

# TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 37

TRIMESTRE ABRIL-JUNIO 1987

NUMERO 2

CODEN: TURRAB 37(2)137-218

Nematodos asociados a cultivos agrícolas en El Salvador: su importancia y manejo J. Pinochet, R. Guzmán	137
Effects of cropping system and insecticide protection on insects associated with maize ( <i>Zea mays</i> L.) and cassava ( <i>Manihot esculenta</i> Crantz) F. B. Peairs, M. Carballo	147
Comportamiento de siete variedades de frijol almacenadas bajo diferentes temperaturas E. Moreno; J. Ramírez	155
Regulation of <i>Dirphya nigricornis</i> Oliver (Coleoptera: Cerambycidae) oviposition and incubation by weather. F. M. Wanjala, B. M. Khaemba	161
Fluctuación estacional de la distribución espacial de <i>Meloidogyne incognita</i> y <i>Rotylenchulus reniformis</i> en papaya ( <i>Carica papaya</i> L.). G. Jiménez, R. López	165
Citogenética do híbrido interespecífico ( <i>Coffea arabica</i> L. var Bourbon x <i>C. canephora</i> Pierre ex Froehner var. Robusta (Linden) Chev.) que originou o café 'Icatu'. Y. M. S. Boaventura, N. D. da Cruz	171
Efectos del alacloro y trifluralín sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de <i>Zea mays</i> en condiciones de laboratorio. D. Pérez de Acosta, E. Michelangeli	179
Extracción de nutrientes por la planta de chayote ( <i>Sechium edule</i> Sw.) E. Valverde, P. González, A. Cordero	187
La milpa múltiple como punto de partida del manejo de la sucesión secundaria J. A. Caamal, S. del Amo	195
Retención de fosfatos en Andepts de Costa Rica. II. Respuesta a la fertilización fosfórica J. Canessa, F. Sancho, A. Alvarado	211
Reseña de libros	145, 153, 160
Notas y Comentarios	146, 154, 159, 163, 164, 186, 194, 209, 210, 217, 218



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 - 4360

# Nematodos Asociados a Cultivos Agrícolas en El Salvador: su Importancia y Manejo<sup>1</sup>

J. Pinochet\*, R. Guzmán\*\*

## ABSTRACT

A total of 37 genera and species of plant parasitic nematodes were found associated with agricultural crops in a nationwide survey in El Salvador. Nematodes of the genera *Helicotylenchus* and *Criconebella* were the most frequent while *Meloidogyne* and *Pratylenchus* were the most important due to their frequency and high population densities. *Meloidogyne* spp. were found attacking tomato, sweet pepper, bean, melon, watermelon, eggplant, coffee and cotton. *Pratylenchus* was found causing damage in coffee, sugarcane and plantain. Other frequent nematodes were *Rotylenchulus* and *Tylenchorhynchus*, the first one in very high populations in papaya. Other genera occurring less frequently were *Trichodorus*, *Rotylenchus*, *Hemicriconemoides*, *Xiphinema*, *Radopholus*, *Rhadinaphelenchus* and *Gracilacus*. The continuous cropping sequences with annual hosts susceptible to *Meloidogyne*, especially solanaceous, leguminous and cucurbits, have contributed to create nematode problems in intensively cultivated areas. Crop rotation and the use of nematicides are the most common forms of control. Potential damage and nematode management practices that could be implemented in El Salvador are discussed.

## COMPENDIO

En un muestreo realizado a nivel nacional, un total de 37 géneros y especies de nematodos fitoparásitos fueron encontrados asociados a diversos cultivos. Los nematodos del género *Helicotylenchus* y *Criconebella* fueron los más frecuentes, mientras que los de mayor importancia económica fueron *Meloidogyne* y *Pratylenchus*, tanto por su frecuencia como por las altas poblaciones detectadas. *Meloidogyne* spp. fue encontrado atacando tomate, pimentón, frijol, sandía, melón, berenjena, café y algodón. *Pratylenchus* spp. se encontró causando daño en café, caña de azúcar y plátano. Otros géneros hallados frecuentemente fueron *Rotylenchulus* y *Tylenchorhynchus*, el primero en poblaciones muy altas en papaya. En forma menos frecuente, fueron detectados nematodos de los géneros *Trichodorus*, *Rotylenchus*, *Hemicriconemoides*, *Xiphinema*, *Radopholus*, *Rhadinaphelenchus* y *Gracilacus*. El cultivo continuo de especies anuales susceptibles a *Meloidogyne*, especialmente solanáceas, cucurbitáceas y leguminosas, ha contribuido a generar problemas de nematodos en áreas intensamente cultivadas. La rotación de cultivos y el uso de nematocidas son las formas de combate más utilizadas. Se comenta acerca del daño potencial de los nematodos y de las prácticas para su manejo que pueden ser implementadas en El Salvador, en los cultivos de mayor importancia económica.

## INTRODUCCION

El Salvador es el país que tiene menor superficie en América Central. A la vez, es la nación de mayor concentración de habitantes por kilómetro cuadrado, con una economía dependiente de la agricultura. También, es uno de los países de la región que posee interesante información, aunque poco difundida, sobre nematodos fitoparásitos que atacan a varios cultivos de importancia económica. Existe información publicada sobre la importancia de los nematodos en café (1, 4, 5, 13), tomate (15, 16, 18, 24), apio (17), frijol (23, 24), banano (14, 19) y cocotero (6). Además, existen muchos trabajos que corresponden a resúmenes y a tesis de estudiantes de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador los cuales no se han publicado y cuyo

contenido sólo se limita a identificar hasta el nivel de género los nematodos asociados a algunos cultivos (3, 9, 10, 11, 12, 15, 21, 22, 28). Las especies de mayor importancia encontradas hasta la fecha son: *Meloidogyne javanica* (Treub, 1985) Chitwood, 1949; *M. incognita* (Kofoid y White, 1919) Chitwood, 1949; *Pratylenchus coffeae* (Zimmerman, 1898) Filipjev y Schuurmans Stekhoven, 1941; *Rotylenchulus reniformis* Linford y Oliveira, 1940; *Radapholus similis* (Cobb, 1893) Thorne, 1949; *Ditylenchus dipsaci* (Kuhn, 1857) Filipjev, 1936; y *Rhadinaphelenchus cocophilus* (Cobb, 1919) Goodey, 1960.

Los nematodos se consideran como un factor limitante en la producción agrícola de otros países de la región centroamericana que poseen cultivos y condiciones ambientales similares a las de El Salvador (27, 29, 31, 34, 35, 36). Este estudio da a conocer los resultados de un reconocimiento realizado a nivel nacional en las diferentes áreas agrícolas del país. Además, se ha querido actualizar la información disponible sobre distribución, estimación de pérdidas, medidas actuales de combate y las alternati-

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 12 de marzo de 1986

\* Nematólogo, Coordinador Proyecto Manejo Integrado de Plagas, CATIE, Panamá, Panamá.

\*\* Nematólogo, Centro de Tecnología Agrícola, CENTA, San Andrés, El Salvador

vas practicables bajo condiciones locales del pequeño y mediano agricultor, con el propósito de orientar a futuros trabajos en el combate de nematodos bajo una perspectiva de manejo integrado de plagas en los cultivos de mayor importancia económica en El Salvador.

#### MATERIALES Y METODOS

Se recolectó un total de 404 muestras de suelo, 103 de raíces y 9 de tallo de 39 cultivos, provenientes de las áreas agrícolas más importantes del país. En la mayoría de los casos, el material fue recolectado por el personal de extensión Agrícola del Centro Nacional de Tecnología Agrícola (CENTA), agricultores particulares y técnicos de empresas comerciales. Debido a la diversidad de personal que realizó la recolección de suelo y raíz, el tamaño de la muestra fue variable, oscilando entre 200 g a 2 kg, siendo la media de aproximadamente 1 kg. Para raíces, sólo se extrajeron nematodos de muestras de suelo que contenían como mínimo 20 g de raíces. Todo el material fue procesado en el Laboratorio de Nematología del CENTA, en San Andrés, Departamento de La Libertad. La extracción de nematodos del suelo se realizó por tamizado diferencial y flotación en solución azucarada (20). Las muestras de raíces fueron licuadas e incubadas en bolsas de plástico por 24 h, luego, tamizadas y puestas en embudos Baermann por otras 24 h. Técnica similar se utilizó para el tallo de cocotero. Los nematodos en suspensión, de cada muestra, fueron muertos por calentamiento a 48°C, almacenados en una solución al 5% de formalina y posteriormente identificados.

La recolección de muestras se hizo de agosto de 1983 a julio de 1986. Los departamentos más intensamente muestreados fueron: La Libertad, Santa Ana, Sonsonate, San Salvador, Ahuachapán y San Vicente, ubicados en el sector occidental y central del país (Fig. 1). Se recolectaron pocas muestras en la región oriental debido a la dificultad de movilizarse en zonas

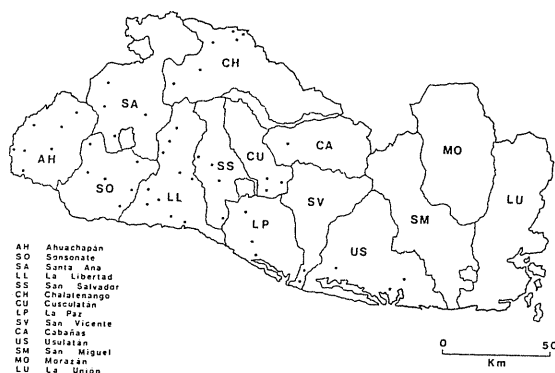


Fig. 1. Diagrama de El Salvador indicando las principales áreas de muestreo.

políticamente conflictivas. El mayor número de muestras fue tomado de cultivos frutales, especialmente plátano, cítricos, banano y café. Los cultivos extensivos más muestreados fueron algodón, caña de azúcar, maíz, arroz y papa. Una cantidad menor de muestras fueron recolectadas de especies hortícolas, con excepción de tomate y sandía. Gran parte del material provino de una región ecológica de clima tropical seco, de 0 a 400 m sobre el nivel del mar, con una precipitación anual que oscila entre 700 y 1 200 mm.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

Se identificaron 37 géneros y especies de nematodos fitoparásitos asociados a 39 cultivos extensivos, hortícolas y frutales en El Salvador (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Nematodos asociados a cultivos agrícolas en El Salvador.

1. *Criconemella sphaerocephala*
2. *Criconemella curvatus*
3. *Criconemella onoense*
4. *Criconemella ornata*
5. *Criconemella xenoplax*
6. *Criconemella* spp.
7. *Discocriconemella* sp.
8. *Ditylenchus* sp.
9. *Dolichodorus* sp.
10. *Gracilacus* sp.
11. *Helicotylenchus dyhistera*
12. *Helicotylenchus multicinctus*
13. *Helicotylenchus* sp.
14. *Hemicriconemoides mangiferae*
15. *Hemicycliophora* sp.
16. *Hoplolaimus seinhorsti*
17. *Meloidogyne incognita*
18. *Meloidogyne javanica*
19. *Meloidogyne arenaria*
20. *Meloidogyne* spp.
21. *Nothocriconema annuliferum*
22. *Nothotylenchus* sp.
23. *Paralongidorus* sp.
24. *Paratylenchus* sp.
25. *Pratylenchus coffeae*
26. *Pratylenchus zae*
27. *Pratylenchus* sp.
28. *Radopholus similis*
29. *Rhadinaphelenchus cocophilus*
30. *Rotylenchus* sp.
31. *Rotylenchulus parvus*
32. *Rotylenchulus reniformis*
33. *Trichodorus* spp.
34. *Trophotylenchus* sp.
35. *Tylenchorhynchus annulatus*
36. *Tylenchorhynchus* sp.
37. *Xiphinema americanum*

Cuadro 2. Presencia y distribución de nematodos fitoparásitos en cultivos agrícolas en El Salvador.

Nombre común	Nombre científico	Nematodos*	Localidad**
1. Acelga	<i>Beta vulgaris</i>	20	SA
2. Aguacate	<i>Persea americana</i>	6, 13, 14, 27, 32, 30, 33	SS, LL, LP
3. Algodón	<i>Gossipium hirsutum</i>	6, 13, 17, 27, 32, 33, 37	LL, LP
4. Apio	<i>Apium graveolens</i>	4, 11, 20, 24	SA
5. Arroz	<i>Oryza sativa</i>	1, 13, 32, 33, 35	CH, LL, SS
6. Banano	<i>Musa sapientum</i>	6, 12, 13, 14, 16, 20, 25, 28	SS, V, LL
7. Berenjena	<i>Solanum melongena</i>	13, 20, 32	LL
8. Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11, 20, 32, 33	SO
9. Café	<i>Coffea arabica</i>	2, 6, 13, 14, 15, 16, 17, 23, 33, 36, 37,	AH, SS, SA, LP, CU
10. Camote	<i>Ipomoea batatas</i>	13, 31,	LL
11. Caña de Azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	1, 3, 9, 13, 20, 24, 26, 32, 33, 35, 37	AH, SS, SO, SA, LL, AH
12. Cardamomo	<i>Elettarea cardamomum</i>	6, 30	SO, LL
13. Cebolla	<i>Allium cepa</i>	13, 31	LL
14. Cítricos	<i>Citrus spp</i>	1, 2, 6, 13, 14, 27, 30, 32, 33, 37	CH, LL, AH, SO, SS, SA
15. Coliflor	<i>Brassica oleracea</i>	6, 20, 36	LL
16. Cocotero	<i>Cocos nucifera</i>	29	SO, LI
17. Chayote	<i>Sechium edule</i>	13, 20	SS
18. Chile dulce	<i>Capsicum annum</i>	13, 18, 20, 32	LL, CH, AH, LP, SA
19. Durazno	<i>Prunus persica</i>	6, 13, 20, 30	CH
20. Eucalipto	<i>Eucalyptus sp</i>	6, 13, 34	AH, CH
21. Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	6, 13, 20, 31	SO, LL, AH, CA
22. Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	13, 14, 31	LL
23. Maíz	<i>Zea mays</i>	6, 11, 20, 26, 30, 33, 35	LL, SS, CH, AH, CA
24. Manzana	<i>Malus pumila</i>	5, 13, 21	CH
25. Melón	<i>Cucumis melo</i>	6, 13, 17, 20, 32, 33	AH, LL, CH
26. Okra	<i>Hibiscus esculentus</i>	6, 13, 20, 22	AH
27. Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	2, 7, 8, 13, 14, 21, 24, 27, 30, 33, 36	CH, LL
28. Papaya	<i>Carica papaya</i>	4, 5, 13, 17, 32, 33	LL, SS
29. Pepino	<i>Cucumis sativa</i>	1, 5, 6, 13, 20, 27, 35	AH, CU, LP, SA, SS
30. Peral	<i>Pyrus communis</i>	6, 13, 10	CH
31. Piña	<i>Anana sativus</i>	6, 20, 27, 32, 36	CH
32. Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>	2, 3, 6, 12, 13, 20, 25, 28, 32, 33, 35	AH, LL, LP, SO, SV, US
33. Remolacha	<i>Beta vulgaris</i>	19	SA
34. Repollo	<i>Brassica oleracea</i>	6, 13, 14, 20, 32, 36	CH, LL
35. Rosa de Jamaica	<i>Hibiscus sabdanica</i>	13, 17, 32	LL, SO
36. Sandía	<i>Cucumis melo</i>	1, 5, 6, 13, 16, 27, 35	AH, CH, LL
37. Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	6, 13, 17, 20, 27, 32, 33, 35, 37	AH, CH, CU, LL, LP, SA, SS, CA
38. Vid	<i>Vitis vinifera</i>	5, 11, 13, 20, 31, 33, 37	LL, SS, SV
39. Yuca	<i>Manihot esculentum</i>	13, 27, 36	LL

\* Números corresponden a nematodos listados en el Cuadro 1

\*\* Letras corresponden a departamentos que aparecen en la Figura 1

Los nematodos del género *Helicotylenchus* fueron los más frecuentes, apareciendo en 166 muestras sobre un total de 516, seguido de *Criconemella* que apareció en 156 muestras (Cuadro 3). Nematodos de mayor importancia económica, tales como *Meloidogyne* y *Pratylenchus*, aparecieron en 145 y 117 muestras de suelos y raíces, respectivamente, lo cual puede considerarse como una alta frecuencia de detección. La presencia de *Meloidogyne* fue notoriamente elevada en cultivos anuales como cucurbitáceas, solanáceas y leguminosas provenientes de áreas de agricultura

intensiva. *Rotylenchulus* apareció en 91 muestras, mientras que nematodos de los géneros *Tylenchorhynchus*, *Trichodorus* y *Rotylenchus* fluctuaron entre 60 y 47 muestras. La detección de los demás géneros fue ocasional.

A pesar de la alta frecuencia de detección de *Helicotylenchus*, este género apareció en la mayoría de los casos en poblaciones bajas. *H. multincinctus* (Cobb, 1893) Golden, 1956, una especie reconocida como un patógeno en musáceas, se encontró en poblaciones

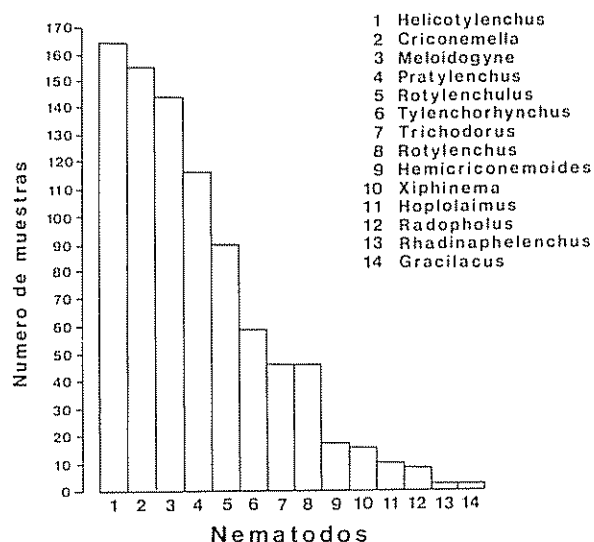


Fig. 2 Frecuencia de detección de 14 géneros de nematodos asociados a 39 cultivos en El Salvador

mixtas con *P. coffeae* y ocasionalmente con *R. similis* en banano y plátano.

Se identificaron varias especies de género *Criconemella*. Así, *C. sphaerocephala* (Taylor, 1936) Luc y Raski, 1981, fue la más común, apareciendo en poblaciones altas en caña de azúcar, maíz y arroz. Interiano Muñoz (21) estudió esta especie bajo condiciones de invernadero para determinar su daño en arroz. A pesar de un incremento poblacional, su patogenicidad no quedó establecida. Este nematodo debe considerarse como un patógeno débil, de poca o ninguna im-

Cuadro 3. Frecuencia de detección de los principales géneros de nematodos asociados a 39 cultivos agrícolas en El Salvador.

Nematodo	Número de muestras*	Porcentaje (%)
<i>Helicotylenchus</i>	166	32.2
<i>Criconemella</i>	156	30.2
<i>Meloidogyne</i>	145	28.1
<i>Pratylenchus</i>	117	22.7
<i>Rotylenchulus</i>	91	17.6
<i>Tylenchorhynchus</i>	60	11.6
<i>Trichodorus</i>	47	9.1
<i>Rotylenchus</i>	47	9.1
<i>Hemicriconemoides</i>	18	3.5
<i>Xiphinema</i>	16	3.1
<i>Hoplolaimus</i>	10	1.9
<i>Radopholus</i>	7	1.4
<i>Rhadinaphelenchus</i>	3	0.6
<i>Gracilacus</i>	3	0.6

\* Total de muestras recolectadas: 516 de suelo, raíz y tallo

portancia económica. Un poco más significativa es la presencia de *C. xenoplax* (Raski, 1952) Luc y Raski, 1981, en algunas especies frutales leñosas.

El nematodo de las agallas, *Meloidogyne* spp., fue el de mayor importancia económica encontrado en este diagnóstico. Este nematodo fue recuperado de 24 hospederos diferentes y en poblaciones altas en frijol, sandía, melón, tomate, chile dulce, okra, algodón y plátano. La población más alta se registró en tomate, alcanzando 3 560 nematodos en 100 g de suelo en un lugar donde previamente se había cultivado chile dulce. Los daños causados por el nematodo en esta parcela fueron elevados, perdiéndose parte del cultivo. La población más alta recuperada de raíces fue de 8 600 nematodos en 100 g de raíces de melón. La especie identificada en esta ocasión fue *M. incognita*. Secciones perineales provenientes de 10 hospederos indican que la especie más común es *M. incognita*. En algodón, de 76 muestras recolectadas, *M. incognita* apareció sólo en unas pocas, provenientes de una finca con un suelo franco arenoso, ubicada en la región costera del departamento de La Paz, en donde estaba causando importantes pérdidas. Aparentemente, *M. incognita* está poco difundido en este cultivo en El Salvador, a pesar del uso de prácticas agronómicas tales como el monocultivo y barbechos cortos, que pueden favorecer el incremento de inóculo en el suelo. Otras especies detectadas fueron *M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949, en una muestra de remolacha y *M. javanica*, en chile dulce. Lamentablemente, en muchas muestras de campo no fue posible determinar la especie de *Meloidogyne* presente por carecer de suficiente material radicular. *M. javanica*, aparentemente frecuente en café en El Salvador (1, 4), no fue detectada en este estudio. El daño que está causando *Meloidogyne* spp. en cultivos hortícolas fluctúa de leve a severo. Estas pérdidas dependen principalmente de rotaciones inadecuadas de cultivos que son buenos hospederos del nematodo de las agallas en áreas de agricultura intensiva. En situaciones donde se producen pérdidas elevadas se sospecha que *Meloidogyne* está interactuando con hongos del suelo y con bacterias. La rotación de cultivos y el uso ocasional de nematicidas son las formas de manejo más utilizadas. Es de interés señalar que en El Salvador se han realizado intentos que han tenido éxito en obtener variedades resistentes de tomate y de apio a *Meloidogyne* (16, 17, 25). Existe un gran potencial para el uso de materiales resistentes y tolerantes, ya sea de obtenciones hechas en El Salvador o de germoplasma introducido de otros países que ya poseen cualidades de resistencia o tolerancia incorporada a algunas especies o razas de *Meloidogyne*. El daño causado por este nematodo en banano, plátano y papaya es aparentemente menor, a pesar de la formación de agallas masivas en las raíces.

El nematodo de las lesiones *P. zaeae* Graham, 1951, común en especies gramíneas, fue ocasionalmente detectado en maíz y caña de azúcar. Otro miembro de este género, *P. coffeae*, fue detectado en 87 muestras de plátano de un total de 120, siendo éste el nematodo que ataca al cultivo con mayor incidencia. En cambio, el nematodo barrenador, *R. similis*, muy frecuente en bananos en la región centroamericana, sólo fue detectado en 7 muestras. La alta frecuencia de *P. coffeae* en plátano sugiere la especificidad de este nematodo en dicho cultivo y confirma observaciones similares hechas por Wehunt (37) y Pinochet (30) en Honduras y Panamá. Es de interés señalar que *P. coffeae* se encontró ampliamente distribuido en un importante vivero de plátano localizado en San Andrés, departamento de La Libertad. Este vivero abastece de abundante material de propagación a pequeños y medianos agricultores de esta región, constituyendo un foco de diseminación de este patógeno en plátano. Este nematodo también se encontró en una muestra de café, un cultivo en el cual existe suficiente información publicada sobre el daño de los nematodos y su combate (2, 4, 5, 13). Según Abrego y Holdeman (1) las infestaciones de *P. coffeae* en semilleros están muy difundidas en el país y son consideradas serias, causando con frecuencia una alta mortalidad de plantas jóvenes. También está asociado con baja productividad de plantaciones establecidas y con el fracaso de plantas jóvenes para desarrollarse después de su trasplante a campo. En su combate, el uso de nematicidas en semilleros es rutinario, mientras que en plantaciones suele ser más ocasional. En general, las infestaciones de nematodos en viveros suelen estar asociadas a prácticas agronómicas deficientes, especialmente en relación con el uso de suelo contaminado para embolsar plantones, material vegetal infestado, semilleros sin tratar, colocación de material vegetal sobre el suelo expuesto a salpicado e inundación, falta de asepsia

general en operarios, y control deficiente de malezas hospederas de nematodos fitoparásitos. La erradicación de nematodos en viveros es factible si se mejoran estas prácticas agronómicas complementadas con una acción legal que permita certificar material frutal libre de nematodos, como también de otros agentes patógenos (32).

El nematodo reniforme, *R. reniformis*, fue identificado en 14 cultivos, atacando una amplia gama de hospederas, tanto anuales como perennes. Este nematodo alcanzó la población más alta detectada en este estudio, equivalente a 21 080 nematodos en 100 g de suelo proveniente de papaya del departamento de La Libertad (Cuadro 4). A pesar de estas densidades tan altas, los papayos presentaban un aspecto normal, indicando una gran tolerancia de la planta a este nematodo. Se sospecha de la presencia de otra especie de *Rotylenchulus* en camote, cebolla, frijol, vid y lechuga, cuyas características taxonómicas se asemejaban más a las de *R. parvus* (Williams, 1960) Sher, 1961.

*Tylenchorhynchus annulatus* (Cassidy, 1930) Golden, 1971, fue la especie más común de este género. Se identificó en poblaciones altas en maíz, arroz y piña. Los niveles más altos de 1 740 nematodos en 100 g de suelo se registraron en caña de azúcar, en su segundo año de cultivo, en una muestra proveniente del departamento de San Salvador. En general, el daño causado por este nematodo en El Salvador, como también en América Central, es desconocido. Se sospecha que suelen ser importantes en cultivos perennes de trópico seco.

El nematodo causante del anillo rojo, *R. cocophilus*, fue extraído en altas poblaciones de tres muestras de cocotero de una plantación localizada en el depar-

Cuadro 4. Poblaciones máximas detectadas de algunos nematodos de importancia económica en 100 g de suelo.

Nematodo	Nematodos en 100 g se suelo	Hospedero	Localidad
<i>Criconemella xenoplax</i>	2 878	Papaya	La Libertad
<i>Criconemella sphaerocephala</i>	1 800	Caña	San Salvador
<i>Helicotylenchus multicinctus</i>	2 520	Banano	San Vicente
<i>Helicotylenchus</i> sp.	2 008	Caña	La Libertad
<i>Hemicriconemoides mangiferae</i>	208	Café	San Salvador
<i>Hoplolaimus seinhorsti</i>	480	Plátano	San Vicente
<i>Meloidogyne incognita</i>	3 568	Tomate	La Libertad
<i>Pratylenchus zaeae</i>	1 485	Arroz	Chalatenango
<i>Pratylenchus coffeae</i>	1 880	Plátano	San Vicente
<i>Rotylenchulus reniformis</i>	21 080	Papaya	La Libertad
<i>Trichodorus</i> sp.	120	Algodón	La Libertad
<i>Tylenchorhynchus annulatus</i>	1 740	Caña	San Salvador

Cuadro 5. Información general sobre problemas nematológicos en varios cultivos de importancia económica en El Salvador.

Cultivo (ha)	Nematodos	Estimación pérdidas	Combate actual	Alternativas de control	Comentarios
Algodón (12 000)	<i>Meloidogyne incognita</i> <i>Rotylenchulus</i> sp	Desconocidas	Barbecho corto de 6 meses	Control químico Rotación de cultivos.	Daños severos en algunas fincas costeras. Mejores resultados se obtienen con aplicación de nematocidas 30 días después de la siembra. Presencia de <i>Meloidogyne</i> es limitada.
Arroz (15 300)	<i>Tylenchorhynchus annulatus</i> , <i>Criconemella sphaerocephala</i> e <i>Hirschmaniella oryzae</i>	Desconocidas	Rotación de cultivos.	Mejorar rotaciones. Aumentar dosis de Ny P	Sospecha de daño en zonas de monocultivo. <i>Hirschmaniella</i> presente en zonas que sufren de inundaciones costeras.
Café (127 000)	<i>Pratylenchus coffeae</i> <i>Meloidogyne incognita</i> <i>Meloidogyne javanica</i>	Altas, especialmente en semilleros	Control químico en semilleros y ocasional en plantaciones	Fertilización orgánica Cultivos de cobertera	Uso de nematocidas común en agricultores tecnificados. Falta información sobre épocas óptimas de aplicación y números de ciclos por año. <i>P. coffeae</i> es el nematodo de mayor preocupación en café en El Salvador.
Caña de azúcar (39 400)	<i>Pratylenchus zaei</i> <i>Tylenchorhynchus annulatus</i> , <i>Criconemella sphaerocephala</i>	Desconocidas aparentemente bajas	Ninguna	Varietades tolerantes Rotaciones largas.	<i>T. annulatus</i> y <i>C. sphaerocephala</i> comunes y en poblaciones altas.
Cucotero (5 800)	<i>Rhadinaphelenchus cocophilus</i>	Hasta 40% de mortalidad en plantas jóvenes	Cebos y trampas para recolección mecánica. Destrucción de palmeras enfermas.	Uso de insecticidas en infestaciones altas	Uso de insecticidas se justifica sólo en plantaciones con ataques fuertes. Control de la enfermedad basada en combatir el insecto vector, <i>Rhynchophorus palmarum</i> .
Cucurbitáceas (2 600)	<i>Meloidogyne</i> spp	Altas. hasta un 40%	Control químico Rotaciones inadecuadas	Mejorar alternativas de rotaciones.	Nematocidas usados regularmente para cultivos de exportación, ocasional en pequeños agricultores. Beneficio adicional de control de insectos vectores de virus.
Frijol (57 700)	<i>Meloidogyne</i> spp	Desconocidas aparentemente bajas	Rotaciones inadecuadas Control químico	Mejorar rotaciones Varietades tolerantes.	Uso de insecticida y nematocida generalizado para control de insectos vectores de virus y babosas.
Hortícolas (6 000)	<i>Meloidogyne</i> spp <i>Rotylenchulus reniformis</i>	Altas en áreas de agricultura intensiva	Rotación de cultivos Control químico	Rotaciones más adecuadas. Var. tolerantes y resistentes	Se requiere un uso más racional de nematocidas en explotaciones de agricultura intensiva. <i>Meloidogyne incognita</i> muy común.
Maíz (243 300)	<i>Pratylenchus zaei</i> <i>Tylenchorhynchus annulatus</i>	Desconocidas	Rotaciones inadecuadas	Mejorar rotaciones y cultivos mixtos	Uso de nematocidas no es rentable para condiciones del pequeño agricultor.
Plátano (5 700)	<i>Pratylenchus coffeae</i> <i>Radopholus similis</i>	Desconocidas aparentemente bajas.	Control químico muy ocasional	Apuntalamiento y amarre Termoterapia rizoma. Control químico	Control químico no es rentable en zonas pobres con pendiente, suelos pedregosos que padecen de sequía.

tamento de Sonsonate, cerca de la costa del Pacífico. La población más alta alcanzó 32 920 nematodos en 100 g de tallo. Este nematodo es considerado muy importante en plantaciones comerciales de cocotero (6). Se estima que, en años de ataques fuertes, este nematodo ha causado la muerte de hasta un 40% de palmeras jóvenes de más de cuatro años. Las medidas de combate están destinadas a controlar el insecto

vector, *Rhynchophorus palmarum*, mediante el uso de cebos, trampas para recolección mecánica y destrucción de palmeras enfermas (7). El uso de insecticidas en plantaciones se justifica sólo en casos de ataques fuertes.

El nematodo de los cítricos, *Tylenchulus semipenetrans* Cobb, 1913, no fue detectado en un total de

38 muestras recolectadas de ocho especies cítricas provenientes de seis departamentos. El nematodo de los cítricos es considerado importante en plantaciones de toronja en Honduras (31, 33) y en viveros de naranjo en Panamá (32). La presencia de este nematodo ha sido recientemente citada por Alonzo y Palma (8) en una revisión de las plagas de El Salvador. Aparentemente, la distribución de *T. semipenetrans* en el país es restringida

Nematodos ectoparásitos de los géneros *Trichodorus*, *Hemicriconemoides*, *Xiphinema*, *Hoplolaimus*, *Gracilacus*, *Hemicycliophora*, *Nothocriconema*, *Paralongidorus*, *Paratylenchus*, *Rotylenchus* y *Nothotilenchus*, fueron identificados ocasionalmente de muestras de suelos. Aparentemente, ninguno de ellos tiene importancia económica

El Salvador es un país eminentemente agrícola, que, como ya se mencionó, posee el mayor número de habitantes por unidad de superficie en la región centroamericana, y en donde el uso intensivo de los suelos agrícolas, es una necesidad socioeconómica inevitable. Esta presión sobre el uso de la tierra, especialmente evidente en cultivos anuales, es una circunstancia que favorece el incremento de las densidades poblacionales de nematodos fitoparásitos como consecuencia de varias prácticas agrícolas, tales como el monocultivo, el establecimiento de algunos cultivos mixtos y las rotaciones inadecuadas. La alta frecuencia de especies patógenas en poblaciones elevadas, como *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus* y *Tylenchorhynchus*, no es más que un reflejo de esta situación. Con base en la información recolectada en este estudio, especialmente en relación a presencia, frecuencia, densidades poblacionales, datos de campo y combate de nematodos, además de literatura disponible que hay en El Salvador, los autores tienen fundamentos para considerar que el aspecto más importante de este trabajo es intentar el aporte de soluciones a problemas de nematodos basadas en una interpretación del material recopilado. En el Cuadro 5 se presenta información de los cultivos de mayor importancia económica, los problemas reconocidos de nematodos, datos sobre estimación de pérdidas, medidas actuales de combate y posibles alternativas de manejo apropiado de nematodos bajo las condiciones de pequeños y medianos agricultores. En la mayoría de los cultivos los datos sobre estimación de pérdidas son limitados, con excepción de algunos de exportación, más tecnificados, como café, cocotero y algodón. En cambio, en otros, la información sobre pérdidas es casi inexistente. Sin embargo, para consideraciones prácticas, las pérdidas en muchos cultivos pueden considerarse similares a las que ocurren en otras partes de América Central que poseen

clima y condiciones de producción parecidas a las existentes en El Salvador. Los datos de campo sobre pérdidas, recopilados durante el muestreo por parte de técnicos y agricultores locales, indican que en muchos casos existe un desconocimiento del daño causado por los nematodos, a veces sobreestimando las pérdidas y en otras ocasiones, subestimándolas. Es probable que la presencia de otras plagas, tales como virus, mycoplasmas bacterias, hongos, insectos y malezas, enmascaran el daño causado por nematodos y también ayudan a aumentar las pérdidas haciendo el diagnóstico confuso, situación que con frecuencia concluye con la adopción de medidas equivocadas de combate.

#### LITERATURA CITADA

- 1 ABREGO, L.; HOLDEMAN, Q.L. 1961. Informe de progesos en el estudio del problema de los nematodos del café en El Salvador. In Boletín Informativo Suplemento No. 8. Instituto Salvadoreño de Investigación del Café, Santa Tecla, El Salvador p 1-16.
- 2 ABREGO, L. 1968. Importancia de los nematodos en la agricultura. Boletín No. 84. Instituto Salvadoreño de Investigación en Café. Santa Tecla, El Salvador. 9 p.
- 3 ABREGO, L.; TARJAN, A.C. 1972. Reconocimiento de nematodos en cultivos de importancia económica en El Salvador. Nematrópica 2:15
- 4 ABREGO, L. 1972. Nematodos: un problema en plantaciones de café de El Salvador. Nematrópica 2:27-29
- 5 ABREGO, L. 1976. Aspectos importantes a considerar en el empleo de plaguicidas en el cultivo del café, con especial referencia a los nematicidas. Agricultura en El Salvador 15(3):14-20
- 6 ALAS, M.D.; DEAN, C.H. 1976. El picudo del cocotero. Circular No. 1, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria, CENTA, MAG. Santa Tecla, El Salvador, C.A. 17 p.
- 7 ALAS, M.D.; SABALLOS, P.M. 1985. Métodos de protección vegetal en plantas de cocotero en diferentes etapas de crecimiento. In XXXI Reunión Anual del PCCMCA, San Pedro Sula, Honduras. 60 p.
- 8 ALONZO, F.; PALMA, M. 1985. Diagnóstico parasitológico preliminar de los principales cultivos de El Salvador. Manejo Integrado de Plagas. CENTA, CATIE. 23 p.
- 9 ARGUETA, RAMIRO, J.A. 1978. Identificación de los nematodos asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en la zona centro occidental de El Salvador. Tesis Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, El Salvador. 53 p.



- 10 CAMPOS, J.C. 1978 Identificación de nematodos asociados al cultivo de maíz (*Zea mays*) en la zona centro oriental de El Salvador. Tesis Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, El Salvador 66 p
- 11 CONTRERAS, S.E. 1986, Identificación de nematodos encontrados en terrenos de la Escuela Nacional de Agricultura de El Salvador, Tesis Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, El Salvador 44 p
- 12 CORDOVA, M. 1978 Identificación de nematodos asociados al cultivo de maíz (*Zea mays*) en la zona centro occidental de El Salvador. Tesis, Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, El Salvador 61 p.
- 13 ESCOBAR, M.A.; ABREGO, L. 1972 Efecto de 1410-L (nematicida experimental) en inmersión de semillas de café (*Coffea arabica* L.) en la prevención de afecciones radiculares causadas por *Pratylenchus coffeae* Nematrópica 2:17
- 14 ESCOBAR, M.A. 1974 Controle las enfermedades del banano Circular No 105 Min de Agríc y Ganadería, CENIA, Santa Tecla, El Salvador 18 p
- 15 FISCHNALER, F. 1972 Determinación de la mejor frecuencia de aplicación del nematicida experimental D-1410 para el control de *Meloidogyne* spp en tomate SIADES 1(1):32-35.
- 16 FISCHNALER, F. 1973 Una nueva variedad de tomate resistente a *Meloidogyne* sp obtenida en El Salvador Nematrópica 3:3
- 17 FISCHNALER, F.; SIERRA ANAYA, D. 1976 Susceptibilidad y resistencia de dos variedades de apto al ataque de *Meloidogyne incognita* en El Salvador. SIADLS 5(2):54-57.
- 18 GUZMAN, R.; HERNANDEZ CRUZ, J. 1986. Determinación de nivel crítico de población de nematodo *Meloidogyne* spp en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*) In XXXII Reunión Anual, Memoria PCCMCA, 1986, San Salvador, El Salvador p H-40.
- 19 GUZMAN, R.; HERNANDEZ CRUZ, I. 1986. Evaluación de nematicidas y épocas de aplicación para el combate de nematodos fitoparásitos en banano (*Musa* spp.). In XXXII Reunión Anual, Memoria PCCMCA 1986, San Salvador, El Salvador p H-48
- 20 JENKINS, W.R. 1964 A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Reporter 48:692
- 21 INTERIANO, J.D. 1969 Pruebas de patogenidad del nematodo del anillo *Criconeimoides* sp en arroz (*Oryza sativa*) en condiciones de invernadero. Tesis, Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómica, Universidad de El Salvador, El Salvador 69 p.
- 22 INTERIANO, J.D. 1971 Identificación de nematodos encontrados en terrenos de la Escuela Nacional de Agricultura de El Salvador, y pruebas de patogenidad del nematodo de anillo *Criconeimoides* spp. en arroz (*Oryza sativa*) en condiciones de invernadero. Nematrópica 1:20
- 23 INTERIANO, J.D. 1972 Recuento e identificación de la población de nematodos en las áreas que se cultivan frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Valle de Zapotitán SIADES 1(2):18-22
- 24 INTERIANO, J.D. 1972 Estudios preliminares de la asociación de nematodos con el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en tres diferentes épocas de siembra Nematrópica 2:19
- 25 INTERIANO, J.D. 1972. Respuesta de especies mejoradas de tomate silvestre (*Lycopersicon pimpinellifolium*) al parasitismo del nematodo nodulador (*Meloidogyne* spp.) Nematrópica 2:19
- 26 LARA, E.W. 1978 Evaluaciones de tres nematicidas comerciales (Aldicarb, Oxamyl y Phenamiphos) para el control de *Meloidogyne* spp en tomate (*Lycopersicon esculentum*) Tesis, Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, El Salvador. 33 p
- 27 LASTRA, R.; MENESES, R. 1985 Inventario de plagas y enfermedades de Costa Rica. Proyecto Manejo Integrado de Plagas, CATIE, Turrialba, Costa Rica 27 p
- 28 MARIN, J.A. 1978 Identificación de nematodos asociados al cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en la zona Centro Oriental de El Salvador. Tesis, Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de El Salvador, El Salvador. 56 p.
- 29 MONTERROSO, D.; PAREJA, M. 1985 Inventario de los problemas fitosanitarios de los principales cultivos de la República de Guatemala. Proyecto Manejo Integrado de Plagas, CATIE/ROCAP, Guatemala. 54 p
- 30 PINOCHET, J.; STOVER, R.H. 1980 Fungi associated with nematode lesions on plantains in Honduras. Nematrópica 10:112-115.
- 31 PINOCHET, J.; VENTURA, O. 1980. Nematodes associated with agricultural crops in Honduras Turrialba 30:43-47
- 32 PINOCHET, J.; CORDERO, D. 1986 Nematodos asociados a viveros frutales en Panamá. In Seminario Taller de Fitopatología Ed by Pinochet, J. y von Lindeman, G Informe Técnico No 81, Proyecto Manejo Integrado de Plagas, CATIE, Panamá p 121-130
- 33 SANCHEZ, L.E. Análisis de la producción de cítricos en Honduras EHS: UNASP (SF) FAO, HON-75/106 62 p.

- 34 IARJAN, A.C. 1967. Some plant nematodes generally associated with citrus and other crops in Costa Rica and Panama. *Turrialba* 17:280-283.
- 35 TARTE, R. 1970. Reconocimiento de nematodos asociados con diversos cultivos en Panamá. *Turrialba* 20:401-406.
- 36 TOLER, R.W., CUELLAR, R.; FERRER, J.B. 1959. Preliminary survey of plant diseases in the Republic of Panama 1955-1958. *Plant Disease Reporter* 43:1 201-1 203
- 37 WEHUNT, E.J.; EDWARDS, D.I. 1968. *Radopholus similis* and other nematode species on bananas. In *Tropical Nematology*, Univ. of Florida Press. Ed. by G.C. Smart, and J.G. Perry. Center for Tropical Agriculture p. 1-19

## Reseña de Libros

*Pest Slugs and Snails: Biology and Control* por Godan, Dora. Traducido por Shiela Gruber. Springer-Verlag. Berlín, Alemania. 1983. 445 p.

La comunidad científica ha necesitado, durante muchos años, una recopilación y síntesis de los trabajos sobre los moluscos de importancia económica, es decir, los caracoles y babosas que atacan los cultivos o que sirven de huéspedes de parásitos que atacan a los humanos y animales domésticos. El libro de la Doctora Godan puede haber satisfecho esta necesidad para los malacólogos europeos, pero los fitoproteccionistas y parasitólogos tropicales encontrarán poca información aplicable a su ambiente, ya que virtualmente todos los trabajos citados e ideas presentados provienen de Europa Central y Norte.

El libro está dividido en tres partes: bioecología, daño y control. La primera parte incluye resúmenes adecuados de la morfología, fisiología, ecología y taxonomía de los moluscos. También incluye secciones sobre los moluscos como indicadores de la contaminación ambiental, la cría de moluscos y una clave para los gasterópodos de Europa Central. La segunda parte enfoca el daño causado por moluscos como una función de su densidad poblacional y nivel de actividad. La discusión de problemas sobre moluscos en Europa es larga, pero la cobertura de las zonas tropicales es demasiado escueta. En esta parte hay resúmenes satisfactorios de los métodos de muestreo y niveles críticos. La parte tercera del libro es la más útil. Está enfocada en el manejo de babosas y caracoles, principalmente con molusquicidas, y el impacto de los factores biológicos y ambientales que determinan

su eficacia. Los fundamentos presentados ayudarán a orientar los trabajos de investigadores tropicales, aunque sería un error aceptar en forma dogmática las conclusiones que provienen de trabajos realizados con moluscos muy diferentes de las áreas tropicales

El omitir la poca información que hay de los trópicos es el defecto principal del libro. Ni se menciona el problema de los Veronicéllidos en el frijol común en Centroamérica, ni el nematodo *Angiostrongylus costaricensis* (Morera y Céspedes), que parasita a miles de centroamericanos y fue reportado hace 15 años.

La traducción del alemán a inglés es inadecuado. Con frecuencia, hay dos o más errores de imprenta en una sola página. Hay aún más errores en la literatura citada. Es frustrante tratar de interpretar las gráficas cuando carecen de rótulos o están reproducidas en el alemán original. La obra es excesivamente cara

A pesar de los defectos, lagunas e irrelevancias, veo la necesidad de recomendar esta obra a los malacólogos tropicales, debido a que no hay algo mejor. La malacología aplicada es una ciencia muy joven y, según indica este libro, muy débil. El malacólogo económico tropical utilizará el libro principalmente para estimular ideas e identificar parámetros y estudios que han sido importantes en otros países.

