre los tratamientos de sombra evaluados (Cuadro 1); sin embargo, el análisis estadístico para cada año indicó que existen diferencias significativas entre tratamientos para algunos años.

No se estudiaron los datos de monoliasis y mazorca negra debido a que prácticamente hubo ausencia de enfermedades en el experimento. Este se encuentra localizado en un área relativamente aislada de plantaciones de cacao, por lo que no existen fuentes de inóculo cercanas que infecten el ensayo.

La producción y el registro de datos se inició en 1979, o sea a los dos años de la siembra. Durante este año el rendimiento para el híbrido Catongo x Pound 12 fue bajo, ya que con laurel se obtuvieron 97 kg/ha de cacao seco y 71.2 kg/ha con poró (Fig. 1). La producción aumentó en 1980 hasta 421.3 kg/ha con sombra de laurel y 477.4 kg/ha con el sistema de poró.

Durante 1985 el rendimiento fue de 469.4 kg/ha y 422.2 kg/ha para laurel y poró respectivamente, promedio que corresponde únicamente al primer semestre del año, ya que el resto de los datos por falta de mano de obra durante el segundo semestre fue descontinuado. Se supone que, para este año, la producción estaría entre 700 kg/ha y 900 kg/ha, de acuerdo con la observación del resto de años.

Cuadro 1. Promedios por año y coeficiente de variación (C.V.) de las variables analizadas para el híbrido Catongo x Pound 12 bajo dos sistemas de sombra (Turrialba, C.R.).

Tratamiento (sombra)	Peso seco (kg/ha)	Mazorca/árbol		Chupones/árbol
		Sanas	Cherville Wilt	
Laurel	742.1a	16.71a	5.61a	14.29a
Poró	758.8a	16.61a	6.66a	11.29a
C.V. (%)	13.8	13.2	36.8	22.2

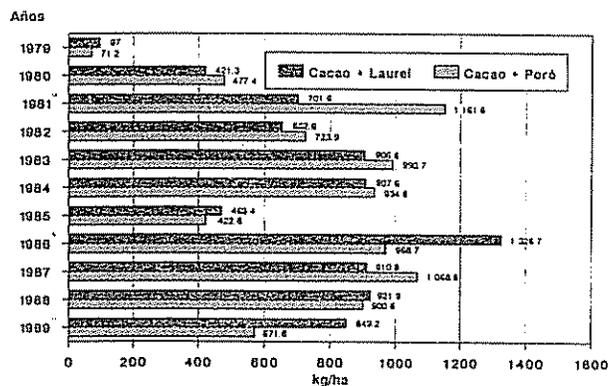


Fig. 1. Cantidad de cacao seco (kg/ha) del híbrido Catongo x Pound-12 evaluado según dos sistemas de sombra (Turrialba, C.R., 1979-1989).

Nota: * = diferencia estadística al 5 por ciento.

En 1989, los rendimientos del híbrido Catongo x Pound 12 disminuyeron en ambos sistemas, sobre todo con sombra de poró, donde se obtuvieron 571.5 kg/ha de cacao seco. Esto posiblemente se debe a una baja fertilización durante los dos últimos años y a un mal manejo de la sombra del poró. De 1986 a 1988 los rendimientos se mantuvieron arriba de 900 kg/ha de cacao seco.

Aunque el promedio anual no mostró significado para el peso seco por hectárea, en 1981, 1986 y 1989 si se presentaron diferencias estadísticas significativas entre las sombras. En 1981, la producción fue mayor con la sombra de poró, pero en 1986 y 1989 fue superior con la de laurel (Fig. 1). Posiblemente un manejo irregular de la sombra del poró, las diferencias climáticas y la fertilización inadecuada incrementaron la producción bajo sombra de laurel en el último año.

En seis de los once años los rendimientos bajo sombra de poró fueron ligeramente superiores que bajo laurel, lo que se refleja en el promedio por año, donde

la diferencia es de 10.7 kg/ha más alto con poró. Existe la posibilidad de que esta diferencia haya sido mayor debido a que, en algunos años, no se manejó apropiadamente la sombra de los árboles de poró, por lo que hubo un exceso de sombra.

Los híbridos UF 29 x IMC 67 y EET 400 x SCA 12 presentaron una mayor producción que "Catongo" x "Pound 12", debido a que la mayoría de los árboles son de bordes y no tenían competencia completa. El comportamiento de estos híbridos a través de los años es similar a "Catongo" x "Pound 12", y el promedio de cacao seco de once años también fue ligeramente superior en el sistema con poró, con una diferencia de 141.5 kg por hectárea.

El promedio de mazorcas sanas por año fue prácticamente igual en ambos sistemas de sombra; sin embargo, existió significancia estadística en 1989, año en que se obtuvieron 6.6 mazorcas más con sombra de laurel (Fig. 2).

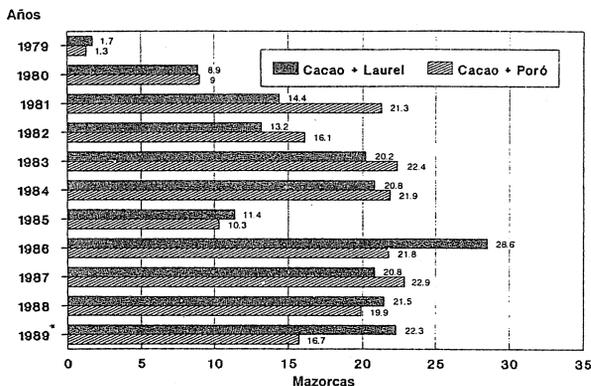


Fig. 2. Número promedio de mazorcas sanas por árbol de cacao bajo dos sistemas de sombra (Turrialba, C.R., 1979-1989).

Nota: * = Diferencia estadística significativa al 5 por ciento.

El número promedio de mazorcas sanas fue superior para la combinación o suma de los híbridos UF 29 x IMC 67 y EET 400 x SCA 12 con respecto a "Catongo" x "Pound 12", lo cual repercute de la misma manera en la producción en peso seco. Esto es de esperar pues varios investigadores (3, 12) han mencionado una correlación positiva entre estas variables. La variación en el número de mazorcas sanas a través de los once años es similar a la variación presentada por la variable "cacao seco".

La variable "mazorcas afectadas con Cherelle Wilt" únicamente mostró diferencia estadística significativa en 1987. El mayor número de mazorcas se observó en el sistema con sombra de poró; sin embargo, los valores

son relativamente bajos en ambos sistemas en relación con otros años (Fig. 3).

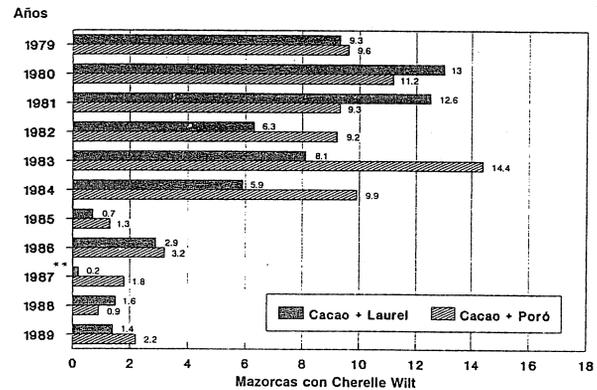


Fig. 3. Número de mazorcas por árbol de cacao con Cherelle Wilt en dos sistemas de sombra (Turrialba, C.R. 1979-1989).

Nota: ** = Diferencia estadística al 1 por ciento.

La variable "Cherelle Wilt" muestra más diferencia entre años en comparación con las características anteriores: en el sistema cacao ("Catongo" x "Pound 12") con laurel varió de 13 mazorcas afectadas por árbol en 1980 hasta 0.2 mazorcas en 1987. Los valores más altos se observan en el sistema de cacao con poró, lo cual se manifiesta en los promedios, especialmente con los híbridos UF 29 x IMC 67 y EET 400 x SCA 12, donde la diferencia en promedio en relación con el sistema con laurel es de 3.5 mazorcas (Fig. 3). Estas variaciones se pueden explicar con base en la condición fisiológica de los árboles de cacao, la cual está muy influenciada por las condiciones ambientales. Diferencias climáticas y una fertilización desuniforme de un año a otro, posiblemente, ocasionaron las variaciones observadas.

En los primeros cinco años de producción los valores de mazorcas con Cherelle Wilt son altos y más bajos en los años siguientes. Esto se debe a que los árboles en los primeros años no han alcanzado su desarrollo completo, por lo que presentan una adecuada condición fisiológica para soportar un alto número de mazorcas hasta su madurez; en consecuencia abortan por marchitamiento prematuro.

En relación con el número de chupones se presentó un promedio más alto con la sombra de laurel y con diferencias significativas en 1984 y 1985 (Fig. 4).

El tipo de sombra de los árboles de poró y el exceso de sombra por mal manejo en algunos años, probablemente disminuyó la cantidad de luz y, por lo tanto,

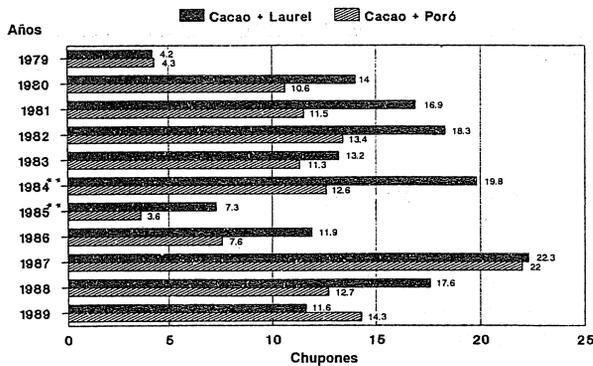


Fig. 4. Número de chupones por árbol de cacao en dos sistemas de sombra (Turrialba, C.R. 1979-1989).