KEITH L. ANDREWS  
DEPARTMENT OF ENTOMOLOGY  
AND NEMATOLOGY  
UNIVERSITY OF FLORIDA  
GAINESVILLE, FL 32611

## Notas y Comentarios

### Aumenta la exportación de vinos australianos

Al igual que Nueva Zelanda, Australia ha hecho grandes esfuerzos por diversificar sus exportaciones, para depender en menor grado de las ovejas y vacunos, los que tienen que competir ahora con ciertas fibras sintéticas y con el proteccionismo europeo a su propia ganadería. Así como Nueva Zelanda ha convertido una oscura fruta china, sembrada sólo en jardines particulares en su país de origen, en una planta de cultivo de exportación, que con el nombre neozelandés de "kiwi", ha conquistado el mercado europeo, así Australia se ha dedicado a mejorar su producción y calidad de sus vinos. Incidentalmente, la insurgencia del "kiwi" (*Actinidia deliciosa*) como fruta de exportación constituye una historia fascinante que comentaremos uno de estos días.

El vino australiano ha mejorado grandemente durante la década pasada, y una caída de un 35 por ciento del valor, ponderado comercialmente del dólar australiano, desde junio de 1984 ha contribuido a que el resto del mundo pueda comprarlo a precios cómodos. En el año que terminó en julio de 1986, Australia exportó 10.9 millones de litros de vino, 26 por ciento más que en la campaña anterior. Las exportaciones para el segundo semestre de 1986 fueron 88 por ciento más altas que en el mismo periodo del año anterior. Los volúmenes son todavía pequeños: Grecia produce más o menos la misma cantidad pero exporta diez veces más. Sin embargo, los catadores y los productores rivales están probando y aprobando el vino australiano.

Hasta una revolución en la industria vinícola, ocurrida hace una década, Australia producía mayormente el vino ordinario, conocido en el comercio como "plonk". Este nombre para el "vin ordinaire", que en Francia se envasa ahora en botellas de plástico o en cajas "tetrapack", parece una onomatopeya de lo que el bebedor siente en el estómago cuando ingiere un trago de este tipo de vino. Los gustos cambiantes del consumidor persuadieron a muchos productores a cambiar sus cultivos por uvas Chardonnay y Cabernet Sauvignon, las que prendieron bien en el suelo australiano. Los viñadores invirtieron en el equipo más apropiado. Modernas prensas y cubas de fermentación redujeron fallas en el procesamiento

de las uvas; barriles de roble antiguo importados de Francia le agregaron un sabor europeo.

Abunda la evidencia de la mejora de la calidad de los vinos australianos. Las exportaciones a Gran Bretaña, un buen mercado para probar la calidad de los vinos, se elevó en un 127 por ciento en el año que terminó en julio de 1986. Nombres famosos en Europa, Bolinger y Mœt & Chandon entre ellos, están invirtiendo en la industria vinícola australiana. Y enólogos, desde Burdeos hasta el Valle del Napa, están volando a Sidney para dilucidar qué es lo que ha estado pasando.

La creciente demanda interna fue un incentivo para el cambio. El australiano promedio bebe ahora 21 litros de vino al año, 73 por ciento más que en 1974. Cuando más grande sea el mercado para vino, como lo han comprobado los productores de California, más grandes es el potencial para vinos de calidad. El australiano promedio bebe ahora el doble que el norteamericano promedio.

A pesar de este consumo doméstico, fueron necesarios los éxitos recientes en la exportación para levantar el ánimo de los productores de vino. La superproducción habría deprimido los precios y causado una reducción de las inversiones. En el año que terminó en 1986, su producción de vinos de mesa y de espumosos disminuyó en un 13 por ciento, hasta 295 millones de litros. A diferencia de los competidores de la Comunidad Económica Europea, la industria vinícola de Australia no goza de ayuda especial de su gobierno. Hace unos pocos años, el gobierno, en realidad, golpeó a los vinicultores al bajar en un 10 por ciento el impuesto a las importaciones de vinos.

El aumento de las exportaciones es la principal esperanza de los productores. En el año que terminó en julio de 1986, exportaron el 20 por ciento de su vino embotellado (el grueso de las ventas al mercado interno se hace en cajas de cartón ("tetrapack"), y esperan superar esa cifra. Un vocero de los productores piensa que, aún si sube el dólar australiano, se mantendrán los mercados de exportación. Y, como la vid produce mejores uvas conforme adquiere mayor edad, todavía no ha llegado el mejor vino australiano. A.G.

# Effects of Cropping System and Insecticide Protection on Insects Associated with Maize (*Zea mays* L.) and Cassava (*Manihot esculenta* Crantz).<sup>1</sup>

F. B. Peairs\*, M. Carballo\*\*

## ABSTRACT

The effects of cropping system and insecticide use on agronomic parameters as well as on insect damage, diversity and abundance were measured in a row intercrop of maize and cassava in Costa Rica. No yield response was obtained from insecticide use. Protected and unprotected intercrops had average land equivalent ratios of 1.76 and 1.89, respectively. Insecticide use generally reduced pest damage and incidence, while cropping system effects were mostly limited to soil pest incidence. Insecticide use affected general insect abundance and diversity on two sample dates, while cropping system affected abundance on four and diversity on one date.

## INTRODUCTION

Polycultural cropping systems produce a significant proportion of the food produced in developing countries. In El Salvador, for example, 80% of the dry beans, 90% of the grain sorghum, and 30% of the maize are produced by such systems (1, 6) attributed the prevalence of polyculture to a number of generalized advantages over monoculture, including: better land equivalent ratios, more nutrient uptake, higher dry matter production, reduced lodging, better weed control, higher cash return (at lower management levels), higher returns on labor, and more stable long-term yields. Disadvantages included reduced yield per crop species, increased total labor, and increased difficulties with drainage and mechanization.

Crops grown in polyculture have been generally considered to have less insect pest pressure because of increased system diversity and therefore stability. A study of 198 herbivore species revealed that just

## COMPENDIO

En una asociación de maíz y yuca en Costa Rica, se evaluó el efecto del sistema de cultivo y el uso de insecticidas sobre varios parámetros agronómicos, así como sobre el daño, diversidad y abundancia de insectos. No hubieron respuestas en rendimiento por el uso de insecticidas. La asociación de cultivos con y sin protección presentó valores promedio de uso equivalente de la tierra de 1.75 y 1.89 respectivamente. En general, el uso de insecticidas redujo la incidencia y daño de plagas, mientras que el efecto del sistema de cultivo estuvo limitado principalmente a la incidencia de plagas del suelo. El uso de insecticidas afectó la abundancia y diversidad de insectos en dos fechas de muestreo mientras que el sistema de cultivo tuvo efecto sobre la abundancia en cuatro fechas y sobre diversidad, en una fecha de muestreo.

53% were less abundant in more diverse systems, while 18% were more abundant (7). The manipulation of crop diversity can, therefore, reduce insect pest abundance but we lack sufficient knowledge to be able to predict the effect of a particular cropping system on the component-crop pests. Especially important are the yield data which permit the design of economically sound systems.

The system that I chose to study was a row intercrop of maize (*Zea mays* L.) and cassava (*Manihot esculenta* Crantz). This system is common in high rainfall areas of Central America where farmers use the rapidly growing maize to protect the soil while the slower growing cassava becomes established. Major Central American pests of these crops are discussed in King and Saunders (2). Insect pests have not been studied in this system, although Moreno (3) found less cassava rust (*Uromyces manihotis*) and more cassava powdery mildew (*Oidium manihotis*) and cassava scab (*Sphaceloma* sp.) on cassava intercropped with maize than on cassava grown alone.

## MATERIALS AND METHODS

The six treatments were monoculture maize with and without insecticide protection, monoculture cassava with and without insecticide protection, and a

<sup>1</sup> Received for publication on April 3, 1987.

\* Department of Entomology, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523, USA

\*\* Crop Production Department, CATIE, Turrialba, Costa Rica

row intercrop of maize and cassava with and without insecticide protection. Plots were 10 m x 10 m arranged in four replications of a split plot design with insecticide protection as main plots and cropping systems as subplots.

The experiment was planted on June 7, 1982 at the CATIE (Tropical Agriculture Center for Research and Teaching) experiment station in Turrialba, Costa Rica located at 600 m above sea level on the Costa Rican Atlantic slope. This region averages 2631.7 mm rainfall/year and averages 21.5°C with little seasonal fluctuation. Maize and cassava were planted at 37 750 and 10 000 plants per ha, respectively, both in monoculture and intercrop. Fertilization followed standard station practices. Weeds were controlled manually.

Insecticide-protected maize received 1.15 kg a.i./ha carbofuran <sup>10</sup>G at planting, followed by three weekly and two biweekly applications of permethrin 2 E (0.002% solution sprayed to runoff) starting at 15 days after crop emergence. Maize was harvested on October 19, 1982. Ears were shelled, and grain was oven-dried and converted to kg dry grain per ha. Plant population at one month, and at harvest, ears harvested, plant height at maturity, and per cent rotted ears were also determined.

Insecticide-protected cassava received the same treatments as protected maize. The carbofuran was side-dressed at one month after planting, while the five foliar permethrin applications were started two weeks later. Cassava was harvested during the first week of June, 1983. Yields of commercially acceptable and unacceptable roots were determined, as were plant population at one month and at harvest, and maximum plant height. Total commercial dry matter yield of each system was estimated as maize grain dry weight plus 35% of the cassava commercial root yield. Percent matter in cassava roots was taken from O'Hair (4).

Pest insect populations were evaluated in several ways. Two 25 cm x 25 cm x 25 cm soil samples were taken per plot at one and three months after planting to determine numbers of the adult and nymph *Cyrtomenus bergi* (Hemiptera: Cydnidae) and *Phillophaga* spp. larvae (Coleoptera: Scarabaeidae). Above-ground insects were evaluated by plant damage or visual counts. Aphid damage to maize was evaluated on August 18, 1982 by determining the per cent damage in 25 plants per plot. The percentage of 25 plants per plot with feeding damage by *Diabrotica* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae) and *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) were determined on June 17, 1982 and July 26, 1982, respectively. Stemboring damage by *Diatraea*

sp. (Lepidoptera: Pyralidae) was determined in 10 maize plants per plot at harvest. There was no above-ground damage to the cassava. Insect abundance and diversity was estimated in each cropping system using catches with pitfall traps and yellow pan traps. Two pitfall traps and two yellow pan traps filled with water and a small amount of detergent were placed in each plot. One-day catches were collected from the pitfall traps on July 8, 22 and August 5, 1982. The yellow pan traps were kept at the top of the crop canopy and one-day catches were collected on July 8, 22 and August 5, 19, 29, and September 16, 1982. Total individual insects caught in both trap types were determined as a measure of abundance. Total arthropod species caught in each trap type, estimated by counting morphotypes, was used as the measure of diversity. Actual species present were not determined.

Percentages were transformed by arcsin x and insect counts were transformed by x+1/2 for analysis. Analysis of variance was performed on each parameter. Subplot means were separated by Duncan's Multiple Range Test. Means over insecticide protection control and cropping system are not given, but their statistical effects on each type of data are summarized.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Agronomic Effects

Agronomic data are summarized in Table 1, while the statistical effects on agronomic parameters of insecticide protection and cropping system are summarized in Table 2.

Insecticide protection significantly increased maize plant height in monoculture, while there was no such effect in the intercrops. Abundance of insects affecting plant height may have been reduced in number either by the use of insecticides or by the presence of cassava, but the insect data available do not implicate any particular species. Maize plant population was not affected during the experiment.

The percentage of rotten ears was significantly increased in both protected and unprotected intercrops. This is likely due to the increased relative humidity within the canopy which favored fungal pathogens. Although *Diatraea* sp. damage can also increase ear rots (5), in this experiment insecticide use significantly reduced *Diatraea* damage without reducing ear rot. Total ears harvested per hectare was not affected by any treatment.

Table 1. Agronomic effects of cropping system and insecticide protection on maize and cassava, Turrialba, Costa Rica, 1982-83.

Agronomic Parameter	Unprotected Maize	Protected Maize	Unprotected Intercrop	Protected Intercrop	Unprotected Cassava	Protected Cassava
Maize plants/ha (1 month)	32 500	34 625	33 625	37 750	—	—
Maize height at maturity (cm)	172 B	199 A	194 AB	185 AB	—	—
Maize plants/ha (at harvest)	26 500	33 125	30 250	34 375	—	—
Ears harvested/ha	22 125	24 375	24 250	22 750	—	—
Percent rotted ears	8.8 B	9.2 B	13.2 A	15.2 A	—	—
Maize dry grain yield (kg/ha)	1 912	2 301	032	1 964	—	—
Cassava plants/ha (4 months)	—	—	9 750 AB	9 250 B	10 000 A	10 000 A
Cassava height at 3 months (cm)	—	—	178 A	173 A	157 AB	142 B
Total cassava root yield (kg/ha)	—	—	15 050 B	12 894 B	21 125 A	18 575 AB
Percent commercial roots	—	—	66.1	70.7	60.9	56.4
Commercial root yield (kg/ha)	—	—	9 613	8 387	12 763	10 413
Total commercial dry matter (kg/ha)	1 912 C	2 301 C	5 397 A	4 900 A	4 467 AB	3 645 B

Means in the same row followed by the same letter, or by no letter are not significantly different (DMRT,  $p = 0.05$ ).

Cassava plant populations were significantly lower in the insecticide-protected intercrop, which could perhaps be a combined effect of maize competition and insecticide phytotoxicity. The possibility of phytotoxicity is supported by the tendency of the protected cassava to be shorter than the unprotected in both crop arrangements.

Dry grain yields were similar under all treatments, about 2 MT/ha. Such yields levels are typical for Costa Rican farmers in similar environments, but much lower than might be possible under more intensive management. Total cassava yields were lower in the intercrop. Because of higher percentages of commercially acceptable roots in the intercrop, however, there were no significant differences in commercial root yields. Total commercial dry weight was significantly higher in the intercrop. Without adjusting for labor costs or specific crop prices, the intercrop was agronomically and economically more productive than either monoculture. Average land

equivalent ratios for the protected and unprotected intercrops were similar, 1.76 and 1.89, respectively.

#### Pest Insect Counts and Damage

Pest insect counts and damage estimates are summarized in Table 3, while the statistical effects of insect control and cropping system on these parameters are summarized in Table 4.

Aphid damage was significantly higher on protected maize both in monoculture and in the intercrop. This is most likely due to adverse effects of the permethrin treatments on aphid natural enemies. Insecticide treatments significantly reduced *Diabrotica* damage and numbers, *Diatraea* damage, and total soil insects.

Apart from a small increase in internodes damaged by *Diatraea*, significant cropping system effects were limited to soil insects. *Cyrtomenus bergi* counts at 2

Table 2. ANOVA effects of insecticide protection and cropping system on agronomic characters, Turrialba, Costa Rica, 1982-83.

Agronomic Parameter	Insecticide Protection	Cropping System
Maize plants/ha (1 month)	NS	NS
Maize height at maturity (cm)	**	NS
Maize plants/ha (at harvest)	NS	NS
Ears harvested/ha	NS	NS
Percent rotted ears	NS	**
Maize dry grain yield (kg/ha)	NS	NS
Cassava plants/ha (4 months)	NS	**
Cassava height at 3 months (cm)	NS	***
Total cassava root yield (kg/ha)	*	***
Percent commercial roots	NS	*
Commercial root yield (kg/ha)	NS	NS
Total commercial dry matter (kg/ha)	NS	***

NS = not significant; \* = significant,  $p = 0.10$ ; \*\* = significant,  $p = 0.05$ ; \*\*\* = significant,  $p = 0.01$

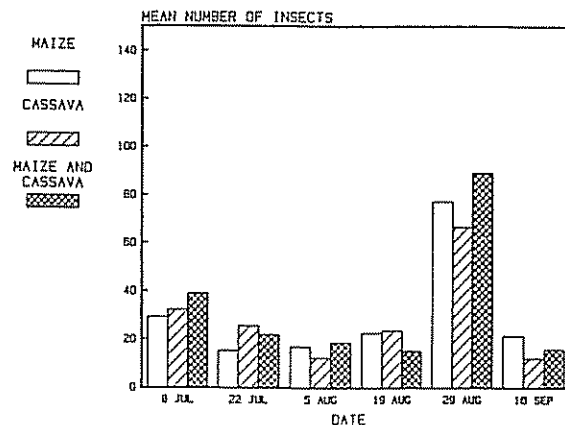


Fig. 1. Abundance of insects trapped in yellow pans in cropping systems protect by insecticides, Turrialba, Costa Rica, 1982.

and 3 months as well as *Phyllophaga* spp. and total soils insects were significantly affected, due mostly to the higher numbers in the intercrop compared to the monoculture cassava.

#### Abundance and Diversity in Trap Catches

Insect abundance as measured by yellow pan catches are summarized in Figs. 1 and 2 while diversity is summarized in Figs. 3 and 4. Abundance and diversity both peaked in late August, just before the maize reached physiological maturity. There were no significant differences found between subplots for either of these parameters. The statistical effects of insecticide protection and cropping system on insect abundance and diversity in yellow pan catches are

Table 3. Effects of cropping system and insecticide protection on insect pest incidence and damage, Turrialba, Costa Rica, 1982-83.

Insect or Damage	Unprotected Maize	Protected Maize	Unprotected Intercrop	Protected Intercrop	Unprotected Cassava	Protected Cassava
Percent plants damaged by aphids	0.4 B	46.2 A	0.7 B	34.7 A	—	—
Percent plants damaged by chrysomelid beetles	24.9 A	7.4 AB	23.8 AB	2.5 B	—	—
Percent plants damaged by <i>Diatraea</i> sp.	65.3 A	24.6 B	69.0 A	18.8 B	—	—
Internodes/plant damaged by <i>Diatraea</i> sp	1.1 A	0.3 B	1.4 A	0.3 B	—	—
Percent plants damaged by <i>Spodoptera frugiperda</i>	2.1	0.8	0.7	0.0	—	—
<i>Cyrtomenus bergi</i> count at 1 month	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.4
<i>Cyrtomenus bergi</i> count at 2 months	4.4 A	1.6 B	3.9 A	0.9 B	0.4 B	0.4 B
<i>Cyrtomenus bergi</i> count at 3 months	12.6 A	3.6 BC	8.4 AB	6.1 ABC	3.6 BC	1.8 C
<i>Diabrotica</i> spp/plant a 1 month	0.4	1.2	1.0	1.0	0.0	—
<i>Diabrotica</i> spp/plant at 3 months	1.2 AB	0.0 B	3.1 A	0.4 B	0.0 B	0.2 B
<i>Phyllophaga</i> spp count at 2 months	0.5	0.9	0.6	0.0	0.0	0.2
<i>Phyllophaga</i> spp count at 3 months	4.2 A	3.3 A	4.1 A	3.3 A	2.1 AB	0.8 B
Total soil insects	26.8 A	12.8 AB	22.0 A	11.3 AB	5.5 B	3.5 B

Means in the same row followed by the same letter, or by no letter, are not significantly different (DMRT,  $p = 0.05$ )

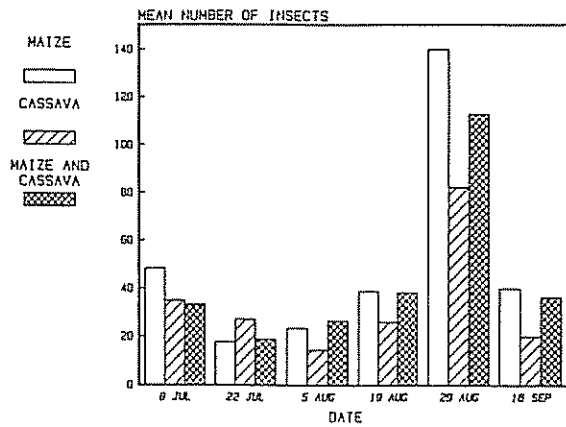


Fig. 2. Abundance of insects trapped in yellow pans in cropping systems without insecticide protection, Turrialba, Costa Rica, 1982.

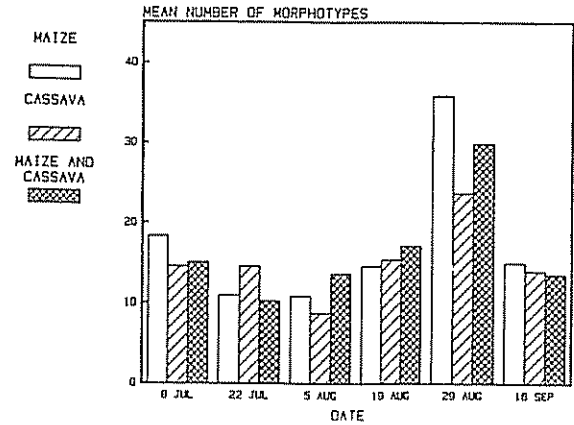


Fig. 4. Diversity of insects trapped in yellow pans in cropping systems without insecticide protection, Turrialba, Costa Rica, 1982.

given in Table 5. The use of insecticides significantly reduced insect abundance as well as diversity in the August 19 and September 16 catches. Cropping system significantly affected abundance on four dates due primarily to low catches in the monoculture cassava, but affected diversity only on July 22 due to relatively high catches in the same system of cassava.

Pitfall traps were discontinued earlier than the pan traps because of problems caused by heavy rainfall. Subplot abundance and diversity, as summarized in Figs. 5 and 6 respectively, show a decline through the trapping period. No significant effect was found from insecticide protection (Table 5). Cropping system affected diversity on July 22 (Table 5) due to high catches in monoculture cassava, as occurred with the yellow pan catches for the same date.

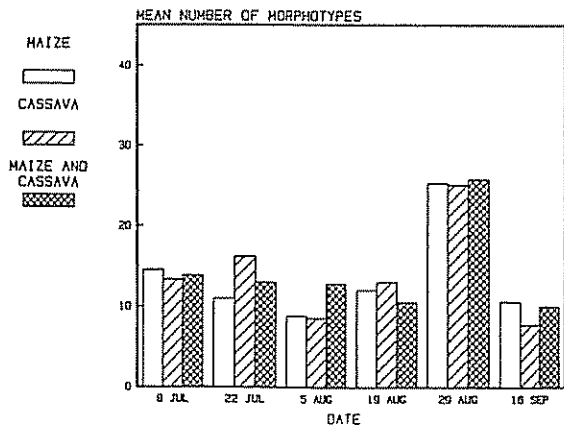


Fig. 3. Diversity of insects trapped in yellow pans in cropping systems protected by insecticides, Turrialba, Costa Rica, 1982.

Table 4. ANOVA effects of insecticide protection and cropping system on insect numbers and damage, Turrialba, Costa Rica, 1982.

Insect or damage	Insecticide Protection	Cropping System
Percent plants damaged by aphids	***	NS
Percent plants damaged by <i>chrysomelid</i> beetles	**	NS
Percent plants damaged by <i>Diatraea</i> sp.	***	NS
Internodes/plant damaged by <i>Diatraea</i> sp.	***	*
Percent plants damaged by <i>Spodoptera frugiperda</i>	NS	NS
<i>Cyrtomenus bergi</i> count at 1 month	NS	NS
<i>Cyrtomenus bergi</i> count at 2 months	***	***
<i>Cyrtomenus bergi</i> count at 3 months	NS	**
<i>Diabrotica</i> spp / plant at 1 month	NS	NS
<i>Diabrotica</i> spp / plant at 3 months	**	NS
<i>Phyllophaga</i> spp count at 2 months	NS	NS
<i>Phyllophaga</i> spp. count at 3 months	NS	**
Total soil insects	***	**

NS = not significant; \* = significant,  $p = 0.10$ ; \*\* = significant;  $p = 0.05$ ; \*\*\* = significant,  $p = 0.01$ .



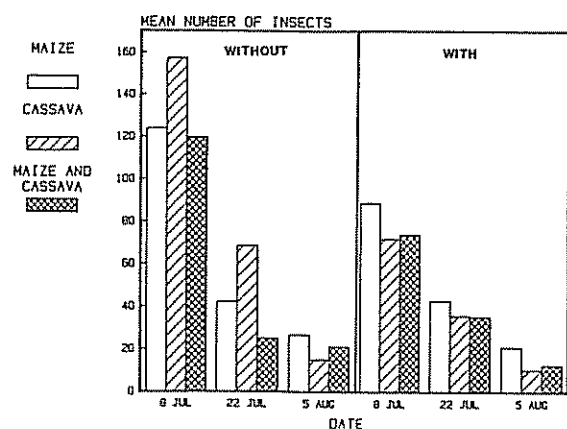


Fig. 5. Abundance of insects trapped in pitfalls in insecticide-protected and unprotected cropping systems, Turrialba, Costa Rica, 1982.

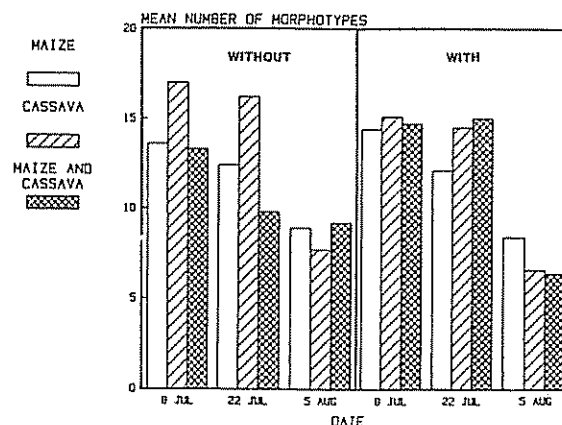


Fig. 6. Diversity of insects trapped in pitfalls in insecticide-protected and unprotected cropping systems, Turrialba, Costa Rica, 1982.

Table 5. ANOVA effects of insect control and intercropping on diversity and abundance of insects trapped in pitfalls and yellow pans. Turrialba, Costa Rica, 1982.

Trap Type and Date	Insecticide Protection	Cropping System
July 8 abundance in yellow pan	NS	NS
July 8 diversity in yellow pan	NS	NS
July 8 abundance in pitfall	NS	NS
July 8 diversity in pitfall	NS	NS
July 22 abundance in pan trap	NS	*
July 22 diversity in pan trap	NS	*
July 22 abundance in pitfall	NS	NS
July 22 diversity in pitfall	NS	*
August 5 abundance in pan trap	NS	**
August 5 diversity in pan trap	NS	NS
August 5 abundance in pitfall	NS	NS
August 5 diversity in pitfall	NS	NS
August 19 abundance in pan trap	***	NS
August 19 diversity in pan trap	**	NS
August 29 abundance in pan trap	NS	**
August 29 diversity in pan trap	NS	NS
September 16 abundance in pan trap	**	**
September 16 diversity in pan trap	**	NS

NS = not significant; \* = significant,  $p = 0.10$ ; \*\* = significant,  $p = 0.05$ ; \*\*\* = significant,  $p = 0.01$

## CONCLUSIONS

With land equivalent ratios greater than 1.75, the maize and cassava intercrop was productive enough to explain its wide use by Central American farmers. Although insecticide protection did reduce some pest incidence and damage, the lack of yield response is most likely due to a combination of low pest pressure and low crop yields. Under this level of pest pressure, intercropping did not afford any benefit in terms of reduced pest incidence or damage. Cropping system did affect general insect abundance on four sample dates and diversity on one date, but these effects were mostly due to relatively high or low catches in monoculture cassava, rather than intercropping effects.

Greater differences might also have occurred if the system had been more intensively managed. Greater yield potentials might have made it possible to demonstrate a benefit from insecticide use and yield depression from intercropping.

Maize and cassava plants are similar in size, although very different in other architectural aspects. Other crop combinations with component species more dissimilar in size might have resulted in greater cropping system effect on pest incidence, pest damage, insect abundance or insect diversity.

## LITERATURA CITADA

- KASS, D.C.L. 1978. Polyculture cropping systems; review and analysis. Cornell International Agricultural Bulletin 32: 69 p.

- 2 KING, A B S.; SAUNDERS, J.L. 1985. The invertebrate pests of annual food crops in Central America. London, Overseas Development Administration 166 p
- 3 MORENO, R. 1979. Crop protection implication of cassava intercropping. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 38 p (Mimeografiado)
- 4 O'HAIR, S.K. 1984. Farinaceous crops. In CRC handbook of tropical food crops. Ed by F.W. Martin. Boca Raton, Florida, CRC Press. 296 p.
- 5 PEAIRS, F.B.; SAUNDERS, J.L. 1981. Plant damage and yield response to *Diatraea saccharalis* and *Spodoptera frugiperda* in selection cycles of two tropical maize populations in Mexico. Turrialba 30(1):55-62.
- 6 PINCHINAT, A.M.; SORIA, J.; BASA, R. 1976. Multiple cropping in tropical America. In American Society of Agronomy. Multiple cropping. Madison, Wisconsin, USA. p 51-61. (Special Publication 27)
- 7 RISCH, S.J.; ANDOW, D.; ALTIERI, M.A. 1983. Agroecosystem diversity and pest control: data, tentative conclusions and new research directions. Environmental Entomology 12:625-629

## Reseña de Libros

K. Wada. Ando Soils in Japan, ed. Kyushu University Press, Fukuoka-shi, 812, Japan, 1986. 276 p.

En el planeta Tierra, los andosuelos cubren más de 124 millones de hectáreas y un 27% de los suelos cultivables, del Japón. Como consecuencia, en este país, son muchos y de muy buena calidad los estudios hechos sobre estos suelos, publicados principalmente en las revistas japonesas. Para recopilar la reciente información de numerosos trabajos presentados a investigadores que no dominan el japonés, el Profesor K. Wada coordinó un equipo de nueve expertos, ocho de las universidades y uno de la Estación Experimental Nacional de Hokhaido, para que, en cinco capítulos, resuman una porción apreciable de esta información. Estos cinco capítulos constituyen la Parte I.

Al volumen lo complementa una Parte II, que presenta descripciones detalladas y datos analíticos de muchos de los principales suelos volcánicos de Japón. Un cuadro de datos meteorológicos, temperatura y precipitación, permite comprender mejor las condiciones bajo las cuales se han formado los perfiles descritos.

En el primer capítulo, el profesor Otawa resumió mucha información reciente sobre morfología y clasificación de los Andosoles, la cual es discutida en el marco de la clasificación de suelos de Japón. Un cuadro que correlacionó 40 pedones con la propuesta de Andisoles aclara la relación entre esta propuesta y el sistema de Japón.

En el segundo capítulo, el Profesor Shoji resume los hallazgos sobre caracteres mineralógicos de los minerales primarios y el Profesor Yoshinaga sobre minerales de arcilla. Los dos subcapítulos presentan bibliografías muy amplias y recientes de no menos de 140 referencias.

En el tercer capítulo, de solamente una docena de páginas, se resume la información sobre las características del humus en suelos volcánicos; 32 referencias concluyen el capítulo.

Las propiedades químicas se resumen en el cuarto capítulo, a cargo del Profesor Inoue. Este capítulo, el más largo y con casi 100 referencias, presenta muchos datos y relaciones entre propiedades de Andisoles. Se discute con considerable detalle las principales propiedades químicas, como la acumulación de humus, los complejos de cambios iónicos, las reacciones con fosfato y fluoruro y la acidez de estos suelos. También en este capítulo se discute las relaciones entre las propiedades químicas y la forma de clasificar a estos suelos.

El quinto capítulo trata sobre las propiedades físicas de los Andisoles considerando su densidad aparente y capacidad de retención de agua, su plasticidad y los cambios que sufren estos suelos cuando se secan. En este capítulo se estudian las relaciones entre la clasificación de Andisoles y sus propiedades físicas.

La segunda parte del libro, que corresponde a un poco más que su mitad, describe y da datos sobre 25 pedones seleccionados de diferentes partes de Japón. Esto permitirá a los lectores familiarizarse con los suelos de este país.

El texto del volumen es bastante claro y se puede estudiar si se tienen conocimientos medianos de inglés y un dominio razonable sobre la materia suelos. Se recomienda este valioso volumen a todas las bibliotecas que presten servicios en regiones volcánicas y a los estudiosos de los suelos volcánicos.

ELEMER BORNEMISZA  
CIA  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

## Notas y Comentarios

### Comerás el pan con el sudor de tu rostro

El hombre ha estado comiendo pan desde antes de que supiera que era hombre. Pero 12.000 años no han hecho nada, al parecer, para que el precio de uno de los más básicos y emotivos alimentos sea más uniforme en todo el globo. Ciertamente, algunas personas sentadas a tomar su desayuno de baguete, "schwarzbrot", baladi, o pan blanco en rebanadas, están pagando por su pan de cada día hasta 17 veces más que personan que desayunan con versiones del mismo producto en otros países. La razón es política: los gobiernos consideran que el pan mismo, o la sustancia de la que está hecho, son demasiado sensitivos para dejar que el simple mercado fije su precio. Algunos gobiernos subsidian al productor, algunos al consumidor, y algunos hacen dinero con los subsidios de otros.

Esta disparidad en los precios del pan se revela en datos recientes del Consejo Internacional del Trigo, sobre precios locales del pan, convertidos en dólares norteamericanos al promedio de tasas de cambio para mayo de 1986, y que comenta recientemente *The Economist* (vol. 303, No. 7501, p. 58)

Los amantes del pan en la Comunidad Económica Europea y en los Estados Unidos pagan bastante por sus hogazas, que llevan en parte, la carga de subsidiar a sus agricultores y el costo de abaratamiento anormal (*dumping*) del trigo en el mercado mundial. Nadie protesta mucho, sin embargo: los alimentos básicos representan una parte demasiado pequeña en los presupuestos de la gente de países ricos.

El gobierno japonés, no sus consumidores, cosecha el beneficio de las exportaciones baratas de trigo europeo y norteamericano. Los japoneses producen menos de un millón de toneladas de su propio trigo, pero el consumo de pan ha estado aumentando. Vendido en pequeñas pastelerías, responde a la moda por las cosas occidentales. La Agencia Estatal de Alimentación importa cerca de seis millones de toneladas de trigo barato y lo vende a los molineros por unas cuatro veces su precio de importación. Los japoneses terminan así comiendo el pan más caro del mundo (231 centavos de dólar por kilogramo).

Los rusos, por otro lado, gastan 1.5 mil millones de rublos cada año (US\$ 2.5 mil millones a la tasa de cambio oficial, bastante menos en realidad) subsi-

diando su pan. El precio de la hogaza más barata no ha subido desde los novecientos veinte (20 a 24 US cents. por kilo), aunque los consumidores se quejan de que las variedades "nuevas y mejoradas" que se introducen frecuentemente en el mercado son un simple subterfugio para elevar el precio. Se considera que el pan escapará al incremento general de los precios que se espera para el presente año: los rusos recuerdan muy bien los disturbios sobre el precio del pan en Polonia, en 1980.

Los egipcios, asimismo, comprenden la política del pan, después de que las alzas de precios condujeron a violencia en 1977 y 1984. El año pasado lo hicieron calladamente: la nueva hogaza de dos pias-tras resultó un poco menos de dos veces el tamaño de la hogaza de una piastra a la que reemplazó. Pero el pan egipcio sigue siendo el más barato del mundo (13 centavos de dólar por kilogramo). Otros precios actuales por kilogramo son el del Brasil (22 c), Zimbabwe (37 c), Gran Bretaña (79 c), Alemania Occidental ("mischbrot", 139), Francia (baguette, 150 c), Estados Unidos (blanco, 176) y Sudáfrica (blanco, 216 c). Hemos calculado que en Costa Rica, a comienzos de 1987, el precio del pan es de alrededor de 77 centavos de dólar por kilo.

En los países ricos y en Rusia el consumo de pan está disminuyendo: el pueblo tiene suficiente alimento, y conforme aumentan sus ingresos, vuelven sus ojos hacia la carne, por ejmplo. El pueblo en los países pobres está comiendo más pan, aún cuando no aumenten sus ingresos: el pan está poniéndose más barato. En el Africa negra, el pueblo consume 50 por ciento más trigo que hace 10 años.

Conforme la gente del tercer mundo se mueve hacia las ciudades, se vuelve hacia el pan: es fácil de obtener, es más conveniente que cocinar maíz o sorgo, y es a menudo barato. Las importaciones de trigo, anormalmente barato (procedente del *dumping*), particularmente cuando la moneda local está sobrevaluada, proveen alimento barato para los trabajadores. Los gobiernos inestables, preocupados por los inquietos habitantes de las ciudades, están encantados de mantener los estómagos de sus habitantes llenos de grano importado, aún a expensas de los agricultores locales. Algo que la humanidad ha conseguido aprender en 12 milenios es cómo hacer complicado un simple alimento. A.G.

# Comportamiento de Siete Variedades de Frijol Almacenadas bajo Diferentes Temperaturas<sup>1</sup>

E. Moreno\*, J. Ramírez\*

## ABSTRACT

Seeds of different varieties of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) were stored at temperatures of 15, 26 and 35°C to determine the effects of temperature on viability and cooking time. The varieties Pastilla, Bayo Blanco, Ojo de Cabra and Bayo Menudo recorded longer cooking times at higher temperatures and longer storage periods, while Pinto Nacional, Negro San Luis and Flor de Mayo also registered longer times than the initial ones, but shorter than those of the above mentioned varieties. None of the varieties suffered a loss of viability at any of the temperatures tested, even at a storage time of 350 days.

## INTRODUCCION

En los países latinoamericanos, la disponibilidad de alimentos es afectada por las pérdidas post-cosecha que ocurren debido a un inadecuado manejo y conservación de los granos durante su almacenamiento. En México, el Programa Nacional Alimentario, 1983, señala que aproximadamente el 10% de la cosecha de granos se pierde por prácticas deficientes de almacenamiento, lo cual representa pérdidas de miles de millones de pesos al año.

Las pérdidas más reconocidas que ocurren durante el manejo y conservación de los granos son las cuantitativas ocasionadas por factores físicos y bióticos como, humedad, temperatura, insectos, hongos, aves y roedores, y las de operación, que incluyen manejo deficiente durante el transporte, almacenamiento e industrialización. Estas pérdidas no solamente reducen la cantidad de grano sino también la calidad, ya que los insectos, las aves y los roedores contaminan los granos y semillas con sus desechos orgánicos. Los hongos, además de que imparten olores y sabores desagradables al grano, son capaces de contaminarlo con micotoxinas que representan un grave problema para la salud de los animales y del hombre.

En cuanto a factores cualitativos, que constituyen otro tipo de pérdida postcosecha —a la que general-

## COMPENDIO

Diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) fueron almacenadas en diferentes temperaturas, 15, 26 y 35°C, con el objeto de determinar el efecto de la temperatura sobre el tiempo de cocción y la viabilidad de las semillas. A mayores temperaturas y períodos de almacenamiento se observó un incremento en los tiempos de cocción. Las variedades Bayo Blanco, Bayo Menudo, Ojo de Cabra y Pastilla, fueron las más susceptibles al endurecimiento; por otra parte, Flor de Mayo, Negro San Luis y Pinto Nacional, fueron las más resistentes. En cuanto a la pérdida de viabilidad, ninguna de las variedades fue afectada por las diferentes temperaturas, ni aún en el almacenamiento de 350 días.

mente no se le da la importancia que tiene ya que no se manifiesta como disminución de peso ni daño del grano almacenado— es la reducción de la calidad nutricional, de la culinaria y la de industrialización, como es el caso del fenómeno del endurecimiento del grano en frijol.

El frijol endurecido representa un serio problema para quien lo almacena y distribuye, ya que es rechazado por el industrial y el ama de casa por no tener la calidad comercial y culinaria requeridas por estos usuarios.

En relación con la pérdida de calidad del frijol se han mencionado dos fenómenos: “semillas duras” (hard shell), y “granos difíciles de cocer” (hard to cook), términos que frecuentemente son usados como sinónimos pero son dos fenómenos distintos. El término “semillas duras” ha sido aplicado por Bourne (1) a semillas maduras que no pueden imbibir agua en un tiempo razonable aún cuando esté bajo condiciones de alta humedad; esto es un problema para los productores de semillas ya que éstas no germinan. Morris *et al.* (6), describieron dos tipos de semillas duras, uno relacionado con la impermeabilidad de la cubierta de la semilla y el otro con la impermeabilidad del cotiledón. Lebedeff (3) sugirió que el fenómeno de semillas duras puede estar controlado por factores hereditarios.

Por otra parte, el fenómeno de los “granos difíciles de cocer” se refiere a frijol duro que embebe agua

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 11 de agosto de 1986.

\* Laboratorio de Conservación de Granos y Semillas. Instituto de Biología, UNAM. 04510 México, D.F. México.

igual que un frijol normal, pero que requiere de un mayor tiempo para su cocción, lo que indica que la imbibición no está relacionada con el tiempo de cocción (2, 4). Por tal razón se considera que el endurecimiento del frijol es un fenómeno que involucra a varios mecanismos (físicos, químicos y estructurales).

Con respecto a las características de cocción del frijol, se pueden diferenciar dos aspectos de este fenómeno. En frijoles recién cosechados, las diferencias en tiempos de cocción entre diversas variedades se deben a factores inherentes a la semilla y éstos seguramente están influenciados directamente por factores genéticos y del medio ambiente. Por otro lado, el incremento del endurecimiento está asociado con condiciones deficientes de almacenamiento, tales como el alto contenido de humedad del grano, la temperatura y el tiempo de almacenamiento.

Otro aspecto importante del almacenamiento de esta leguminosa es la pérdida de viabilidad de las semillas ocasionada por las condiciones de almacenamiento, lo cual debe ser investigado ya que no existe información al respecto sobre las actuales variedades mexicanas de frijol.

El presente trabajo tuvo como objetivo principal generar información sobre el papel que la temperatura de almacenamiento tiene en la calidad de cocción de algunas de las variedades comerciales de frijol más comunes en México, sobre su viabilidad y diferencias que se manifiestan entre variedades en relación a su "resistencia" o "susceptibilidad" al endurecimiento, cuando son almacenadas bajo condiciones que favorecen este fenómeno. Además, esta información puede ser de utilidad para los demás países con problemas del endurecimiento del grano de frijol.

#### MATERIALES Y METODOS

**Semilla.** En el presente trabajo se utilizaron semillas de siete variedades de frijol: Bayo Blanco, Bayo Menudo, Flor de Mayo, Negro San Luis, Ojo de Cabra, Pastilla y Pinto Nacional, proporcionadas por la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO), a través de la Subdirección de Operaciones de esa institución. Los datos iniciales de germinación, contenido de humedad y tiempo de cocción de las siete variedades se muestran en el Cuadro 1. No se detectaron hongos de almacén en ninguna de las siete variedades, al inicio de las pruebas de almacenamiento.

**Contenido de humedad.** Para determinar el contenido de humedad de los granos fue utilizado el método de secado en estufa del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (7), que consiste en secar

Cuadro 1. Datos iniciales de germinación, contenido de humedad y tiempos de cocción de siete variedades de frijol.

Variedad	* Contenido de humedad %	** Germinación (%)	*** Tiempo de cocción (horas)
Ojo de Cabra	10.5	99	3:00
Negro San Luis	9.3	95	3:00
Pastilla	10.5	90	3:00
Pinto Nacional	11.4	97	3:00
Flor de Mayo	8.9	95	2:30
Bayo Blanco	10.8	96	3:30
Bayo Menudo	9.6	98	3:30

\* Contenido de humedad promedio de ocho repeticiones.

\*\* Germinación promedio de ocho repeticiones de 100 semillas cada una.

\*\*\* Tiempo de cocción promedio de cuatro repeticiones.

muestras, por duplicado, de 5 a 10 gramos de frijol en una estufa con circulación forzada de aire a 103°C por 72 horas. El porcentaje de humedad se expresa con base al peso húmedo del grano.

**Tiempo de cocción.** Para llevar a cabo la prueba de cocción, se colocan 450 semillas de cada repetición en una olla de peltre con dos litros de agua hirviendo, volumen que se mantiene añadiendo agua hirviendo durante el tiempo que dura la prueba. Después de hora y media se sacan 50 granos y se aprietan entre los dedos índice y pulgar, considerándose cocida la muestra si 45 de ellos (el 90%) ceden a una ligera presión de los dedos y no presentan grumos. Esta operación se repite cada media hora hasta las cinco horas y media, considerándose la muestra no cocida después de este tiempo. Este método se usa en el Laboratorio de Control de Calidad de la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO).

**Germinación.** Para determinar el porcentaje de germinación se utilizó el método descrito por Moreno (5), colocando 100 semillas en una toalla de papel húmeda, la cual fue enrollada e incubada a 26°C, haciéndose luego un recuento de las semillas germinadas a los 5 y 9 días. Se utilizaron 200 semillas de cada repetición del experimento y 400 semillas de cada variedad para determinar el porcentaje de germinación del lote original.

**Micoflora.** Para determinar el porcentaje de semillas invadidas por hongos se utilizaron 25 semillas de cada repetición; fueron desinfectadas superficialmen-

te con hipoclorito de sodio al 2% durante un minuto y sembradas en MSA (2% malta, 6% sal y 2% agar, medio de cultivo selectivo para hongos de almacén); e incubadas a 26°C durante 7 días hasta que los hongos pudieran ser contados e identificados.

**Almacenamiento de la semilla.** Las siete variedades de frijol fueron almacenadas en temperaturas de 15 y 35°C, y a 26°C solamente se almacenaron cinco de ellas: Bayo Menudo, Flor de Mayo, Negro San Luis, Ojo de Cabra y Pastilla. Todas las variedades se almacenaron con los contenidos de humedad que tenían a su arribo al laboratorio, entre 8.9 y 11.4%. El período de almacenamiento para las variedades almacenadas en temperaturas de 15 y 35°C fue de 350 días, con muestreos a 0, 70, 140, 210, 280 y 350 días, y de 280 días para las almacenadas a 26°C. Para cada variedad se tuvieron cuatro repeticiones por muestreo; en cada muestreo se determinó el porcentaje de germinación, el contenido de humedad, la micoflora y el tiempo de cocción. Las unidades experimentales, o

repeticiones, de cada variedad para cada temperatura, fueron distribuidas al azar en las cámaras de almacenamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Almacenamiento a 15°C.** El contenido de humedad de las 7 variedades se mantuvo entre 7.7 y 10.2% durante los 350 días de almacenamiento. La viabilidad de las semillas no fue afectada por las condiciones de almacenamiento ya que todas las variedades de frijol mantuvieron su poder germinativo por arriba del 90% durante los 350 días (Cuadro 2). En cuanto el tiempo de cocción fue hasta los 280 y 350 días de almacenamiento cuando se observaron incrementos significativos, resultando las variedades Bayo Blanco, Bayo Menudo, Ojo de Cabra y Pastilla las más susceptibles a endurecerse bajo estas condiciones de almacenamiento (Cuadro 3).

Cuadro 2. Porcentaje de germinación\* de frijol almacenado durante 350 días a 15, 26 y 35°C.

Variedad	Germinación Inicial %	Temperatura Almacenamiento °C	Período de almacenamiento (Días)				
			70	140	210	280	350
Bayo Menudo	98	15	92	94	96	92	98
		26	98	99	97	94	—
		35	96	96	98	97	98
Flor de Mayo	95	15	93	95	97	95	97
		26	99	99	96	94	—
		35	99	98	99	99	99
Negro San Luis	95	15	95	93	97	93	97
		26	99	99	98	95	—
		35	99	97	99	97	99
Ojo de Cabra	99	15	100	99	99	99	99
		26	99	99	96	92	—
		35	99	99	100	97	98
Pastilla	90	15	96	95	90	98	99
		26	95	90	94	95	—
		35	99	92	95	96	98
Bayo Blanco	96	15	98	94	97	99	99
		35	96	91	96	98	98
Pinto Nacional	97	15	97	96	95	99	99
		35	99	99	98	96	99

\* Germinación promedio de cuatro repeticiones de 200 semillas cada una

— No se tuvieron unidades experimentales a 350 días

**Almacenamiento a 26°C.** El contenido de humedad de las cinco variedades se mantuvo entre 8.3 y 9.9% durante los 280 días de su almacenamiento. Todas las variedades de frijol mantuvieron su germinación entre 90 y 99% durante los 280 días de almacenamiento (Cuadro 2). En la variedad Pastilla se observó un incremento en el tiempo de cocción de una hora y media desde los 70 días de almacenamiento, mientras que las variedades Bayo Menudo y Negro San Luis no sufrieron ningún incremento en el mismo período de almacenamiento. A los 140 y 210 días de almacenamiento no se observaron cambios significativos en el tiempo de cocción de las variedades con respecto a los encontrados a los 70 días de almacenamiento. En cambio, a los 280 días, la variedad Pastilla no se coció; las variedades Bayo Menudo y Ojo de Cabra requirieron de cinco horas para su cocción y la variedad Flor de Mayo solo requirió de tres horas y media para su cocción (Cuadro 3).

**Almacenamiento a 35°C.** El contenido de humedad de las 7 variedades se mantuvo entre 6.8 y 9.9% durante los 350 días de almacenamiento. Todas las variedades de frijol mantuvieron por arriba del 90% su poder germinativo durante los 350 días de almacenamiento a 35°C (Cuadro 2). A los 70 días de almacenamiento, todas las variedades tuvieron un incremento en su tiempo de cocción desde media hora en las variedades Bayo Menudo, Flor de Mayo y Pinto Nacional, hasta de una hora y media en la variedad Pastilla. A los 140 y 210 días no se apreciaron cambios significativos en el tiempo de cocción de las siete variedades; en cambio, a los 280 días de almacenamiento, las variedades Bayo Blanco y Pastilla ya no se cocieron después de cinco horas y media de cocción, mientras que las otras cinco variedades presentaron tiempos de cocción entre cuatro y cinco horas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tiempo de cocción\* (horas) de frijol almacenado durante 350 días a 15, 26 y 35°C.

Variedad	Tiempo inicial de cocción (horas)	Temperatura almacenamiento °C	Periodo de almacenamiento				
			70	140	210	280	350
Bayo Menudo	3:30	15	3:30	3:30	3:30	5:00	5:00
		26	3:30	3:30	3:00	5:00	(-)
		35	4:00	3:30	4:00	4:30	NC*
Flor de Mayo	2:30	15	3:00	3:00	3:00	3:30	4:00
		26	3:00	2:30	3:00	3:30	(-)
		35	3:00	3:00	3:00	4:30	5:00
Negro San Luis	3:00	15	3:00	2:30	3:30	4:30	3:30
		26	3:00	3:00	3:00	4:30	(-)
		35	4:00	3:30	3:30	4:30	5:00
Ojo de Cabra	3:00	15	3:00	3:00	3:00	4:00	4:30
		26	3:30	3:30	3:00	5:00	(-)
		35	4:00	3:30	3:30	5:00	NC
Pastilla	3:00	15	4:00	3:30	4:00	4:30	4:30
		26	4:30	4:30	4:00	NC	(-)
		35	4:30	4:30	4:30	NC	NC
Bayo Blanco	3:30	15	4:00	3:30	3:30	5:00	4:00
		35	4:30	4:00	4:00	NC	NC
Pinto Nacional	3:00	15	3:00	3:00	3:00	3:00	4:00
		35	3:30	3:30	3:30	4:00	5:00

\* Cocción promedio de cuatro repeticiones de 450 granos de cada una

(-) No se tuvieron unidades experimentales a 350 días

NC\* No se coció.

A los 350 días de almacenamiento, las variedades Bayo Blanco, Bayo Menudo, Ojo de Cabra y Pastilla ya no se cocieron y las variedades Flor de Mayo, Negro San Luis y Pinto Nacional requirieron tiempos de cinco horas para su cocción (Cuadro 3).

En ninguna de las tres condiciones de almacenamiento se detectaron hongos de almacén en los granos de frijol; esto se debe a que el contenido de humedad del grano no fue propicio para el desarrollo de estos hongos.

Aún cuando se observaron ciertas diferencias en algunas variedades en cuanto a los tiempos de cocción a través del período de almacenamiento, las cuales pueden deberse a la heterogeneidad de los lotes comerciales de los que fueron tomadas las muestras para estos experimentos, se puede decir que hubo un patrón constante de comportamiento y que se observaron incrementos en el tiempo de cocción de todas las variedades al aumentar la temperatura y período de almacenamiento, siendo la temperatura el factor más importante. Igualmente, se puede decir que hubo diferencias entre variedades en cuanto al tiempo de cocción.

Las variedades Bayo Blanco, Ojo de Cabra y Pastilla fueron las más susceptibles a endurecerse y Flor de Mayo, Negro San Luis y Pinto Nacional las más resistentes, bajo las condiciones de almacenamiento probadas.

En cuanto a la pérdida de viabilidad, ninguna de las variedades fue afectada por las diferentes temperaturas de almacenamiento.

#### LITERATURA CITADA

1. BOURNE, M.C. 1967. Size, density and hardshell in dry beans. *Food Technology* 21:335-338.
2. BURR, H.J.; KON, S.; MORRIS, H.J. 1968. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage. *Food Technology* 23:336-338.
3. LEBEDEFF, G.A. 1943. Heredity and environment in the production of hardshell seed in common beans (*Phaseolus vulgaris*). *Agr. Exp. Sta. Rio Piedras, P.R. Research Bulletin* 4.
4. MOLINA, M.R.; BATEN, M.A.; GOMEZ-BRENES, R.A.; KING, R.W.; BRESSANI, R. 1976. Heat treatment: a process to control the development of the hard-to-cook phenomenon in black beans (*Phaseolus vulgaris*). 41:661-666.
5. MORENO, M.E. 1984. Análisis Físico y Biológico de Semillas Agrícolas. Instituto de Biología, UNAM., México 385 p.
6. MORRIS, H.J.; WOOD, E.R. 1950. Processing quality of varieties and strains of dry beans. *Food Technology* 4:247-251.
7. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA) 1979. Grain Equipment Manual GR 916-6. Federal Grain Inspection Service, Standardization Division, Richard-Geabayer A.F.B. Kansas City, Mo.

## Notas y Comentarios

### Mujeres científicas en la antigüedad

Las reuniones anuales de la American Association for the Advancement of Science (AAAS) tienen el interés, además de la presentación de trabajos originales de investigaciones, otros trabajos relacionados con la vida de los científicos, y sobre la forma como ellos trabajan.

En la reciente reunión, celebrada en Chicago, en febrero de 1987, hay algunas contribuciones que hemos resumido para Turrialba. Una de ellas, de Carolina Herzenberg, del Laboratorio Nacional de Argonne, presenta un análisis de las mujeres y la ciencia en la antigüedad y en la Edad Media.

El romance entre Abelardo y Heloísa es famoso y ha inspirado poemas, dramas y novelas. Es menos sabido que Heloísa fue "una de las principales científicas de su época, una notable matemática y la más sabia médica de Francia en el siglo XII".

La más antigua científica desenterrada por Herzenberg fue Merit Ptah, jefe de médicos en Egipto alrededor de 2700 AC. Dos químicos en la antigua Mesopotamia estaban a cargo de la industria local de perfumes.

La ciencia en Grecia fue benigna para las mujeres. Después de que Pitágoras muriera, su sucesor fue una mujer llamada Theana. "El último gran científico de la antigüedad fue una mujer; una matemática, astronomía y física, llamada Hypatia". Ella vivió en Alejandría alrededor del año 400 DC. A.G.



## Reseña de Libros

MOLL, H.A.J. 1987. *The Economics of Oil Palm*. Pudoc. Wageningen, Netherlands, 288 p.

This book is part of a series of monographs on the economics of specific crops being prepared by the Department of Development Economics at Wageningen. With respect to oil palm economics, the summarization of information from diverse and sometimes obscure sources was much needed. The agricultural, processing and marketing phases are treated in a comprehensive pantropic review of the oil palm industry.

In the introductory chapter oil palm botany, production, fruit processing and international trade in oil palm products are treated. Here the discussions are very brief, sometimes disjointed and occasionally misleading. A two page list of references given at the end of this chapter contains most of the important general references for oil palm.

In the second chapter, "Comparative Analysis", the author presents an interesting and generally comprehensive approach to the development and economics of the oil palm industry in eight countries that together account for 87% of world production. The author contends that the industry owes its development in all of these countries, primarily to ecological conditions that limit the range of other crops that can compete economically with oil palm for the use of land. Only in Indonesia and Malaysia, however, has this development reached a stage that allows the producing countries, all struggling with balance of payments problems, to venture much beyond merely satisfying growing domestic demand. These two countries have capitalized on oil palm's ability to outperform all other vegetable oil crops in terms of productivity per unit of land, and compete effectively on the expanding world market. In most of the countries studied, government policy seems more directed at staving off oil imports, which would use foreign

exchange, than at promoting oil exports, which would earn foreign exchange. The discussion, near the end of this chapter, on the industry's contribution to the national economy is particularly interesting but could have been more clearly developed. The four pages of conclusions at the very end of the chapter summarize the entire book rather well.

The second part of the book treats the micro-economics of the oil palm industries in Indonesia, Malaysia, Cameroon, Ivory Coast, Nigeria, Sierra Leone, Colombia and Honduras in individual country studies. Each study follows a standard outline that briefly profiles the country; reviews its ecological conditions; traces the origins and development of its oil palm industry; discusses how the industry is presently structured, from production through marketing; and presents data on investment costs, operating expenses, prices and returns. The topics covered are comprehensive (or almost so; there is no discussion of purchased fruit pricing or fruit tolling fees) and the standard way in which these topics are discussed makes it easy to "tune in" on the discussion.

Because the economic analysis presented in this book is for a single year (1982) and was developed from data that the author admits was often incomplete, any conclusions that the reader may draw from it should be tentative. The book's real usefulness is as a reference book that provides the reader really interested in understanding the industry with the framework and sources of information with which to construct his own, more in-depth analysis, upon which he could safely make a decision.

R.A. LARSON  
OIL PALM OPERATIONS  
SAN JOSE, C.R.

# Regulation of *Dirphya nigricornis* Olivier (Coleoptera: Cerambycidae) Oviposition and Incubation by Weather<sup>1</sup>

F.M.E. Wanjala\*, B.M. Khaemba\*\*

## ABSTRACT

*Dirphya nigricornis* Olivier eggs were observed daily in field coffee throughout their oviposition and incubation periods. Oviposition was estimated to be highest when ambient and canopy temperatures approached equilibrium ( $27.0^{\circ}\text{C} \pm 0.62^{\circ}\text{C}$ ), at moderately high relative humidities ( $\pm 1$  s.e.). During the different seasons, both oviposition and incubation periods differed, being governed by the prevalent temperatures and relative humidities.

## INTRODUCTION

**D***irphya nigricornis* (Olivier), the arabica coffee stem borer, is present in tropical and subtropical areas of the world, and has an extremely limited range of hosts (4, 5). The insect is considered to be a permanent pest of coffee (*Coffea arabica* L.) in Kenya. Economic damage to coffee may result from its boring the stem, including direct breakages (1, 6).

*D. nigricornis* can primarily stay within stem tunnels as larvae for three seasons, or 18 months (6). Populations increase on coffee during the long and short rainy seasons, because oviposition is limited to these periods. No studies have been conducted in Kenya to determine whether egg production and subsequent incubation on coffee are regulated by temperatures, relative humidities and rainfall.

This paper presents field data collected in Ruiru, Kenya, in which oviposition and incubation periods were related to ambient conditions and coffee canopy temperatures.

## COMPENDIO

Se observaron diariamente huevecillos de *Dirphya nigricornis* Olivier, en parcelas de café, a lo largo de los períodos de oviposición e incubación de este barrenador del tallo del café. Se estimó que la oviposición alcanzó su máximo nivel cuando las temperaturas ambientales y en el canopy se acercaron al equilibrio ( $27.0^{\circ}\text{C} \pm 0.62^{\circ}\text{C}$ ), en temperaturas con humedad relativa moderadamente alta ( $\pm 1$  s.e.). En las diferentes estaciones, tanto los períodos de oviposición como de incubación fueron diferentes, siendo gobernados por las temperaturas prevalentes y las respectivas humedades relativas.

## MATERIALS AND METHODS

Egg populations of the pest species were monitored daily through the oviposition seasons during the long and short rainy seasons for two subsequent years. The absolute number of laid eggs was considered in each season. To achieve the objective of this study, the site selected was located in a block of mature coffee situated 30 m away from a meteorological station. Records of temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), relative humidity (%) and rainfall (mm) were kept during the period of oviposition and subsequent egg incubation of the pest.

During the period of experimentation, additional temperature data for the coffee canopies in which the study was conducted were gathered by thermometers (Model, Tot Imm, E-M.L, Great Britain). In this case, the thermometers were positioned at the top (2.10 m) and in middle (1.55 m) levels of the coffee canopies. They were read at 0900, 1200 and 1500 hours daily. Monitoring was maintained from the moment the eggs were laid and continued until they hatched.

## RESULTS AND DISCUSSION

Since oviposition by *D. nigricornis* was confined to coffee canopies, the temperatures that accrued in the middle canopy were more representative of the situation in the zone of oviposition. Deviations of  $\pm 5.0^{\circ}\text{C}$  between ambient and canopy temperatures depressed oviposition and fecundity rates. For instance, an extreme deviation ( $23.8^{\circ}\text{C}$ ) below ambient temperature ( $28.8^{\circ}\text{C}$ ) was associated with reduced oviposition ( $1.0 \pm 0.16$ ) (Fig. 1). As the top and middle canopy

<sup>1</sup> Received for publication May 13, 1986.

The authors are grateful for the assistance of staff of the Entomology Section, Coffee Research Foundation, Kenya

\* Coffee Research Foundation P.O. Box 4, Ruiru, Kenya

\*\* Department of Forestry, Moi University P.O. Box 3900, Eldoret, Kenya.

temperatures approached equilibrium at  $27.0 \pm 0.62^\circ\text{C}$  and  $26.0 \pm 0.45^\circ\text{C}$  respectively, with the ambient temperature being  $28.8^\circ\text{C}$ , oviposition in female beetles reached an apogee of  $60.0 \pm 5.09$  eggs. These data help elucidate a past study the family Cerambycidae, in which Grimble *et al* (3) similarly found that maximum daily temperatures above  $27.0^\circ\text{C}$  enhanced oviposition.

Effects of relative humidity on oviposition were correlated with those of temperature (Fig. 1). While each beetle laid 2.4 eggs daily at moderately high relative humidities (86.5%), this rate was reduced to 1.5 eggs when extremely high r.h. of  $93.0 \pm 1.84$  prevailed within the plantations.

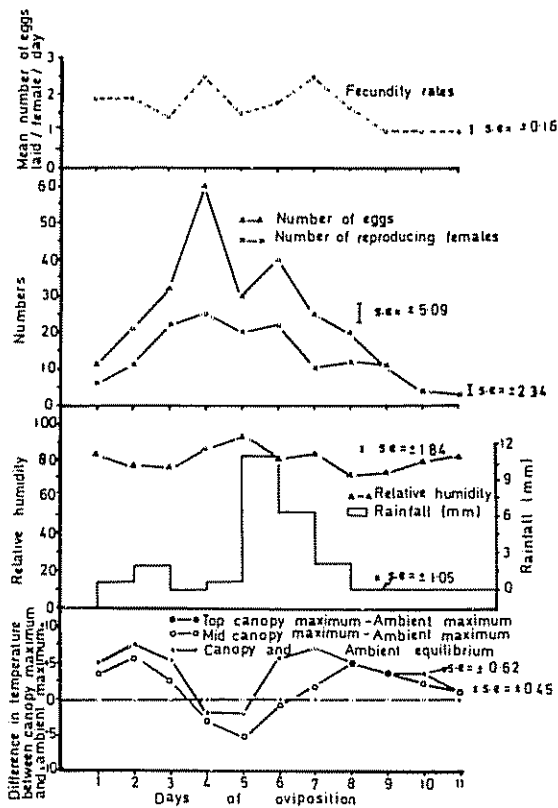


Fig 1. Effects of environment on fecundity rates and oviposition by *D. nigricornis*.

It can be further seen in Fig. 1 that the amount of rainfall ( $\pm 1.05$ ) received did not influence oviposition. This was shown by the fact that, when the highest amount of rainfall was experienced by day 5 of the oviposition period, no associated increase or decrease in the number of eggs was produced.

Both temperatures and relative humidities influence adult female reproductive behavior and their

dispersal on coffee in nature. Rainfall inactivates *D. nigricornis* by reducing the desire to mate in each sex, thus reducing the survival and actual numbers of the pest (2, 3).

Fig. 2 shows that field incubation periods fluctuated according to the seasons during which infestations were initiated. It was observed that incubation lasted from 14-34 days ( $\pm 1$  s.e.), with most of the eggs that were laid hatching within 18-24 days ( $\pm 1$  s.e.) and 21 days ( $\pm 1$  s.e.) during the long and short rainy seasons, respectively.

The data further showed that although r.h. fluctuations  $\pm 1$  s.e. were more pronounced during the short rains than the long rains, it was in the former period when hatching occurred over a short period, unlike the several days of the long rainy seasons. The influence of weather on the fluctuations of insect populations as proposed by DeBach (2) seems to form the basic framework of all operations in *D. nigricornis* ovipositional and hatching biology.

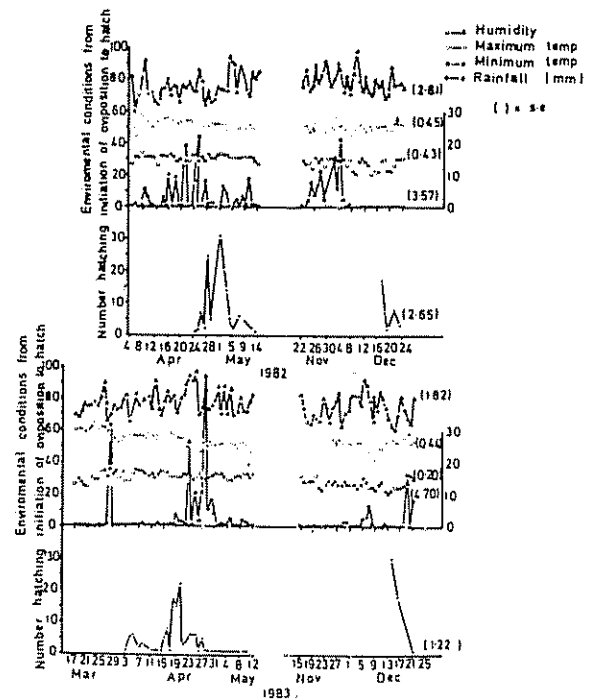


Fig 2 Effects of environment on hatching

LITERATURE CITED

1. CROWE I J. 1962. The biology and control of *Dirphya Nigricornis* Olivier, a pest of coffee in Kenya (Coleoptera: Cerambycidae). Journal of the Entomological Society of South Africa 25:304-312.

2. DEBACH P. 1958. Application of ecological information on control of citrus pests in California. Proceedings of the International Congress in Entomology 10, Montreal 1956 3:187-194.
3. GRIMBLE D.G., NORD, J.C. KNIGHT, F.B. 1969. Oviposition characteristics and early larval mortality of *Saperda inornata* and *Oberea schaumii* in Michigan aspen. Annals of the Entomological Society of America 62(2):308-3.
4. LE PELLEY, R.H. 1968. Pests of coffee. London Longmans, 590 p.
5. LE PELLEY, R.H. 1973. Coffee pests. Annual Review of Entomology 18:121-142.
6. WANJALA F.M.E. 1985. Studies on population dynamics of the yellow-headed borer beetle, *Dirphya nigricornis* Olivier (Coleoptera:Cerambycidae), a pest of coffee in Kenya. Ph.D thesis, University of Nairobi 283 p.

## Notas y Comentarios

### Cómo resisten la deshidratación los riñones del camello

Si el camello fue diseñado por un comité, entonces el pedazo en que acertaron fueron los riñones. El camello puede vagar por el abrasador calor del desierto, comiendo alimento inferior y perdiendo una cuarta parte de su peso en dos semanas sin beber agua. Luego, el deshidratado camello puede beber hasta 200 litros de agua en unos pocos minutos para reemplazar la que ha perdido. Tales oscilaciones en el equilibrio de agua en un animal es potencialmente peligroso debido a los bruscos cambios de concentración de su sangre.

Los órganos responsables de mantener la concentración del plasma sanguíneo son los riñones. Los riñones del camello son extraordinarios; pueden producir una orina oscura con consistencia de jarabe un rato, y una orina oscura incolora en menos de media hora después de que el camello haya tomado un largo trago. En contraste, los riñones de las cabras y ovejas beduinas, aunque ellas puedan reemplazar rápidamente el agua perdida, demoran unos dos días en volver a la normalidad.

Dos biólogos, Z. Etzion y R. Yagil, de la Universidad Ben Gurion, del Negeb, en Israel, donde se han hecho buenos avances para aprovechar al camello como ganado lechero (Cf. Turrialba, vol. 36, p. 162), han investigado la capacidad del camello, *Camelus dromedarius*, para manejar la avalancha que representa la rápida rehidratación (*Physiological Zoology*, vol. 59, p. 558). En un mamífero deshidratado, la glándula pituitaria aumenta la producción de una hormona antidiurética (ADH), que causa la reabsorción del agua de la orina a la sangre. Cuando un animal bebe una gran cantidad, la sangre puede llegar a diluirse,

de tal manera que la pituitaria, produce menos ADH y más agua se pierde entonces en la orina. Al mismo tiempo, otra hormona, la aldosterona, causa que la sangre retenga sodio, contrarrestando así el efecto de la delución.

En condiciones ordinarias, este mecanismo es enteramente suficiente, pero la rápida rehidratación en ciertos animales aniega el sistema. Si la sangre es demasiado diluida, o hipotónica, los glóbulos rojos de la sangre absorben agua por ósmosis y revientan (hemólisis). Los vacunos que viven en ambientes calurosos sufren a menudo de hemólisis. Las cabras y ovinos del desierto pueden beber bastante agua pero ésta permanece en sus estómagos y solo pasa lentamente a la sangre en un par de días, permitiendo así a los riñones a ajustarse lentamente.

En contraste, Etzion y Yagil encontraron que el agua bebida por un camello deshidratado iba directamente a la corriente sanguínea y que los riñones y otros órganos del camello se ajustaban casi inmediatamente al cambio. La dilución del plasma sanguíneo fue contrarrestada no sólo por una reducción de la producción de ADH y de un aumento de la producción de aldosterona, sino también por la absorción al sistema sanguíneo de sal proveniente del canal digestivo. A pesar de estos mecanismos, el plasma se diluye un poco. Sin embargo, los glóbulos rojos del camello son tolerantes a estos efectos osmóticos; se hinchan y se vuelven casi esféricos, pero no revientan.

Etzion y Yagil señalan que debido a que el camello puede rehidratarse rápidamente, puede restaurar inmediatamente sus funciones corporales, especialmente la de sus riñones, a lo normal, dando así a este notable animal otra ventaja más en los problemas de supervivencia en el desierto. A G.

## Notas y Comentarios

### Peligro para las plantaciones de caucho del Viejo Mundo

La enfermedad sudamericana de las hojas de caucho, producida por el hongo *Microcyclus ulei* (sinónimo *Dothidella ulei*), que hasta ahora sólo ocurre en la América Tropical, desde Bolivia hasta Guatemala, constituye un peligro para las plantaciones de *Hevea* del Sudeste de Asia y de África Occidental, donde está ahora ubicado el grueso de la producción del caucho natural del mundo. Ahora, Thomas Edathil, del Rubber Research Institute of India, subraya el riesgo grave de su introducción para África y Asia que representa el gran movimiento de gente y material vegetal presente en los últimos años y originado por la ayuda a las regiones afectadas por la sequía en gran parte de los países al Sur de Sahara (*Tropical Pest Management*, vol. 32, p. 296).

La enfermedad está en la actualidad confinada a los trópicos húmedos de América del Sur. Enormes plantaciones en las Guayanas, Panamá y Costa Rica fueron abandonadas a comienzos de este siglo cuando la enfermedad alcanzó proporciones epidémicas. Los rendimientos cayeron dramáticamente, dando como resultado que el mundo dependiera del Lejano Este para el 90 por ciento del consumo de caucho. La catástrofe hubiera sido maúscula si no se hubiera hecho presente la industria del caucho artificial, que no sólo cubrió la potencial brecha entre producción y consumo, sino que creó elastómeros especiales, superiores al producto natural, especialmente para llantas y neumáticos de automóviles.

Edathil ha considerado los estados primario y secundario en el ciclo de vida del hongo patógeno, y el crecimiento del *M. ulei*, tan ligado a las condiciones

climáticas en los trópicos de Sudamérica, llegando a la conclusión de que también para su desarrollo las condiciones en las importantes plantaciones de Malaysia y La India. Además, las variedades de alto rendimiento, que crecen en esas enormes regiones, son altamente susceptibles a la enfermedad sudamericana de las hojas. Las probabilidades son de que si el hongo fuera introducido a esa zona, se produciría una epidemia devastadora. La pregunta es si esta dispersión puede ser evitada usando los métodos y materiales existentes.

Edathil aboga por que la mejor cura es la prevención. Esta es una opción realista debido a los límites que existen para una dispersión a larga distancia de la enfermedad. El *M. ulei* no puede ser transportado por el aire debido a la exposición a la intensa radiación y a temperaturas altas, que destruyen las esporas asexuales, que el hongo produce en gran abundancia; y las esporas secundarias de invernación, probablemente de origen sexual, son demasiado pesadas. Sin embargo, se han encontrado esporas debajo de las uñas y en las ropas, en personas que han visitado un almácigo que tenía la enfermedad.

Las leyes vigentes establecen que los individuos relacionados con el *M. ulei*, que están viajando de América a Asia, vayan por la vía de Europa, y pasen allá por lo menos cuatro días y desinfecten todo lo que lleven. Sin embargo, sólo educando y educando a todos los viajeros sobre este riesgo, puede asegurarse un control eficaz. También es posible apretar más, tanto las reglas que conciernen a personas potencialmente agentes de dispersión, como los reglamentos sobre el movimiento de material vegetal. A.G.

# Fluctuación Estacional de la Distribución Espacial de *Meloidogyne incognita* y *Rotylenchulus reniformis* en Papaya (*Carica papaya* L.)<sup>1</sup>

G. Jiménez\*, R. López\*

## ABSTRACT

The seasonal fluctuation of the spatial distribution of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* on papaya was monitored during 13 months. Horizontally, soil samples were taken at the dripping line and at half the distance between the dripping line and the trunk (half the dripping line), between plants located in the same row (between plants) and then, in a 90° angle, between plants located in adjacent rows (between rows). Vertically, samples were taken from 0 to 75 cm deep, at 15 cm intervals, in each of the formerly mentioned points. *R. reniformis* had an almost regular distribution, as its higher densities were usually located at half the dripping line between plants and between rows. The horizontal distribution of *M. incognita* was variable. However, in general, its higher densities between rows were at half the dripping line, whereas between plants they were located at the dripping line during the drier months, and at half the dripping line during the wet months. Vertically, the highest densities of two nematode species were found in the first 15 cm soil layer during December and January; densities decreased as sampling depth increased. During March and April, when soil moisture was lowest, densities of the two species decreased but that of *R. reniformis* to a lesser degree. In June and July a slight increase was noted, whereas from August to December both nematodes showed a noticeable decrease in density.

## INTRODUCCION

La papaya (*Carica papaya* L.) es una de las especies frutales de importancia en los trópicos dado su alto rendimiento y valor nutritivo; además es uno de los pocos frutales de producción continua durante todo el año (11). Varios factores contribuyen a una reducción de la producción de este cultivo, entre ellos, los nematodos *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White, 1919) Chitwood, 1949 y *Rotylenchulus reniformis* Linford y Oliveira, 1940 (3).

<sup>1</sup> Recibido para su publicación el 20 de julio de 1986. Parte de una tesis de grado presentada por el primer autor ante la Escuela de Fitotecnia de la Universidad de Costa Rica

\* Laboratorio de Nematología, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

## COMPENDIO

Se estudió la variación estacional de la distribución de *M. incognita* y *R. reniformis* en papaya, durante 13 meses. En el plano horizontal, se tomó muestras de suelo en la zona de goteo del follaje y a la mitad de la distancia entre el tronco y la zona de goteo, tanto entre plantas localizadas en una misma hilera (entre plantas) como entre plantas localizadas entre hileras adyacentes (entre hileras). Verticalmente, en cada uno de los puntos mencionados anteriormente se tomó muestras desde la superficie hasta los 75 cm de profundidad, a intervalos de 15 cm. Se encontró que *R. reniformis* tuvo un comportamiento más regular en prácticamente todos los muestreos, presentando las mayores densidades poblacionales a la mitad de la zona de goteo, tanto entre plantas como entre hileras. En cuanto a *M. incognita*, su distribución horizontal fue variable. Sin embargo, en términos generales, podría decirse que las mayores densidades entre hileras se localizaron a la mitad de la zona de goteo mientras que entre plantas las mayores densidades se presentaron en la zona de goteo, durante los meses de menor precipitación y a la mitad de la zona de goteo, en los meses de mayor precipitación. En cuanto a la distribución vertical de ambos nematodos, en diciembre 1980 y enero 1981, las mayores densidades se localizaron en los primeros 15 cm y fueron reduciéndose conforme se profundizó en la toma de muestras. En marzo y abril 1981, en los que el porcentaje de humedad en el suelo fue bajo, la población de las dos especies disminuyó pero, en menor grado, la de *R. reniformis*. Durante junio y julio se observó un ligero incremento de las poblaciones de ambas especies, mientras que en los meses subsiguientes (agosto a diciembre) la tendencia de las dos especies a disminuir fue notable.

Por otra parte, es sabido que la distribución de los nematodos en el suelo es variable, debido principalmente a la influencia de factores tales como distribución de raíces, temperatura, humedad y textura del suelo, altura de la tabla de agua, lluvia y profundidad del subsuelo (8). Además las poblaciones de nematodos pueden variar según la época o estación del año, en respuesta a fluctuaciones de algunos de los factores antes citados (8). El conocimiento de la distribución horizontal y vertical de los nematodos en el suelo, así como su fluctuación en el tiempo, es de gran importancia pues sirve de base para futuros estudios de diagnóstico, aplicación de medidas de combate y predicción de densidades poblacionales (4,5). Dada la carencia de información local, se estimó pertinente realizar esta investigación, la que tuvo como objetivo determinar el patrón de distribución vertical y horizontal de *M. incognita* y *R. reniformis* en papaya, así como su fluctuación durante 13 meses.

## MATERIALES Y METODOS

Se hizo un estudio sobre la variación estacional de la distribución espacial de *M. incognita* y *R. reniformis* en un plantío de papaya, localizado en el distrito central del cantón de Orotina, provincia de Alajuela, Costa Rica. El mismo abarcó el período comprendido entre diciembre de 1980 y diciembre de 1981. Se tomaron muestras de suelo en nueve oportunidades, a intervalos de 45 días. En cada oportunidad se escogió al azar cinco plantas y se procedió a tomar muestras con un barreno de 2.2 cm de diámetro. Horizontalmente se tomó muestras en los puntos localizados en la zona de goteo del follaje (ZG) y a mitad de la distancia entre la gotera y el tronco (ZG/2), entre plantas localizadas en una misma hilera de siembra (entre plantas) y luego, en un ángulo de 90°, entre plantas localizadas en hileras adyacentes (entre hileras). Verticalmente y en cada uno de los cuatro puntos mencionados anteriormente, se tomó muestras desde la superficie hasta los 75 cm de profundidad, a intervalos de 15 cm. Cada muestra fue guardada en una bolsa de polietileno y trasladada al laboratorio para su posterior análisis. Los nematodos fueron extraídos mediante la técnica de centrifugación en solución azucarada modificada por Alvarado y López (1). La identificación a nivel de género fue hecha bajo un microscopio estereoscópico a 45X. Posteriormente se determinó que la especie de *Meloidogyne* presente era *M. incognita* raza 1 (7) y que la especie de *Rotylenchulus* era *R. reniformis* (L.A. Salazar, Comunicación personal, 1981).

Se tomó muestras adicionales para la determinación de materia orgánica, textura, contenido de elementos nutritivos y para estudiar la variación estacional de pH y la humedad del suelo en cada una de las cinco profundidades estudiadas. También, se colectó la información pertinente a la precipitación durante el período de estudio. Los resultados del análisis físico y químico del suelo se presentan en el Cuadro 1.

## RESULTADOS

Distribución horizontal de *M. incognita*

La fluctuación de la distribución horizontal de *M. incognita* se presenta en la Fig. 1. En diciembre 1980 (Fig. 1a) se encontró que, entre hileras, las mayores densidades poblacionales estaban localizadas en la ZG en los primeros 30 cm de profundidad, y en la ZG/2 entre los 31 y 75 cm de profundidad. Entre plantas, las mayores densidades en los primeros 45 cm de profundidad se encontraron en la ZG, mientras que entre los 46 y los 75 cm las mayores densidades estuvieron localizadas en la ZG/2.

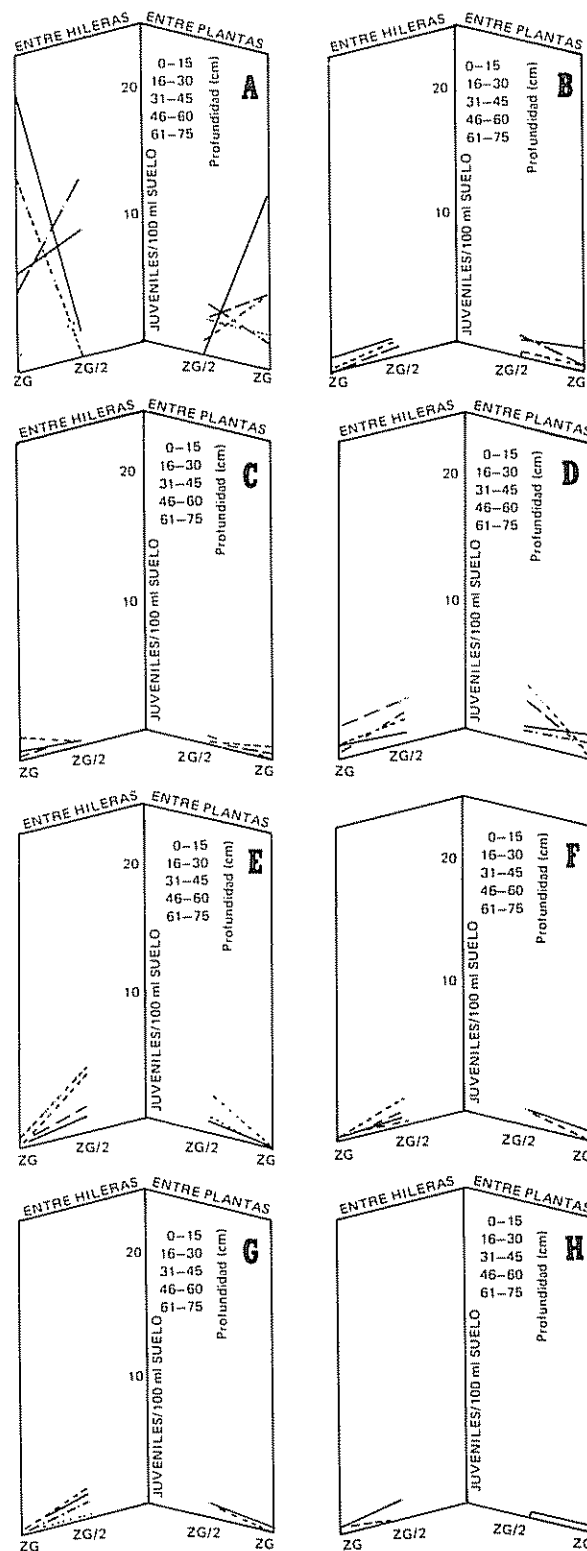


Fig. 1. Fluctuación estacional de la distribución horizontal de *Meloidogyne incognita* en papaya. A: diciembre 1980; B: enero, C: marzo, D: junio, E: julio, F: setiembre, G: octubre y H: diciembre 1981. ZG: zona de goteo y ZG/2: mitad de la zona de goteo

Cuadro 1. Algunas características físicas y químicas del suelo en que se estudió la fluctuación estacional de la distribución espacial de *Meloidogyne incognita* y *Rotylenchulus reniformis* en papaya.

	Análisis físico				
	Profundidad (cm)				
	0-15	16-30	31-45	46-60	61-75
Arena	28.64	29.41	26.10	30.90	31.46
Limo (%)	41.70	40.59	36.72	26.94	24.79
Arcilla (%)	29.96	30.00	37.18	42.16	43.75
Textura	Franca	Franca	Franca Arcillosa	Arcillosa	Arcillosa
Materia Orgánica (%)	7.15	5.26	1.10	0.76	0.57
Elemento	Análisis químico				
P	16 ppm	12 ppm	10 ppm	10 ppm	10 ppm
S	13 ppm	18 ppm	5 ppm	5 ppm	5 ppm
Fe	26 ppm	24 ppm	26 ppm	70 ppm	70 ppm
K	0.4 meq/100 g	0.5 meq/100 g	0.6 meq/100 g	0.6 meq/100 g	0.6 meq/100 g
Mg	1.0 meq/100 g	0.9 meq/100 g	0.7 meq/100 g	0.7 meq/100 g	0.7 meq/100 g
Ca	1.9 meq/100 g	2.1 meq/100 g	2.1 meq/100 g	3.0 meq/100 g	3.0 meq/100 g
pH (H <sub>2</sub> O)	6.2	6.2	6.4	6.4	6.4

En enero 1981 (Fig. 1b) y marzo 1981 (Fig. 1c) las densidades poblacionales fueron bajas en general y similares en la ZG y en la ZG/2, tanto entre plantas como entre hileras, en todas las profundidades. En abril 1981 no se recuperó segundos estadios juveniles en ninguna de las muestras.

En junio 1981 (Fig. 1d) se encontró que, entre hileras, hubo una densidad levemente mayor en la ZG/2 entre los 16 y los 75 cm de profundidad; en los primeros 15 cm la densidad en la ZG fue similar a la encontrada en la ZG/2. Entre plantas hubo una densidad levemente mayor en la ZG/2 entre los 16 y 45 cm. En las otras profundidades las densidades en la ZG y en la ZG/2 fueron similares. En julio 1981 (Fig. 1e) se observó que, entre hileras, las densidades en los primeros 60 cm fueron levemente mayores en la ZG/2. No se recuperó juveniles entre los 61 y los 75 cm de profundidad. Entre plantas, las densidades en la ZG y en la ZG/2 fueron similares en todas las profundidades.

En setiembre 1981 (Fig. 1f) y octubre 1981 (Fig. 1g) las densidades en la ZG y en la ZG/2 fueron similares en todas las profundidades, tanto entre plantas como entre hileras. En algunos casos no se recuperó juveniles, v.g., entre plantas a profundidades superiores a los 31 cm. En diciembre 1981 (Fig. 1h), en la mayoría de los casos, no se recuperó juveniles. Se observó que las densidades en los primeros 15 cm fueron similares en la ZG y en la ZG/2, tanto entre hileras como entre plantas. Entre hileras se encontró que, entre los 46 y los 60 cm, la densidad en la ZG fue similar a la encontrada en la ZG/2.

#### Distribución horizontal de *R. reniformis*

La variación estacional de la distribución horizontal de *R. reniformis* se presenta en la Fig. 2. En diciembre 1980 (Fig. 2a) las mayores densidades estuvieron en la ZG/2, tanto entre hileras como entre plantas y en todas las profundidades. Una situación muy similar a la anterior se presentó en enero 1981 (Fig. 2b), excepto que entre hileras, y a una profundidad entre 61 y 75 cm, la densidad en la ZG/2 fue mayor que en la ZG. En marzo 1981 (Fig. 2c), y entre hileras, las densidades en la ZG fueron similares a las encontradas en la ZG/2 en todas las profundidades. Entre plantas las densidades en los primeros 30 cm fueron mayores en la ZG, mientras que en las otras profundidades las densidades fueron similares en ambas zonas.

En abril 1981 (Fig. 2d) y entre hileras, la densidad en los primeros 15 cm fue mayor en la ZG/2. En las otras profundidades las densidades fueron similares en ambas zonas. Entre plantas se observó que las densidades en los primeros 30 cm fueron mayores en la ZG/2. Se encontró densidades similares en ambas zonas en las otras profundidades. En junio 1981 (Fig. 2e) y entre hileras, las mayores densidades en las profundidades entre 0 y 30 y entre 46 y 75 cm se localizaron en la ZG/2, mientras que entre los 31 y 45 cm la densidad en la ZG fue levemente mayor a la encontrada en ZG/2.

En julio 1981 (Fig. 2f) se encontró que, con unas pocas excepciones, tanto entre hileras como entre plantas, las mayores densidades estuvieron localizadas



en la ZG/2. Las excepciones a esta tendencia fueron: entre hileras a 61.75 cm de profundidad y entre plantas, a 0-15 y 31-45 cm de profundidad; en estos casos, las densidades en ambas zonas fueron similares. En setiembre 1981 (Fig. 2g) y con dos excepciones, las densidades en la ZG y en la ZG/2 fueron similares en todas las profundidades, tanto entre hileras como entre plantas. Entre hileras, la mayor densidad en los primeros 15 cm se localizó en la ZG, mientras que entre 46 y 60 cm la mayor densidad estuvo localizada en la ZG/2. En octubre 1981 (Fig. 2h) y entre hileras, se encontró que en los primeros 15 cm hubo una mayor densidad en la ZG, situación inversa a lo encontrado entre los 46 y 60 cm. En las otras profundidades entre hileras y en todos los casos entre plantas, las densidades poblacionales fueron similares, en ambas zonas.

Finalmente, en diciembre 1981 (Fig. 2i) se encontró que, entre hileras y en los primeros 15 cm de profundidad, la mayor densidad se localizó en la ZG/2. En todos los demás casos, tanto entre hileras como

entre plantas, las densidades fueron mayores en la ZG.