Nota: * = diferencia estadística significativa al uno por ciento.

el estímulo a la producción de chupones fue menor en el sistema con poró. El efecto de la luz se confirma cuando se comparan híbridos: la combinación de los híbridos UF 29 x IMC 67 y EET 400 x SCA 12 superó en 15 chupones al híbrido Catongo x Pound 12 bajo sombra de laurel y en 21.3 chupones bajo poró. Esta situación puede deberse a diferencias genéticas entre los materiales evaluados, pero es importante considerar que los híbridos de borde estuvieron más estimulados a la producción de chupones por recibir mayor luminosidad que el híbrido Catongo x Pound 12, el cual tenía competencia completa por luz y otros factores.

El índice de mazorca no se analizó estadísticamente; no obstante, se observa muy poca diferencia entre sistemas para un mismo año y el promedio por año es similar en ambos sistemas, especialmente para "Catongo" x "Pound 12" (Fig. 5).

El sistema de cacao con laurel presentó el índice de mazorca más bajo de 18.4, en 1979, y el más alto de

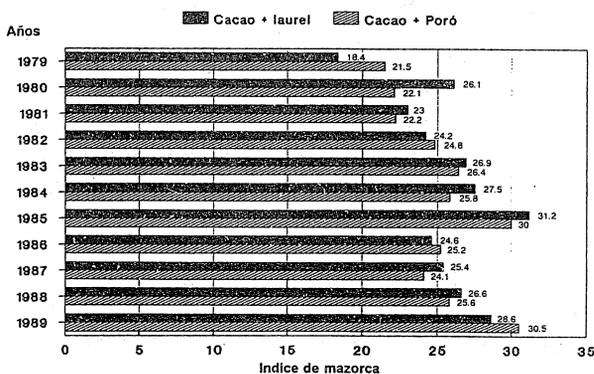


Fig. 5. Índice de mazorca por año del híbrido Catongo x Pound 12, evaluado bajo dos sistemas de sombra (Turrialba, C.R. 1979-1989).

31.2, en 1985. Lo anterior significa que, para ese último año, se necesitan 12.8 mazorcas más para obtener un kilogramo de cacao seco. Desde el punto de vista de selección los valores bajos en el índice de mazorca son los adecuados.

Se observa variación de un año a otro en el índice de mazorca, lo que parece indicar cierta influencia ambiental y nutricional sobre el tamaño de la mazorca y otros factores relacionados con el índice. Esta variación también se puede originar por la segregación observada entre árboles dentro de un mismo híbrido. Sería conveniente evaluar este sistema con genótipos de cacao propagados vegetativamente, a fin de lograr mayor uniformidad en la población y, así, poder obtener mayor información sobre el comportamiento de cacao bajo sombra de laurel y poró.

LITERATURA CITADA

- ALPIZAR, L.; FASSBENDER, H. W.; HEUVELDOP, J.; FOLSTER, H.; ENRQUEZ, G. 1986. Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao*) with *Cordia alliodora* and *Erythrina poeppigiana* in Costa Rica. I. Inventory of organic matter and nutrients. *Agroforestry Systems* 4:175-189.
- DOMINGUEZ, M.A. 1985. Efectos de grados de luminosidad y fertilizantes en la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en cuatro años acumulados. In Conferencia Internacional de Investigación en Cacao (9., 1984, Lomé, Togo). Actas. Lagos, Nigeria, Cocoa Producers Alliance. p. 177-182.
- ENRIQUEZ, G.A. 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. Turrialba, C.R., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 240 p.
- FASSBENDER, H. W.; ALPIZAR, L.; HEUVELDOP, J.; FOLSTER, H.; ENRIQUEZ, G. 1988. Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. III. Cycles of organic matter and nutrients. *Agroforestry Systems* 6:49-62.
- GUTIERREZ, Z.G.; SOTO, B. 1976. Arboles usados como sombra en café y cacao. *Revista Cafetalera* (Gua.) 159:27-32.
- HEUVELDOP, J.; FASSBENDER, H.W.; ALPIZAR, L.; ENRIQUEZ, G; FOLSTER, H. 1988. Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. II. Cacao and wood production, litter production and decomposition. *Agroforestry Systems* 6:37-48.
- JIMENEZ V., G. 1980. El sombreado del cacao. Turrialba, C.R., CATIE. 26 p.
- MANUAL DE CULTIVO DE CACAO. 1987. Carmen Suárez C. (Ed.). Quevedo, Ec., Estación Experimental Tropical "Pichilingüe". 109 p.