#### Fluctuación estacional de la distribución vertical de *M. incognita* y *R. reniformis*

La variación estacional de *M. incognita* y *R. reniformis* con relación a la profundidad se ilustra en la Fig. 3. En lo concerniente a *M. incognita* se observó que, en general, hubo una marcada tendencia en la mayoría de los casos a que la densidad disminuyera conforme aumentó la profundidad a que se tomó las muestras, es decir, generalmente la mayor densidad estuvo en los primeros 30 cm de profundidad y la menor entre los 61 y 75 cm

La mayor densidad de *M. incognita* se encontró en diciembre 1980 y luego disminuyó marcadamente en enero 1981 y se mantuvo baja durante todo el resto del año. Incluso, en marzo, no se logró extraer juveniles de las muestras de suelo. En diciembre se presentó una situación casi idéntica a la anterior

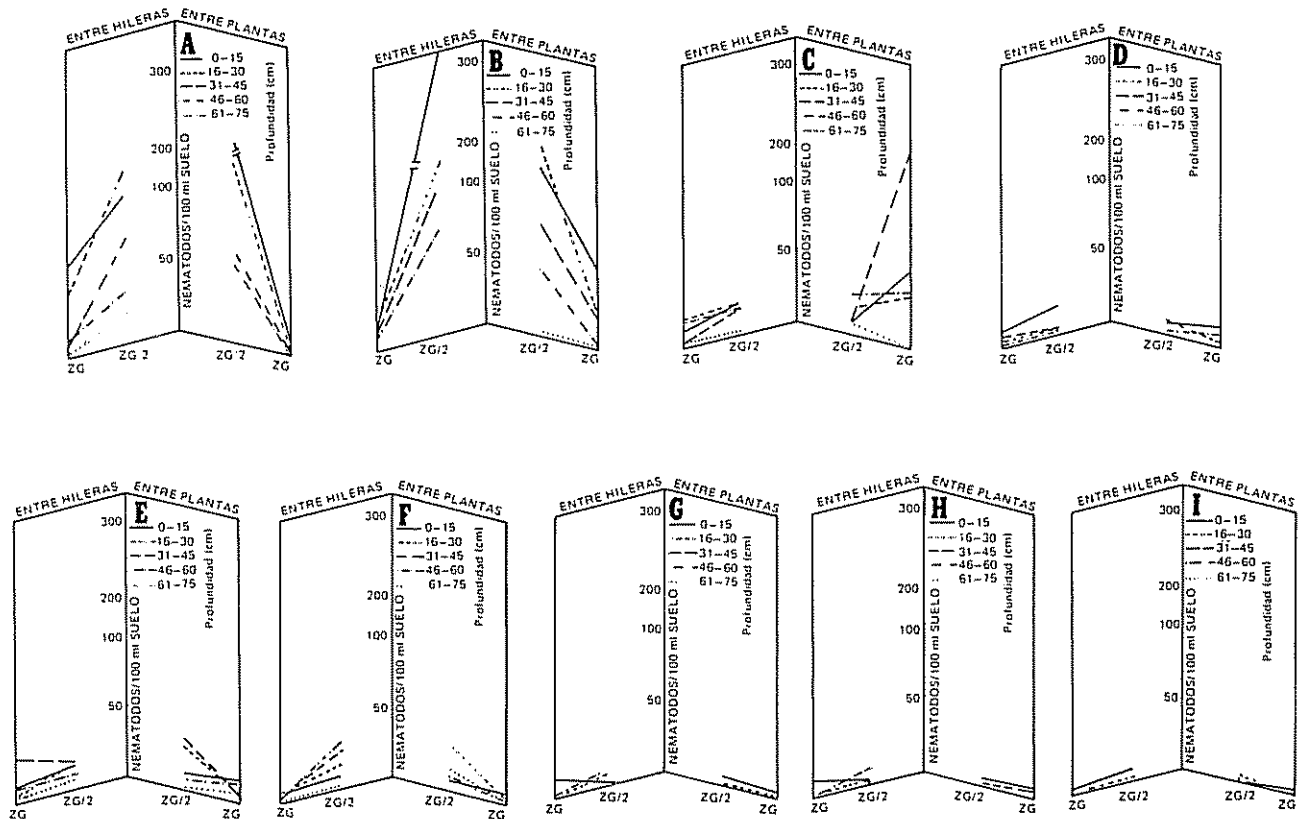


Fig. 2. Variación estacional de la distribución de *Rotylenchulus reniformis* en papaya. A: diciembre 1980; B: enero, C: marzo, D: abril, E: junio, F: julio, G: setiembre, H: octubre e I: diciembre 1981. ZG: zona de goteo y ZG/2: mitad de la zona de goteo.

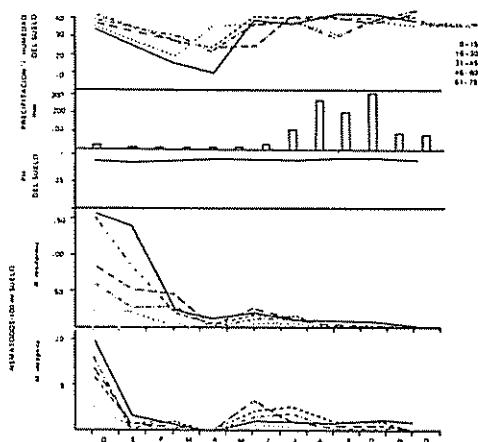


Fig. 3. Fluctuación estacional de la distribución vertical de *Meloidogyne incognita* y *Rotylenchulus reniformis* en papaya con relación a ciertos factores ambientales.

Respecto a *R. reniformis*, en general, podría decirse que su densidad poblacional fue siempre mayor que la de *M. incognita*. Al igual que con esta última especie, se observó una marcada tendencia a que la densidad disminuyera conforme aumentó la profundidad a que se tomó las muestras. Esta tendencia se presentó prácticamente durante todo el período de estudio, aunque hubo sus excepciones, tales como en marzo, junio y julio de 1981; en estos casos se encontró densidades mayores entre los 31 y 45 cm de profundidad que en los primeros 15 cm. En julio 1981 esta situación se presentó también en los ámbitos de 16-30 y 46-60 cm de profundidad. También se observó una situación similar a la observada con *M. incognita* en lo referente a la densidad poblacional con relación al tiempo; la mayor densidad de *R. reniformis* se encontró en diciembre 1980; luego disminuyó un poco en enero 1981 y aún más en marzo 1981. Con posterioridad a esta última fecha, la densidad disminuyó notablemente y se mantuvo así durante el resto del período en estudio.

#### DISCUSION

Los resultados obtenidos indujeron a concluir que el comportamiento de las dos especies de nematodos tuvo rasgos similares en ciertos aspectos pero también diferencias notorias, en otros. En lo concerniente a la distribución horizontal de *M. incognita* y su variación en el tiempo, podría decirse que la misma fue irregular y cambió de una a otra época de muestreo. En general, la variabilidad observada concuerda con lo anotado por otros autores (2,10), quienes han observado el mismo fenómeno con esta especie. Varios factores podrían ser, en nuestro caso, responsables de esta variación; entre éstos se podrían citar el efecto de la la-

bor cultural denominada aporca, la cual, en el cultivo de la papaya, tiene como finalidad formar un montículo de suelo alrededor del tallo de la planta. Esta labor es llevada a cabo en forma intermitente, tomando para esto el suelo localizado entre las hileras de plantas; tiene como fin primordial dar un mayor anclaje a la planta. Probablemente, esto también sirva para estimular la producción de raíces secundarias. En todo caso, esta práctica conlleva el movimiento de suelo, el cual, si está infestado con *M. incognita*, podría ser un factor que provoca variación en la distribución de esta especie, tanto en el plano horizontal como en el vertical. También es posible que el montículo alrededor del tallo cause un aumento del área de suelo alrededor de la planta que está expuesta al calentamiento solar, lo que podría incrementar la pérdida de agua durante la época seca; este efecto podría, a su vez, haber afectado drásticamente a *M. incognita* y haber influido en la variación vertical.

El comportamiento de *R. reniformis* con respecto a la distribución horizontal podría calificarse como más uniforme que el de *M. incognita*. En general, las mayores densidades estuvieron localizadas en la ZG/2, tanto entre plantas como entre hileras. No se encontró datos en la literatura en que se consignara el tipo de distribución horizontal que esta especie presenta bajo condiciones de campo. Tal parece que los resultados aquí obtenidos son los primeros que ilustran el comportamiento de esta especie.

Dada la poca variabilidad en los valores obtenidos durante todo un año, podría decirse que el pH de la solución de suelo probablemente no ejerció efecto determinante alguno sobre la variación horizontal y vertical de los nematodos estudiados. En contraste con esta observación, pareciera que, al menos durante cierto período, las variaciones en el porcentaje de humedad del suelo ejercieron cierta influencia sobre las densidades poblacionales de *M. incognita* y posiblemente en menor grado sobre las de *R. reniformis*. Esto, por cuanto conforme avanzó la estación seca al inicio del estudio, disminuyó notablemente la humedad en el suelo y también las densidades poblacionales de ambas especies de nematodos. Posteriormente, al iniciarse el nuevo período lluvioso (junio 1981), la humedad en el suelo se elevó ostensiblemente y hubo un incremento en las densidades de *M. incognita*. En el caso de *R. reniformis* hubo también un incremento en su densidad pero que no fue de igual magnitud, comparativamente, al obtenido con *M. incognita*.

En lo concerniente a la distribución vertical y su variación en el tiempo, se encontró una tendencia similar en ambas especies de nematodos. Al iniciar el estudio (finales del período lluvioso de 1980), las densidades poblacionales de ambas especies fueron las

más altas encontradas en todo el estudio. Posteriormente, y conforme avanzó la estación seca, las densidades disminuyeron notablemente. Una vez que se inició la estación lluviosa en 1981, se esperaba que las densidades de ambas especies aumentaran nuevamente pero esto no sucedió. Es posible que factores tales como la edad cronológica de la plantación y el posible daño causado por los nematodos en años anteriores hayan causado una reducción drástica en la producción de nuevas raíces durante este periodo; esto podría explicar el que las densidades no se incrementaran como se esperaba, por carencia de espacio y de alimento disponible. Otra observación interesante es la de que, en general, las densidades de ambas especies fueron menores conforme aumentó la profundidad de muestreo. El análisis físico del suelo indicó que hubo un cambio textural notable conforme aumentó la profundidad, pasándose de una textura franca en los primeros 30 cm a una franca arcillosa entre los 31 y 45 cm y posteriormente, a una arcillosa, entre los 46 y los 75 cm de profundidad. Este cambio textural podría haber afectado las densidades poblacionales directamente. Por ejemplo, *M. incognita* es favorecida por suelos con alto porcentaje de arena (9); algo similar ocurre con *R. reniformis* (12). También, el cambio textural podría haber afectado indirectamente las densidades al limitar la cantidad o volumen de raíces presente en un determinado ámbito de profundidad.

Otra observación interesante concierne a la densidad poblacional de ambas especies. En general, las densidades de *R. reniformis* fueron ostensiblemente mayores que las de *M. incognita*, lo que sugiere que podría haberse presentado un caso de competencia intraespecífica en el que salió triunfante *R. reniformis*. En tomate se ha demostrado que estas especies compiten entre sí y que *R. reniformis* reduce las poblaciones de *M. incognita* (6). Este resultado podría explicar las mayores densidades de *R. reniformis* encontradas en este estudio en comparación con las de *M. incognita*. Observaciones previas hechas en esta misma plantación (L. Salazar y R. López, datos sin publicar) llevan a concluir que este fenómeno de la competencia intraespecífica podría haber jugado un papel determinante en cuanto a las densidades poblacionales alcanzadas por ambas especies en este estudio.

Finalmente, conviene hacer referencia a que en el procedimiento experimental utilizado no se tomó muestras alrededor de un árbol que ya hubiera sido muestreado en una ocasión anterior, es decir, no se tomó muestras dos veces alrededor de un mismo árbol. Este es un factor que posiblemente haya influido también en la variación de la distribución espacial de los dos nematodos estudiados. Es posible que si en un mismo árbol se tomaran muestras en el cuadrante

opuesto al utilizado en un muestreo previo, se podría contar con muestras que exhibieran una menor variación. Esta posibilidad es digna de estudiarse en futuros trabajos similares al presente.

#### LITERATURA CITADA

1. ALVARADO, M.; LOPEZ, R. 1985. Extracción de algunos nematodos fitoparásitos mediante modificaciones de las técnicas de centrifugación-flotación y embudo de Baermann modificado. *Agronomía Costarricense* 9:
2. GONZALEZ, L. 1978. Distribución horizontal de algunos géneros de nematodos fitoparásitos en terrenos agrícolas de Costa Rica. *Turrialba* 28(1):67-69.
3. HAWAII UNIVERSITY OF HAWAII. 1970. Papayas in Hawaii. Cooperative Extension Service. Bulletin 436. 56 p.
4. HUANG, S.P.; SOUZA de P.E.; CAMPOS, V.P. 1984. Seasonal variation of a *Meloidogyne exigua* population in a coffee plantation. *Journal of Nematology* 16(1):115-117.
5. JOHNSON, A.W.; DOWLER, C.C.; HAUSER, W.E. 1974. Seasonal population dynamics of selected plant-parasitic nematodes in four monocultured crops. *Journal of Nematology* 6(4):187-190.
6. KHEIR, A.A.; OSMAN, A.A. 1977. Interaction of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* on tomato. *Nematologia Mediterranea* 5(1): 113-116.
7. LOPEZ, R. 1984. Differential plant responses and morphometrics of some *Meloidogyne* spp. from Costa Rica. *Turrialba* 34(4):445-458.
8. NORTON, D.C. 1978. Ecology of plant-parasitic nematodes. New York, Wiley, 268 p.
9. O'BANNON, J.H.; REYNOLDS, H.W. 1961. Root-knot nematode damage and cotton yields in relation to certain soil properties. *Soil Science* 92:384-386.
10. PERLAZA, F.; LOPEZ, R.; VARGAS, E. 1979. Combate químico de *Meloidogyne* spp y *Aternaria* sp en zanahoria (*Daucus carota* L.). *Turrialba* 29(4): 263-267.
11. PITTIER, H. 1978. Plantas usuales de Costa Rica. San José, Costa Rica. Ed. Costa Rica, 329 p.
12. SIVAKUMAR, C.V.; SESHADRI, A.R. 1972. Effect of soil texture on the reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis*. *Indian Journal of Nematology* 2(1):83-86.

# Citogenética do Híbrido Interespecífico (*Coffea arabica* L. var. Bourbon x *C. canephora* Pierre ex Froehner var. Robusta (Linden) Chev.) que Originou de Café 'Icatu'<sup>1</sup>

Y M.S. Boaventura\*, N.D. da Cruz\*

## ABSTRACT

Icatu is a variety with relative importance to coffee breeding due to its resistance to disease and insect damages. The original cross was obtained from plants of *C. arabica* duplicated,  $2n = 44$  chromosomes, homozygote and plants of *C. canephora* duplicated, and also with  $2n = 44$  chromosomes. The hybrids were backcrossed to selected plants of *C. arabica*. The hybrid showed irregular fruit production. This research was carried out in order to verify the causes of this abnormality.

Floral buds were fixed in Carnoy and slides were prepared according to the usual aceto-carmin procedure. Fruit types and seed numbers per fruit were also analysed.

It was verified that even the somatic division is instable with mother cell chromosome numbers varying from 42 to 46.

The average chromosome association in metaphase I were  $6.98_I$ ,  $15.29_{II}$ ,  $1.09_{III}$  and  $0.85_{IV}$ . In anaphase I 24.8% of the observed cells showed normal disjunction, while 18.3% presented 23-21 chromosomes and 18.7% of 20-24 chromosomes. Cells with laggard bivalents were present with a frequency of 28.2%, and 9.9% of the cells showed irregular separation.

In anaphase II, 18 different types of chromatic distribution and laggards were observed. In spite of the abnormalities observed, normal tetrads were found in 69.4% of the mother cells, although pollen viability was 30.7%.

## INTRODUÇÃO

Das espécies descritas de café apenas duas, *C. arabica* L. e *C. canephora* P. ex F., tem maior interesse econômico, sendo 70% e 30% as respectivas contribuições no mercado internacional do produto.

Essas espécies apresentam uma série de características distintas, sendo *C. canephora* diplóide, autotétrico e mais adaptada à regiões de clima quente e

## RESUMO

O café 'Icatu' tem grande interesse na cafeicultura pela maior resistência à pragas e moléstias. Foi originado do cruzamento do haplóide de *C. arabica* duplicado, portanto com  $2n = 44$  cromossomos e homocigoto, com *C. canephora* duplicado, também com  $2n = 44$  cromossomos, seguido de retrocruzamentos com plantas selecionadas de *C. arabica*. As plantas oriundas desses retrocruzamentos foi dada a denominação de café 'Icatu'.

O trabalho foi realizado objetivando verificar as causas responsáveis pela menor e variável produção de frutos e sementes nesse híbrido original. Foram analisadas a microsporigênese e a viabilidade do pólen através da técnica de esmagamento de anteras coloridas com carmin acético; os tipos de frutos e o número de sementes formadas por fruto.

Os dados obtidos demonstram uma instabilidade já nas divisões somáticas, tendo sido encontradas células mães com número de cromossomos variando de 42 a 46. A fórmula média do pareamento em metafase I foi de  $6.98_I$ ;  $15.29_{II}$ ;  $1.09_{III}$  e  $0.85_{IV}$ . Em anáfase I, 24.8% das células mostraram disjunção normal, 18.3% apresentaram disjunção 23-21 e 18.7% de 20-24 cromossomos. Células com bivalentes retardatários estiveram presentes em frequência de 28.2% e 9.9% apresentaram separações irregulares. Em anáfase II foram observados 18 tipos de distribuição cromatídica diferentes e presença de retardatários. Somente em 25.38% das células houve distribuição normal de 22 cromossomos para cada polo celular. No entanto, tetrades normais ocorreram em 69.4% das células mães de pólen e a viabilidade dos grãos de pólen encontrada foi de 30.7%.

úmido, enquanto *C. arabica* é tetraplóide, autotétrico e de clima mais ameno. (6).

No Brasil, também são as mais cultivadas, *C. arabica* que produz o café comercialmente conhecido por Arábica e *C. canephora* que dá o café Robusta. *C. arabica* reúne um maior número de características valiosas, como melhor aparência do fruto, uniformidade do tamanho das sementes, reduzida quantidade de grãos moça, película prateada clara e não aderente, torração uniforme e bebida de melhor qualidade. *C. canephora*, geralmente apresenta sementes com maior variabilidade no tamanho, película aderente de cor marrom e quantidade elevada de grãos moça. A bebida é considerada de qualidade menos aceitável, o que tem como reflexo as menores cotações do produto no comércio (27).

1 Recebido para publicação em 25 de novembro de 1986.

\* Seção de Citologia, Instituto Agrônomo, IAC, C.P. 28, Campinas, SP, Brasil  
O primeiro autor recebe Bolsa de Pesquisa do CNPq.

Com relação ao número de cromossomos, o gênero *Coffea* L. compreende dois grupos, um tetraplóide com  $2n = 44$  e que caracteriza a espécie *C. arabica*, e um diplóide com  $2n = 22$  que é encontrado nas outras espécies da seção *Eucoffea* Chev. (26). Pela incompatibilidade nos cruzamentos dessas espécies diplóides com *C. arabica* em programa de melhoramento, decorrente do número de cromossomos diferente, houve necessidade de se duplicar artificialmente o número de cromossomos daquelas diplóides.

Têm sido numerosas as tentativas para associar características de vigor, produtividade e resistência do Robusta às qualidades de bebida do Arábica, pela obtenção de híbridos interespecíficos, tanto naturais como artificiais. Esse híbridos, no entanto são difíceis de se manter pela incompatibilidade do número de cromossomos (7).

Uma tentativa foi efetuada em Campinas em 1950, pela realização de hibridações entre uma forma haplóide de *C. arabica* duplicada, portanto, com  $2n = 44$  cromossomos e homozigota com *C. canephora*, duplicada, também com  $2n = 44$  cromossomos (6, 19). Desse cruzamento original foram realizados sucessivos retrocruzamentos com plantas selecionadas de *C. arabica*. Esses cruzamentos deram origem ao café 'Icatu'

Estas plantas assim obtidas vem merecendo particular atenção no plano geral de melhoramento por apresentarem graus variáveis de resistência às raças de *Hemileia vastatrix*, além de boa produtividade e excelente vigor vegetativo (6). Algumas também parecem constituir fonte de resistência à *Colletotrichum coffeanum* (4) e ao nematóide *Meloidogyne exigua* (11), além de outros

Têm sido realizados alguns testes referentes à qualidade da bebida com resultados semelhantes àqueles obtidos do 'Arabusta' (*C. arabica* X *C. canephora* v. *robusta*) da Costa do Marfil. Este último vem sendo detalhadamente investigado pelos franceses (2) em vários aspectos. Já no primeiro cruzamento entre Robusta e Arábica a qualidade da bebida parece já igualar-se à do Arábica. Portanto, a bebida do 'Icatu' pode ser considerada de boa qualidade (12).

Ainda são pouco conhecidas as afinidades genéticas entre as espécies do gênero *Coffea*. Existem dados de cruzamentos e de estudos sobre homologia cromossômica somente de um número pequeno de espécies, principalmente, para aquelas da seção *Eucoffea* (3).

A microsporogênese de dez espécies da seção *Eucoffea* incluindo *C. arabica*, acrescentadas em diferentes ocasiões à coleção do IAC, já foram estudadas

(5, 17, 18, 20, 21). Em todas elas foi observado um processo normal, um número de quiasmas semelhante e formação normal de grão de pólen, confirmando nesse aspecto a validade taxonômica de cada espécie estudada.

A produção de frutos e sementes no híbrido original, bem como nas gerações descendentes ainda é insatisfatória e variável de planta para planta, embora não haja incompatibilidade no número de cromossomos.

#### MATERIAL E MÉTODOS

As plantas de interesse para a pesquisa encontram-se na coleção da Seção de Genética do IAC, no Centro Experimental em Campinas.

Nove plantas, todas obtidas por enxerto de um único indivíduo de número H 2460, híbrido proveniente do cruzamento entre uma forma haplóide de *C. arabica* L var. *bourbon* (B. Rodr.) Choussy (com número de cromossomos duplicado, portanto, com  $2n = 44$  cromossomos e homozigota) e *C. canephora* Pierre ex Froehner var. *robusta* (Linden) Chev. (também com número de cromossomos duplicado,  $2n = 44$ ) (19), foram utilizadas para a coleta do material para os estudos citológicos.

Durante os meses de junho a setembro foram realizadas coletas de ramos florais com botões em fase pré-meiótica. A coleta foi realizada do seguinte modo: no período da manhã eram coletados ramos florais e levados para o laboratório; esses ramos eram colocados em câmara úmida à temperatura de 25°C aproximadamente. Quando os botões apresentavam início de divisão meiótica, observada em preparações citológicas simplificadas, eram coletados e fixados de meia em meia hora para garantir todas as fases do processo.

O fixador empregado foi a solução de Carnoy 3:1 (mistura de álcool etílico absoluto e ácido acético glacial). O fixador foi renovado três vezes em um período de 48 horas. O material foi resfriado e guardado em congelador à temperatura de -20°C no próprio fixador.

As anteras no momento da preparação das lâminas eram esmagadas em carmim acético a 1,2% para liberar as células mães de pólen. As preparações foram montadas como lâminas semi-permanentes (16) e guardadas em geladeira, até um máximo de 15 dias.

Cinco botões coletados ao acaso foram usados na análise de tétrades de micrósporos. Todas as cinco anteras foram utilizadas para cada preparação (colora-

ção com carmim acético) e de cada preparação foram analisadas 100 células mães de pólen, totalizando 500 contagens. As observações sobre a viabilidade do pólen, através de contagens de grãos com protoplasma, foram feitas também em cinco preparações com carmim acético, cada uma representando uma flor. Foi utilizado sempre pólen maduro, coletado no dia da antese, de flores previamente protegidas.

As células mães de pólen, nos diferentes estádios da meiose, foram observadas, interpretadas e fotografadas.

A análise das sementes e dos tipos de frutos foi feita por meio de cortes transversais em 200 frutos coletados ao acaso e no estágio de fruto maduro.

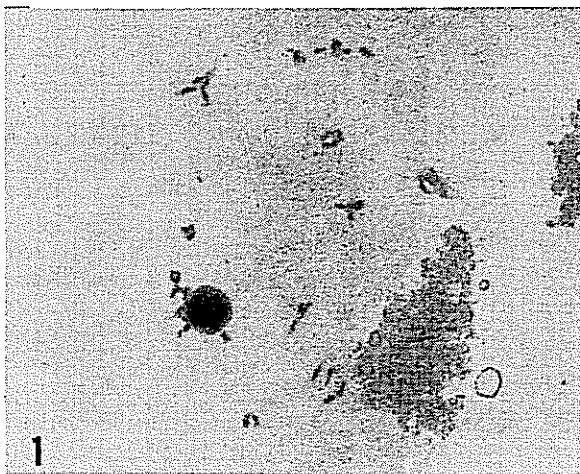
### RESULTADOS

Foram analisadas ao todo 661 células mães de pólen. As fases iniciais da prófase meiótica foram normalmente difíceis de interpretar, como nas outras espécies de *Coffea* L. Foi possível constatar um número inconstante de cromossomos já nas células mães, número esse variável a nível de um mesmo botão, de  $2n = 42$  a  $2n = 46$ , sendo 44 o número esperado.

Em fase de diacinese foram observadas 54 células, das quais:

- 40 células mães = 44 cromossomos
- 7 células mães = 45 cromossomos
- 4 células mães = 43 cromossomos
- 2 células mães = 46 cromossomos
- 1 célula mães = 42 cromossomos

Os cromossomos, nessa fase, apresentaram-se na forma de mono-, bi-, tri- e tetravalentes (Fig. 1).



Figs. 1 a 4. Microsporogênese do híbrido H2460.

Fig. 1. Diacinese com 45 cromossomos. X 1536;

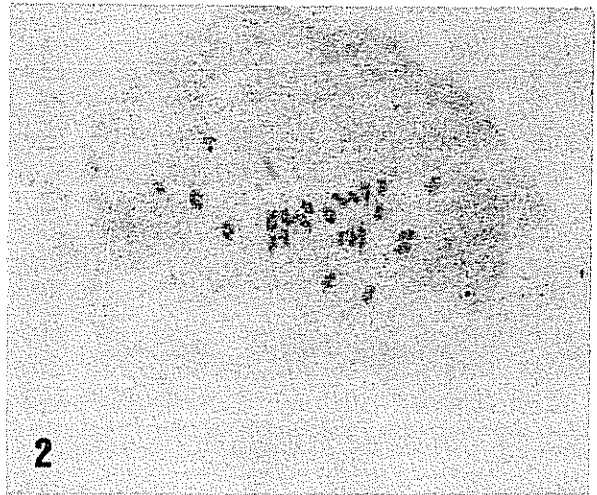


Fig. 2. Metáfase I com  $23_{II}$  X 1200.

Em 236 células analisadas em metáfase I, 63 (26.69%) apresentaram  $22_{II}$ , 8 (3.38%)  $23_{II}$  (Fig. 2) e 7 (2.96%)  $22_{II} + 1_{I}$ .

Todos os tipos de pareamento cromossômico encontrados nessa fase estão no Quadro 1, mostrando a formação em mono-, bi-, tri- e tetravalentes, podendo ainda ser observado que 18 células apresentaram  $2n = 45$  cromossomos e 32 células  $2n = 46$ . O número de monovalentes, presente em quase todas, variou de 1 a 15; a frequência de bivalentes variou de uma célula para outra de 10 a 23 e os multivalentes se apresentaram com uma variação de 1 a 3. A fórmula média do pareamento determinada foi  $6.98_{I}$ ;  $15.29_{II}$ ;  $1.09_{III}$  e  $0.85_{IV}$ . Na figura 3 pode ser observada uma das células que apresentou  $7_{I}^{15} 15_{II} 1_{III} 1_{IV}$ .

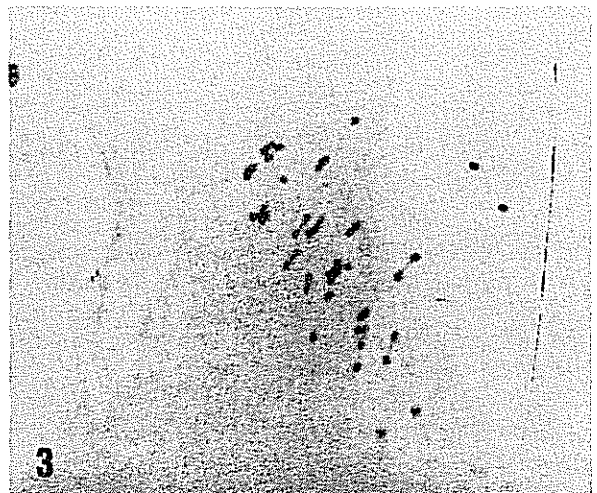


Fig. 3. Métafase I mostrando  $7_{I}^{15} 15_{II} 1_{III} 1_{IV}$  X 768.

Quadro 1. Tipos mais comuns de pareamento cromossômico em microsporócitos do híbrido H 2460 em metáfase I.

Monovalentes I	Bivalentes II	Trivalentes III	Tetralentes IV	2n	Frequência	%	
—	22	—	—	44	63	26.69	
8	18	—	—	44	10	4.24	
4	20	—	—	44	9	3.81	
9	16	—	—	44	9	3.81	
—	23	—	—	46	8	3.38	
10	17	—	—	44	8	3.38	
12	13	—	2	46	7	2.96	
5	18	1	—	44	7	2.96	
1	22	—	—	45	7	2.96	
5	16	1	1	44	6	2.54	
10	15	—	1	44	6	2.54	
2	19	—	1	44	6	2.54	
7	17	1	—	44	5	2.12	
16	15	—	—	46	5	2.12	
6	19	—	—	44	5	2.12	
7	15	1	1	44	4	1.69	
8	16	—	1	44	4	1.69	
1	18	1	1	44	4	1.69	
5	14	1	2	44	4	1.69	
12	15	—	1	46	4	1.69	
8	14	—	2	44	3	1.27	
3	17	1	1	44	3	1.27	
5	19	1	—	46	3	1.27	
6	13	3	1	45	3	1.27	
7	11	1	3	44	2	0.85	
10	10	2	2	44	2	0.85	
7	13	1	2	44	2	0.85	
9	14	1	1	44	2	0.85	
8	12	3	1	45	2	0.85	
12	11	2	1	44	2	0.85	
6	18	—	1	46	2	0.85	
11	12	3	—	44	2	0.85	
15	10	3	—	44	2	0.85	
6	16	2	—	44	2	0.85	
Outros tipos				44	14	5.93	
Outros tipos				45	2	0.85	
Outros tipos				46	3	1.27	
Média	6.98	15.29	1.09	0.85	—	236	—

Em anáfase I foram estudadas 241 células. Destas, 60 (24.8%) apresentaram a separação normal para os polos de 22 cromossomos, 44 (18.3%) apresentaram a disjunção 23-21 e 45 (18.7%) 20-24 cromossomos. Em 68 células (28.2%) foram observadas a presença de bivalentes retardatários:

Distribuição	No.	%
21 - 2 - 21	16	6.64
22 - 1 - 21	15	6.22
22 - 2 - 20	9	3.73

Distribuição	No.	%
23 - 1 - 20	8	3.32
20 - 4 - 20	4	1.66
19 - 2 - 23	2	0.83
19 - 3 - 22	2	0.83
19 - 1 - 24	2	0.83
18 - 3 - 23	2	0.83
19 - 5 - 20	1	0.41
19 - 4 - 21	1	0.41
21 - 3 - 20	1	0.41

Distribuição	No.	%
18 - 1 - 25	1	0.41
17 - 2 - 24	1*	0.41
17 - 2 - 25	1	0.41
21 - 3 - 21	1*	0.41
19 - 3 - 21	1*	0.41

\* Célula mãe com número cromossômico  $\neq$  de 44.

Foram observadas ainda 24 células (9.9%) com separações irregulares:

Distribuição	No.	%
22 - 23	8*	3.32
24 - 21	6*	2.48
19 - 25	5	2.07
17 - 27	1	0.41
20 - 22	1*	0.41
20 - 23	1*	0.41
18 - 26	1	0.41
21 - 22	1*	0.41

\* Célula mãe com número cromossômico  $\neq$  de 44.

Pontes cromatínicas não foram notadas seja em anáfase I ou em anáfase II.

Das separações cromatídicas foram analisadas 130 células que apresentaram a seguinte distribuição para os quatro polos:

Distribuição	No.	%
22 - 22 - 22 - 22	32	25.38
23 - 21 - 23 - 21	28	21.54
22 - 22 - 20 - 24	17	13.07
22 - 22 - 23 - 21	15	11.54
20 - 24 - 21 - 23	8	6.15
20 - 24 - 20 - 24	8	6.15
22 - 21 - 20 - 25	4	3.07
19 - 25 - 22 - 22	4	3.07
19 - 21 - 22 - 26	2	1.54
22 - 21 - 21 - 26	1*	0.77
22 - 21 - 21 - 24	1	0.77
20 - 20 - 22 - 26	1	0.77
19 - 25 - 21 - 23	1	0.77
23 - 24 - 37	1*	0.77
20 - 24 - 18 - 26	1	0.77
24 - 18 - 24 - 18	1*	0.77
21 - 2 - 21 - 21 - 2 - 21	2	1.54
21 - 1 - 22 - 21 - 1 - 22	2	1.54

\* Célula mãe com número cromossômico  $\neq$  de 44.

Após a ocorrência da citocinese foram observadas tríades (1.2%), tétrades (69.4%), poliades de micrósporos (29.4%) e a presença comum de micrócitos (Quadro 2). A viabilidade dos grãos de pólen encontrada foi de 30.7%. Grãos de tamanhos diferentes evidenciaram inviabilidade pela falta de coloração com carmim (Fig. 4).

Observações em cortes transversais medianos de frutos mostraram 46% de formação normal de sementes, isto é, quando considerado o conteúdo das lojas (67 do tipo moça, 42 x 2 + 33 do tipo chato). Da mesma forma, em 26% houve fertilização (45 + 33 + 13 x 2), mas não houve desenvolvimento das sementes (Quadro 3). Em 28% não houve fertilização em um dos óvulos (67 + 45).

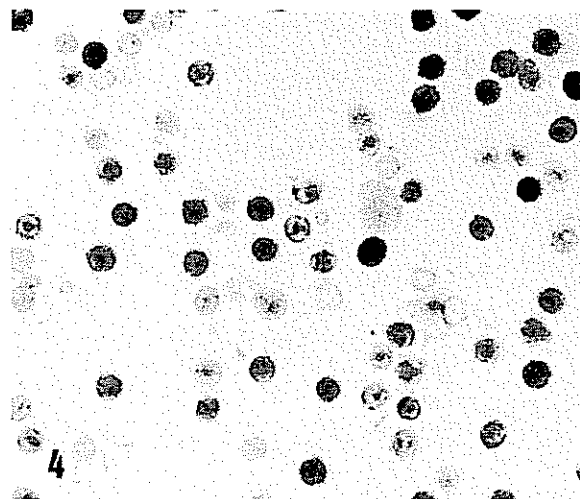


Fig. 4. Campo com grãos de pólen viáveis e inviáveis X 192.

#### DISCUSSÃO

A citologia de *C. arabica* foi estudada por Mendes em 1950 (20) que concluiu ter essa espécie um comportamento meiótico normal, com pareamento na forma de bivalentes, isto é, comportamento de uma planta dissômica.

A microsporogênese em *C. canephora*, com 22 cromossomos, foi estudada também em 1950 (21) e mostrou igualmente um processo de pareamento e de separação dos cromossomos, dando, no final, grãos de pólen com 11 cromossomos e fertilidade alta. Somente uma pequena porcentagem (6.32%) de células mães de pólen apresentaram uma separação anormal na divisão reducional com 10 e 12 cromossomos. Portanto, 93.68% das células mães dividiam-se normalmente.



Quadro 2. Formação de micrôsporos em Tétrades, Triades, Pêntades e micrócitos no híbrido H 2460.

Tipos de formação	Tétrades	Triades	Pêntades	Tétrades com micrócitos			Triades com micrócitos		Total
				1	2	3	1	2	
No de células	347	6	6	113	17	3	2	6	500
%	69.4	1.2	1.2	22.6	3.4	0.6	0.4	1.2	

No híbrido H 2460, é indiscutível a irregularidade observada em todas as fases da meiose. É esperado, portanto, que esta irregularidade vá ocasionar um número reduzido de frutos e sementes e progênies com muitos indivíduos aneuplóides.

Anormalidades são mesmo esperadas neste caso no comportamento meiótico porque, além de tratar-se de um híbrido interespecífico (15) é também uma forma poliplóide.

Em outras espécies diplóides também é comum ser observado um comportamento essencialmente regular no processo meiótico (5, 17 e 18). O híbrido H 2460 mostrou-se bastante irregular em todo o processo, desde o modo do pareamento, em oposição ao que esses autores observaram, irregularidades essas portanto, causadas certamente pela sua origem.

A planta híbrida tem indiscutivelmente 44 cromossomos. No entanto, parece haver já no tecido somático uma instabilidade na divisão mitótica, o que explica o aparecimento de algumas células mães de pólen com número diferente de 44 cromossomos, número esse que variou de 42 a 46. Essa instabilidade no tecido esporógeno nunca foi observada em espécies de *Coffea* L.

A partir de diacinese foi observada a presença de monovalentes, trivalentes e tetravalentes que se mantiveram até metáfase I.

Quadro 3. Tipos de frutos observados no híbridos H 2460.

Tipo do fruto	Conteúdo das lojas	Conteúdo p/ fruto No.	%
"Moca"	1 endosperma	67	33.5
	1 perisperma	45	22.5
"Chato"	2 endospermas	42	21.0
	1 endosp. + 1 perisp.	33	16.5
	2 perispermas	13	6.5

Essas irregularidades apresentaram-se numa frequência alta, principalmente considerando o grande número de monovalentes encontrado em metáfase I (Quadro 1), o que pode ser explicado por ter sido estudada a planta original do cruzamento.

Segundo Louarn (14), que estudou híbridos interespecíficos entre *C. canephora* e *C. eugenioides* Moore, concluiu que os monovalentes observados em metáfase I seriam resultantes de uma falta de pareamento (assinapse) ou de ausência de quiasmas (dessinapse); eles corresponderiam, portanto aos cromossomos "parentais" que teriam conservado sua estrutura original onde certos monovalentes não resultariam de uma terminalização antecipada dos quiasmas à frente do estágio de metáfase I, mas seriam resultantes de uma disjunção precoce, porém normal, que se oporia à existência de uma recombinação.

Kammacher e Capot (13), através do exame da conjugação cromossômica durante a metáfase I de um híbrido ( $F_1$ ) triplóide entre *C. arabica* ( $2n = 44$ ) e *C. canephora* ( $2n = 22$ ), concluíram que a espécie *C. arabica* não seria um tetraplóide, mas um anfidiplóide portador de dois genomas  $n = 11$  dos quais um, cujos cromossomos são relativamente pequenos, estaria muito próximo da estrutura cromossômica do genoma da espécie atual *C. canephora*. A consequência disto, portanto, seria uma maior frequência de monovalentes ( $7.8_I$ ).

Owuor (24), estudando a meiose do híbrido 'Arabusta', encontrou uma frequência de associação cromossômica, em 75 células examinadas em metáfase I, de  $6.1 \pm 0.8_I$ ;  $17.4 \pm 0.4_{II}$ ;  $0.8 \pm 0.1$  e  $0.2 \pm 0.2_{IV}$ . Comparando esses dados com os obtidos neste trabalho para o híbrido H 2460, nota-se que os mesmos foram muito semelhantes em relação aos monovalentes e trivalentes ( $6.98_I$  e  $1.09_{III}$ ), quanto aos bivalentes foi encontrado uma média de dois a menos ( $15.29_{II}$ ) e um dobro de tetravalentes ( $0.85_{IV}$ ).

Grassias estudando este mesmo híbrido (24), atribuiu a alta frequência de monovalentes como decorrente de separação precoce de bivalentes e tetrava-

lentes com um inevitável aumento na regularidade da disjunção para os polos em anáfase I ( $48.4 \pm 5.8$ ), ao passo que no híbrido H 2460 somente 24.1% das células analisadas apresentaram a disjunção normal de 22 cromossomos para cada polo.

Owuor (24) encontrou apenas  $2.5 \pm 1.1$  de bivalentes retardatários, enquanto que este fato foi observado aqui em 28.2% das células analisadas. Talvez, implicações mais de ordem genética possam ser atribuídas para explicar essa diferença.

Sobre a conjugação cromossômica em uma análise de 50 células em metáfase I de *C. canephora* + Co (Y.M.S. Boaventura e N.D. da Cruz, dados não publicados) foi obtida uma fórmula média de  $3.79_{\text{I}}; 15.45_{\text{II}}; 0.58_{\text{III}}$  e  $1.72_{\text{IV}}$ .

Há uma tendência, no modo de pareamento do híbrido H 2460, de apresentar o dobro dos valores observados no *C. canephora* + Co em relação aos monovalentes e trivalentes e a metade de tetravalentes em relação àquela espécie.

Estes dados parecem indicar em café maior independência de homologia cromossômica para o pareamento, atuando mais eficazmente o controle genético.

A formação de multivalentes em diacinese e metáfase I promove durante a anáfase I uma disjunção desigual no número de cromossomos para os dois polos. Essa formação dificulta a própria separação dos cromossomos, o que vai ocasionar retardatários que poderão ficar retidos no citoplasma, sem serem incluídos em nenhum dos núcleos filhos, ou serem incluídos em qualquer desses núcleos aleatoriamente. Formam-se, nesse caso, núcleos com número de cromossomos tal que se forem viáveis promoverão a formação de aneuplóides.

Medina (15) estudou o comportamento da microsporogênese em nove híbridos interespecíficos de espécies diplóides de *Coffea* e encontrou uma alta esterilidade no pólen, embora com alta frequência de pareamento. Esse mesmo grau de esterilidade, determinado em 70%, também foi verificado para o híbrido H 2460.

A fertilidade do pólen é muito reduzida em tetraplóides, se comparada aos diplóides (1). Anormalidades meióticas que promovem uma separação irregular e uma distribuição desigual de cromossomos para os diferentes polos tem resultado não só na variação do tamanho do pólen como também em baixa fertilidade do mesmo que pode se reduzir à metade nos tetraplóides induzidos quando comparados aos diplóides (9).

O café Arábica é um poliplóide que apresenta comportamento meiótico de forma regular, isto é comporta-se verdadeiramente como uma planta dissômica. Porém, neste híbrido, o genoma de *C. canephora* foi duplicado. Sem considerar a probabilidade de um destes genomas ser comum à *C. arabica*, a redução na fertilidade em poliplóides induzidos é geralmente atribuída à associação em multivalentes dos cromossomos durante a sinapse, ocasionando uma separação diferenciada (10). Isto talvez explique a alta taxa de esterilidade apresentada pelo híbrido (70%).

Stebbins (25), mantém a idéia de que a esterilidade é, principalmente, devido mais a fatores controlados geneticamente do que aqueles de natureza desconhecida. Müntzing (23) também acredita que a fertilidade em auto bem como em alopólíides é influenciada não somente pela presença ou ausência de multivalentes mas por outros tipos de controle genético.

Essas irregularidades são evidenciadas na frutificação e nas sementes do híbrido H 2460. O mesmo pode ser observado na análise do número de sementes e tipos de frutos, quando se comparam os dados de *C. canephora* duplicado (Y.M.S. Boaventura e N.D. da Cruz, dados não publicados), do híbrido H 2460 (Quadro 3) e de plantas normais de *C. arabica* (8).

Em café observa-se a formação de dois tipos de frutos, o tipo "chato", que é o desenvolvimento normal de uma semente em cada uma das lojas do ovário, e do tipo "moca", que apresenta desenvolvimento da semente em apenas uma loja (22).

A espécie *C. canephora* apresenta uma quantidade elevada de grãos "moca" (grãos onde só um óvulo é fertilizado (22)), característica esta que se acentuou em *C. canephora* + Co, pois, neste caso apenas 2.38% dos frutos analisados foram do tipo "chato". Cruz (8), analisando uma série de plantas de *C. arabica* (cv. Mundo Novo) dissômicas, portanto normais, observou que aproximadamente 75% dos frutos formados em *C. arabica* eram do tipo "chato". Ao se analisar os frutos formados no híbrido H 2460 foi verificado que ele se comporta como intermediário entre as duas espécies citadas, apresentando 21.0% de frutos tipo "chato" e 33.5% de frutos tipo "moca".

## CONCLUSÕES

Das observações realizadas conclui-se que:

- 1) As plantas apresentam  $2n = 44$  cromossomos, mas o número de cromossomos nas células mães é variável até mesmo dentro de um mesmo botão, provavelmente por inconstância nas mitoses do tecido somático;

- 2) Ocorrem irregularidades em frequências variáveis em todo o processo meiótico;
- 3) Que a baixa produção apresentada na geração F<sub>1</sub> pelo híbrido H 2460 é decorrente destas irregularidades na meiose;
- 4) O maior número de grãos "moca" e lojas só com perisperma é decorrente das anormalidades citológicas e genéticas.

## LITERATURA CITADA

1. BURNHAN, C.R. 1962. Discussions in cytogenetics. Burgess Publishing Company, First Edition, Minnesota.
2. CAPOI, J. 1972. L'amélioration du caféier en Côte d'Ivoire. Les hybrides "Arabusta". Café Cacao Thé (Paris) 16(1):3-18.
3. CARVALHO, A.; FERWERDA, F.P.; FRAHN-LELIVELD, J.A.; MEDINA, A. D.M.; MENDES, J.T. MONACO, L.C. 1969. *Coffea* in outlines of perennial crop breeding in the tropics. Ed by F.P. Ferwerda and F. Wit Vessman & Zonen. Wageningen.
4. CARVALHO, A.; MONACO, L.C.; VAN DER VOSSSEN, H.A.M. 1976. Café Icatu como fonte de resistência a *Colletotrichum coffeanum*. Bragantia 35:343-347.
5. CONAGIN, C.H.I.M. 1961. Microsporogênese, incompatibilidade e esterilidade masculina em *Coffea congensis* Froehner. Bragantia 20:669-677.
6. COSTA, W.M. 1978. Relação entre grau de resistência a *Hemileia vastatrix* e produtividade no café Icatu. Bragantia 37(1):1-9.
7. CRAMER, P.J.S. 1957. Review of literature on coffee research in Indonesia. Interamerican Institute of Agricultural Science, Turrialba - Costa Rica, 262 p. (Miscellaneous Publ. No. 15).
8. CRUZ, N.D. da. 1972. Aneuplóides de café. Aspectos morfológicos e citológicos na análise de duas progênies do café 'Mundo Novo' (*Coffea arabica* L.). Tese de doutorado apresentada à ESALQ, da Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil. 106 p.
9. DAS, B.C.; PRASAD, D.N.; SIKDAR, A.K. 1970. Colchicine induced tetraploids of mulberry. Caryologia 23(3):283-293.
10. DARLINGTON, C.D. 1937. Recent advances in cytology. 2nd. Edition, J & A Churchill Ltd., London.
11. FAZUOLI, L.C.; MONACO, L.C.; CARVALHO, A.; SCALI, M.H. 1974. Estudo da resistência do caféiro a nematóides. Reunião de Nematologia. Sociedade Brasileira de Nematologia (Piracicaba, "P") 25-26 p. Publicação No. 1.
12. FAZUOLI, L.C.; CARVALHO, A.; MONACO, L.C.; TEIXEIRA, A.A. 1977. Qualidade de bebida do café Icatu. Bragantia 36:165-172.
13. KAMMACHER, P.; CAPOI, J. 1972. Sur les relations caryologiques entre *Coffea arabica* et *Coffea canephora*. Café Cacao Thé, vol. XVI No. 4:289-294.
14. LOUARN, J. 1976. Hybrides interspécifiques entre *Coffea canephora* Pierre et *C. eugenioides* Moore. Café Cacao Thé 20(1):33-52.
15. MEDINA, D.M. 1972. Caracterização de híbridos interespecíficos de *Coffea*. Tese de doutorado apresentada à ESALQ, da Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil. 111 p.
16. MEDINA, D.M.; CONAGIN, C.H.I.M. 1964. Técnica citológica. Instituto Agrônomo, Publicação No. 2610.
17. MEDINA, D.M.; RIJO, L. 1969. Microsporogênese em *Coffea stenophylla* G. Don e *C. salvatrix* Swynn et Phil. Bragantia 28(25):307-322.
18. MEDINA, D.M.; CONAGIN, C.H.I.M.; da CRUZ, N.D. 1977. Microsporogênese in diploid species of *Coffea* L. Caryologia 30(1):13-25.
19. MENDES, A.J.I. 1947. Observações citológicas em *Coffea* XI. Métodos de tratamento pela colchicina. Bragantia 7:221-230.
20. MENDES, A.J.I. 1950. Observações citológicas em *Coffea* XV. Microsporogênese em *Coffea arabica* L. Bragantia 10(3):79-87.
21. MENDES, C.H.I. 1950. Observações citológicas em *Coffea* XIV. Microsporogênese em *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. Bragantia 10:97-104.
22. MENDES, A.J.I.; MEDINA, D.M.; CONAGIN, C.H.I.M. 1954. Citologia do desenvolvimento dos frutos sem sementes no café "Mundo Novo". Bragantia 13(22):257-279.
23. MÜNTZING, A. 1951. Cytogenetic properties and practical values of tetraploid rye. Hereditas 37:18-84.
24. OWUOR, J.B.O. 1985. Interspecific hybridization between *Coffea arabica* L. and tetraploid *C. canephora* P. ex Fr. II. Meioses in F<sub>1</sub> hybrids and backcrosses to *C. arabica* Euphytica 34:355-360.
25. STEBBINS, G.L. (Jr) 1947. Types of polyploids: Their classification and significance. Advances in Genetics 1:403-430.
26. SYBENGA, J. 1960. Genética y cytologia del café. Turrialba 10(3):83-138.
27. TEIXEIRA, A.A.; CARVALHO, A.; FAZUOLI, L.C. 1979. Avaliação da bebida e outras características de cultivares de *Coffea canephora* e *Coffea congensis*. Bragantia 38:37-46.

# Efectos del Alacloro y Trifluralín sobre la Germinación y el Crecimiento de Plántulas de *Zea mays*, en Condiciones de Laboratorio<sup>1</sup>

D. Pérez de Acosta\*, W. Michelangeli\*

## ABSTRACT

Herbicides, such as Alachlor and Trifluralin, are used to control weeds in maize but they also affect growth and development of this plant, depending of the varieties used. In this paper, the results obtained with three hybrids of white maize produced in Venezuela: Obregon, Arichuna and Ceniap Planta Baja 34, are reported. All were laboratory-grown and treated with a range of concentrations of both herbicides. Germination percentage, biometric characters and protein and chlorophyll contents were determined. The different concentration of herbicides applied affected the plants under study differently, but some variable responses between the three hybrids were not strictly related to susceptibility to the herbicides used.

## COMPENDIO

Alacloro y Trifluralín son herbicidas de amplio espectro, aplicados para controlar malezas en cultivos de maíz, a pesar de que ambos afectan parcialmente el crecimiento y desarrollo de esta planta, dependiendo de la variedad de maíz utilizada. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos con tres híbridos de maíz blanco, producidos en Venezuela: Obregón, Arichuna y Ceniap Planta Baja 34, cultivados bajo condiciones de laboratorio y tratados con diferentes concentraciones de ambos herbicidas. Se determinaron variaciones en el porcentaje de germinación, en los caracteres biométricos y en los contenidos de clorofila y proteínas. Las concentraciones de herbicidas utilizadas afectan de manera parcial y heterogénea las plantas estudiadas. Se encontraron respuestas variables entre los tres híbridos que no se pueden explicar, de manera estricta, a una susceptibilidad diferencial a los herbicidas aplicados.

## INTRODUCCION

El código genético de una planta determina el grado de respuesta de dicha planta a su ambiente (14). Tales respuestas, aunque variables de un género a otro, son generalmente similares para las especies pertenecientes a un mismo género; sin embargo, hay excepciones en las que las respuestas de plantas de un mismo género a un ambiente dado, son diferentes, dependiendo de la especie o de la variedad, tal como ha sido observado en el maíz con respecto a la aplicación de determinados herbicidas en cultivos de esta planta (7). Esta circunstancia, al menos teóricamente, implica que puedan desarrollarse y seleccionarse variedades de cultivo que sean más tolerantes a un herbicida específico (14).

En Venezuela, existe una amplia gama de variedades e híbridos de maíz obtenidos en el país, los cuales se han utilizado en escala comercial, en diferentes regiones (3). La investigación hecha en el ámbito biológico, realizada sobre estos híbridos y variedades es bastante limitada particularmente en lo que respecta a la acción que pudieran ejercer sobre ellos los herbici-

das, como Alacloro y Trifluralín, comúnmente usados en el campo venezolano para el control de malezas en cultivos de maíz a pesar de que afectan, en mayor o menor grado, el crecimiento y desarrollo de esta planta (7,17). Por tal razón, este trabajo se propone determinar si tres de los híbridos de maíz obtenidos en Venezuela (Obregón, Arichuna y Ceniap Planta Baja 34), son susceptibles a los herbicidas Alacloro y Trifluralín, aplicados en forma preemergente y bajo condiciones de laboratorio.

## MATERIALES Y METODOS

Las semillas de *Zea mays*, híbridos Obregón, Arichuna y Ceniap Planta Baja 34, que han sido utilizados en diversos experimentos, fueron seleccionadas de lotes donados por CENIAP (Centro de Investigaciones Agropecuarias, División de Cereales), con la finalidad de descartar aquellas que estuvieran partidas, deformadas o con escarificaciones, lo que podría afectar la validez de los resultados. Del grupo de semillas seleccionadas se escogieron al azar 100 para cada tratamiento. Después de la desinfección con hipoclorito de sodio (Sigma) al 1%, durante 20 min, fueron lavadas con agua destilada e imbibidas en la solución correspondiente a cada tratamiento (Alacloro: 40, 80, 120 y 160 ppm; Trifluralín: 1, 5, 10 y 20 ppm), y colocadas en incubadora a 30°C por 24 horas. Finalizado este periodo, las semillas se colocaron en bande-

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 23 de julio de 1986

\* Universidad Simón Bolívar. Departamento de Biología de Organismos. Apartado Postal 80.659 - Caracas, Venezuela.

Cuadro 1. Porcentaje (%) de germinación de los híbridos de maíz: Obregón, Archuna y Ceniap PB 34, tratados con Alacloro y Trifluralin.

		Obregón		Archuna				Ceniap PB 34		
Tratamiento		36 h	48 h	36 h	48 h	60 h	72 h	120 h	36 h	48 h
Testigo		73	96	6	53	58	61	79	64	90
Alacloro	40 ppm	64	91	6	38	49	59	77	79	93
	80 ppm	51*	90	7	36*	48	60	81	55*	82
	120 ppm	43*	84	3	34*	45*	49*	79	63	91
	160 ppm	52*	87	7	32*	44*	52*	67	74	92
Trifluralin	1 ppm	69	95	4	45	55	58	72	78	93
	5 ppm	90	98	5	37	55	56	75	65	93
	10 ppm	75	96	3	35*	49	54	76	74	95
	20 ppm	83	95	4	27*	43*	44*	61	55*	97

\* Tratamientos estadísticamente significativo respecto al testigo

jas de germinación, con el hilum de cara al papel absorbente, el cual fue humedecido con la solución correspondiente a cada tratamiento. Las bandejas se colocaron nuevamente en incubadora a 30°C y fueron irrigadas cada 12 horas con 25 ml de agua destilada, a fin de reponer el agua perdida por evaporación. Una vez transcurridas 48 horas subsiguientes a la imbibición, las plántulas fueron dispuestas en estantes, con iluminación producida por dos bombillos incandescentes de 25 W y dos tubos fluorescentes de 60 W y llevadas a una habitación cerrada, con temperatura (26-30°C) y humedad (75-85%) controladas. El período total de iluminación fue de 48 horas. El número de semillas germinadas se determinó cada 12 h.

Durante la primera fase de desarrollo, comprendida dentro de los cinco días siguientes al comienzo de la imbibición, se determinaron los siguientes caracteres: longitud de la raíz principal, entrenudo, coleóptilo, vástago y hoja primaria, número de raíces adventicias y de hojas visibles y área de la hoja primaria. Para todas las mediciones se utilizaron de 15 a 20 plántulas por tratamiento. El área foliar se determinó mediante el uso de papel heliográfico y un planímetro Licor o bien, a través de la relación peso/área utilizando un estandar apropiado. Las determinaciones de peso fresco y seco se hicieron en muestras de 15 a 20 plántulas por tratamiento, para tres compartimientos: raíz, vástago y endospermo. El contenido de clorofila se determinó según la metodología empleada por Arnon (2) y las proteínas hidrosolubles por el método de Lowry *et al* (15). Los ensayos fueron repetidos tres veces como mínimo para cada híbrido y cada tratamiento.

El análisis estadístico de los resultados se realizó mediante el Test de Independencia 2x2, utilizando el Test de la G (21) y el Test de Student-Newman-Keuls para comparaciones múltiples (20).

## RESULTADOS

Al observar las plántulas de cinco días de edad, provenientes de los diversos tratamientos, una de las características más resaltantes fue la lentitud de su crecimiento, comparado con las del testigo. Además, el desarrollo de las plántulas presentó ciertas particularidades en algunos de los tratamientos: con Alacloro se observaron plántulas que mostraban una apertura anormal del coleóptilo, lateral y no apical, emergiendo la plúmula en forma geniculada. En los casos de apertura normal del coleóptilo, la hoja secundaria apareció y se desarrolló antes de que lo hiciera la hoja primaria; además el coleóptilo presentó dificultad para emerger a través de las envolturas seminales. En los tratamientos con Trifluralin, la característica más resaltante es el desenrollamiento anormal de la hoja primaria, observado en una alta frecuencia en las concentraciones de herbicida superiores a 1 ppm. En algunos casos, el desenrollamiento de la hoja secundaria también fue afectado. Tanto las raíces como el coleóptilo mostraron tendencia hacia un crecimiento radial anormal en los tratamientos con Trifluralin.

### Porcentaje de germinación

Los resultados son indicadores de la limitada efectividad de ambos herbicidas sobre la germinación de los tres híbridos estudiados (Cuadro 1). Sin embargo,

Cuadro 2. Caracteres biométricos de plántulas del híbrido Obregón, tratado con Alacloro y Trifluralín. Muestra: 20 plántulas.

Tratamiento	Raíz	Longitud (cm)		Vástago	Hoja Primaria	Número de Hojas visibles	Área (cm <sup>2</sup> ) de Hoja Primaria	
		Entrenado	Coleoptilo					
Alacloro	Testigo	14.22 ± 2.83	1.40 ± 0.37	4.49 ± 0.69	5.12 ± 0.81	4.93 ± 1.58	2.07 ± 0.26	5.39 ± 1.52
	40 ppm	11.54 ± 2.88*	1.07 ± 0.23	3.75 ± 0.58*	3.92 ± 0.59	3.50 ± 1.09	1.67 ± 0.35*	4.85 ± 1.70*
	80 ppm	10.94 ± 2.40*	0.96 ± 0.22	3.26 ± 0.93*	3.57 ± 0.97	1.87 ± 0.44*	1.80 ± 0.50	4.15 ± 0.99*
	120 ppm	10.46 ± 2.26*	0.75 ± 0.27*	2.92 ± 0.49*	3.05 ± 0.47*	1.20 ± 0.93*	1.72 ± 0.46	4.02 ± 1.91*
	160 ppm	10.13 ± 1.67*	0.63 ± 0.21*	2.58 ± 0.45*	2.66 ± 0.51*	0.84 ± 0.53*	1.50 ± 0.51*	3.34 ± 1.16*
Trifluralín	1 ppm	10.15 ± 3.62	1.15 ± 0.26*	3.43 ± 0.66*	4.01 ± 0.84*	2.96 ± 2.20*	2.00 ± 0.10	4.51 ± 2.03
	5 ppm	6.18 ± 2.42*	1.17 ± 0.35*	2.23 ± 0.35*	2.67 ± 0.70*	2.01 ± 1.41*	2.00 ± 0.23	3.13 ± 0.96*
	10 ppm	4.45 ± 2.33*	0.28 ± 0.07*	1.99 ± 0.27*	2.00 ± 0.26*	0.25 ± 0.69*	1.80 ± 0.56	1.84 ± 1.12*
	20 ppm	2.23 ± 0.87*	—	2.06 ± 0.35*	2.06 ± 0.35*	—	1.73 ± 0.59	—

— No existencia del órgano o que su tamaño no era apreciable  
 \* Estadísticamente significativo respecto al control

en los tratamientos con Alacloro, el porcentaje de germinación muestra una disminución significativa respecto al testigo al cabo de 36 horas de siembra para Obregón y Ceniap Planta Baja 34 (a 80 ppm), aunque, después de 48 horas, no se observaron estas diferencias. La germinación de las semillas de Arichuna fue más lenta que la de los otros dos híbridos, siendo afectada después de 80 ppm, en forma no homogénea.

El porcentaje de germinación en los tratamientos con Trifluralín no presentó diferencias significativas para los híbridos Obregón y Ceniap PB 34 con relación al testigo; sin embargo, para Arichuna, la germinación en los diferentes periodos de medición siguió

las mismas pautas que en los tratamientos con Alacloro.

#### Caracteres biométricos

La longitud de la raíz principal, en los tres híbridos tratados con Alacloro, muestra diferencias estadísticamente significativas respecto al control a partir de 40 ppm (Cuadros 2, 3 y 4); en los tratamientos con Trifluralín esto se observa a partir de 1 ppm (Cuadros 2, 3 y 4). En ningún caso, el número de raíces adventicias no presentó diferencias respecto al testigo razón por la cual no se representa en los cuadros.

Cuadro 3. Caracteres biométricos de plántulas del híbrido Arichuna, tratado con Alacloro y Trifluralín (Muestra: 20 plántulas).

Tratamiento	Raíz	Longitud (cm)		Vástago	Hoja Primaria	Número de Hojas Visibles	Área (cm <sup>2</sup> ) de la Hoja Primaria	
		Entrenado	Coleoptilo					
Testigo	14.32 ± 2.11*	0.62 ± 0.31*	3.84 ± 0.59	3.72 ± 0.74	4.01 ± 2.02	1.93 ± 0.26	7.06 ± 2.16	
Alacloro	40 ppm	10.86 ± 1.96*	0.48 ± 0.21*	3.23 ± 0.58*	3.23 ± 0.58*	0.48 ± 0.28*	1.60 ± 0.51	5.01 ± 1.72*
	80 ppm	7.01 ± 3.27*	0.29 ± 0.16*	2.27 ± 1.24*	2.27 ± 1.24*	—	0.80 ± 0.56*	—
	120 ppm	6.67 ± 3.11*	0.24 ± 0.16*	2.24 ± 0.96*	2.23 ± 0.96*	—	0.60 ± 0.43*	—
	160 ppm	5.71 ± 3.37*	0.18 ± 0.12*	1.51 ± 0.84*	1.53 ± 0.84*	—	0.33 ± 0.29*	—
Trifluralín	1 ppm	12.43 ± 1.50*	0.54 ± 0.39	3.32 ± 0.34*	3.42 ± 0.47*	2.32 ± 0.30*	1.87 ± 0.35*	6.26 ± 1.61
	5 ppm	8.45 ± 2.33*	0.14 ± 0.03*	2.19 ± 0.23*	2.27 ± 0.28*	—	1.47 ± 0.52*	—
	10 ppm	5.41 ± 1.57*	—	1.69 ± 0.38*	1.86 ± 0.39*	—	1.13 ± 0.64*	—
	20 ppm	3.30 ± 1.28*	—	1.65 ± 0.33*	1.46 ± 0.38*	—	0.73 ± 0.17*	—

\* Estadísticamente significativo respecto al testigo.  
 — No existencia del órgano o que su tamaño no era apreciable.

Cuadro 4. Caracteres biométricos de plántulas del híbrido CENIAP PB 34, tratado con Alacloro y Trifluralin (Muestra: 20 plántulas.)

Tratamiento	Raíz	Longitud (cm)			Vástago	Hoja Primaria	Número de Hojas Visibles	Área (cm <sup>2</sup> ) de la Hoja Primaria
		Entrenudo	Coleoptilo					
Testigo	16.12 ± 2.92	1.80 ± 0.32	4.67 ± 0.52	4.77 ± 0.52	3.90 ± 2.92	2.00 ± 0.15	5.52 ± 2.03	
Alacloro	40 ppm	12.17 ± 1.80*	1.07 ± 0.38*	3.57 ± 0.73*	3.61 ± 0.73*	0.85 ± 0.84*	1.80 ± 0.41	3.68 ± 0.79*
	80 ppm	0.90 ± 1.49*	1.03 ± 0.30*	3.53 ± 0.55*	3.49 ± 0.64*	—	1.25 ± 0.45*	—
	120 ppm	10.87 ± 1.94*	1.01 ± 0.43*	3.39 ± 0.48*	3.27 ± 0.28*	—	1.07 ± 0.80*	—
	160 ppm	9.21 ± 2.94*	0.75 ± 0.54*	3.07 ± 0.42*	3.15 ± 0.32*	—	0.73 ± 0.70*	—
Trifluralin	1 ppm	13.30 ± 1.97*	1.34 ± 0.32*	3.27 ± 0.40*	4.24 ± 0.60*	3.61 ± 1.67	1.93 ± 0.26	4.69 ± 1.24
	5 ppm	4.36 ± 1.89*	0.11 ± 0.30*	2.22 ± 0.17*	2.24 ± 0.19*	0.63 ± 0.20*	1.98 ± 0.10	3.53 ± 0.89*
	10 ppm	2.73 ± 1.19*	—	2.01 ± 0.23*	2.00 ± 0.13*	—	1.80 ± 0.41	—
	20 ppm	2.07 ± 0.54*	—	1.98 ± 0.22*	1.86 ± 0.14*	—	1.60 ± 0.52*	—

\* Estadísticamente significativo respecto al testigo

— No existencia del órgano o que su tamaño no era apreciable

A partir de 40 ppm de Alacloro, la longitud del entrenudo disminuye para Arichuna y Ceniap PB 34 (Cuadros 3 y 4), y a partir de 120 ppm para Obregón (Cuadro 2), mientras que la longitud del coleóptilo disminuye significativamente en todos los casos, para los tres híbridos y ambos herbicidas; igualmente, se observa para la longitud del vástago (Cuadros 2, 3 y 4).

Con respecto a la longitud de la hoja primaria, se observó, en todos los casos, una disminución significativa a partir de la mínima concentración de herbicida, que llega en Arichuna (Cuadro 3) y Ceniap PB 34 (Cuadro 4) hasta su total ausencia. El número de hojas visibles fue afectado en forma homogénea en los híbridos Arichuna y Ceniap PB 34 por efecto de los tratamientos con ambos herbicidas (Cuadros 3 y 4), pero, el híbrido Obregón aparentemente sólo fue afectado por el Alacloro a la máxima concentración utilizada (Cuadro 2).

El área de la hoja primaria en los tratamientos con Alacloro muestra diferencias significativas para Obregón, a partir de 80 ppm (Cuadro 2) y para los otros dos híbridos, a partir de 40 ppm (Cuadros 3 y 4), mientras que en los tratamientos con Trifluralin ocurrió una disminución significativa a partir de 5 ppm, en los tres híbridos.

En los tratamientos con Alacloro, los valores de peso fresco que se incluyen en el Cuadro 5 presentan diferencias significativas respecto al testigo, a partir de 40 ppm para raíces y vástago. El peso fresco del endospermo no parece haber sido afectado por este herbicida a las concentraciones utilizadas. En los tra-

tamientos con Trifluralin, la respuesta de los tres híbridos fue menos homogénea, salvo para el endospermo, cuyos valores de peso fresco no varían significativamente respecto al testigo (Cuadro 5).

Con relación al peso seco, en los tratamientos con Alacloro tanto Obregón como Arichuna mostraron diferencias en el peso seco del vástago, a partir de 40 y 160 ppm respectivamente, no siendo así para Ceniap PB 34 (Cuadro 6).

En los tratamientos con Trifluralin (Cuadro 6), Obregón presenta diferencias en peso seco únicamente para las raíces, mientras que en Arichuna y Ceniap PB 34 también fue afectado el peso seco del vástago. El peso seco del endospermo no varió significativamente en ningún caso (Cuadro 6).

#### Contenido de proteínas

En los diversos tratamientos, tanto con Alacloro como con Trifluralin, el contenido de proteínas disminuyó significativamente en las raíces y el vástago de los tres híbridos estudiados (Cuadro 7), en Obregón a partir de 5 ppm de Trifluralin. El contenido de proteínas del endospermo no presentó diferencias estadísticamente significativas respecto al testigo, en ningún caso (Cuadro 7).

#### Contenido de clorofila total

En los tratamientos con Alacloro, el contenido de clorofila total en Ceniap PB 34 no presentó diferencias significativas respecto al control, mientras que en

Cuadro 5. Peso fresco (g x 10 plántulas) de raíces, vástago y endospermo de los híbridos de maíz: Obregón, Arichuna y CENIAP PB 34, tratados con Alacloro y Trifluralin.

		Obregón			Arichuna			Ceniap PB 34		
	Tratamiento	Raíz	Vástago	Endospermo	Raíz	Vástago	Endospermo	Raíz	Vástago	Endospermo
	Testigo	4.46 ± 0.32	4.66 ± 0.33	4.41 ± 0.36	5.83 ± 0.78	3.39 ± 0.45	4.61 ± 0.42	5.43 ± 0.37	3.54 ± 0.40	3.62 ± 0.24
Alacloro	40 ppm	2.66 ± 0.58*	3.23 ± 0.39*	4.34 ± 0.26	3.34 ± 1.04*	2.39 ± 0.21*	4.96 ± 0.10	3.68 ± 0.54*	2.63 ± 0.59*	4.09 ± 0.81*
	80 ppm	2.61 ± 0.20*	3.03 ± 0.42*	4.12 ± 0.21	2.97 ± 0.31*	1.92 ± 0.10*	4.74 ± 0.20	3.59 ± 0.66*	2.53 ± 0.32*	4.05 ± 0.15
	120 ppm	2.73 ± 0.44*	2.88 ± 0.34*	4.45 ± 0.40	2.98 ± 0.33*	1.87 ± 0.03*	5.11 ± 0.39	3.26 ± 0.56*	2.27 ± 0.13*	4.00 ± 0.35
	160 ppm	2.02 ± 0.07*	2.16 ± 0.29*	4.34 ± 0.47	2.00 ± 0.40*	1.17 ± 0.13*	4.66 ± 0.21	2.24 ± 0.05*	1.86 ± 0.09*	3.75 ± 0.37
Trifluralin	1 ppm	4.37 ± 0.59	3.43 ± 0.19*	4.72 ± 0.24	3.99 ± 0.73*	2.91 ± 0.54	4.73 ± 0.25	4.09 ± 0.22*	3.30 ± 0.87*	3.69 ± 0.14
	5 ppm	1.76 ± 0.23*	2.70 ± 0.19*	4.46 ± 0.13	4.44 ± 0.42*	2.29 ± 0.57*	4.85 ± 0.32	2.47 ± 0.93*	2.33 ± 0.28*	3.89 ± 0.20
	10 ppm	2.89 ± 0.25*	2.60 ± 0.30*	4.97 ± 0.62	2.31 ± 0.80*	1.38 ± 0.61*	4.93 ± 0.20	1.92 ± 0.41*	1.88 ± 0.72*	4.01 ± 0.10
	20 ppm	2.08 ± 0.27*	2.36 ± 0.33*	4.80 ± 0.42	2.09 ± 0.41*	1.37 ± 0.46*	5.05 ± 0.12	1.93 ± 0.33*	1.94 ± 0.10*	3.99 ± 0.32

\* Estadísticamente significativo respecto al testigo

Arichuna y Obregón éstas se observaron a partir de los 40 ppm de Alacloro (Cuadro 8). En los tratamientos con Trifluralin, el contenido de clorofila total fue afectado en todos los casos para Arichuna y Obregón; y para Ceniap PB 34, solamente a partir de 5 ppm (Cuadro 8).

DISCUSION

Los resultados obtenidos, en los que se refiere a porcentaje de germinación, confirman parcialmente lo mencionado en la literatura respecto a la influencia de los herbicidas Alacloro y Trifluralin sobre la germinación del maíz. Shultz *et al* (19) y Parka y Sopper (18), informan que la germinación de semillas de esta planta no fue inhibida por el tratamiento con Trifluralin, en condiciones de laboratorio, mientras que Hacskaylo y Amato (9) mencionan haber observado la inhibición de la germinación por Trifluralin en semillas de maíz sembradas en sustrato arenoso. En el presente trabajo, la germinación de los tres híbridos, en condiciones de laboratorio, no fue afectada signifi-

cativamente por la aplicación de este herbicida. Con respecto a Alacloro, no se conoce, hasta la fecha ningún informe que indique que la germinación de semillas de maíz sea inhibida por la aplicación del herbicida; sin embargo, según los resultados obtenidos en este trabajo es evidente que la germinación de semillas del híbrido Arichuna es afectada por tratamientos con Alacloro, al menos, en la máxima concentración utilizada. Se observó, además, un retardo de 12 horas en la germinación de Arichuna a las concentraciones de Alacloro de 80 y 120 ppm con respecto al testigo; sin embargo, este retardo podría considerarse como fisiológicamente normal ya que para el maíz se requieren, cuando es sembrado en condiciones óptimas, de 20 a 30 horas subsiguientes a la imbibición para que se produzca la protrusión de la coleorriza (4).

En vista de que, con excepción hecha de Arichuna, la germinación no fue afectada por Alacloro y Trifluralin aplicados en forma preemergente se puede suponer que el efecto tóxico observado en cuanto a los caracteres biométricos y los contenidos de proteínas

Cuadro 6. Peso seco (g x 10 plántulas) de raíces, vástago y endospermo de los híbridos de maíz: Obregón, Arichuna y CENIAP PB 34, tratados con Alacloro y Trifluralin.

		Obregón			Arichuna			Ceniap PB 34		
	Tratamiento	Raíz	Vástago	Endospermo	Raíz	Vástago	Endospermo	Raíz	Vástago	Endospermo
	Testigo	0.35 ± 0.05	0.43 ± 0.04	1.90 ± 0.26	0.38 ± 0.07	0.32 ± 0.04	2.26 ± 0.29	0.35 ± 0.04	0.31 ± 0.03	1.73 ± 0.13
Alacloro	40 ppm	0.26 ± 0.05	0.34 ± 0.03*	2.14 ± 0.03	0.23 ± 0.09	0.23 ± 0.08	2.42 ± 0.21	0.27 ± 0.04	0.25 ± 0.03	1.95 ± 0.80
	80 ppm	0.29 ± 0.03	0.35 ± 0.04*	2.18 ± 0.06	0.24 ± 0.03	0.17 ± 0.03	2.36 ± 0.14	0.27 ± 0.03	0.23 ± 0.05	2.06 ± 0.11
	120 ppm	0.24 ± 0.04	0.31 ± 0.02*	2.28 ± 0.23	0.20 ± 0.03	0.20 ± 0.03	2.17 ± 0.28	0.24 ± 0.03	0.21 ± 0.04*	1.64 ± 0.17
	160 ppm	0.23 ± 0.04	0.26 ± 0.03*	2.39 ± 0.21	0.21 ± 0.07	0.13 ± 0.02*	2.30 ± 0.15	0.23 ± 0.06	0.18 ± 0.05*	1.82 ± 0.30
Trifluralin	1 ppm	0.27 ± 0.02	0.37 ± 0.05	2.22 ± 0.31	0.33 ± 0.10	0.27 ± 0.05	1.96 ± 0.14	0.31 ± 0.09	0.29 ± 0.07	1.18 ± 0.31
	5 ppm	0.13 ± 0.06*	0.36 ± 0.07	2.19 ± 0.07	0.27 ± 0.04	0.20 ± 0.04*	2.05 ± 0.08	0.19 ± 0.07*	0.23 ± 0.03*	1.46 ± 0.14
	10 ppm	0.19 ± 0.04*	0.39 ± 0.03	2.04 ± 0.04	0.16 ± 0.03*	0.13 ± 0.09*	2.14 ± 0.16	0.15 ± 0.04*	0.19 ± 0.09*	1.77 ± 0.11
	20 ppm	0.14 ± 0.05*	0.37 ± 0.08	2.00 ± 0.13	0.15 ± 0.04*	0.13 ± 0.04*	2.21 ± 0.13	0.12 ± 0.01*	0.19 ± 0.05*	2.01 ± 0.12

\* Estadísticamente significativo respecto al testigo



Cuadro 7. Contenido de proteínas (mg/g peso seco) de raíces, vástago y endospermo de los tres híbridos de maíz: Obregón, Arichuna y CENIAP PB 34, tratados con Alacolor y Trifluralín.

		Obregón			Arichuna			Ceniap PB 34		
Tratamiento		Raíz	Vástago	Endospermo	Raíz	Vástago	Endospermo	Raíz	Vástago	Endospermo
Testigo		99.34 ± 2.94	86.74 ± 1.78	6.53 ± 0.91	107.89 ± 3.00	72.81 ± 3.78	6.73 ± 0.68	120.86 ± 3.42	81.61 ± 3.63	7.37 ± 1.60
Alacolor	40 ppm	80.38 ± 5.64*	73.53 ± 4.20*	6.31 ± 0.40	81.05 ± 3.34*	58.11 ± 1.12*	6.03 ± 1.34	104.81 ± 4.50*	76.40 ± 3.37	6.72 ± 0.42
	80 ppm	68.62 ± 0.78*	65.25 ± 5.52*	5.88 ± 1.60	76.91 ± 1.57*	52.29 ± 1.30*	5.43 ± 0.30	88.17 ± 0.89*	59.74 ± 5.85*	6.21 ± 0.89
	120 ppm	62.17 ± 3.07*	65.77 ± 2.18*	5.76 ± 1.34	72.36 ± 3.05*	53.16 ± 5.25*	5.49 ± 0.55	81.54 ± 3.73*	53.01 ± 1.78*	6.20 ± 0.55
	160 ppm	61.00 ± 3.99*	63.11 ± 0.16*	5.95 ± 2.02	70.21 ± 1.19*	51.08 ± 4.58*	5.19 ± 2.32	72.17 ± 1.36*	53.15 ± 1.30*	5.69 ± 1.03
Trifluralín	1 ppm	101.53 ± 3.93	87.97 ± 6.55	6.60 ± 0.48	82.17 ± 4.00*	59.99 ± 1.60*	6.68 ± 1.33	81.23 ± 3.52*	69.85 ± 4.21*	7.01 ± 0.76
	5 ppm	79.54 ± 0.64*	69.41 ± 5.74*	6.58 ± 2.31	69.69 ± 3.61*	54.13 ± 3.01*	6.54 ± 0.84	78.18 ± 3.80*	65.44 ± 1.20*	6.98 ± 0.40
	10 ppm	74.12 ± 4.47*	68.17 ± 6.32*	6.13 ± 1.48	65.21 ± 2.73*	53.82 ± 4.95*	6.21 ± 0.62	77.29 ± 1.61*	66.08 ± 4.47*	6.72 ± 1.64
	20 ppm	72.02 ± 5.05*	64.75 ± 5.35*	6.21 ± 1.57	60.87 ± 1.20*	52.17 ± 4.16*	6.29 ± 1.05	75.45 ± 4.85*	61.33 ± 1.30*	6.69 ± 1.68

\* Estadísticamente significativo respecto al testigo

y clorofila, tiene lugar en el período comprendido entre la emergencia radicular y la del vástago, como lo sugieren Parka y Supper (18).

La inhibición del crecimiento de la raíz y el vástago, por efecto de herbicidas, discutida en la literatura para el maíz y otras plantas de cultivo (6,16,17), en el presente estudio se expresó, tanto en la disminución de la longitud de las diferentes regiones de la plántula como en la disminución del área foliar y de la biomasa de raíces y vástago. Sin embargo, el efecto de los herbicidas utilizados en el presente trabajo sobre los diversos caracteres biométricos varía para cada híbrido, según el tipo de herbicida y la concentración a la que se aplica sin que exista homogeneidad en las respuestas de un determinado híbrido a un determinado herbicida. Este hecho parece que es de fundamental importancia por cuanto la gran mayoría de las investigaciones sobre tolerancia-susceptibilidad a herbicidas evalúa solamente los efectos de éstos sobre

biomasa radicular y del vástago, considerando estos caracteres como indicativos del grado de tolerancia del híbrido o de la especie; sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo indican que, aunque los mencionados caracteres no sean afectados significativamente por un determinado tratamiento: éste puede causar una considerable disminución en caracteres igualmente esenciales, como pueden ser la longitud y el área de la hoja primaria.

La emergencia anormal de las hojas y la aparición de la hoja secundaria antes de la total emergencia de la hoja primaria —por efecto de los herbicidas aplicados— podrían ser el reflejo de perturbaciones en procesos fundamentales para el desarrollo como lo son la división y elongación celulares (22); en plantas de algodón tratadas con Trifluralín, Hassaway y Hamilton (11) han sugerido que este herbicida perturba la división celular y la diferenciación, interfiriendo con el balance metabólico adecuado para el desarrollo normal de las plántulas.

Cuadro 8. Contenido de clorofila total (mg/g peso seco) de la hoja primaria de plántulas de los 3 híbridos de maíz: Obregón, Arichuna y CENIAP PB 34, tratados con Alacolor y Trifluralín.

Tratamiento		Obregón	Arichuna	Ceniap PB 34
Testigo		12.51 + / -0.75	9.45 + / -0.35	9.77 + / -1.12
Alacolor	40 ppm	11.03 + / -0.20*	7.42 + / -1.52*	8.37 + / -0.76
	80 ppm	10.04 + / -0.34*	—	—
	120 ppm	9.07 + / -1.07*	—	—
	160 ppm	9.85 + / -0.08*	—	—
Trifluralín	1 ppm	11.08 + / -0.28*	7.16 + / -0.60*	10.03 + / -0.71
	5 ppm	9.59 + / -0.65*	—	6.31 + / -1.09*
	10 ppm	9.22 + / -0.21*	—	—
	20 ppm	—	—	—

\* Estadísticamente significativo respecto al testigo.

— No existencia del órgano o que su tamaño no era apreciable.

Con relación a la biomasa fresca y seca de raíces y vástago, en los tres híbridos se observó en este trabajo, una tendencia a la disminución del contenido hídrico de estos compartimentos en la medida en que aumenta la concentración de herbicida. Esto sugiere que, de algún modo, la absorción o la pérdida de agua por las plántulas de maíz es afectada por los tratamientos, sin que hasta el momento se conozca ninguna referencia en la literatura consultada con respecto a esta posibilidad. El hecho de que no se observe disminución del peso seco del endospermo en el período de experimentación, se podría explicar en términos de lo descrito por diversos autores (1,5,8,10), quienes sugieren que las reservas contenidas en el endospermo son utilizadas solamente a partir del cuarto día de siembra; en el intervalo se movilizan las reservas de lípidos acumuladas en el escutelo

Jaworski (13) y Hickey y Krueger (12), informan que la inhibición de la síntesis proteínica por Alacloro, por inhibición de la síntesis *de novo* de enzimas, o por inhibición alostérica, lo cual también ha sido indicado como posible en plántulas tratadas con Trifluralin (18). Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran la disminución del contenido de proteínas de raíces y vástagos, en todos los casos experimentales fue efecto de los herbicidas aplicados. En la actualidad, están llevándose a cabo en el laboratorio en el cual trabajan los autores experimentos destinados a determinar si esta disminución obedece a una causa similar. Por otra parte, en el endospermo de semillas tratadas, no se presenta ningún cambio apreciable en el contenido de proteínas. A este respecto, Adams *et al* (1) señalan que los esferosomas y los cuerpos proteínicos, presentes en las células del endospermo de semillas de maíz, contienen enzimas hidrolíticas, lo cual, según Bewley y Black (5), sería una indicación de que la hidrólisis de las reservas durante la germinación del maíz se debe a la liberación de hidrolasas preformadas en el endospermo durante la maduración de la semilla, en lugar de la síntesis *de novo* de hidrolasas, tal como ocurre en cebada y trigo.

En relación al contenido de clorofila total, las observaciones hechas por los autores reflejan una tendencia hacia su disminución, relacionada al aumento en la concentración de los herbicidas aplicados. La literatura no aporta evidencias sobre un posible efecto de Alacloro y Trifluralin sobre la síntesis de clorofila o su degradación, pero, es sabido que algunos herbicidas, como el Diuron, son inhibidores fotosintéticos provocando un aumento de la fotooxidación de la clorofila a través de la disminución del pigmento caroteno, protector de la clorofila (23).

## LITERATURA CITADA

1. ADAMS, C.A.; NOVELLIE, L. 1975. Composition and structure of protein bodies and spherosomes isolated from ungerminated seeds of *Sorghum bicolor* (Linn.) Moench. *Plant Physiology* 55:1-6.
2. ARNON, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24:1-14
3. BEJARANO, A. 1978. Caracteres biométricos de veintinueve cultivares de maíz (*Zea mays* L.) Cenipa, IIA Sección Cereales 1:11-18
4. BERLYN, G.P. 1972. Seed germination and morphogenesis. In *Seed Biology*. Ed. by T.T. Kozlowski. New York, Academic Press v.1, 416 p
5. BEWLEY, J.F.; BLACK, M. 1978. *Physiology and biochemistry of seeds*. New York, Springer-Verlag. v.1, 306 p
6. BUCHOLTZ, D.L.; LAVY, T.L. 1979. Alachlor and Trifluralin effects on nutrient uptake in oats and soybeans. *Agronomy Journal* 71:24-26.
7. DAVIS, J.L.; ABERNATHY, J.R.; WIEBE, A.F. 1978. Tolerance of 52 corn lines to Trifluralin. In *Proceedings of the 31st Annual Meet. Southern Weed Science Society USA*. 123 p.
8. DURE, L.S. 1960. Gross nutritional contributions of maize endosperm and scutellum to germination growth of maize axis. *Plant Physiology* 35:919-925.
9. HACSKAYLO, J.; AMATO, V.A. 1968. Effect of Trifluralin on roots of corn and cotton. *Weed Science* 16:513-515.
10. HARVEY, B.M.; OAKS, A. 1974. The hydrolysis of endosperm protein in *Zea mays*. *Plant Physiology* 53:453-457.
11. HASSAWAY, G.S.; HAMILTON, K.C. 1971. Effects of IAA, Kinetin and Trifluralin on cotton seedlings. *Weed Science* 19:265-268.
12. HICKEY, J.S.; KRUEGER, W.A. 1974. Alachlor and 1,8-naphthalic anhydride effects on maize seedling development. *Weed Science* 22:91-95.
13. AWORSKI, E.G. 1969. Analysis of the mode of action of herbicidal chloroacetamides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 27:165-170.
14. KLINGMAN, C.C.; ASHTON, F.M. 1980. *Estudio de las Plantas Nocivas: Principios y Prácticas*. México. Limusa. 449 p
15. LOWRY, O.H.; ROSEBROUGH, N.J.; FARR, A.L.; RANDALL, F.J. 1951. Protein measurements with the folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry* 193:265-275.

16. MURRAY, D.S.; STREET, J.E.; SOIERES, J.K.; BUCHANAN, G.A. 1979. Growth inhibition of cotton (*Gossypium hirsutum*) and soybean (*Glycine max*) roots and shoots by three dinitroaniline herbicides. *Weed Science* 27:336-342
17. NEL, P.C.; LE COURT DE BIBLOT, M.R.; VOGES, J.H. 1979. Effect of Alachlor on early growth and anatomy of maize (*Zea mays* L.) *Agroplanta* 11:47-53.
18. PARKA, S.J.; SOPPER, O.F. 1977. The physiology and mode of action of the dinitroaniline herbicides. *Weed Science* 25:79-87.
19. SHULIZ, D.P.; FUNDERBURK, H.H.; NEGI, N.S. 1968. Effects of Trifluralin on growth, morphology and nucleic acid synthesis. *Plant Physiology* 43:265-273.
20. SNEDECOR, G.; COCHRAN, W.G. 1974. *Métodos estadísticos*. México. CECSA, 703 p.
21. SOKAL, R.; ROHL, F. 1973. *Introduction to Biostatistic*. USA. W.F. Freeman & Co., 693 p.
22. TORREY, J.G. 1967. *Development in flowering plants*. USA. MacMillan Publ. Co. Inc. 184 p.
23. VAN OORSCHOT, I.L.O.; VAN LEEVWEN, P.H. 1976. Effects of some phenylurea herbicides on photosynthesis of two wheat varieties. *Weed Research* 16:11-14.

## Notas y Comentarios

### La lactasa ayuda a la digestión de la leche

La mayor parte de los humanos adultos en el mundo tienen deficiencia de la enzima intestinal, lactasa, que parte a la azúcar de la leche, la lactosa, en sus componentes monosacáridos, glucosa y galactosa. La enzima está presente en buenas cantidades al nacimiento, permitiendo al niño digerir la lactosa de la leche materna, para después declinar. Persiste en niveles altos en los europeos blancos, norteamericanos y en algunos otros grupos (Cf. Turrialba 18:98 y 19:317). En aquellos adultos que carecen de suficiente enzima, la lactosa queda sin digerir, y es desintegrada por bacterias del intestino, dando lugar a síntomas molestos tales como diarrea y flatulencia.

Un nuevo estudio por Jorge Rosado y sus colegas en el Instituto Nacional de Nutrición en Ciudad México y en el Massachusetts Institute of Technology indican que la deficiencia de lactasa puede ser vencida agregando a la leche Lactaid, una preparación comercial de la enzima derivada de levaduras (*Gastroenterology*, vol. 87, p. 1072).

Los investigadores evaluaron la mala absorción de lactosa de los individuos de la prueba, midiendo la cantidad de hidrógeno en aliento, un signo de fermentación incompleta de la lactosa por las bacterias en el colon. La mayoría de los individuos eran de Ciudad

México, donde la incidencia de la intolerancia a lactosa es de 70 a 80 por ciento. Un gramo de Lactaid agregado a 300 mililitros de leche de vaca resultó en una reducción de 62 por ciento del hidrógeno en el aliento de la gente con digestión incompleta del carbohidrato, y una reducción significativa en los síntomas de intolerancia a la leche.

En un artículo relacionado con el tema, el Dr. E. Urban comenta la curiosa observación de que la lactosa en el yoghurt es tolerada mucho mejor que en la leche (*Gastroenterology*, vol. 88, p. 209). En 10 individuos intolerantes a la lactosa, el ingerir 18 gramos de lactosa en yoghurt produjo sólo un tercio de la cantidad de hidrógeno en el aliento, que el que resultó de consumir 20 gramos de lactosa sola. Solo un 20 por ciento de los individuos que comieron yoghurt presentaron síntomas de diarrea y flatulencia, comparado con 80 por ciento cuando bebieron leche.

Un indicio sobre lo que estaba pasando fue la observación de que, después de comer yoghurt, una muestra de jugos intestinales contenía apreciables cantidades de lactasa, lo que indicaba que la lactasa de yoghurt había sobrevivido el paso por el estómago lo suficientemente para actuar sobre la lactosa del intestino A.G.

# Extracción de Nutrientes por la Planta de Chayote (*Sechium edule* Sw.)<sup>1</sup>

E Valverde\*, P. González\*, A. Cordero\*

## ABSTRACT

A study to establish the nutrient removal from soil by the chayote plant (*Sechium edule* Sw.) was carried out at the Ujarrás Valley, Costa Rica between June and November, 1983. The nutrients removed by this plant during a growth period of 195 days were as follows: N = 48; Ca = 10; Mg = 9.5; P = 2.5; S = 1.5; Fe = 0.25; B = 0.15; Cu = 0.10 and Zn = 0.07, all of them expressed as kilograms per hectare. The foliage absorption rate increased steadily, except at flower set, and when fruits started to grow. At these stages of development, the plant suffered a significant reduction of its foliage by senescence. The highest absorption rates for N, P and K were observed between 105 and 135 days of the growth period for the first two and between 150 and 165 days for the last, while the lowest absorption rates were observed between 135 and 150 days for N and P, and between 165 and 180 for K.

It was detected that the fruit absorbed 15.2% of the total uptake of N; 16.5% of the P; 8.2% of the K; 3.9% of the Ca; 8.4% of the Mg; 11.03% of the S; 30.43% of the Fe; 15.35% of the Zn; 13.32% of the B and 7.35% of the Cu. Preliminary data suggest that fertilization practices in this crop are generally excessive for plant needs. More research is suggested to confirm this finding. The general pattern of the chayote plant absorption was similar to those observed for other vegetable crops.

## INTRODUCCION

En Costa Rica, el cultivo del chayote ha tomado importancia como producto no tradicional de exportación; por tal razón, se hace necesario estudiar ciertos aspectos del manejo del cultivo, como la fertilización, que actualmente se hace en forma empírica.

En la actualidad, la información disponible acerca de la nutrición mineral del chayote es muy escasa; Lopes y Souza (4), en Brasil, encontraron que el orden de absorción de macronutrientes era el siguiente: N K Ca Mg = P, correspondiendo las cantidades

## COMPENDIO

Se hizo un estudio para determinar la absorción de nutrientes por la planta de chayote (*Sechium edule* Sw.) en el valle de Ujarrás, Costa Rica, durante los meses de junio a noviembre de 1983. Se halló que, para la zona de Ujarrás, las plantas de chayote absorbieron: N = 48; Ca = 10; Mg = 9.5; P = 2.5; S = 1.5; Fe = 0.25; B = 0.15; Cu = 0.10; y Zn = 0.07 kilogramos por hectárea, en un período de 195 días de crecimiento. Se observó que la tasa de absorción del follaje fue siempre creciente, excepto en el inicio de la floración y al inicio del crecimiento de los frutos, cuando la planta sufrió una importante pérdida de follaje por senescencia. La tasa de absorción más alta para N, P y K fue observada entre los 105 y 135 días de crecimiento para los dos primeros elementos entre los 150 y 165 días para el último, mientras que las tasas de absorción más bajas fueron observadas entre los 135 y 150 días para N y P y entre los 165 y 180 días para el K. Se detectó que el fruto absorbió un 15.2% del nitrógeno total removido del suelo, un 16.5% del P; 8.2% del K; 3.9% del Ca; 8.4% del Mg; 11.03% del S; 30.43% del Fe; 15.35% del Zn; 13.32% del B y 7.35% del Cu. Se determinó que la fertilización empleada por los agricultores generalmente es excesiva y que es necesario establecer rápidamente un programa racional de fertilización con base en más investigaciones sobre el tema. El comportamiento general de la absorción en la planta de chayote es similar a aquel observado en otras hortalizas.

extraídas de esos nutrientes, en plantas de 150 días, a: N = 20 47; P = 3 67; K = 15 63; Ca = 12 67; Mg = 4 09 kg ha<sup>-1</sup>

Por medio de curvas de absorción es posible representar la cantidad de nutrientes extraídos por la planta. Determinando el estado de desarrollo de la misma, es posible correlacionar las curvas de extracción o absorción con las curvas de crecimiento de tal forma que se puedan asociar los puntos de máxima absorción con puntos importantes de desarrollo, como por ejemplo, la floración y la fructificación. La importancia de determinar las curvas de absorción radica en la posibilidad de poder determinar épocas de aplicación de fertilizantes de acuerdo a momentos de máxima absorción, así como —en forma aproximada— la cantidad total de nutrientes que la planta requiere para su desarrollo (5).

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el contenido de nutrientes en función del cre-

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 14 de octubre de 1986. Esta investigación fue financiada por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), Costa Rica

\* Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica

cimiento de la planta de chayote, en condiciones ambientales naturales, dentro de una plantación comercial. Se espera que este trabajo oriente posteriores estudios de fertilización en chayote.

#### MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en una plantación comercial en el valle de Ujarrás, Cartago, Costa Rica, por un período de 195 días, que abarcó de mayo a noviembre de 1983. Las condiciones climáticas imperantes en la zona aparecen en la Figura 1. Antes de dar inicio al estudio se hizo un análisis del suelo, el cual se presenta en el Cuadro 1.

Todas las prácticas de cultivo estuvieron a cargo del agricultor, incluso la fertilización, que fue la siguiente: 100 kg ha<sup>-1</sup> de la fórmula 10-30-10, a la siembra; 54 kg ha<sup>-1</sup> de urea, a los 22 días de la siembra; 150 kg ha<sup>-1</sup>, de urea, a los 30 días de la siembra; y a partir de los 60 días, 200 kg ha<sup>-1</sup> de urea, cada 30 días. En este caso, una hectárea constó de 400 golpes de siembra, con tres plantas cada uno.

Se realizaron muestreos quincenales; una muestra de cinco plantas completas durante los primeros 60 días, tres plantas completas de los 60 días hasta los 150 días y de cada una de tres plantas, el 30% del follaje desde los 150 días hasta los 195 días.

Las muestras fueron separadas en hojas, tallos, zarcillos, flores y frutos para su posterior análisis químico. La metodología empleada en el análisis fue la utilizada de rutina en el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica (1).

Con los valores de materia seca y concentración de los distintos elementos estudiados para cada tejido, en las diferentes épocas de muestreo, se calculó la absorción de los nutrimentos y se elaboraron curvas de absorción total, así como de cada órgano de la planta.

Con el fin de obtener la tasa de absorción de los macronutrimentos se realizó un análisis de regresión

para linealizar en las curvas de absorción las distintas etapas de crecimiento de la planta y así, poder obtener la pendiente (tasa de absorción), asumiendo linealidad de esos segmentos o períodos.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

Con los resultados obtenidos del análisis de suelo (Cuadro 1) se evidencia que éste es fértil, sin problemas de acidez, con base en los contenidos de aluminio. Además, los contenidos de K, Ca y Mg son relativamente altos, especialmente el K. Este suelo presenta altos contenidos de fósforo, posiblemente debido a

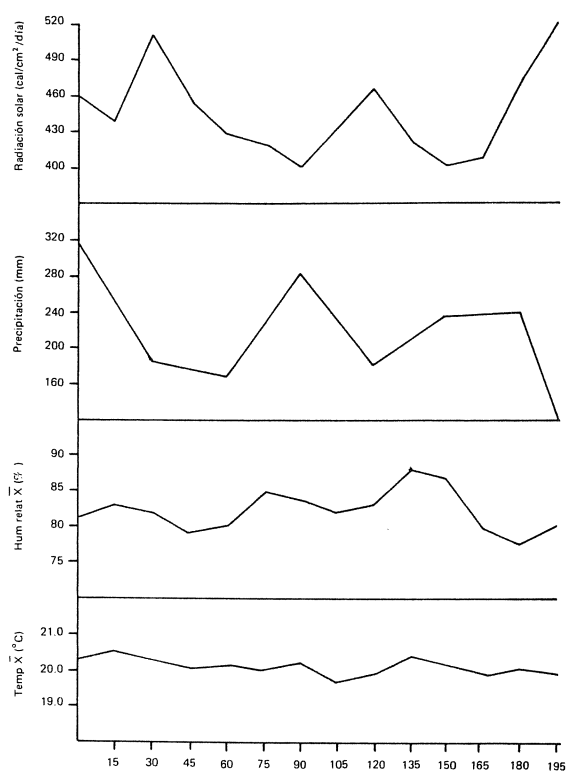


Fig. 1. Promedio de temperatura, humedad relativa, radiación solar y precipitación total, durante el período evaluado en el valle de Ujarrás.

Cuadro 1. Resultado del análisis del suelo para la localidad de Ajenjal, Ujarrás, 1983.

Elemento	K	Ca	Mg	Al	P	Cu	Zn	Mn	pH		M.O. %
	centimoles Kg <sup>-1</sup>			ug g <sup>-1</sup>			KCL	H <sub>2</sub> O			
	1.95	11.52	5.24	0.14	244	Trz	37	53	5.4	6.7	7.58

un efecto residual, provocado por la intensa fertilización en las últimas siembras. En cuanto a los micronutrientes, éstos se hallaron en cantidades adecuadas.

Con respecto a las condiciones climáticas (Fig. 1), se puede decir que éstas fueron normales para la zona de Ujarrás; durante el desarrollo de este ensayo, la temperatura promedio fue poco variable (entre 20 y 22°C) y la precipitación suficiente para el desarrollo de la planta, sin presentarse puntos críticos que pudieran afectar la absorción. Esto se reflejó con la tendencia del crecimiento de la planta que fue creciente durante todo el período estudiado; los cambios fundamentales en el crecimiento que se presentaron se consideran de origen fisiológico y no ocasionado por cambios climáticos bruscos que influyeran en el mismo.

#### Absorción total y por secciones

En cuanto al orden de absorción de los diferentes elementos, el chayote mostró un comportamiento similar al grupo de hortalizas descrito por Bertsch (1), Halbrocks (3) y Magnífico (5), con excepción del Mg, ya que, en la mayoría de las hortalizas, es absorbido en cantidades muy bajas al igual que el P y el S mientras que, en este caso, la planta absorbió Mg en cantidades similares a las de Ca. Esto posiblemente se debió a que estas plantas presentan una gran área foliar, además de tallos y zarcillos fotosintéticos, lo que implica una alta producción de clorofila.

Los Cuadros 2, 3 y 4 muestran que las plantas de chayote, durante un ciclo de 195 días, absorbieron,

aproximadamente, un total de K = 92; N = 48; Ca = 10; Mg = 9.5; P = 2.5; S = 1.5; Fe = 0.25; B = 0.15; Cu = 0.10 y Zn = 0.07 kg ha<sup>-1</sup>.

Los resultados obtenidos difieren en parte de los informados por Lopes y Zousa en Brasil (4). Estos autores encontraron que el N fue el elemento que se absorbió en mayor cantidad; en segundo lugar, el K y en tercero el Ca, mientras que el Mg y el P lo fueron en cantidades más bajas y semejantes. Lo anterior se justifica al considerar variaciones entre ambos estudios debidos a factores como el clima, manejo y tipo del suelo.

En el Cuadro 2 se puede observar que las hojas absorbieron cerca de un 42% del N, mientras que de P y K un 24.7 y un 21.4, respectivamente. Por otro lado, los frutos absorbieron cerca del 16% del N y P, y de K el 8%.

En el Cuadro 3 se puede apreciar que las hojas absorbieron cerca del 30% de Ca y Mg y un 50% de S. El fruto absorbió un 8% de Mg mientras que, de Ca, aproximadamente la mitad de este porcentaje.

La absorción de Zn, B y Cu por parte de las hojas representó alrededor de un 30%, mientras que de Fe un 40%; por su parte, el fruto absorbió una alta cantidad de Fe, 30%, al compararlo con otros micronutrientes de los cuales absorbió entre un 7 y un 15% (Cuadro 4).

De acuerdo con los resultados obtenidos, en plantas de 195 días, la mayor absorción de los diferentes nutrientes estudiados corresponde a la parte vegeta-

Cuadro 2. Absorción de N, P y K en hojas, tallos, zarcillos, flores y frutos de chayote expresada en kg ha<sup>-1</sup> y porcentaje en un período de 195 días después de la siembra.

Parte de la planta	Elementos					
	N		P		K	
	kg ha <sup>-1</sup>	%	kg ha <sup>-1</sup>	%	kg ha <sup>-1</sup>	%
Hojas	19.94	41.5	0.6	24.7	19.8	21.4
Tallos	12.06	25.1	0.8	32.9	36.2	39.0
Pecíolos	4.73	9.8	0.4	16.5	24.0	25.8
Zarcillos	3.45	7.2	0.2	8.2	4.5	4.8
Flores	0.59	1.2	0.03	1.2	0.8	0.8
Frutos	7.32	15.2	0.4	16.5	7.6	8.2
Total	48.09	100.0	2.43	100.0	92.9	100.00

Cuadro 3. Absorción de elementos secundarios en hojas, tallos, zarcillos, flores y frutos de chayote, expresada como kg ha<sup>-1</sup> y porcentaje en plantas de 195 días de edad.

Parte de la planta	Elementos					
	Ca		Mg		S	
	kg ha <sup>-1</sup>	%	kg ha <sup>-1</sup>	%	kg ha <sup>-1</sup>	%
Hojas	3.1	30.6	3.0	31.7	0.74	52.53
Tallos	1.9	18.7	3.1	32.9	0.39	27.48
Peciolos	3.8	37.5	1.9	20.1	0.06	4.48
Zarcillos	0.9	8.8	0.6	6.3	0.05	3.76
Flores	0.05	0.5	0.06	0.6	0.01	0.72
Frutos	0.4	3.9	0.8	8.4	0.16	11.03
Total	10.15	100.0	9.46	100.0	1.41	100.00

tiva, la cual constituye el material que eventualmente puede reciclarse y en menor grado, al fruto. Así se tiene que la parte vegetativa absorbió un 96% de Ca, alrededor de 90% de K, Mg, S y Cu; aproximadamente, un 85% de N, P Zn y B; y un 70% de Fe

Aún cuando la parte vegetativa es la que absorbe la mayor proporción de los distintos elementos, sólo una parte de ésta es la que puede ser reciclada en el sitio de cultivo debido a que el agricultor retira del campo el material vegetativo, al terminar el período de vida útil de la planta, como práctica fitosanitaria. La parte que se recicla en el campo es aquel follaje senescente que se desprende en los períodos de producción de flores y frutos y cuyos minerales fueron, posiblemente, removidos para ser utilizados en otras secciones de la planta.

#### Absorción durante el ciclo

En las Figs. 2, 3, 4, 5, 6 y 7 se observa que la absorción total de los diferentes elementos ocurrió en

forma creciente, excepto en dos períodos: al inicio de la primera floración y fructificación, y al incrementarse la cantidad de frutos producidos. Es aquí como lo muestran los resultados del análisis de crecimiento de la planta, según Valverde y Sáenz (6), ocurren disminuciones en la producción de materia seca debido a severas pérdidas de follaje. Para todos los nutrimentos, el primer período en que disminuyó la cantidad absorbida, como consecuencia de la mencionada pérdida del follaje, ocurrió entre los 90 y 120 días; y el segundo, a excepción del potasio, entre los 135 y 150 días. En el caso del potasio, como se puede observar en la Fig. 4, el segundo período de disminución de la cantidad absorbida se inició un poco después de los 165 días.

Al comparar las curvas de absorción del chayote con su curva de crecimiento (Fig. 8, adaptada de Valverde y Sáenz (6)), se puede observar —a semejanza de otras hortalizas (5)— una alta correlación entre ambas curvas al inicio de la absorción intensa, así como en los puntos máximos de absorción.

Cuadro 4. Absorción de micronutrientes en los diferentes órganos de la planta de chayote, expresado en kg ha<sup>-1</sup> y porcentaje en plantas de 195 días.

Parte de la Planta	Elementos							
	Fe		Zn		B		Ca	
	kg ha <sup>-1</sup>	%	kg ha <sup>-1</sup>	%	kg ha <sup>-1</sup>	%	kg ha <sup>-1</sup>	%
Hojas	0.1	38.03	0.0218	30.71	0.0462	31.71	0.0279	32.03
Tallos	0.00009	0.34	0.0165	23.24	0.0461	31.64	0.0175	20.09
Peciolos	0.04	15.22	0.0088	12.39	0.0246	16.88	0.0165	18.94
Zarcillos	0.04	15.22	0.0124	17.46	0.0080	5.49	0.0178	20.44
Flores	0.002	0.76	0.0006	0.85	0.0014	0.96	0.001	1.15
Frutos	0.08	30.43	0.0109	15.35	0.0194	13.32	0.0064	7.35
Total	0.2629	100.00	0.0710	100.00	0.1457	100.00	0.0871	100.00

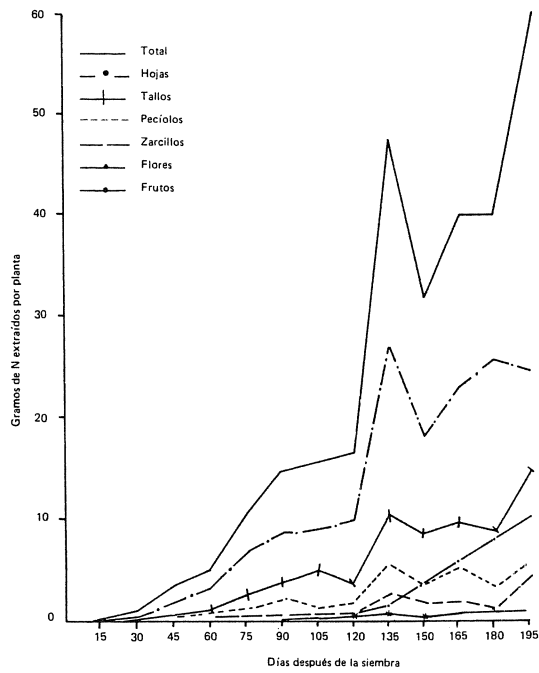


Fig. 2. Extracción de nitrógeno por plantas de chayote durante 195 días de crecimiento.

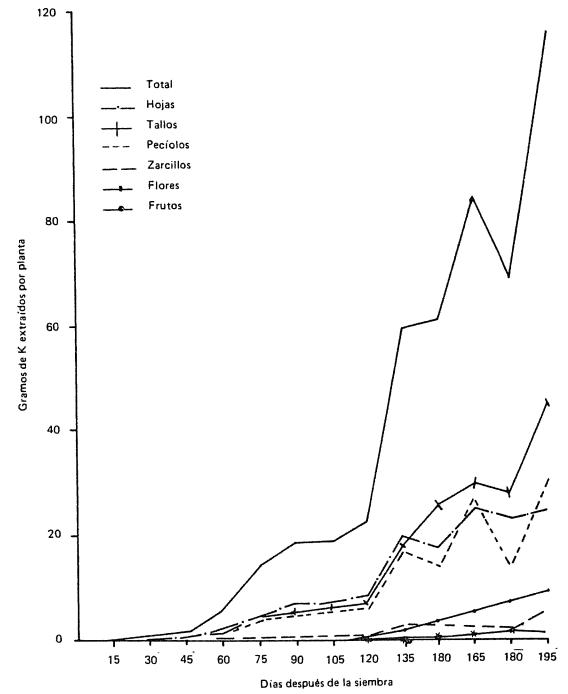


Fig. 4. Extracción de potasio por plantas de chayote durante 195 días de crecimiento.

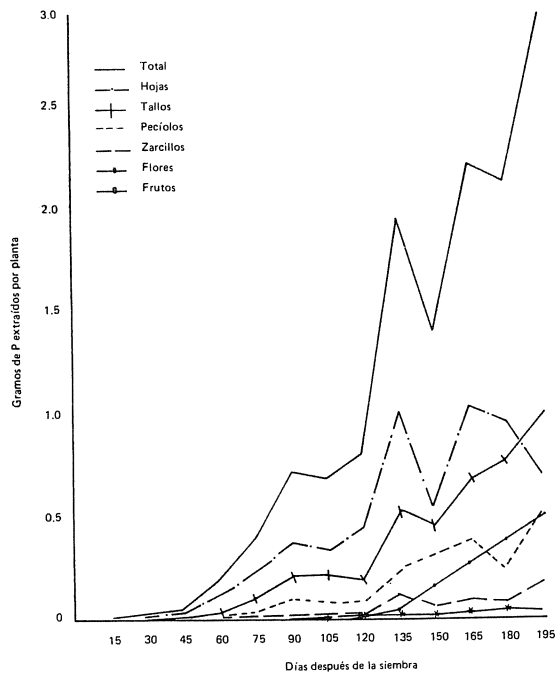


Fig. 3. Extracción de fósforo por plantas de chayote durante 195 días de crecimiento.

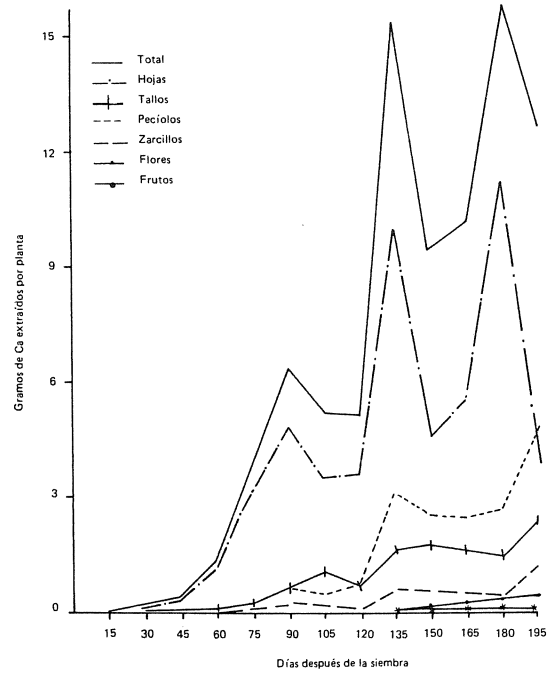


Fig. 5. Extracción de calcio por plantas de chayote durante 195 días de crecimiento.



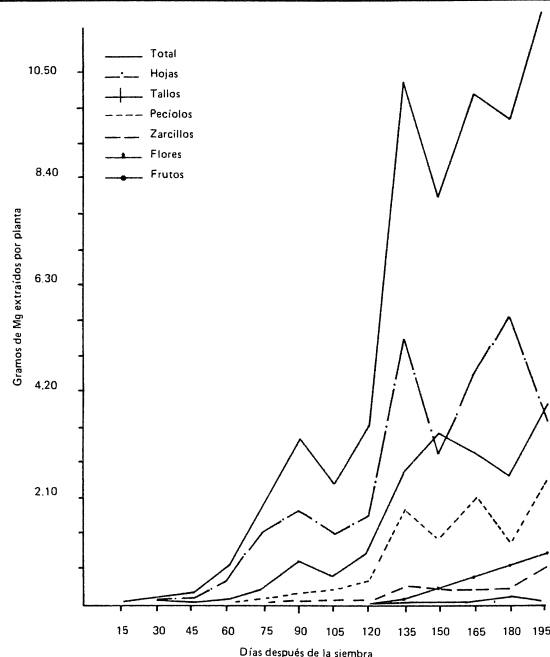


Fig. 6. Extracción de magnesio por plantas de chayote durante 195 días de crecimiento.

En el caso del potasio, la tendencia general también se presentó, pero el segundo período de reducción de la cantidad absorbida se inició a los 165 días, que corresponde a la época de intenso crecimiento de los frutos.

#### Tasa de absorción

En el Cuadro 5 se observa que la tasa de absorción total de nitrógeno, fósforo y potasio al inicio (primeros 45 días) fue baja. Posteriormente, ocurrió un aumento en ésta para luego disminuir en el período de la primera floración y fructificación. Una vez concluido este período se volvió a producir un incremento hasta que se inició la producción y crecimiento de los frutos.

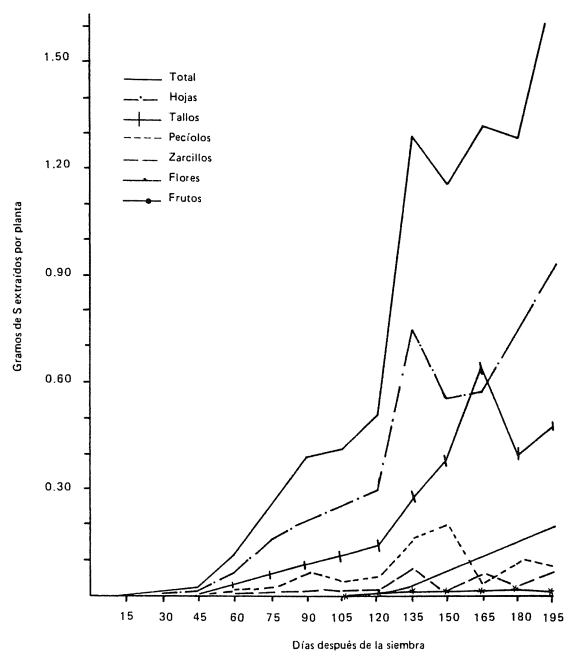


Fig. 7. Extracción de azufre por plantas de chayote durante 195 días de crecimiento.

La tendencia general de absorción fue mostrada por todas las partes de la planta (Figs. 2, 3 y 4).

Al hacer una comparación de la fertilización aplicada y la extracción de elementos nutritivos (Cuadro 6), se pone en evidencia que los programas de fertilización que se utilizan en la actualidad especialmente con respecto a nitrógeno y fósforo, no se acercan a la realidad de absorción que realiza la planta, como lo evidencian los bajos porcentajes de eficiencia en la utilización de nitrógeno (8.50%). Esto hace pensar que la planta es ineficiente en la absorción de nitrógeno o, más probablemente, que los sistemas de aplicación son inadecuados. En el caso del fósforo, la situación es similar: el porcentaje de eficiencia es bajo y los requerimientos de la planta no justifican el volu-

Cuadro 5. Tasa de absorción total de N, P y K en los distintos períodos de crecimiento, expresado en gramos del elemento absorbido por día durante un período de 195 días de crecimiento de la planta de chayote.

Elementos						
Período	N		P		K	
	g día <sup>-1</sup>		g día <sup>-1</sup>		g día <sup>-1</sup>	
	Período		Período		Período	
15 - 45	0.0368	15 - 45	0.0013	15 - 45	0.0662	
45 - 90	0.3267	45 - 75	0.0108	45 - 75	0.4970	
90 - 120	0.0668	75 - 105	0.0105	75 - 120	0.1576	
120 - 135	2.3517	105 - 135	0.0495	120 - 150	1.4043	
135 - 150	-0.7667	135 - 150	-0.0350	150 - 165	1.6247	
150 - 195	0.6224	150 - 195	0.0440	165 - 180	0.0287	
				180 - 195	1.1085	

men del elemento aplicado por fertilización; el excedente de fertilizante provoca un acúmulo del elemento en el suelo, como lo evidencia el alto contenido de fósforo en el suelo (Cuadro 1.). Con el potasio, la situación es al contrario: la cantidad aplicada por fertilización no supe las necesidades de la planta y ésta absorbe el faltante del suelo que, afortunadamente, en este caso tiene un nivel aceptable del elemento. Obviamente, la planta presenta una alta capacidad de absorción de potasio del suelo.

Cuadro 6. Fertilización aplicada y eficiencia de extracción de elementos nutritivos en plantas de 195 días de edad<sup>1</sup>.

	Elementos		
	N	P	K
kg ha <sup>-1</sup> aplicados	568.00	55.00	18.00
kg ha <sup>-1</sup> absorbidos	48.09	2.43	92.90
% de eficiencia	8.50	4.42	516.11

1 Asumiendo que los nutrimentos absorbidos provienen exclusivamente de fertilizantes.

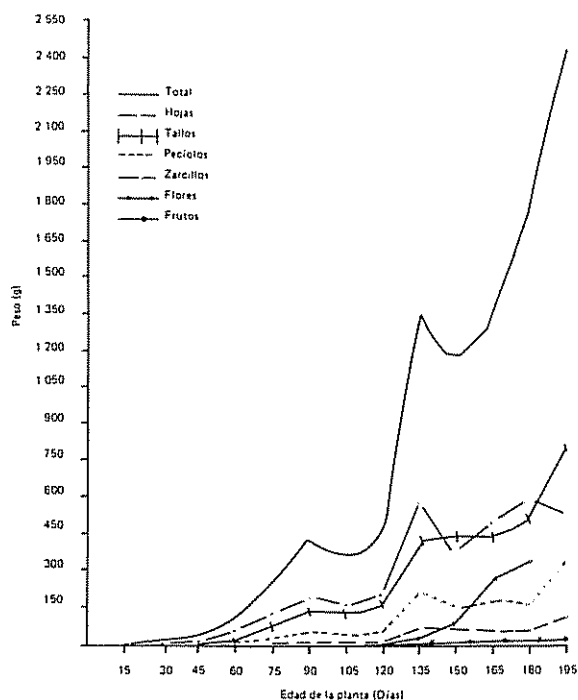


Fig 8. Variación del peso total y el peso de las principales secciones de la planta con la edad. (Valverde y Sáenz, \_\_\_\_\_).

## CONCLUSIONES

El chayote presenta comportamientos de absorción básicamente similares a los de otras hortalizas y las diferencias existentes se justifican al considerar que ésta es una planta perenne y que debe satisfacer los requerimientos nutricionales de una gran área fotosintética.

La tendencia de absorción de los diferentes elementos es siempre creciente y las disminuciones observadas en los periodos de floración y producción de frutos se deben a pérdidas de material vegetativo más que a reducciones reales en la absorción.

Con base en la información presentada en este estudio, se deduce que los programas de fertilización usualmente seguidos en la región del valle de Ujarrás son excesivos y en algunos casos, no corresponden a los puntos de crecimiento de la planta en los cuales realmente se requieren cantidades apreciables de los distintos elementos.

## LITERATURA CITADA

1. BERTSCH, F ; GUZMAN, E. 1981 Nutrición mineral de hortalizas: curvas de absorción de nutrientes Turrialba, Costa Rica, CATIE, Departamento de Producción Vegetal, 23 p. (Mimeografiado)
2. BRICEÑO, J.F.; PACHECO, R. 1979. Métodos de laboratorio para el análisis de suelos y plantas, usados en el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica San José, Costa Rica, Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica, 92 p.
3. HALBROCKS, M.C.; WILCOX, G.E. 1980. Tomato plant development and elemental accumulation. Journal of the American Society for Horticultural Sciences 105(2):826-828.
4. LOPES, J.F.; SOUZA, A.F. 1981. Absorção de macronutrientes pelo chuchuizeiro. XXIX Congresso Anual da Sociedade Americana de Ciências Horticolas - Região Tropical, Campinas, São Pablo, Brazil, 42 p.
5. MAGNIFICO, V.; VICENSO, L.; GUILIO, S. 1979. Growth and nutrient removal by broccoli. Journal of the American Society for Horticultural Sciences 104(2):201-203.
6. VALVERDE, E.; SAENZ, M.V. Análisis del crecimiento del chayote (*Sechium edule* Sw.) Turrialba (en prensa).

## Notas y Comentarios

### El exceso de estiércol preocupa a Holanda

Al saludar al Año Europeo del Ambiente, que se inició el 21 de marzo de 1987, durante el cual se trataron las políticas de protección de la vegetación europea contra la contaminación por el dióxido de azufre y por los óxidos de nitrógeno, *The Economist* (14-III-87, p. 58) hace un aparte para comentar el caso insólito de Holanda, un miembro de la Comunidad Europea, que tiene, además, un peligro proveniente del hecho de ser un país predominantemente ganadero.

Demasiado de una buena cosa puede ser malo, dice un refrán, y esto es especialmente cierto del mejor fertilizante del mundo, el estiércol. La ganadería intensiva en Holanda produce y usa tanto estiércol animal, que ya está contaminando el agua potable y envenenando la tierra. Después de luchar por años contra una montaña creciente de estiércol, los holandeses están planeando atacar al problema con dos leyes que entraron en vigencia el 1° de marzo de 1987.

Cada año, los 6 millones de vacas y 12 millones de cerdos producen casi 96 millones de toneladas de bosta, de las cuales un 15 por ciento queda como sobrante después de que el resto ha sido liberalmente esparcido en los alrededores para fertilizar los cultivos. Los excrementos animales están cargados con los productos químicos de los forrajes enriquecidos, algunos de los cuales, como los fosfatos y nitratos, se presentan en concentraciones dañinas. Ya desde 1970, los holandeses, conscientes de su ambiente, comenzaron a preocuparse sobre la amenaza de contaminación del agua y de la tierra en un país en el que un décimo de su superficie lo constituyen ríos, lagos y canales. Hace unos dos años, un consejo consultivo gubernamental encontró que las concentraciones de nitratos en el agua excedían los niveles aceptables por la Comunidad Europea.

En los primeros años de los novecientos setenta, tres provincias establecieron "bancos de estiércol" subsidiados, donde los agricultores podrían pagar para depositar los excedentes de excrementos. El abono podría ser entonces transportado a las áreas que lo necesitasen. De las dos nuevas leyes, una trata directamente del estiércol y la otra de la protección del suelo. La ley sobre los abonos requiere que los agricultores informen sobre cuántos animales están manteniendo y cuánta tierra están cultivando, con el objeto de poner en vigencia nuevos límites a los fosfatos. Se impondrá una gravamen sobre la producción de estiércol que exceda la cantidad permitida a cada agricultor usar en su propia tierra; el Ministerio de Agricultura holandés espera que el agricultor promedio pague unos 1000 guilders al año. Un banco nacional de estiércol se establecerá para promover el uso eficiente del excedente.

La nueva ley sobre protección del suelo detalla los límites de fosfatos según el tipo de tierra y establece reglas sobre la forma de aplicación del abono en la esperanza de minimizar la polución. Además de pasar leyes, el gobierno está también proporcionando algo de dinero. Unos 115 millones de guilders serán gastados entre ahora y 1990 en almacenamiento, tratamiento e investigación.

Los holandeses desearían convertir el estiércol en una industria en crecimiento. Pero, el tratamiento costoso, almacenamiento y transporte están estorbando sus esfuerzos. El costo de almacenamiento del estiércol se eleva hasta 2 mil millones de guilders al año, y el transporte de la cosa le cuesta a cada agricultor un promedio de 5600 guilders al año, conforme afirma el Ministerio de Agricultura. Con todo, unos pocos contratistas y empresas de transporte han surgido ya para explotar el desequilibrio entre un excedente de abono en el sur y una escasez en el norte. A.G.

# La Milpa Múltiple como Punto de Partida del Manejo de la Sucesión Secundaria<sup>1</sup>

J. A. Caamal\*, S. del Amo\*

## ABSTRACT

This study is part of a larger project on the management of different stages of secondary succession. The goal of this investigation is to undertake an artificial regeneration of tropical rain forest that will be both ecologically wise and economically viable. A comparison of the weed and crop production in a corn field and a polyculture was made. The results indicated that production was twice as high in the polycropped plots. It was also found that the sweet potato is efficient in controlling weeds. It was found that polyculture is an efficient and successful system for continuous production in the humid lowland tropical areas, as was well known by indigenous tribes.

## INTRODUCCION

**E**n el trópico mexicano la vegetación natural más importante en extensión es la vegetación secundaria (10, 26); incluye los campos de cultivo y ganaderos que han sido abandonados y también, las áreas selváticas originales que fueron tumbadas ya sea por diferentes intervenciones humanas, como la explotación forestal, o bien, por causas naturales (incendios forestales).

En términos generales, el manejo de los recursos naturales en el trópico sigue una secuencia que va desde la extracción de especies maderables, como primer paso, su posterior utilización agrícola y finalmente, el establecimiento de potreros (6, 24, 29, 37, 38).

Por tales circunstancias, desde hace varios años, se inició una serie de estudios encaminados a generar información sobre la regeneración de las selvas (23,

## COMPENDIO

El presente estudio forma parte de un proyecto de investigación más amplio cuyo objetivo general es el manejo de la vegetación secundaria. Con estas investigaciones se pretende llegar a tener una regeneración artificial de la selva que tenga el doble propósito de ser ecológicamente sensata y económicamente viable. En este estudio se hace una comparación entre la producción de cultivo y el control de arvenses, entre un monocultivo y un policultivo. Los resultados indican una producción dos veces mayor en la milpa múltiple que en el monocultivo. Se detecta al camote como una especie eficiente para el control de malezas. Finalmente, se evidenció que el sistema de policultivo representa un sistema efectivo de uso del espacio cultivado y comprueba una vez más que la estrategia campesina de diversificación y uso intensivo del suelo, a la manera tradicional, constituye la alternativa viable de uso y manejo del suelo en las zonas bajas tropicales.

28) como punto de partida para el entendimiento del proceso de regeneración natural. Tal información es fundamental para el manejo racional de las selvas pues permitirá imitar los procesos de regeneración y sucesión y no actuar en contra de ellos.

En forma paralela, se hace necesario buscar alternativas para el manejo de las zonas cálido húmedas que partan del proceso de roza-tumba-quema y que permitan hacer un uso sostenido, más eficiente y a largo plazo, de los recursos, sin el deterioro del ecosistema (45). Como dice Romanini (42) "Los factores limitantes naturales dejan de existir cuando el hombre descubre la nueva posibilidad para explotar los recursos intensivamente, sin degradarlos".

Por estas razones es necesario no sólo buscar información básica sobre el crecimiento y la regeneración de la selva primaria —para su conservación y manejo— sino también estudiar formas de manejo de esta vegetación secundaria (acahuales) para incorporar estas tierras a la producción (2, 25).

Es evidente que la única alternativa posible que queda en México para la reforestación del trópico está en el manejo de la vegetación secundaria. Por otra parte, se sabe que las culturas antiguas mexicanas y sus actuales representantes utilizan, como parte de su estrategia de subsistencia, la vegetación secundaria

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 23 de setiembre de 1986. Estudio realizado con el apoyo económico del Proyecto "Investigaciones sobre el Manejo de Especies de Zonas Cálido-Húmedas de México" PCECBNA 001077. CONACyT. Esta investigación forma parte del Programa Mab-México; proyecto SC 217/631/4

\* Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos Actualmente, Gestión de Ecosistemas A.C. Apartado Postal 19-182 03910 México, D.F.

Ante la importancia de buscar opciones para el uso del suelo en el trópico y debido a la ausencia de alternativas forestales viables, en el INIREB se vienen desarrollando, desde 1981, varias investigaciones encaminadas a intervenir en el proceso de la sucesión, guiándola y manejándola hacia etapas que posean especies de valor económico, a través de técnicas ya bien conocidas de enriquecimiento de especies, aclareo y eliminación de otras que no representen un papel ecológico predominante y que no sean potencialmente útiles. Con estas investigaciones se pretende lograr una regeneración artificial de la selva que tuviera el doble propósito de ser ecológicamente sensata y económicamente viable. En forma paralela, también es necesario reevaluar algunas técnicas de diferentes grupos étnicos del país, que, durante cientos de años, han encontrado la manera de hacer un uso ecológicamente sensato del suelo para producir alimentos y otras plantas útiles logrando explotar, conservar y preservar muchos de nuestros recursos tropicales (18, 34).

Las investigaciones conducidas con ese criterio tienen en común varias premisas que se consideran como indispensables para el manejo adecuado de este tipo de ecosistemas y que son: 1) utilización del acahual como un sustrato para la introducción de especies útiles, con el fin de manejar y acelerar el proceso sucesional hacia etapas más productivas; 2) conservación de la diversidad de especies; 3) mantenimiento hasta donde ello sea posible, de la estructura del estado sucesional correspondiente; 4) utilización de especies con distintas estrategias ecológicas para enriquecer la flora existente.

La principal meta de esta primera etapa de estudios es investigar, a través de proyectos piloto, las alternativas de manejo de la vegetación secundaria para lograr un uso sostenido de los recursos naturales tropicales. Para el desarrollo de este estudio se seleccionaron tres estados sucesionales distintos. El primero de ellos es la milpa\*, por considerar que este es el estado inicial de la sucesión en donde el enriquecimiento debe empezar (9).

Debido a las condiciones socioeconómicas del campo en México, en este proyecto se visualiza la milpa como la unidad de autoconsumo, al menos, al inicio de su establecimiento, y el manejo de las otras etapas sucesionales como unidades que proveerán a los campesinos con excedentes para comercialización (3)

\* El término "milpa" se usa en el contexto de parcela de cultivo, con varias plantas asociadas, en sistemas de producción del campesino con pocos recursos. Nota del Ed.

La milpa abandonada o barbecho constituye una etapa crucial en el establecimiento de la vegetación arborea. En México, al igual que en otras partes del mundo, existen varios tipos de barbecho, algunos producto de un mal manejo de la milpa y otros simplemente derivados de milpas abandonadas; estas formas de manejo afectarán las características del barbecho, el cual se ve influido por la composición de la milpa, los tocones, las semillas del suelo y la lluvia de semillas de origen externo. Estas formas de manejo del recurso suelo se practican en gran escala en el trópico húmedo de América Latina.

No obstante, en México subsisten en varios sistemas tradicionales de cultivo que diferentes grupos étnicos y campesinos practican con un milenario conocimiento empírico ecológico de su ambiente y de sus sistemas de producción (1, 16, 20, 24, 39). La base de esta agricultura es el sistema de roza-tumba-quema que constituye una trilogía operativa adaptada a las condiciones ecológicas del trópico húmedo ya que toma en consideración los procesos de regeneración de la selva, mediante los periodos de barbecho característicos de este tipo de agricultura (5, 31); sin embargo, es importante señalar que este sistema de manejo no es lo suficientemente elástico como para sostener a poblaciones mayores (8, 17, 41). Las tres razones más generalizadas de abandono de la milpa son: descenso de la fertilidad del suelo, invasión de arvenses\* y aparición de plagas. La creciente presión poblacional ha contribuido a que la tasa de reemplazo de una milpa por otra nueva sea cada vez más acelerada, haciendo que los periodos de barbecho se acorten cada día más. En la actualidad, el promedio de barbecho para las zonas tropicales mexicanas es de cinco años. Conforme el suelo es más extensivamente usado, el banco de semillas del suelo crece y las barreras de la vegetación primaria —que aminora el nivel de la acción de las plagas— desaparecen, con el subsecuente problema de deforestación de grandes áreas.

En este trabajo se usó como base teórica la milpa lacandona descrita por Nations y Nigh (39) y se adapta a las condiciones locales de la zona de estudio en Uxpanapa, estado de Veracruz.

Los objetivos específicos de este estudio fueron: 1) situar a la milpa como punto de partida para el desarrollo de un sistema diversificado de cultivos; 2) mantener productivo este sistema agrícola de policultivo, en el tiempo y en el espacio; 3) evaluar el efecto de este tipo de manejo agrícola en la dinámica de las arvenses; 4) determinar el efecto que sobre los suelos

\* Arvense = Dicese de la planta que crece espontáneamente en los sembrados. Nota del Ed.

tiene un sistema de manejo diversificado; 5) evaluar la producción de las diferentes especies cultivadas en la milpa múltiple; 6) comparar los resultados con los obtenidos en un monocultivo de maíz ya que este es el cultivo dominante en la zona, tanto para el cultivo en época de lluvias como para el cultivo de invierno.

### Zona de estudio

El trabajo se realizó en el ejido Agustín Melgar, perteneciente al municipio de Hidalgotitlán en Uxpanapa, Ver. Se escogió la región de Uxpanapa, debido a que es una área representativa del destino de las zonas tropicales de México, después de haber sido objeto de un programa de colonización. En la actualidad y debido a las actividades desarrolladas por la Comisión del Papaloapan, el área de Uxpanapa comprende un mosaico de zonas en diferentes etapas de sucesión secundaria (35).

### Localización geográfica

El Valle de Uxpanapa se localiza al SE del estado de Veracruz, casi colindando con los límites de Oaxaca, formando parte de la llanura costera del Golfo de México (Fig. 1).

Sus coordenadas son:  $94^{\circ}25'$  y  $94^{\circ}45'$  longitud oeste y  $17^{\circ}10'$  y  $17^{\circ}25'$  latitud norte. La altitud está dentro de los 100 y 200 msnm (19). El área de estudio carece de elevaciones de importancia, siendo el único accidente fisiográfico de poca elevación la Sierra de Tres Picos, situada al sur de la región (35).

### Geología

La región está constituida por rocas de tipo sedimentario, calizas, lutitas y areniscas (48). El tipo de

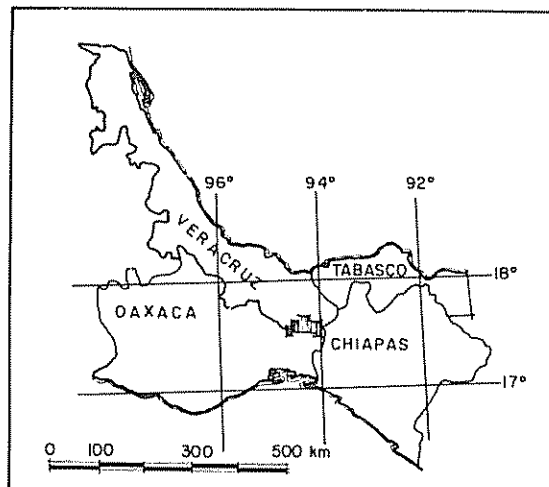


Fig. 1 Localización geográfica.

suelo predominante en la zona es el oxisol que tiende a desarrollarse a partir de rocas básicas cársicas.

### Clima

El clima, según Soto (44), es Am (w) (i) g, es decir, cálido húmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de  $25^{\circ}\text{C}$ , con poca oscilación térmica (entre  $5$  y  $7^{\circ}\text{C}$ ). El mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano; esto es, una marcha de tipo Ganges.

La precipitación fluctúa entre los 2 000 y 3 000 mm anuales, presentándose una estación seca entre los meses de febrero y mayo, oponiéndosele una estación húmeda que se presenta entre los meses de junio y octubre. El mes más seco tiene precipitaciones de alrededor de 60 mm.

### Hidrología

La región de Uxpanapa está ubicada en la cuenca del río Coatzacoalcos, teniendo como principales afluentes a los ríos Uxpanapa, Chalchijapa, Jaltepec y Chiquito. Otros afluentes son el Solosúchil y el río de las Cuevas, cercanos a la zona donde se realizó este estudio (35).

## MATERIALES Y METODOS

### Metodología

El estudio se realizó en un terreno de topografía irregular, clasificado como de tercera categoría por la población local, es decir, un terreno no apto para la producción agrícola. Este terreno estaba ocupado por vegetación secundaria de aproximadamente ocho años de edad; fue preparado con el sistema roza-tumba-quema antes de iniciar el experimento.

Es importante señalar que, en la localización del área experimental, las especies escogidas y el manejo que se dio a la milpa, se consultó permanentemente a los campesinos del lugar.

### Tratamientos

El terreno, con una superficie de una hectárea, fue dividido en melgas (medida local) que equivalen a parcelas de 13 metros de ancho por un largo variable de 80 a 90 metros; esta es la forma de trabajar las parcelas en la zona. Se establecieron cuatro tratamientos en ocho melgas, es decir, dos melgas por tratamiento. Estos consistieron en:

1. Monocultivo de maíz.
2. Policultivo o milpa múltiple: maíz, calabaza, frijol,

- yuca, camote, chile tabaquero, tomate, papaya, ajonjolí, plátano, jicama, cacahuete, piña, achiote.
- Milpa múltiple: mismos cultivos del punto 2, pero con la introducción de cuatro especies arbóreas de importancia económica: "solerilla" (*Cordia alliodora* Ruiz y Pav Cham), "ramón" (*Brosimum alicastrum* Sw.), "caoba" (*Swietenia macrophylla* King) y "cedro" (*Cedrela odorata* L.).
  - Milpa múltiple: mismos cultivos del punto 2 pero con la introducción de dos árboles frutales: naranjo y limón.

En el Cuadro 1 se enlistan las distintas especies utilizadas.

Debido a que en los tratamientos tres y cuatro introdujeron especies arbóreas y frutales, cuyo éxito y dinámica no se pueden evaluar en los primeros dos años de establecimiento de la milpa, en este trabajo se incluyeron solamente los resultados del monocultivo y de la milpa múltiple (tratamientos 1 y 2). Caamal (9) informa sobre el análisis de varianza para los cuatro tratamientos e indica que no hay diferencia significativa entre policultivos en esta primera etapa en

cuanto a la dinámica de arvenses y producción de cultivos.

El hecho de manejar especies con diferentes ciclos de vida, con hábitos distintos de crecimiento y por lo tanto particulares épocas de siembra y cosecha conlleva la necesidad de hacer una planeación tanto de distribución espacial como temporal de las especies involucradas. Debido a ello se dividió cada melga de cada tratamiento en dos zonas a excepción hecha del monocultivo: una zona de cultivos anuales (6 m de ancho) y otra de cultivos perennes (7 m de ancho).

La distribución espacial seguida para el establecimiento de la milpa con los cuatro tratamientos citados se observa en la Fig. 2. La distribución temporal se señala en el calendario de fechas de siembra de el Cuadro 2.

El experimento se inició en mayo de 1982 y se finalizó en octubre de 1983.

Al iniciar el experimento, junio (1982), los cuatro tratamientos consistían únicamente en maíz, para

Cuadro 1. Especies cultivadas en la milpa\*.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L	Achiote (2 vars. fruto "peludo" y "pelón")
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pav.) Cham.	Solerilla
Bromeliaceae	<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr	Piña
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L	Papaya
Convolvulaceae	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam	Camote (blanco, rosado y morado)
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita maxima</i> L	Calabaza
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita pepo</i> L	Calabaza
Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Yuca
Graminae	<i>Zea mays</i> L	Maiz
Leguminosae	<i>Arachis hypogaea</i> L	Cacahuete Tuxpan 80
Leguminosae	<i>Pachyrhizus erosus</i> (L.) Urban	Jicama cristal
Leguminosae	<i>Phaseolus vulgaris</i> L	Frijol de pollo
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro
Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Caoba
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	Ramón
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Plátano
Pedaliaceae	<i>Sesamum indicum</i> L.	Ajonjolí
Rutaceae	<i>Citrus limonia</i> L.O Buim. p	Limón
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja
Solanaceae	<i>Capsicum annum</i> L.	Chile tabaquero
Solanaceae	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill	Tomate rojo

\* Incluye, los árboles maderables y frutales

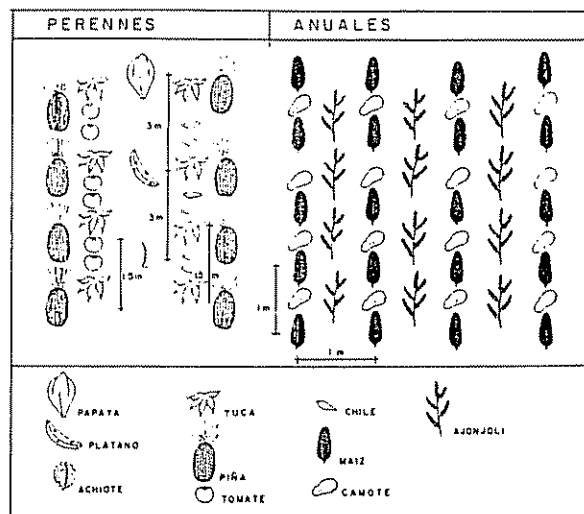


Fig 2. Distribución espacial de las especies.

poder posteriormente determinar los cambios debidos al manejo diferencial, al introducir las demás especies del policultivo. En el inicio del experimento en el monocultivo se sembraron únicamente dos zonas con maíz, las correspondientes a las anuales de los policultivos; cuando se introdujeron las demás especies del policultivo en los tratamientos 2, 3 y 4; se completó el tratamiento 1 con maíz.

### Muestreo preliminar

Se hizo un primer muestreo de 10 cuadros de 1 m<sup>2</sup> cada uno, para determinar la metodología más eficiente para el muestreo de las malezas cuando toda la parcela estaba sembrada solamente con maíz, así como para evaluar el estado de las arvenses al inicio del experimento. Se establecieron cinco cuadros en las zonas sembradas con maíz y cinco en las zonas sin maíz y aún sin sembrar con otras especies. En cada cuadro se colectaron todas las plantas con raíz, identificándose las diferentes especies; se secaron y se registró su peso seco por especie y el total por cuadro.

El análisis de los datos de esta prueba preliminar permitió comprobar que no había diferencia significativa entre la biomasa de malezas presentes en las zonas de maíz y las zonas aún no sembradas; es decir, que al inicio del experimento y antes de que se establecieran los diferentes tratamientos, la milpa era una entidad homogénea, tanto en lo referente a la biomasa como al número de especies de las arvenses. Uhl *et al.* (47) informan sobre el mismo hecho en Brasil pero para el cultivo de yuca.

Cuadro 2. Calendario de siembra.

Fechas	Cultivos		
Mayo 1982	Maíz		
Julio 1982	Camote Yuca Plátano	Achiote Jícama Ajonjoli	Piña Cacahuete Calabaza Papaya
Agosto 1982	Calabaza (resiembra)		
Noviembre 1982	Especies maderables		
Diciembre 1982	Calabaza Chile (gordo) Tomate	Frijol Achiote (sustituyendo papaya) Maíz	
Enero 1983	Chile tabaquero y tomate		
Junio 1983	Maíz Calabaza Frijol	Ajonjoli Chile tabaquero Yuca	Piña Camote



Se aplicó la prueba de "t" de Student y los resultados fueron los siguientes:

Zona con maíz	Zona aún no sembrada
85.8	139.7
196.3	66
90.33	126.7
82.7	105.05
126	145.9

$$\bar{X} = 116.22 \quad S^2 = 2\,307.31$$

$$\bar{X} = 116.67 \quad S^2 = 1\,046.96$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2 + S_2^2}{n}}}$$

$$t = \frac{116.2 - 116.67}{\sqrt{\frac{2\,037.31 + 1\,046.96}{5}}} = 0.01$$

Valor en tablas = 4.60 al 0.01

No hay diferencia significativa entre la zona de anuales y perennes, al 0.01% de confianza.

#### Arvenses

Una vez establecidos los tratamientos y de acuerdo a la prueba anterior se planteó un muestreo sistemático de malezas cada 45 días. Aproximadamente, se hicieron cuadros de 1 m<sup>2</sup>, tres para la zona de anuales y tres para la zona de perennes por melga, o sea, 12 cuadros por tratamiento distribuidos a lo largo de la parcela. En cada visita, el muestreo se hizo en una misma zona pero en un sitio diferente. Los datos se analizaron mediante pruebas de "t", comparando los valores obtenidos para el monocultivo y el policultivo.

#### Producción de cultivos

Para determinar la productividad de cada uno de los cultivos se obtuvo por separado el peso seco de las partes comestibles y el resto de la planta (biomasa comestible y biomasa no comestible). Esta determinación varió de acuerdo al tipo de cultivo, la parte útil del mismo y su distribución espacial en el terreno, ya que de esta última característica dependía que el muestreo se hiciera por área o por línea.

a) **Maíz.** Para la primera cosecha de este cultivo se muestrearon 2 cuadros de 5 x 5 m para cada trata-

miento. Para las otras cosechas se aumentó a 3 el número de cuadros. En cada cuadro se colectaron las matas enteras, con todo y raíz, y se pesaron en fresco tanto la parte vegetativa como la comestible (mazorcas). De cada cuadro se tomaron muestras de 1 kg a las cuales se les extrapoló el peso seco de las muestras. Este dato se extrapoló al total del peso fresco de cada cuadro de muestreo.

b) **Yuca.** De este cultivo se hizo un censo completo, es decir, todas las plantas de cada melga. Se pesó la planta entera y el tubérculo, y se obtuvo el peso total para toda la línea. También, se tomó una muestra de 1 kg de tallo y de tubérculo para secarlo y obtener el peso seco. Como en el caso anterior, el peso seco fue extrapolado a los pesos frescos.

c) **Tomate y chile.** Para el caso del tomate y chile, sembrados también en hileras, se realizó un procedimiento similar al de la yuca. Se cosecharon los tomates y chiles según se fueron produciendo y al dar su último "corte" se extrajo la planta con todo y raíz y se pesó. Posteriormente, se tomó 1 kg de la planta y de la parte comestible para determinar el peso seco.

d) **Ajonjolí.** Puesto que este cultivo se sembró intercalado en las hileras de maíz se pudo hacer un muestreo por área. Se establecieron 3 cuadros de 3 x 2 m dentro de cada zona de los policultivos donde estaba sembrado. Para la determinación de la biomasa vegetativa y la comestible, se procedió de la misma manera que en los casos anteriores.

e) **Camote.** Esta evaluación se realizó en la segunda cosecha de maíz mediante cuadros de 3 x 3 m localizados dentro de los cuadros de maíz de 5 x 5 m. Se colectaron guías y tubérculo, y se les dio el mismo tratamiento que a los anteriores.

f) **Plátano.** Esta especie se muestreó por individuo y sólo se consideró el peso fresco; también se tomaron los pesos frescos de pseudo tallo y hojas, después de que habían dado su producto. Por último, se obtuvo una muestra de 1 kg de peso fresco de las partes vegetativas y se determinó el peso seco.

g) **Piña.** Se colectaron por líneas y por melga. Solamente se determinó el peso fresco de la parte comestible (infrutescencia).

#### Muestreo de suelos

El suelo de la milpa es un oxisol. En el análisis general de los pozos que se hizo antes de la quema se observó un suelo de café a café oscuro, de textura arcillosa y con una densidad aparente cercana a 1.

El pH, de acuerdo con la clasificación de Moreno (37), va de muy fuertemente ácido a extremadamente ácido, lo que es común en regiones cálidas húmedas (36). La materia orgánica, en porcentaje, se encuentra en un rango de extremadamente rico a rico en las capas superiores (0-20 y 20-40 cm), nivel que disminuye conforme se avanza en profundidad, hasta llegar a ser extremadamente pobre, según Moreno (37).

El nitrógeno total, también en porcentaje, va de mediano a pobre, con valores más altos en las capas exteriores (0-20 cm). El fósforo presenta en este terreno niveles altísimos, valores que siguieron presentándose en los muestreos posteriores, y con alta variabilidad, según se trate de zonas planas o inclinadas. Una posible explicación puede ser el que la zona fue afectada por la explosión del volcán de Chichonal, en Chiapas, cuyas cenizas, ricas en fósforo, cubrieron el suelo y las plantas durante los meses de marzo y abril. El muestreo se efectuó durante el mes de mayo.

El Cuadro 3 incluye el análisis preliminar de suelo.

Durante el experimento se hicieron tres muestreos cada seis meses, tomándose muestras a 0-20 cm y de 20-40 cm de profundidad. Los resultados se analiza-

ron con anovas unidireccionales, con el fin de determinar diferencias entre épocas para cada tratamiento.

Datos climáticos. Debido a la ausencia de estaciones meteorológicas en la zona, se tomaron datos semanales de temperatura y precipitación en la milpa. La Fig. 3 presenta el climograma obtenido.

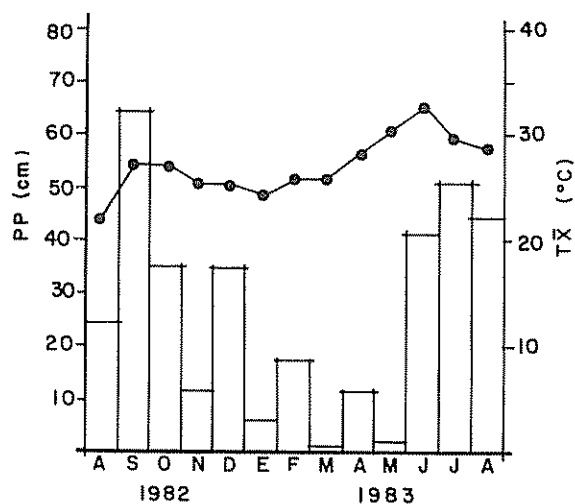


Fig. 3. Climograma.

Cuadro 3. Análisis de suelo.

Profundidad (cm)	Análisis Físicos					Pozo 2 Zona Inclinada	
	Color Seco	Color Húmedo	Arcilla %	Arena %	Limo %	Textura	Dens. Aprox. g/cm <sup>3</sup>
0-20	Café	Café oscuro	48.16	29.12	22.72	Arcilla	0.886
20-40	Café	Café oscuro	48.16	29.12	22.72	Arcilla	0.912
40-60	Café	Café oscuro	48.16	29.12	22.72	Arcilla	0.905
60-80	Café	Café oscuro	48.16	27.12	24.72	Arcilla	0.961
80-100	Café	Café oscuro	52.16	29.84	28.0	Arcilla	0.966

Profundidad (cm)	Análisis Químicos								
	ph 1:2	CIC meg/100 g	M.O. %	N %	P ppm	Na meg/100 g	K meg/100 g	Ca meg/100 g	Mg meg/100 g
0-20	4.40	21.5	6.13	0.29	334	2.78	0.19	0.87	0.33
20-40	4.47	36.3	3.35	0.19	229	3.10	0.095	0.65	0.11
40-60	4.54	49.6	3.32	0.18	242	0.52	0.29	1.33	0.31
60-80	4.62	31.7	1.84	0.96	366	0.63	0.19	1.17	0.25
80-100	4.61	38.9	1.31	0.12	377	0.58	0.29	1.63	0.53

Cuadro 4. Biomasa promedio de arvenses por repetición, tratamiento y época (g/m<sup>2</sup>).

		1982			1983					
		AGO I	OCT II	NOV III	ENE IV	FEB V	ABR VI	JUN VII	AGO VIII	OCT IX
Monocultivo	1	69.10	99.96	82.50	36.50	23.05	93.60	18.36	182.63	71.33
	I <sub>1</sub>	2	69.86	104.10	105.16	66.93	350.40	10.36	163.60	47.13
		3	85.93	109.61	55.00	87.90	134.96	7.76	97.38	110.70
		4	42.68	158.40	84.60	26.56	63.90	10.00	75.63	117.06
	X		66.89	118.01	81.81	54.72	160.71	11.62	129.81	86.55
Policultivo	1	52.26	79.40	42.03	43.20	17.46	38.80	13.03	43.20	49.10
	I <sub>2</sub>	2	32.30	203.30	52.56	97.90	148.30	21.30	22.80	57.93
		3	106.06	186.60	79.86	72.52	44.03	21.50	55.40	17.76
		4	72.26	126.10	64.16	48.33	307.53	10.50	19.26	18.23
	X		65.72	148.85	59.65	65.48	107.30	16.58	35.16	35.75

## RESULTADOS Y DISCUSION

## Arvenses

En el Cuadro 4 se dan los valores de biomasa promedio por repetición, tratamiento y época

En el Cuadro 5 se da la lista de arvenses presentes en la milpa

Los resultados de las pruebas de t, (Cuadro 6) muestran diferencia significativa solamente para los meses de agosto y octubre de 1983. La causa de esto puede explicarse como un problema en el manejo del camote, el cual enmascara las posibles diferencias, en las zonas de anuales. En estas zonas no se pudo hacer un deshierbe efectivo mientras se establecía esta especie. Sin embargo, una vez que esta especie se estableció por completo, impidió el desarrollo de arvenses en

Cuadro 5. Especies de Arvenses presentes en la milpa\*.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Quelite blanco
Amaranthaceae	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Quelite cimarrón
Amaranthaceae	<i>Iresine celosia</i> L.	Pata paloma
Cannaceae	<i>Canna edulis</i> Kerr	Platanillo
Cariophyllaceae	<i>Drymaria</i> sp.	Rocio de la mañana
Compositae	<i>Mikania cordifolia</i> (L.F.) Willd.	
Compositae	<i>Neuolaena lobata</i> (L. R. Br.	Rabo faisán
Cucurbitaceae	<i>Mormordica charantia</i> L.	Cundeamor
Euphorbiaceae	<i>Acalypha arvensis</i> Poep. et End.	Tapón de burro
Graminae	<i>Leptochloa virgata</i> (L.) Beaub.	Pasto
Graminae	<i>Panicum laxum</i> Swartz	Gramma
Graminae	<i>Panicum trichoides</i> Swartz	Pasto
Portulacaceae	<i>Portulaca oleraceae</i> L.	Verdolaga
Portulacaceae	<i>Portulaca pilosa</i> L.	Diez del día
Solanaceae	<i>Physalis pubescens</i> L.	Tomatito de ratón
Solanaceae	<i>Solanum migrum</i> L.	Hierba mora

\* Sólo están incluidas las más frecuentes.

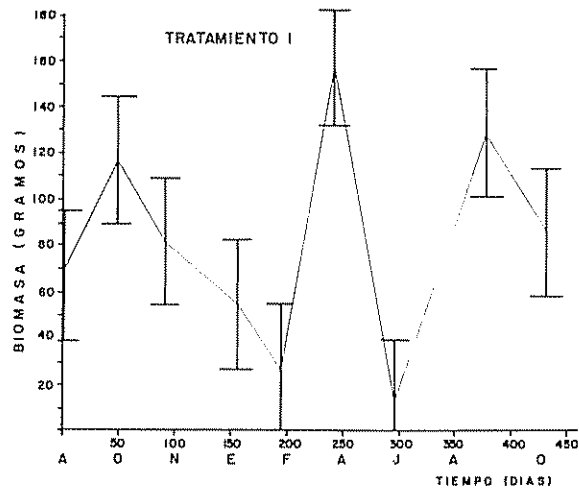


Fig 4 Biomasa de arvenses en el tiempo. Tratamiento I

la zona de anuales, como se puede apreciar en las Figs 4 y 5, durante los meses de junio, agosto y octubre del segundo ciclo.

**Producción de cultivos**

En el Cuadro 7 se dan las producciones obtenidas por las diferentes especies en los dos tratamientos. Los resultados están expresados con base en el área ocupada por cada tratamiento. En el Cuadro 8 se pueden observar los mismos datos pero extrapolados a 1 hectárea. En ambos cuadros se observa que los valores de producción de los policultivos, en estado fresco, son aproximadamente dos veces y media mayores que los del monocultivo.

Es pertinente aclarar que para tener una evaluación exacta de la eficiencia del policultivo sería deseable,

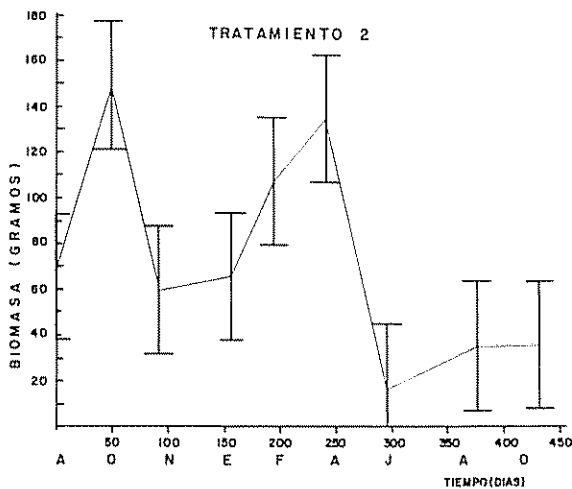


Fig 5. Biomasa de arvenses en el tiempo. Tratamiento II.

Cuadro 6. Prueba de "t" para muestreo de Arvenses (peso seco total g/m<sup>2</sup>) comparando el monocultivo y el policultivo para las distintas épocas.

Epocas	Valores de "t"
1982 Agosto	0.064
1982 Octubre	0.97
1982 Noviembre	1.69
1983 Enero	0.57
1983 Febrero	1.41
1983 Abril	0.28
1983 Junio	1.35
1983 Agosto	3.49*
1983 Octubre	2.59**

\* Significativos al 0.05%      Significativo al 0.1\*\*

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\frac{S_1^2 + S_2^2}{n}}$$

Valor de "t" en tablas:  
3.182 al 0.05  
2.35 al 0.1

$\bar{X}_1$  = media de zonas anuales     $S_1^2$  = varianza de monocultivo  
 $\bar{X}_2$  = media de zonas perennes    $S_2^2$  = varianza de policultivo

Datos analizados: promedio de tres cuadros de 1 m<sup>2</sup> para 4 parcelas (repeticiones) de monocultivo y policultivo.

como lo indican Hart (30) y Gleissman (20), conocer el rendimiento de cada una de las especies involucra-

Cuadro 7. Producción de cultivos por tratamiento (kg).

Especie	Tratamiento I	Tratamiento II
Maíz	444.88	117.12
Ajonjolí	—	22.50
Camote	—	655.46
Yuca	—	184
Plátano	—	184.75
Achiote	—	18.2
Tomate	—	45.49
Chile	—	9.62
Piña	—	313.65
<b>Total</b>	<b>444.88</b>	<b>1 553.49</b>

NOTA: Los resultados están expresados en relación al área ocupada por cada tratamiento: 2080 m<sup>2</sup> aproximados, y de acuerdo a como se consumen en la zona (fresco o seco).

\* Valores considerando el peso del camote y la yuca en estado seco (aproximadamente, la tercera parte del valor en estado fresco)

Cuadro 8. Producción de cultivos, extrapolada a una ha (kg).

Especie	Tratamiento I	Tratamiento II	
Maiz	2 138 84	563 07	
Ajonjolí	—	121 15	
Camote	—	3 151 25	1 102 93*
Yuca	—	884 61	265 38*
Plátano	—	888 22	
Achiote	—	87 50	
Tomate	—	218 70	
Chile	—	46 25	
Piña	—	1 507 93	
Total	2 138 84	7 468 68	4 801 13*

\* Valores considerando el peso del camote y la yuca en estado seco (aproximadamente la tercera parte del valor en estado fresco)

das en el policultivo en monocultivo; sin embargo, tales estudios estaban fuera de los objetivos y alcances de esta investigación.

En los Cuadros 9 y 10 se presentan los datos de la biomasa vegetativa de cada cultivo.

#### Análisis de suelo

Ante todo, se debe señalar que el terreno utilizado se caracterizó por ser muy accidentado y presentar elevaciones y hondonadas que pueden explicar algunos de los datos obtenidos

En el Cuadro 11 se da el resultado del análisis de varianza unidireccional para detectar diferencias entre

Cuadro 9. Biomasa vegetativa de cultivos (Peso seco en kg)\*.

Especie	Tratamiento I	Tratamiento II
Maiz	588 86	515 77
Ajonjolí	—	193 43
Camote	—	187 66
Yuca	—	46 76
Plátano	—	36 34
Achiote	—	35 68
Tomate	—	1 94
Chile	—	0 409
Total	588 86	1 017 98

\* Los resultados están expresados en relación al área ocupada por cada tratamiento. (2080 m<sup>2</sup> aproximadamente) La biomasa vegetativa de la piña no fue determinada

Cuadro 10. Biomasa vegetativa de cultivos, extrapolada a 1 ha (peso seco en kg)\*.

Especie	Tratamiento I	Tratamiento II
Maiz	2 839 96	2 479 70
Ajonjolí	—	929 99
Camote	—	902 22
Yuca	—	224 80
Plátano	—	174 7
Achiote	—	171 53
Tomate	—	9 32
Chile	—	1 96
Total	2 839 96	4 894 22

\* Hay una subestimación de la biomasa vegetativa en algunos cultivos por la dificultad de determinarla: plátano, achiote; además de que el aporte constante de materia orgánica por medio de la caída de hojarasca de los anteriores cultivos, aparte de la yuca, no fue determinada Tampoco se obtuvo la biomasa vegetativa de la piña por ser cultivo perenne

épocas para cada tratamiento y diferencias entre tratamientos para cada época de muestreo.

En los resultados de diferencias entre los tratamientos para cada época de muestreo, no se presentaron diferencias significativas para ningún parámetro, con excepción del pH para la profundidad de 0-20 cm y el sodio y magnesio para la profundidad de 20-40 cm. Ambas, solamente para octubre de 1982, puesto que podría haber sido un fenómeno local.

Al no haber diferencia significativa entre tratamientos y al haber una más alta producción en los policultivos, se está apoyando la hipótesis de que los nutrientes están siendo eficientemente usados y que se encuentran en la parte aérea de los cultivos y no en el suelo (hay un eficiente reciclamiento). En el monocultivo son las arvenses las que están absorbiendo estos nutrientes.

Los resultados de diferencias entre épocas señalan variaciones en los niveles de cationes intercambiables y en otros parámetros, como la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico, aunque no de manera homogénea. Por otro lado, el manejo agrícola implica cambios en los parámetros edáficos en el transcurso del tiempo.

#### CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos ponen en evidencia, primero, que una vez establecidos los cultivos se ejerce un control sobre las arvenses, lo cual coincide con los

Cuadro 11. Resultados del análisis de varianza para suelos.

a) Diferencias entre tratamientos para cada época de muestreo.		
(0 - 20 cm)		
Octubre 1982	Abril 1983	Octubre 1983
pH*	No hubo diferencias significativas para ningún parámetro	No hubo diferencias significativas para ningún parámetro
20 - 40 cm		
Octubre 1982	Abril 1983	Octubre 1983
Na* Mg*	No hubo diferencias significativas para ningún parámetro	No hubo diferencias significativas para ningún parámetro
b) Diferencias entre épocas para cada tratamiento		
0 - 20 cm		
Tratamiento I	Tratamiento II	
pH*	CIC**	
CIC**	M.O.*	
Na*	N*	
K*	Na*	
20 - 40 cm		
Tratamiento I	Tratamiento II	
pH*	CIC**	
CIC**	Na**	
K**	K*	
Mg**		

\* Significativo al 5%

\*\* Significativo al 1%

resultados obtenidos por varios autores (14, 16, 43, 46) y segundo, la alta producción obtenida en un cultivo de estas características, que, aunada a la diversidad de especies con diferentes ciclos de vida, permite recoger cosechas a lo largo de todo el año.

En lo referente al control de arvenses, es importante hacer notar que en el establecimiento de un policultivo se debe de pensar en sustituirlas con alguna especie de valor comercial; las funciones de equilibrio que desempeñan las arvenses en un monocultivo, es decir, su función como cubierta vegetal, su sustitución sería conveniente pues, abatiendo, de esta manera, se reduciría la posible erosión y disminuiría la pérdida de nutrimentos (13).

Por otra parte, también es importante considerar que algunas arvenses juegan un papel importante en la competencia, a través de las interacciones químicas que han sido producto de largos años de evolución, interacciones que se manifiestan en los sistemas tradicionales de cultivo múltiple (4, 21)

En el experimento realizado, la zona de anuales, además de estar constituida por maíz y ajonjolí, contaba también con el camote, el cual, además de producir una buena cosecha, cumple funciones de protección del suelo y control de arvenses. El camote tiene la ventaja de que puede permanecer en el terreno durante el período de descanso de las anuales y se recupera fácilmente por rebrotes (Fig. 6).

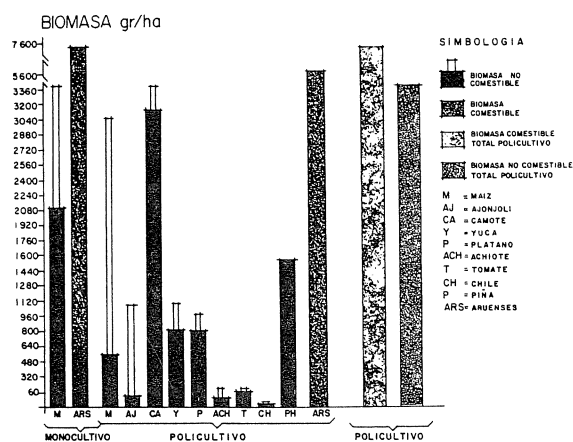


Fig. 6. Biomasa comestible y no comestible para el monocultivo y el policultivo, incluyendo las arvenses.

En el aspecto de producción de cultivos, resulta importante resaltar que el establecimiento de este tipo de cultivo múltiple, constituye una opción factible para elevar el nivel de autosubsistencia del campesino y diversificar su alimentación, además de que algunos de los productos de la milpa puedan producirse en excedente y comercializarse.

Por otra parte, se observa lo ya establecido por Hart (30) en un policultivo de maíz, yuca y frijol, donde se puede apreciar que el control de las arvenses y la modificación de la arquitectura de las plantas involucradas contribuye a la alta producción de los policultivos. El mismo autor señala que, en policultivos con un alto nivel de competencia interespecífica, la declinación de la producción de un cultivo resulta en un incremento en la producción de otro.

En cuanto a la rentabilidad del policultivo, es necesario señalar algunas características que, a primera vista, pueden parecer como no ventajosas. La primera de ellas es que el manejo de este sistema, en su inicio, implica una mayor cantidad de trabajo y cuidado (más mano de obra); también, requiere de una planeación mayor de las actividades agrícolas durante el año. Pero, por otro lado, constituye un sistema muy flexible que se puede ir adaptando a las necesidades locales, además de que en cualquier época del año habría disponibilidad de productos.

Por otra parte, es importante mencionar que no obstante que el terreno donde se desarrolló el experimento tiene un suelo poco productivo —según las gentes del lugar— y es clasificado como de tercera categoría en el Manual de Conservación de Suelo y Aguas de Chapingo, en ese terreno fue posible obtener cosechas de diferentes productos durante el ciclo.

Esto demuestra que el sistema de policultivo es adaptable a áreas degradadas y a suelos poco productivos. Esto implica que los requerimientos nutricionales de las especies también se diferencian, facilitándose de esta manera el uso integral del suelo. Es necesario resaltar el importante papel que juega el aporte de materia orgánica que hacen los cultivos.

Para finalizar, resulta evidente que este sistema de policultivos es adecuado para incorporar a la producción zonas con topografía accidentada y con condiciones de suelo no favorables.

No fue posible hacer el análisis económico de costo-beneficio en esta primera etapa; sin embargo, a través de encuestas hechas a los campesinos, se valoró la opinión de la comunidad del ejido respecto a esta experiencia. Los ejidatarios consideraron como un hecho relevante el que la producción haya sido alta en un terreno poco productivo y el que no hubo dependencia de fertilizantes y de otros insumos para el éxito del cultivo.

Es interesante señalar que algunos campesinos han iniciado sus cultivos múltiples en terrenos aluviales de los bajos del ejido, aplicando su particular concepción de la mezcla de especies. Este trabajo, hecho con los propios campesinos en sus ejidos, parece ser el camino más eficiente para acelerar el proceso de desarrollo de sistemas mejorados, como se ha experimentado en el CATIE (11, 12); además, este enfoque propicia un intercambio fluido de modificación y recomendaciones del sistema agrícola considerado. Por otra parte, este tipo de investigaciones promueve el conocimiento de los problemas reales del productor y el que los resultados sean representativos de una zona específica.

Resulta importante señalar lo indicado por Neugebauer (40) quien dice que la intensificación de la agricultura puede significar alejarse de la economía de subsistencia ya que, de esta manera, se puede establecer el paso de la milpa al huerto diversificado.

En cuanto a las ventajas y desventajas de los policultivos, ambas han sido revisadas por varios autores (7, 34); es importante aclarar que la mayoría de las experiencias de policultivo, o son tradicionales o son de tipo experimental, lo que hace que la evaluación de parámetros ecológicos, socioeconómicos y de rentabilidad, no han podido ser caracterizado a gran escala. Además, los campesinos tienden a asimilar aquellos sistemas de producción que han probado ser más eficientes.

Para finalizar, podemos concluir que:

- a) El sistema de policultivo representa un eficiente uso sostenido del espacio cultivado. Se obtienen producciones totales más altas, sembrando más especies por unidad de área, conservando de esta manera algunas de las características más importantes del ecosistema, como son la diversidad, estratificación, estructura y altos niveles de biomasa, además de que se protege el suelo de la erosión
- b) La alta diversidad de cultivos planteada en un comienzo, con objeto de obtener altas producciones, se puede combinar con el objetivo de mantener un gran contenido de materia orgánica (biomasa) en el sistema como un todo, además de que se pueden plantear nuevas y variadas distribuciones de las especies en el terreno.
- c) La alta producción de biomasa (materia orgánica) del policultivo es una característica que puede jugar, a largo plazo, un papel importante en la estabilidad productiva del agroecosistema, similar a lo que acontece en el ecosistema natural (32, 33, 46). Esto está estrechamente relacionado con el ciclaje de nutrimentos en el propio sistema. A largo plazo, tal estabilidad, habría que verificarla, en el transcurso del tiempo.

#### LITERATURA CITADA

- 1 ALCORN, J. 1983. El Te'lom huasteco: presente, pasado y futuro de un sistema de silvicultura indígena. *Biótica* (Méx) 8(3):315-325
- 2 AMO R, S. DEL. 1983. Investigaciones sobre el manejo de especies de zonas cálidas húmedas. Proyecto CONACyT PCECBNA 001077
- 3 AMO R, S. DEL. International Workshop of Rain Forest Regeneration and Management (1986, Guri, Venezuela). Management of secondary succession for the creation of useful rain forest in Uxpanapa, Veracruz, Mexico. A case study. An intermediary alternative between transformation and modification
- 4 ANAYA, A. 1981. Importancia de la alelopatía dentro de la ecología química. In *Temas selectos de fisiología celular*. Ed. por A. Peña. México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México p. 69-99
- 5 ARIAS, R. 1980. La producción milpera actual en Yaxcabá, Yucatán. In *Seminario sobre producción agrícola en Yucatán*. México. Ed. por E. Hernández X. México. Colegio de Postgraduados de Chapingo p. 259-302
- 6 BARRERA, A.; GOMEZ-POMPA, A.; VAZQUEZ-YANES, C. 1977. El manejo de las selvas por los mayas. *Biótica* (Méx) 2(2):47-61
- 7 BENE, J.; BEALL, H.; COTE, A. 1978. El bosque tropical: sobre-explotado y subutilizado. Bogotá, Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal 51 p.
- 8 BRIENZA, S.; CHOJI, K.P.; DUBOUI, J. 1983. Considerações biológicas e económicas sobre um sistema de produção silvoagrícola rotativo na região do Tapajós. Belém, PA, EMBRAPA (Boletim de Pesquisa no. 50).
- 9 CAAMAL, A. 1985. Algunos aspectos ecológicos de un sistema agrícola de policultivo en una zona tropical húmeda. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México México 80 p.
- 10 CARABIAS, J. 1984. Recursos naturales y desigualdades. In *La desigualdad en México*. Ed. por R. Cordera; C. Tello. México, D.F., Siglo XXI.
- 11 CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA. 1980a. Informe de progreso 1979. Turrialba, Costa Rica. In *Agroecosistemas No. 26. Boletín Informativo No. 26*. Ed. por E. Hernández X. México. Colegio de Postgraduados de Chapingo.
- 12 CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA. 1980b. Producción agropecuaria y forestal en zonas de ladera de América Tropical. Seminario Internacional. Turrialba, Costa Rica. In *Agroecosistemas No. 26. Boletín Informativo*. Ed. por E. Hernández X. México. Colegio de Postgraduados de Chapingo.
- 13 CHACON, J.C.; GLIESSMAN, S.R. 1982. The use of the "no weed" concept in traditional tropical agroecosystems of Southeastern Mexico. *Agro-Ecosystems* 8(1):1-11
- 14 CLARKE, W.C. 1976. Maintenance of agriculture and human habitats within the tropical forest ecosystem. *Human Ecology* 4(3):247-259
- 15 COLEGIO DE POSTGRADUADOS DE CHAPINGO, MEXICO. 1977. Manual de conservación de suelos y aguas. Ed. por Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F.
- 16 CONKLIN, H.C. 1957. Hanunoo agriculture in the Philippines forestry development. Paper No. 11. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.



- 17 COX, G.; ATKINS, M. 1979. Agriculture and ecology. San Francisco, Cal, Freeman
- 18 DELGADO, R.M.; AMO, R S DEL. 1984. Dinámica de poblaciones de *Apis mellifera* L. en una zona tropical húmeda. *Biótica (Méx.)* 9(4):351-365
- 19 EWELL, P I.; POLLMAN, P. 1980. Uxpanapa: reacomodo y desarrollo agrícola en el trópico mexicano. Ed. por Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. 280 p
- 20 GLIESSMAN, S R. 1981. Algunos aspectos ecológicos de las prácticas agrícolas tradicionales en Tabasco, México. Aplicaciones para la producción. *Biótica (Méx.)* 5(3):93-101.
- 21 GLIESSMAN, S R. 1983. Allelopathic interactions in crop-weed mixtures: applications for weed management. *Journal of Chemical Ecology* 9(8):991-999
- 22 GOMEZ-POMPA, A. 1979. Antecedentes de las investigaciones botánico-ecológicas en la región del río Uxpanapa, Veracruz. México. *Biótica (Méx.)* 4(3):127-133
- 23 GOMEZ-POMPA, A.; VAZQUEZ-YANLS, C.; AMO R, S DEL; BUTANDA, A. 1976. Investigaciones sobre regeneración de selvas. Ed. por Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología y Cía Edit Continental, S A México, D F
- 24 GOMEZ-POMPA, A. 1984. The use of the rain forest by the old Maya Seminary. Yale University Manuscript
- 25 GOMEZ-POMPA, A.; AMO R, S DEL; DELGADO R, M. 1984. Primera Reunión Internacional Médico-Militar (México, D F). Deterioro ecológico en el trópico mexicano
- 26 GOMEZ-POMPA, A.; DELGADO R, M. 1984. Destrucción de las selvas tropicales. Casa del Tiempo. Universidad Autónoma Metropolitana (Méx.) 7(38):17-21.
- 27 GOMEZ-POMPA, A. 1985. IX Congreso Forestal Mundial (México, D F). La función protectora y los servicios de los bosques: el problema de la deforestación en el trópico. Documento básico
- 28 GOMEZ-POMPA, A.; AMO R, S DEL. 1985. Investigaciones sobre regeneración de selvas. II México, D F., Alhambra
- 29 HALFFTLER, G. 1980. Colonización y conservación de recursos en el trópico. Cuadernos de Divulgación. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. México. 31 p
- 30 HART, R D. 1974. The design and evaluation of a bean, corn and manioc polyculture cropping system for the humid tropics. Ph.D Thesis Florida, USA University of Florida. 158 p.
- 31 HERNANDEZ X, L. 1959. La agricultura. In Los recursos naturales del sureste. Parte II. Tomo 3o. Ed. por Instituto Mexicano de Recursos Renovables A C México, D F
- 32 JIMENEZ, A. 1982. Comparación de la producción de materia orgánica de un bosque caducifolio y el cafetal. In Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetalero. Ed. por A. Jiménez y A. Gómez-Pompa. México. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. p. 55-64.
- 33 JORDAN, C. 1977. The environmental consequences of intensive forestry and the removal of whole trees from forests: the situation in Latin America. Amazon Project. Athens, Georgia, Institute of Ecology, University of Georgia
- 34 LANGER, L. 1976. Intercropping in the tropics. M Agric Thesis College of Agriculture, St Paul.
- 35 MARQUEZ, W.; GOMEZ-POMPA, A.; MARQUEZ, T. 1981. Estudio botánico y ecológico de la región del río Uxpanapa, Ver. México. No. 10. La vegetación y la flora. *Biótica (Méx.)* 6(2).
- 36 MILLAR, C E.; TURK, L M.; IOIH, H D. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. Ed. por Cía Edit Continental México, D F. 527 p
- 37 MORENO, H S. 1978. Dinámica social de la cultura del potrero en Panamá. *Tropical Ecology* 19(2):209-217
- 38 MYERS, N. 1980. Conversion of moist tropical forest. Washington, D C National Academy of Sciences.
- 39 NATIONS, J.D.; NIGH, R B. 1980. The evolutionary potential of Lacandon Maya sustained yield tropical forest agriculture. *Journal of Anthropological Research* 36(1):1-30
- 40 NEUGEBAUER, B. 1981. Agricultura intensiva y aprovechamientos forestales. In Alternativas para el uso del suelo en áreas forestales del trópico húmedo. Estudios del acuerdo sobre planificación y uso de recursos forestales tropicales, México-Alemania. Publ. Esp. no. 28. Tomo 3. México, D F, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. p. 57-66.
- 41 PALERM, A. 1980. Agricultura y sociedad en Mesoamérica. México, D F. Sría de Educ Públ; Diana. 195 p.
- 42 ROMANINI, C. 1979. Agricultura tropical en tierras ganaderas. Alternativas viables México, D F. Instituto Nacional Indigenista. 103 p
- 43 SANCHEZ, P.A. 1972. A review of soils research in tropical Latin America. Us Agency for International Development. North Carolina Agric. Experim. Station. 197 p
- 44 SOTO, E., M. 1976. Estudio botánico y ecológico de la región del río Uxpanapa, Ver. México. No. 2. El clima. *Biótica (Méx.)* 1(2):1-18.
- 45 SPENCER, J.D. 1966. Agricultura trashumante en el sureste de Asia. In Agroecosistemas. Boletín informativo No. 26. Ed. por E. Hernández X. México. Colegio de Postgraduados de Chapingo.

- 46 STAVRAKIS, O s I Ancient maya agriculture and future development Agriculture and culture Manuscript
- 47 UHL, CH ; CLARK, K ; MURPHY, P 1981. Early plant succession after cutting and burning in the upper

Río Negro region of the Amazon basin Journal of Ecology 69(2):631-649.

- 48 WILLIAMS, L.G. 1983 Biomass and nutrient content in two successional stages of tropical wet forest in Uxpanapa, México Biotrópica 15(4):275-284.

## Notas y Comentarios

### Rompiendo la alianza hormigas-planta

Son conocidos los casos de asociación de ayuda mutua entre algunas plantas y ciertas hormigas, en que estas defienden a sus hospedantes poniendo en raya a predadores. Se conocen casos en acacias y en la granadilla (*Passiflora*) (Cf. Turrialba 34:172). Uno de los casos más notables es el de la hormiga *Crematogaster*, la que tiene una relación tan estrecha con el árbol mirtáceo *Leptospermum*, que no puede vivir sin su asociado. El árbol provee un buen coto de caza para alimentos, un fácil acceso a la luz solar para la incubación de las crías, y un hogar húmedo y seguro, libre de predadores. Por su parte, las hormigas eliminan las plantas que se cuelgan de las ramas del árbol, lo defiende de hongos e insectos, y aún alimentan a la planta con sus nutritivos excrementos.

Pero el arreglo no es todo dulzura y luz. Un intruso ha entrado a perturbar esta relación de ayuda mutua, y a reclamar también su parte y a tratar de dominar la situación. El culpable es una planta epífita tropical llamada *Dischidia* (Asclp.). J. S. Weir, de la Universidad de New England, Nueva Gales del Sur, Australia, y R. Kiew, de la Universidad de Pertanian, Malaysia, ha descubierto esta excéntrica historia en las selvas de Malaysia.

En las montañas de Genting, cerca de Kuala Lumpur, Weir y Kiew encontraron a *Dischidia astephana* incrustada en árboles de *Leptospermum*. Cuando diseccionaron los árboles y los examinaron mediante el microscopio, descubrieron las raíces de *Dischidia*, que penetraban profundamente dentro del árbol, a través de los pequeños agujeros perforados por las hormigas *Crematogaster*. Las raíces penetraban aún en la santidad del nido de las hormigas bastante dentro del tronco del árbol. Las hormigas a veces almacenaban las semillas de la epífita en el nido, donde las condiciones de humedad y oscuridad son ideales para la germinación.

Sobre la superficie del árbol, las hojas de la epífita, de forma jibada, se aprietan tan fuertemente que pa-

recen mangas de lunares. Los biólogos siempre han creído que estos "lunares" protegían a las hormigas que se situaban debajo de ellos. Se pensaba que las hormigas retornaban este favor al dejar sobre las hojas sus restos de alimentos y excrementos, aunque hay pocas pruebas de esto (Biol. J. Linn. Soc., vol. 27, p. 113). Así, parecía que *D. astephana* era parte de una sociedad planta-hormiga. Pero otra especie de *Dischidia*, que vivía en el mismo tipo de árbol en las mismas montañas, fallaba en la prueba hormiga-planta. *Dischidia parviflora* tenía unas hojas menos llamativas, en forma de lente, y no estaba adaptada tan obviamente a las hormigas. Sin embargo, Weir y Kiew encontraron que las raíces de *Dischidia parviflora* invadían el interior del árbol.

Así pues, ¿cómo se ordenaban entonces todos estos componentes? El árbol no obtiene nada de las dos especies de *Dischidia*. La hormiga no consigue nada, o muy poco, de *Dischidia*. *Dischidia*, sin embargo, consigue lo mejor que todos. Contrariamente a las reglas de una asociación normal hormiga-planta, la planta epífita explota a sus dos hospedantes: sus raíces y algunas de sus semillas piratean los detritus ricos en nitrógeno de las hormigas. Las hojas están bien situadas para sacar el mayor provecho de la luz solar y apropiarse de los nutrimentos del agua que se desliza por las ramas del árbol. Ellas pueden también absorber el dióxido de carbono exhalado por las hormigas dentro del árbol, y el amoníaco emitido por los microbios de la pudrición de la madera. Ambas especies de *Dischidia* obtienen tanto al haberse entrometido en el matrimonio *Crematogaster-Leptospermum*, que ellas raramente crecen sobre cualquier otra cosa en las montañas de Genting.

Hay lecciones importantes que aprender de este cuento. Es a veces bastante erróneo suponer que las plantas están destinadas a un propósito determinado. En este ejemplo, la forma de las hojas de *Dischidia* no tenía importancia... las raíces eran lo más importante. Pero el excéntrico caso de una planta epífita que esclaviza a un árbol y a sus socias hormigas es un tipo de relación nunca registrada antes. A.G.

## Notas y Comentarios

### Premio Nobel de Física de 1987

El premio Nobel de Física de 1987 ha sorprendido al mundo científico por ser el más rápido que se registra en la historia del galardón. Nadie niega el mérito de Georg Bednorz y Alex Müller de haber iniciado, con sus investigaciones sobre la superconductividad, una avalancha de pesquisas en todo el mundo por encontrar o combinar materiales capaces de conducir la electricidad sin resistencia a temperaturas del ambiente. Desde el momento en que publicaron un artículo en 1986, que describió cómo un compuesto de cerámica basado en óxido de cobre "superconducía" a temperaturas por encima del cero absoluto (0° Kelvin), cientos de físicos en Estados Unidos, Europa y Japón empezaron a trabajar con estas sustancias cerámicas.

La superconductividad es importante porque permite conducir la electricidad sin perder energía por la resistencia del material. Esto tiene interés, no solo para el transporte de grandes cantidades de electricidad, sino para producir fuerzas magnéticas sin consumir mucha energía (por ejemplo para trenes de levitación magnética), o para utilizar el llamado "efecto Meissner" para producir sistemas nuevos de sensores y transistores.

El obstáculo principal era que las combinaciones de metales que se probaban, en técnicas de "cocina", con diferentes combinaciones, no avanzaban más allá de los 23.3 K, temperatura obtenida en 1973 con una aleación de niobio (Nb) y germanio (Ge). En su primer intento exitoso, Bednorz y Müller empujaron la temperatura crítica a 35 K. La avalancha de investigaciones en el presente año ha provocado que este límite sea en la actualidad de 90 K, debidamente confirmado por otros investigadores (algunas cifras más altas deben esperar una confirmación para salir de la condición de "dudosa" con que se reciben estas cifras preliminares).

Estos avances van a permitir, por ejemplo, que las aplicaciones de la superconductividad se beneficien de

un cambio en el enfriamiento con helio (He) líquido, necesario para alcanzar temperaturas de 4K, a enfriamiento con nitrógeno (N) líquido a temperaturas de 77 K, porque el nitrógeno líquido sólo cuesta unos pocos centavos de dólar, mientras el helio líquido cuesta 5 dólares por litro. Esta baja en el precio sería suficiente para economizar, por ejemplo, unos 50 mil dólares en el costo anual de funcionamiento, en un hospital moderno, se usa un aparato de examen interno llamado "body scanner", que funciona con resonancia magnética nuclear.

Estos dos científicos alemanes, del Laboratorio de Investigaciones de la IBM, en Zurich, Suiza, anunciaron haber hecho mediciones en abril de 1986, de lo que ha llegado a llamarse "superconductividad a altas temperaturas". En realidad, la primera publicación que anunciaba este hallazgo apareció recién en setiembre de 1986, un año justo antes de que la Academia Sueca de Ciencias decidiera otorgarles el premio.

No se puede regatear este galardón a una investigación tan reciente. En el año transcurrido, cientos de investigadores han seguido la huella que abrieron Bednorz y Müller y están elevando la temperatura en que aparece la superconductividad, conforme prueban nuevos materiales no metálicos. Si no hubiesen señalado la ruta con nuevos materiales, la temperatura record seguiría siendo todavía 23.3 K.

La Academia Sueca procedió correctamente al honrar a Müller y Bednorz. Su descubrimiento provocó una perceptiva revolución en el pensamiento científico. No hay ninguna posibilidad de que alguien, pasado un tiempo refute su trabajo. La evidencia está allí para que cualquiera la note. Tan revolucionaria y visible es esta rotura de frente, que una verdadera histeria está cundiendo en la comunidad científica y un tropel de físicos están empeñados en seguir la ruta que se abrió con la investigación de estos dos científicos. A.G.

## Retención de Fosfatos en Andepts de Costa Rica. II. Respuesta a la Fertilización Fosfórica<sup>1</sup>

J. Canessa\*, F. Sancho\*, A. Alvarado\*

### ABSTRACT

Under greenhouse conditions, the response of 15 soils to phosphorus fertilization was studied. The soils were classified as Andepts, belonging to the great groups Vitrandepts, Dystrandepts and Hydrandepts, all located in the Central Volcanic Mountain Range of Costa Rica. For the trial, five levels of phosphate were added at the rates of 0, 200, 400, 600 and 800 ug P ml<sup>-1</sup>. Sorghum (*Sorghum vulgare* var. SX 17) was used as indicator plant. Treatments effects were evaluated through the yield in dry-matter weight and the element content of the foliage. Dry-matter yield correlated negatively and significantly with %P retained, pH in NaF and % active Al. With an increased retention of phosphates, the absolute increments of dry matter decreased due to the lesser availability of the nutrient in the soil solution. On the contrary, with an increased retention of phosphates, the relative increment of dry matter increased, showing that the addition of the first levels of phosphorus at least duplicated the relative yield in the three great groups of soils. Further additions produced relative increments of lesser magnitude in Vitrandepts, intermediate increments in Dystrandepts, with a maximum in Hydrandepts.

In order to obtain 80% of relative yield, it was necessary to apply 205, 286 and 512 ug P ml<sup>-1</sup> on Vitrandepts, Dystrandepts and Hydrandepts respectively. Moreover, the reduction of dry-matter production by 20% allowed saving of fertilizers by 60.1% in Vitrandepts, 59.3% in Dystrandepts and 33.5% in Hydrandepts.

The foliage contents showed a close relationship with the classification of the soils; the range of sufficient phosphorus (0.15 - 0.20% P in foliage) was reached with doses of 190 to 305 ug P ml<sup>-1</sup> in Vitrandepts, 384 to 524 ug P ml<sup>-1</sup> in Dystrandepts and, in the case of the Hydrandepts, the critical level was not reached, even with the maximum dose used.

### INTRODUCCION

El conocimiento de las características químicas del suelo ayuda a lograr una fertilización adecuada de los cultivos, contribuye a elevar la eficiencia agrícola del país en forma integral y facilita los planes de manejo regional transferencia de tecnología.

Recibido para publicación el 4 de junio de 1986

<sup>1</sup> Este trabajo constituye parte de la tesis de Licenciatura en Fitotecnia, presentada por el primer autor a la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica.

\* Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica

### COMPENDIO

Se estudió, bajo condiciones de invernadero, la respuesta a la fertilización fosfórica de 15 suelos clasificados como Andepts, pertenecientes a los grandes grupos: Vitrandepts, Dystrandepts e Hydrandepts, todos ubicados en la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica. Para el ensayo, se adicionaron cinco niveles de fosfato, a razón de 0, 200, 400, 600 y 800 ug P ml<sup>-1</sup> y se utilizó sorgo (*Sorghum vulgare* var. SX-17) como planta indicadora. Los efectos de los tratamientos se evaluaron a través del rendimiento en peso de materia seca y el contenido foliar del elemento.

El rendimiento de materia seca correlacionó en forma negativa y significativa con el %P-retenido, pH en NaF y %Al-activo. Se observó que, al aumentar la retención de fosfatos, los incrementos absolutos de materia seca disminuyeron debido a la menor disponibilidad del elemento en la solución del suelo. Por el contrario, al aumentar la retención de fosfatos aumentó el incremento relativo de materia seca, determinándose que la adición de los primeros niveles de fósforo, por lo menos, duplicaron el rendimiento relativo en los tres grandes grupos de suelos. Adiciones posteriores produjeron incrementos relativos de menor magnitud en Vitrandepts, intermedios en Dystrandepts y máximos en Hydrandepts.

Para obtener un 80% de rendimiento relativo se requirió aplicar 205, 286 y 512 ug P ml<sup>-1</sup> para Vitrandepts, Dystrandepts e Hydrandepts, respectivamente. Además, la reducción de la producción de materia seca en un 20% indujo a la economía de fertilizantes en un 60.1% en Vitrandepts, 59.3% en Dystrandepts y 33.5% en Hydrandepts. Los contenidos foliares mostraron estrecha relación con la clasificación de los suelos; el ámbito de suficiencia propuesto (0.15-0.20 %P foliar) se alcanzó con dosis de 190 a 305 ug P ml<sup>-1</sup> en Vitrandepts, 385 a 524 ug P ml<sup>-1</sup> en Dystrandepts y en el caso de los Hydrandepts ni aún con la dosis máxima utilizada se alcanzó el nivel crítico.

La clasificación detallada de los suelos tiene gran valor en la estimación y evaluación de los problemas nutricionales ya que uno de los propósitos claves de la clasificación es establecer modelos de predicción de la respuesta de los cultivos.

Beckwith (2) y Fox (10), basándose en la estimación de la retención de fosfatos mediante la técnica de isotermas de adsorción, proponen una relación de factores capacidad/intensidad que considera un nivel de 0.2 ug P ml<sup>-1</sup> en la solución del suelo como adecuada para el crecimiento de las plantas.

Fox (10), estudió la capacidad de retención de fosfatos en suelos de Costa Rica y encontró valores

de 10, 425, 1900 y 2500 ug P ml<sup>-1</sup> para alcanzar el nivel de 0.2 ug P ml<sup>-1</sup> en solución, para depósitos frescos de ceniza, **Umbric Vitrandept**, **Typic Dystrandept** y **Oxic Dystrandept**. El mismo autor (9), en suelos de Hawaii, requirió 80, 250 y 1650 ug P ml<sup>-1</sup> para obtener un óptimo crecimiento del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en suelos clasificados como **Typic Vitrandept**, **Typic Dystrandept** y **Typic Hydrandept**, respectivamente. Sánchez y Uehara (15), encontraron que un suelo clasificado como **Typic Hydrandept** requirió más de 2800 ug P ml<sup>-1</sup> para alcanzar el valor propuesto de 0.2 ug P ml<sup>-1</sup> en solución.

Bertsch *et al* (3) aplicaron dosis de 0, 1 y 2 veces la cantidad de P requerida para extraer del suelo 36 ug P ml<sup>-1</sup> con la solución Olsen modificada y encontraron que la adición de la primera dosis de P, cuando menos, duplicó el rendimiento en todos los suelos. Además, los suelos que respondieron significativamente a la doble dosis de P fueron aquellos con retenciones de fosfato mayores del 93% y éstos requirieron adiciones superiores a 500 ug P ml<sup>-1</sup> para obtener una extracción óptima.

El presente estudio tuvo como objetivos establecer la relación entre el fósforo retenido, el pH medido en NaF, el aluminio activo y la producción de materia seca utilizando una planta indicadora, bajo condiciones de invernadero. Además, estudiar las relaciones clasificación: fertilidad para **Andepts** de Costa Rica.

#### MATERIALES Y METODOS

Se tomaron muestras superficiales de 15 suelos de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica que fueron clasificados como **Vitrandepts**, **Hydrandeps** y **Dystrandeps**. La ubicación geográfica y la caracterización edáfica de los suelos estudiados fueron descritas en un artículo anterior (5).

Se realizó una prueba biológica con todos los suelos la cual consistió en un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones para cada suelo y cinco niveles de aplicación de fosfatos, a razón de 0, 200, 400, 600 y 800 ug P ml<sup>-1</sup>. Se utilizó H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 85% (D = 1.71 g cm<sup>3</sup>) como fuente de fósforo.

En cada uno de los suelos se aplicó una base de fertilización con K, Ca, Mg, Sn, Cu, S y B, la cual se determinó con base en curvas de sorción y la metodología sugerida por Díaz-Romeu y Hunter (6).

Las soluciones nutritivas se adicionaron una semana antes de la siembra, con excepción del Ca y el Mg, los cuales se agregaron tres meses antes, para lograr así el efecto deseado.

La unidad experimental consistió en potes de plástico con capacidad para 250 ml, en los que se sembraron ocho plantas de sorgo forrajero (*Sorghum vulgare* var SX-17). El riego se aplicó por capilaridad y el ensayo se mantuvo libre de plagas y enfermedades.

Las plantas se cosecharon a los 45 días y se secaron por 48 horas a 70°C, determinándose el rendimiento como peso seco de la parte aérea. También, se determinó el contenido foliar de fósforo mediante oxidación húmeda con una mezcla de ácido nítrico y perclórico en proporción 5:1. El fósforo se analizó por medio del método colorimétrico de azul de molibdeno (6).

#### RESULTADOS Y DISCUSION

##### Rendimiento en función del fósforo retenido, pH en NaF y aluminio activo

Se obtuvieron correlaciones negativas y significativas entre la producción de materia seca y el fósforo retenido, el pH en NaF y el aluminio activo (Figs, 1, 2 y 3). Estas últimas variables muestran correlaciones significativas entre sí, las cuales han sido demostradas por Alvarado (1).

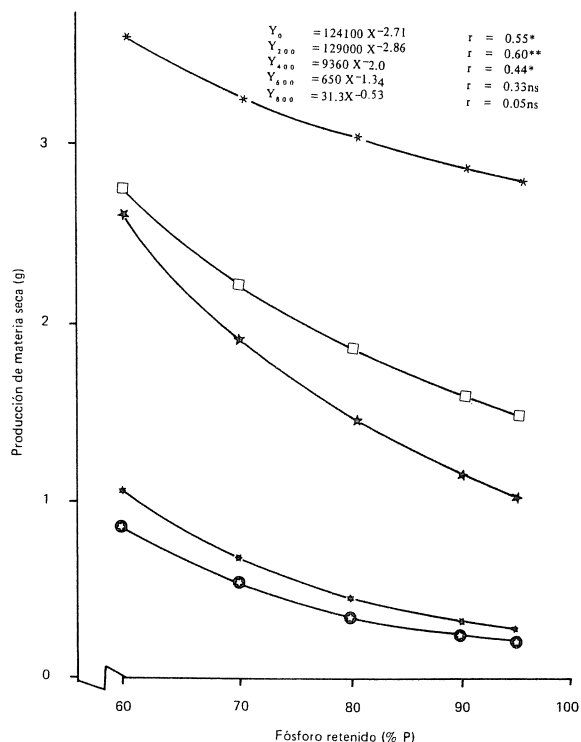


Fig. 1. Fósforo retenido y producción de materia seca para cinco niveles de aplicación de fosfatos en suelos volcánicos (n = 15).

Cuando se aplicaron dosis superiores a los  $600 \text{ ug P ml}^{-1}$  no se encontró una correlación significativa con la retención de fosfatos u otros parámetros evaluados. Con tales niveles de aplicación de fosfato, el sorgo se desarrolló adecuadamente no importando la magnitud de las variables en discusión.

A fin de ilustrar las diferencias entre los grandes grupos se estimó el rendimiento de materia seca para valores de retención de fosfatos de 70%, 80% y 90%. Estos valores coinciden con los promedios de retención de fosfatos para cada uno de los grandes grupos de suelos. Se calculó el incremento absoluto de materia seca entre las diferentes dosis y el tratamiento cero, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Incremento absoluto de materia seca (g/maceta) debido a la aplicación de P en suelos volcánicos.

Nivel P	Fósforo retenido (%)		
	70	80	90
ugPm1-1			
0	0.54	0.36	0.26
0 - 200	0.14	0.11	0.07
0 - 400	1.36	1.10	0.89
0 - 600	1.69	1.52	1.34
0 - 800	2.75	2.70	2.62

Al aumentar el porcentaje de retención de fosfatos, el incremento absoluto para cada uno de los niveles de P aplicado fue menor; estos resultados coinciden con lo encontrado por Bornemisza y Fassbender (4) quienes obtuvieron una correlación negativa y significativa entre el aumento de cosecha debido a la aplicación de P y el porcentaje de retención de fosfatos. La disminución del rendimiento absoluto conforme aumenta la retención de fosfatos es producto de una disminución en la concentración de fósforo disponible en la solución del suelo (5). Por el contrario, cuando se consideró el incremento relativo en la producción de materia seca, los mayores incrementos se obtuvieron en la medida en que la retención de fosfatos aumentó (Cuadro 2). La menor capacidad de retención de fosfatos y el enriquecimiento de la solución del suelo con dosis bajas de fósforo explica la disminución en la respuesta relativa de los suelos de baja retención. En suelos de alta retención de fosfatos la mayor respuesta relativa para cada uno de los niveles se explica por el bajo contenido inicial de P y su alta capacidad de retención.

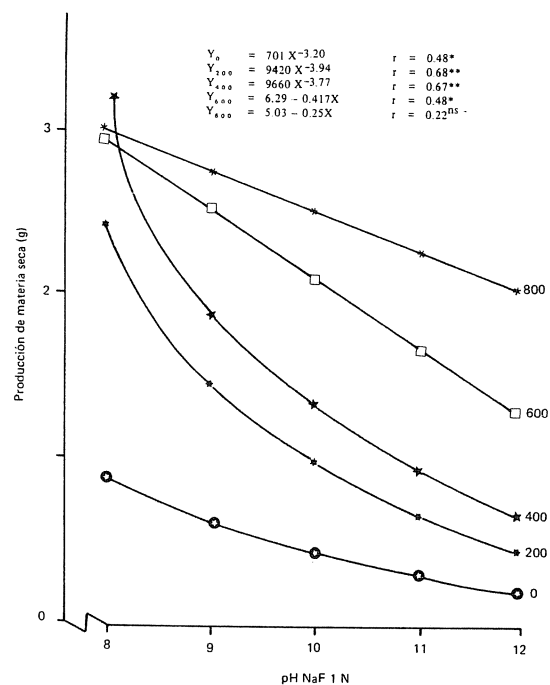


Fig. 2. pH en NaF y producción de materia seca para cinco niveles de aplicación de fosfatos en suelos volcánicos.

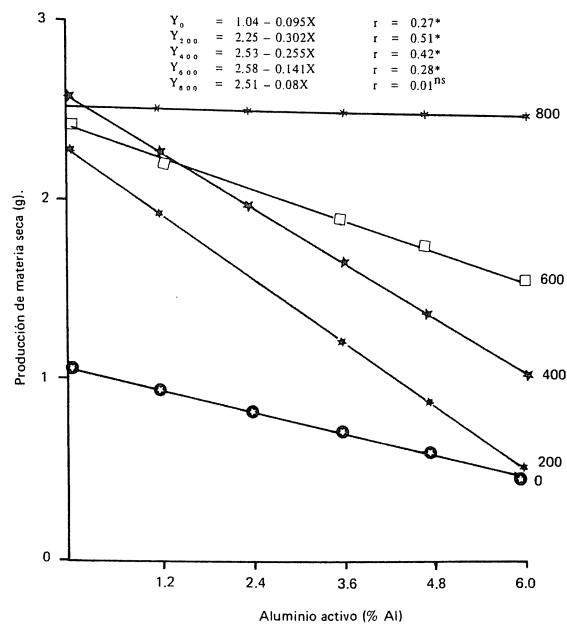


Fig. 3. Aluminio activo y producción de materia seca para cinco niveles de aplicación de fosfatos en suelos volcánicos.

Cuadro 2. Incrementos relativos (%) entre niveles de aplicación de fosfatos en suelos volcánicos con diferente capacidad de retención<sup>++</sup>.

Nivel P ugPm l-1	Fósforo retenido (%)		
	70	80	90
0 - 200	26.0	30.5	26.9
200 - 400	179.0	210.0	248.5
400 - 600	17.4	28.8	39.1
600 - 800	47.5	62.8	80.0

<sup>++</sup> El incremento entre niveles se obtiene:  
(Niv. Sup. - Niv. Inf. x 100)/Niv. Inf.

La adición de los primeros niveles de P duplicó el rendimiento con respecto al nivel anterior para cualquiera de los tres grandes grupos de suelos. Las adiciones posteriores produjeron incrementos relativos de menor magnitud en **Vitrandepts**, intermedios en **Dystrandepts** y máximos en **Hydrandepts**.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Bertsch *et al* (3), quien demostró que los suelos que respondieron significativamente al fósforo fueron aquellos con retenciones de fosfatos más altas.

### Respuesta a la aplicación de P en los Tres Grandes Grupos

Los modelos de regresión de la Fig. 4 muestran la estrecha relación entre la clasificación de los suelos y la respuesta de éstos. Los **Hydrandepts** presentaron un comportamiento de tipo lineal; ni aún con la dosis máxima de fósforo aplicado se logró alcanzar el máximo rendimiento. La alta retención de fosfatos ( $\bar{x}=92\%$ ) y su bajo contenido inicial de P ( $12 \text{ ug P ml}^{-1}$ ) explican este comportamiento el cual coincide con lo encontrado en otras investigaciones (9,10,15).

Los **Vitrandepts** y los **Dystrandepts** presentaron modelos de comportamiento similares; sin embargo, los **Vitrandepts** requirieron dosis de fósforo más bajas que los segundos para alcanzar máximos rendimientos.

Los **Vitrandepts** presentaron menores capacidades de retención de fosfatos ( $\bar{x}=72\%$ ) y mayores contenidos de P-inicial ( $45.5 \text{ ug P ml}^{-1}$ ) en comparación a los **Dystrandepts**; sin embargo, sus rendimientos absolutos fueron menores, y este comportamiento, que no coincide con lo encontrado en la literatura (10), se

debe a que, en el gran grupo de los **Vitrandepts**, se incluyeron varios suelos afectados fuertemente por cenizas muy recientes (<20 años), de tal forma que no ha pasado tiempo suficiente para desarrollar una capacidad adecuada de intercambio de cationes. Al respecto, Bertsch *et al* (3) encontraron que el pH y la cantidad de bases constituyen en un índice práctico de la fertilidad potencial del suelo y determinan las capacidades de crecimiento de las plantas. Considerando este criterio se observa que los **Dystrandepts** utilizados en el estudio presentaron una sumatoria de bases considerablemente mayor ( $7.2 \text{ cmol (+)l}^{-1}$ ) que en el caso de los **Vitrandepts** ( $3.35 \text{ cmol (+)l}^{-1}$ ), lo cual puede explicar las diferencias de rendimiento encontradas. Además, pueden haber intervenido otras propiedades de orden físico-químico-biológico que no fueron controladas pero que intervienen en el rendimiento.

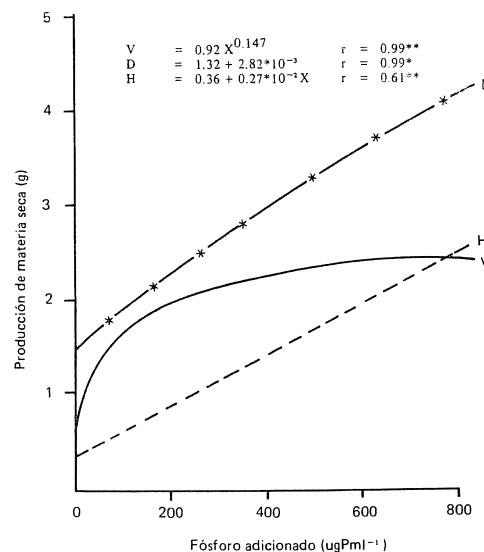


Fig. 4. Fósforo adicionado y producción de materia seca bajo condiciones de invernadero en tres grandes grupos de suelos volcánicos de Costa Rica. (V = Vitrandepts, D = Dystrandepts, H = Hydrandepts).

### Rendimiento relativo y aplicación de fosfatos

Para estudiar el comportamiento de la producción de materia seca en relación al fósforo aplicado se consideraron tres valores de rendimiento relativo al óptimo, correspondiente al 100%, 80% y 70%. Las cantidades de fósforo requeridas para alcanzar dichos rendimientos se muestran en el Cuadro 3.

El valor de 100% representa el óptimo obtenido por maximización de la función de regresión: el segundo valor se estimó como 80% y fue sugerido por el autor como un rendimiento adecuado y el tercer

Cuadro 3. Cantidades de P requeridas para obtener rendimientos relativos al tratamiento óptimo correspondientes al 100, 80 y 70% de rendimiento.

Suelo	Rendimientos relativos		
	100%	80% ( $\mu\text{gPml}^{-1}$ )	70%
<b>Vitrandept</b>			
02	655	290	220
03	690	195	115
04	566	270	200
10	0	0	0
13	660	270	200
$\bar{X}$	514	205	107
<b>Dystrandept</b>			
05	800	400	260
08	560	110	60
11	550	170	100
12	800	500	370
14	800	250	50
$\bar{X}$	702	286	168
<b>Hydrandept</b>			
01	800	650	440
06	800	580	500
07	800	640	550
09	800	540	360
15	650	150	100
$\bar{X}$	770	512	390

valor lo sugiere Schenkel (14) para experimentos de invernadero indicando que índices de rendimiento menores sugieren problemas de asimilación del elemento evaluado.

Para obtener un 80% de rendimiento relativo se requirió aplicar 205, 286 y 512  $\mu\text{g P ml}^{-1}$  para **Vitrandepts**, **Dystrandepts** e **Hydrandepts**, respectivamente; esa misma tendencia se observó para los otros índices sugeridos de rendimiento relativo.

Al calcular el ahorro de fertilizante que se obtiene cuando la producción se disminuyó en un 20%, se observó que el máximo ahorro se obtuvo en los **Vitrandepts** (60.1%) y en los **Dystrandepts** (59.3%), mientras que en los **Hydrandepts** el fertilizante ahorrado correspondió a un 33.5%; se observaron tendencias similares cuando la reducción fue del 30% (Cuadro 3). Los anteriores resultados coinciden con lo descrito por Fassbender y Muller (7), quienes encontraron que

los suelos volcánicos, ni aún con la dosis máxima de fósforo adicionado ( $350 \mu\text{g P ml}^{-1}$ ), alcanzaron el máximo rendimiento en tanto que suelos aluviales, con esa dosis, alcanzaron la producción máxima posible.

### Contenidos foliares

Con el objeto de establecer comparaciones entre grandes grupos de suelos, se utilizó un ámbito de variación de los contenidos foliares del elemento entre 0.15% y 0.20% como aquel que corresponde al nivel crítico de fósforo en sorgo (11). En las regresiones de la Fig. 5 se puede observar que las plantas desarrolladas sobre suelos sin aplicación de fósforo presentaron contenidos inferiores al nivel crítico, lo cual enfatiza el serio problema del fósforo en suelos volcánicos.

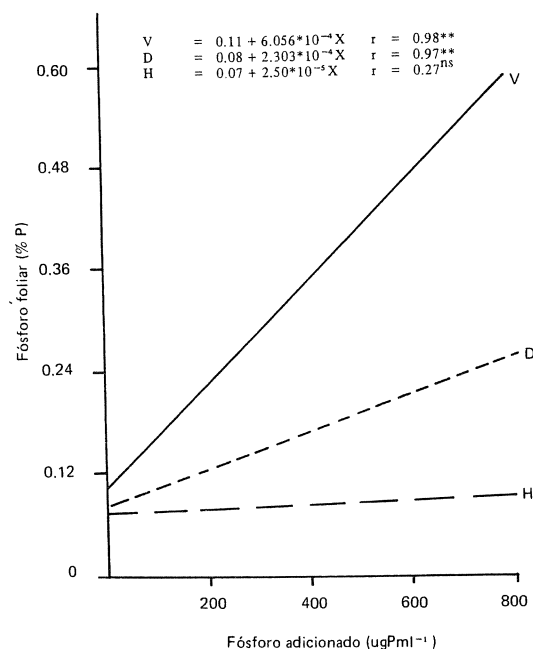


Fig. 5. Fósforo adicionado y contenido foliar de fósforo en sorgo bajo condiciones de invernadero en tres grandes grupos de suelos volcánicos.

Se observó que, al aumentar la capacidad de retención de fosfatos y disminuir los contenidos de fósforo inicial en el suelo, el contenido foliar disminuyó y consecuentemente las cantidades de fósforo requeridas para llegar al ámbito adecuado fueron mayores; éstas se muestran en el Cuadro 4.

Los mayores contenidos de fósforo foliar se obtuvieron en los **Vitrandepts** y las cantidades de fósforo necesario para alcanzar el ámbito de suficiencia fluctuó entre 190 y 305  $\mu\text{g P ml}^{-1}$ ; la baja retención de fosfatos permitió un enriquecimiento de la solución



del suelo favoreciendo que este elemento quedara disponible para la planta (7).

En los suelos **Dystrandeps** se requirió de dosis entre 385 y 524 ug P ml<sup>-1</sup> para alcanzar el ámbito de suficiencia sugerido.

Cuadro 4. Cantidades de P requerido (ug/ml) para obtener en el sorgo niveles de P foliar de 0.15% y 0.20%.

Suelo	% P Foliar	
	0.15	0.20
<b>Vitrandep</b>		
	ug/ml	
2	190	270
3	105	185
4	285	370
10	0	0
13	370	700
$\bar{X}$	190	305
<b>Dystrandep</b>		
5	+800	+800
8	370	570
11	220	370
12	350	540
14	185	340
$\bar{X}$	385	524
<b>Hydrandep</b>		
1	+800	+800
6	+800	+800
7	+800	+800
9	+800	+800
15	+800	+800
$\bar{X}$	+800	+800

Los **Hydrandeps** presentaron serios problemas de deficiencia del elemento ya que ni aún con la dosis más alta de fósforo utilizada, se logró el nivel de suficiencia dentro de la planta. Esto se explica por el hecho de que en suelos con alta capacidad de retención de fosfatos, la velocidad de restitución del fósforo a la solución del suelo no es lo suficientemente alta como para satisfacer las necesidades de absorción por parte de la planta (8). Además, la predominancia de aluminio activo en el complejo de cambio favoreció la formación de compuestos no asimilables para la planta reduciendo drásticamente su disponibilidad (12).

#### LITERATURA CITADA

- ALVARADO, A. 1982 Phosphate adsorption in **Andeps** from Guatemala and Costa Rica as related to other soil properties. Ph.D. Thesis, Raleigh, North Carolina State University 82 p.
- BECKWITH, R.S. 1980. Sorbed phosphate at standard supernatant concentration as an estimate of phosphorus needs of soils. In *The role of phosphorus in agriculture*. Ed by Sánchez, P y Uehara, G. Madison, WI, Soil Science of America. p 471-514
- BERISCH, F.; CORDERO, A.; ALVARADO, A. 1984. Fertilidad de **Typic Dystrandeps** de Costa Rica II Aniones (N-P-B-S-Mo), materia orgánica y textura. *Turrialba* 34(2):199-205
- BORNEMISZA, E.; FASSBENDER, H.W. 1970. Uptake of fertilizer phosphate from nine soils from the humid tropics. *Agrochimica* 15(2/3):259-268.
- CANESSA, J.; SANCHO, F.; ALVARADO, A. 1986. Retención de fosfatos en **Andeps** de Costa Rica. I Relaciones entre la retención de fosfatos, el pH en NaF y el aluminio activo. *Turrialba* 36(4):431-438
- DIAZ-ROMEU, R.; HUNTER, A. 1978 Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelo y tejido vegetal y de investigaciones de invernadero. *Turrialba, Costa Rica, CATIE* 61 p.
- DIAZ-ROMEU, R.; HUNTER, A.; MULLER, L. 1969. Uso de enmiendas silicatadas en suelos altamente fijadores de fosfatos. II. Efecto de fertilizantes silicofosfatados. *Turrialba* 19(3):368-374.
- DIAZ-ROMEU, R.; HUNTER, A.; MULLER, L.; BALARDI, F. 1968. Estudio del fósforo en suelos de América Central II Formas y su relación con las plantas. *Turrialba* 18(4):333-347.
- FOX, R.L. 1974. Chemistry and management of soils dominated by amorphous colloids. *Soil and Crop Science Society Fla.* 33:112-119
- FOX, R.L. 1969. Fertilization of volcanic ash soils in Hawaii. In *Panel on soils derived from volcanic ash of Latin American*. *Turrialba Costa Rica, IICA*. C 6. p 1-13
- JONES, J.B. 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. In *Soil Testing and Plant Analysis*. Ed by Walesh, L.M y Beaton, J.D. Madison, WI, Soil Science Society of America. 359 p.
- KAMPATH, E.J. 1974. Chemical aspects and mineral forms of soil phosphorus in tropical regions. Department of Soil Science, School of Agriculture and Life Sciences, North Carolina State University, Raleigh, USA. 17 p.

- 13 SANCHEZ, P. 1981. Suelos del trópico; características y manejo. San José, Costa Rica, IICA. 660 p.
- 14 SCHENKEL, G. 1971. Evaluación de la fertilidad de un suelo mediante la producción de materia seca en ensayos de macetas II. Diagramas de Fertilidad Turrialba 21(3):263-271.
- 15 SCHENKEL, G.; UEHARA, G. 1980. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. In *The role of phosphorus in agriculture*. Ed. by Khasawsh, F.E.; SAMPLE, E.E. y KAMPRATH, E.J. Madison, WI, Soil Science Society of America. p. 471-514.

## Notas y Comentarios

### Superpastos con tendencias tropicales

A pesar de la caída de los precios del petróleo, la Comisión Económica Europea (CEE) está todavía tratando de asegurarse para el futuro con un programa de investigación no nuclear, que incluye trabajos de "energía de biomasa".

Steve Long y Marion Bingham, del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Essex, en Vivenhoe Park, Colchester, Inglaterra, han suministrado las técnicas para identificar tres buenos candidatos para un cultivo europeo suministrador de energía. Long y Bingham han identificado unas 200 especies de gramíneas que sintetizan tan eficientemente como las especies tropicales, y además pueden resistir inviernos severos. Una de estas especies crece en el noroeste de Canadá, las otras dos en Europa Occidental.

La mayor parte de las gramíneas tropicales sintetiza sus hidratos de carbono por la llamada ruta C4 (Cf. Turrialba, vol. 21, p. 4). Esta involucra rutas biosintéticas que difieren de aquellas de la ruta C3, común a virtualmente todas las plantas de las zonas templadas. Generalmente, la fotosíntesis C4 es vulnerable a las temperaturas invernales del norte de Europa. Las plantas C4 son un 40 por ciento más eficientes en convertir la luz del sol a material vegetal y requieren sólo la mitad del nitrógeno necesario para producir nuevo material vegetal que las plantas C3. La reducción en nitrógeno hace a las gramíneas C4 menos apropiadas como alimento de animales en pastoreo, pero no afecta el valor de la biomasa como combustible.

Long y sus colegas han desarrollado una forma de medir la eficiencia fotosintética en el campo. Enfocan una luz fuerte a las hojas y miden las cantidades vueltas a emitir como fluorescencia. Esto les indica cuánta luz ha necesitado la planta para la fotosíntesis. En esta forma, Long identificó tres gramíneas altas y perennes, de larga vida, las que fotosintetizan por la vía

C4. Las gramíneas identificadas por Long son también naturalmente resistentes a herbicidas como el Atrazine, lo que simplificará el control de malezas si son usadas como cultivos energéticos.

Trabajando con otro grupo del Trinity College, de Dublin, el grupo de Long está ahora probando las supergramíneas en sembríos piloto en cuatro lugares, durante los próximos tres años. Dos de los lugares tienen buenos suelos. Los otros dos, en Irlanda, son tierras abandonadas donde no se pueden cultivar plantas corrientes. Si las supergramíneas se comportan bien, se seguirá con ensayos en gran escala.

El grupo de Long también suministra apoyo técnico para un programa internacional, financiado por el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (PANU, o UNEP en inglés). Este organismo funciona para estudiar la eficiencia de los pastizales tropicales para atrapar el dióxido de carbono del aire por la vía de la fotosíntesis.

Los primeros resultados de este programa son sorprendentes. Estimados anteriores sobre la productividad de los pastizales tropicales eran demasiado bajos debido a que los investigadores se concentraron en la cantidad de carbono asimilado para biomasa por los tallos y las hojas, e ignoraron el papel jugado por el sistema radicular. Las cifras verdaderas sobre la capacidad de las gramíneas para atrapar el dióxido de carbono están entre tres y diez veces más altas de lo que se creía anteriormente.

Los pastizales tropicales son el segundo ecosistema más grande de la Tierra, después de los bosques tropicales húmedos. Conforme los bosques húmedos se están talando rápidamente, parece probable que los pastizales tropicales serán pronto el mayor factor individual para reciclar el carbono de la atmósfera en material vegetal, y de aquí de vuelta a la atmósfera. Los científicos van a tener que modificar sus ecuaciones, que se supone que resumen el efecto de los ecosistemas en la atmósfera de este planeta. A.G.

## Notas y Comentarios

### Nuevas Publicaciones

**The Scientist.** Eugene Garfield, el hombre que puso a la computadora a trabajar en la diseminación de la información contenida en las publicaciones científicas primarias, y que ha publicado primero el **Science Citation Index**, esa novel idea de informar quién cita a quién y, poco después, el **Current Contents**, que disemina las tablas de contenido de las revistas primarias, ha tenido otra idea para servir a la intercomunicación, publicando un periódico, **The Scientist**, para los profesionales de la ciencia (El subtítulo de esta publicación es **The Newspaper for the Science Professional**)

De formato tabloide, **The Scientist** no trata de reemplazar las revistas científicas, sino enfocarse en asuntos claves y materias fuera del laboratorio que pueden afectar la conducción de la ciencia y a los científicos mismos, tales como la ética científica, cuestiones de políticas científicas de los gobiernos, y tópicos financieros que afectan la labor de las instituciones. Se propone servir de foro para los hombres de ciencia, con secciones de entrevistas, relatos de los momentos más importantes de los grandes descubrimientos. Los médicos, los abogados y otros grupos profesionales han tenido acceso a revistas gremiales; ahora, los científicos en actividad tendrán una publicación que los pondrá al tanto del acontecer cotidiano de sus colegas, sus opiniones propias y ajenas. Como dice Garfield en uno de sus primeros editoriales, el periódico representaría la faz humana de la ciencia.

Por ejemplo, ¿por qué tenemos que esperar la muerte de nuestros colegas, se pregunta Garfield, para celebrar los logros que han tenido en su vida? Entre científicos, su primera noticia biográfica es, con demasiada frecuencia, su obituario. Y aún la biografía, u obituario, no pueden sustituir los detalles personales y opiniones reveladoras que se encuentran en los relatos en primera persona producidos en entrevistas y autobiografías.

El número que nos ha llegado corresponde al volumen 1, número 3, fechado 3 de diciembre de 1986. Aparecerá quincenalmente, con 24 números al año.

Turrialba, a la que Garfield incluyó temprano entre las primeras revistas latinoamericanas analizadas por su Instituto, saluda la aparición de este útil y oportuno periódico y le desea que tenga el éxito que se merece. A.G.

### La aleopatía, posible arma contra las malezas

Un nuevo vocablo ha surgido en el mundo de las ciencias agrícolas y uno lo está encontrando cada vez más frecuentemente en los índices de las grandes revistas de bibliografías y compendios (**Agricultural Bibliography**, **Biological Abstracts**, **Chemical Abstracts**). Se trata de la aleopatía, término acuñado por A. R. Putnam, profesor de Horticultura, de la Universidad del Estado de Michigan, en East Lansing, para designar al fenómeno de lo que se podría llamar guerra química entre plantas. En su lucha por espacio vital, muchas plantas emiten sustancias químicas que inhiben el crecimiento o propagación de plantas con las que comparten territorio. El término se deriva del griego *allelon* (uno y otro, recíprocamente) y *patheia* (sufrimiento, enfermedad).

En el simposio sobre agricultura en el siglo veintiuno, realizado en 1983 en Richmond, Virginia, cuyo informe final ha sido comentado en Turrialba, se pronosticó que en los Estados Unidos se verá el uso de residuos de cosecha y de mantillos artificiales (*mulches*), con propiedades alelopáticas, en las prácticas de preparación de tierras, modificadas teniendo en cuenta la conservación de los recursos naturales. Si se usa adecuadamente, podría reducir o eliminar la necesidad de herbicidas químicos y los peligros que ahora se están asociando con la resistencia a herbicidas. Los productos "aleloquímicos", herbicidas de la propia naturaleza, tendrían entonces prominencia.

Putnam está estudiando las plantas que tienen propiedades alelopáticas y los tipos de otras plantas que son eliminadas por su acción. Esto puede también tener importancia para determinar cuáles cultivos no se pueden asociar con otros, en sembríos múltiples. Esto está apareciendo gradualmente en la literatura primaria (**Chem. Eng. News**, vol. 61, p. 34; **Plant Physiol.** vol. 69, p. 1212; **Crop Sci.**, vol. 25, p. 561). Hasta ahora se han determinado las propiedades alelopáticas de varias plantas. Entre las hortalizas, tenemos los espárragos, el frijol, el pepino, la mostaza, la arveja, la papa y el tomate. Entre los cultivos extensivos, tenemos la cebada, el maíz, el centeno y el sorgo. Entre los frutales, se cuentan la manzana, el albaricoque, los cítricos y el melocotón. A.G.