9. MARTINEZ, A.; ENRIQUEZ, G. 1984. La sombra para el cacao: Revisión de literatura y bibliografía anotada. Turrialba. C.R., CATIE. 64 p.
10. SANTOS, O M.; VIERIA P., D.E. 1982. Sombreamiento definitivo do cacauceiro. Bahia, Bra.. Centro de Pesquisas do Cacau, CEPLAC. 136 p.
11. VINHA, S G.; MATTOS S., L.A. 1982. Arvores aproveitadas como sombreadoras de cacauceiros no sul da Bahia e norte do Espirito Santo. Bahia, Bra.. Centro de Pesquisas do Cacau, CEPLAC. 136 p.
12. WOOD, G A R.; LASS, R A. 1985. Cocoa. 4 ed. London. Longman. 620 p (Tropical Agriculture Series)

RESEÑA DE LIBROS

BOLLAG, J.M.; STOTZKY, Y G. (EDS.). 1990. Soil biochemistry. New York, Dekker, v. 6. 565 p.

Este volumen da continuidad, después de casi diez años, a una serie muy valiosa. A cargo de veinte especialistas europeos y estadounidenses se discuten once tópicos de gran actualidad en el campo de la biología del suelo. Ellos están dedicados a problemas actuales y de documentación, esta última difícil de obtener. Todos los capítulos tienen amplias biblio-grafías que permiten al lector interesado profundizar los tópicos discutidos.

El primer capítulo estudia las interacciones de enzimas con arcillas y de complejos de arcillas con materia orgánica. Se examinan las interacciones entre las enzimas y la gran variedad de ecosistemas en el suelo, tanto referente a mecanismos básicos, como su aplicación en sistemas normales y contaminados.

El papel que desempeñan los minerales en el suelo y que influyen sobre las transformaciones en las sustancias orgánicas naturales o artificiales, es el tópico del segundo capítulo. Este tema ha sido más estudiado en cuanto a los procesos de descomposición como de síntesis de las sustancias orgánicas, en función de las propiedades de los componentes inorgánicos.

El tercer capítulo se dedica al examen de las transformaciones microbianas anaeróbicas de compuestos orgánicos no-oxigenados aromáticos y alicíclicos en suelos, subsuelos y sedimentos de agua dulce. Estos procesos son importantes porque el grupo de sustancias, antes indicadas, incluyen muchos contaminantes potenciales especialmente entre los productos de petróleo y varios plaguicidas de uso común.

La producción microbiana de citocininas es el tema del cuarto capítulo, donde se examinan las considerables dificultades en el estudio de estos problemas. Se analizó también la importancia de estas hormonas en el crecimiento de plantas y microorganismos.

El quinto capítulo estudia las pseudomonas como enemigas de los patógenos vegetales en el suelo. Se dedica atención tanto al modo de acción de ellos como a su genética, ya experimentaciones recientes indican su considerable potencial para reducir enfermedades de muchos cultivos. Este capítulo es de gran interés para los microbiólogos de suelo y los fitopatólogos.

El sexto capítulo se dedica al examen de la importancia ecológica de la actividad biológica del suelo. Este enfoque importante y novedoso permite una introducción a este campo. La biografía recoge mucha información proveniente de Europa, y que no es de fácil acceso.

El significado de la estimación de la biomasa bacteriana en suelo es el tópico del séptimo capítulo. Se examinan las técnicas para estimar la biomasa y sus limitaciones. Se estudian los flujos de nutrimentos y de energía en estos sistemas.

El capítulo octavo estudia los lípidos en suelos. Se examinan el origen, la naturaleza, el contenido y la descomposición de estos compuestos y su efecto sobre las propiedades físicas del suelo. Este es uno de los capítulos más cortos, pero aun así ofrece una introducción a este campo poco analizado.

En el noveno capítulo se estudian las interacciones entre las comunidades microbianas del suelo y los compuestos organometálicos; así como los procesos que llevan a la formación y degradación de compuestos organometálicos y las respuestas de los microorganismos en el suelo ante la presencia de derivados organometálicos, y el manejo de estos derivados.

En el décimo capítulo se analiza el efecto de los microorganismos sobre la movilidad de sustancias radiactivas. Se examina aquí la adsorción y el movimiento de sustancias radiactivas libres y como partes de complejos orgánicos.

Los virus en el ambiente del suelo son el tópico del último y más breve capítulo. Se estudian su detección, adsorción, transporte y persistencia en suelos y, también, su comportamiento en aguas subterráneas.

El volumen es una obra de referencia de alto nivel para la actualización de los investigadores en los diferentes tópicos discutidos. Se resume una vasta y valiosa de información, y por ello este el volumen debe estar en las bibliotecas de ciencias agrícolas y ambientales.

EL EMER BORNEMISZA, PH D
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA