

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 35

TRIMESTRE ENERO-MARZO 1985

NUMERO 1

CODEN: TURRAB 35(1) 1-108

<i>Algunas características físicas y composición química de la manzana de marañón (Anacardium occidentale L.) (en español).</i> A. J. Ortiz, O. Argüello	1
<i>Influencia de la edad de la planta en la producción de follaje y raíces de cultivares de yuca (en inglés).</i> G. Gómez, M. Valdivieso	5
<i>Nuevos enfoques con relación a los bosques de Puerto Rico (en inglés).</i> F. H. Wadsworth, R. A. Birdsey	11
<i>Aspectos sobre la fermentación del almidón de yuca. III. Determinación de los ácidos orgánicos (en portugués).</i> M. P. Cereda, U. de Almeida Lima	19
<i>Desarrollo de una secuencia de cultivos con base en la estacionalidad del clima en un Tropeptic Eustrux de Hawai (en inglés).</i> L. A. Manrique, D. J. Harris, G. Uehara	25
<i>Asociación de Colletotrichum gloeosporioides a lesiones en ramas de Eucalyptus pellita afectados por el "Mal do Rio Doce" (en inglés).</i> J. C. Dianese, W. R. Ribeiro, T. S. de A. Moraes	29
<i>Flujo de CO₂ de un suelo volcánico bajo ecosistemas simples y diversos de Costa Rica (en inglés).</i> J. Raich, J. Ewel, M. Olivera	33
<i>Termometría infrarroja en selección de genotipos de frijol (Phaseolus vulgaris L.) resistentes a la sequía. I. Bases fisiológicas (en español).</i> G. Bascur, M. A. Oliva, D. Laing	43
<i>Termometría infrarroja en selección de genotipos de frijol (Phaseolus vulgaris L.) resistentes a sequía. II. Crecimiento y productividad (en español).</i> G. Bascur, M. A. Oliva, D. Laing	49
<i>Determinación del área foliar en plantas de caraota (Phaseolus vulgaris L.) yuca (Manihot esculenta Crantz) y batata (Ipomoea batatas (L.) Poir) utilizando dimensiones lineales y de peso seco de las hojas (en español).</i> J. Ascencio	55
<i>Determinación de la estructura de la porción de carbohidratos del glicósido 1,25-dihidroxicolecalciferol aislado de hojas de Solanum glaucophyllum (en inglés).</i> C. Vidal, W. Lescano, R. Avdolv, R. Puche	65
<i>Patrones electroforéticos de algunas especies de Meloidogyne de Costa Rica (en inglés).</i> R. López	71
<i>Comunicaciones</i>	77
<i>Cambios químicos inducidos en las sabanas de Uverito (Edo. Monagas, Venezuela) por las plantaciones de Pinus caribaea (en español).</i> D. López-Hernández, L. E. Pomenta	77
<i>Productividad de una cerca viva de Erythrina berteriana Urban en Turrialba, Costa Rica (en español).</i> G. Budowski, R. O. Russo, E. Mora	83
<i>Una nota sobre el daño cualitativo causado por Sahlbergella singularis (Hagl.) (Hemiptera: Miridae) en frutos de cacao (en inglés).</i> A. Ojo	87
<i>Determinación preliminar de las malezas en tres distritos de San Carlos, Alajuela, Costa Rica (en español).</i> E. Alán, J. M. Bristow	89
<i>La rebrotación basal en Pinus oocarpa (en inglés).</i> D. Houkal, E. Ponce	96
<i>Determinación y combate de hongos asociados a semillas de maíz y frijol cultivadas en mezcla por pequeños agricultores de Kenya (en inglés).</i> K. B. Khare	101
<i>Producción de biomasa y leña en un rodal natural de Eugenia salamensis Donn. Sm., en Guanacaste, Costa Rica (en español).</i> R. Salazar	104
<i>Notas y comentarios</i>	10, 48
<i>Reseña de libros</i>	4, 18, 54, 64, 108



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS Y COMPOSICION QUIMICA
DE LA MANZANA DE MARAÑON (*Anacardium occidentale* L.)¹ /

A. J. ORTIZ*
O. A. ARGUELLO*

Abstract

*Some physical characteristics and chemical composition of the cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) from different areas in Costa Rica are reported*

Differences in physical characteristics are well marked compared with those in chemical composition which are less detectable. Apple and fruit from Trinidad variety are bigger than for the local variety

Despite the obvious differences in external colour, differences in chemical composition between apples of the same variety were not observed. Due to the high content of ascorbic acid, the cashew apple must be considered a good source of Vitamin C.

Introducción

El marañón (*Anacardium occidentale* L.) es cultivado básicamente por su nuez y el aceite de su cáscara, Wilson (10). La importancia de un mejor aprovechamiento de la manzana (falso fruto) ha sido señalada por Ohler (6), y algunos productos de elaboración a nivel artesanal son descritos por Medina (5) y Ohler (6).

En Costa Rica el procedimiento de la nuez todavía no ha superado el nivel artesanal y muy pocas cantidades de la manzana son aprovechadas en la elaboración de fermentos y pasa de marañón, Ortiz (7).

La información disponible sobre la manzana es escasa y proviene de otros países, López (4); Medina (5). Este trabajo no pretende mostrar una caracterización completa, sin embargo, se espera que esta sirva de base para un mejor aprovechamiento de este recurso.

Materiales y métodos

Las mediciones y análisis fueron hechos en marañón de las variedades Trinidad y local, cuando el color rojo y amarillo de la manzana estuvo completamente desarrollado, tal y como se dispone en nuestro mercado. Las mediciones físicas se hicieron en 50 frutas de cada tipo obtenidas aleatoriamente de lotes de 100 kg procedentes de la región del Pacífico (1983).

Los datos de composición química son resultado de análisis hechos en el CITA (1982). Se siguieron los métodos recomendados por la AOAC (3) excepto para azúcares para el que se siguió el método de Gaines (2).

Resultados

Las observaciones de características físicas se presentan para las frutas rojas y amarillas por existir entre estas mayor variación (Cuadros 1 y 2).

Discusión y conclusiones

En general tanto el fruto como la manzana de la variedad Trinidad presentan dimensiones considerable-

¹ Recibido para publicación el 22 de abril de 1983.

* Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos (CITA), Universidad de Costa Rica.

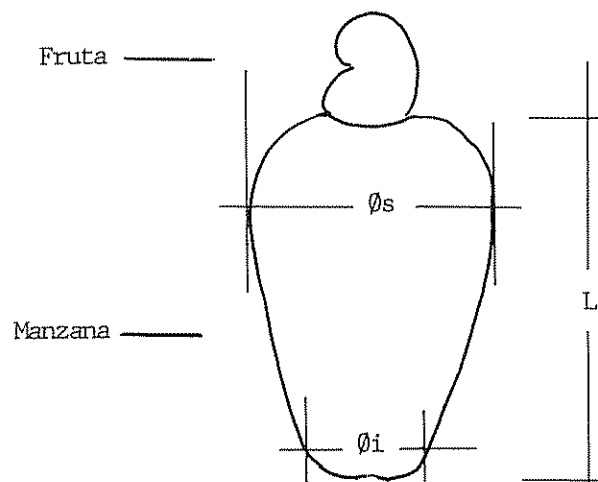


Fig 1 Características físicas determinadas sobre la manzana del marañón ϕ_s = Diámetro superior (cm), ϕ_i = Diámetro inferior (cm), L = Longitud (cm).

mente mayores que la variedad local; este hecho es de gran importancia si se considera la producción de nuez, sin embargo, un aprovechamiento integral del marañón deberá incluir la manzana. Al respecto hay que observar que esta (manzana) representa diez veces el peso del fruto para la variedad Trinidad y cinco a seis veces para la variedad local (Cuadros 1 y 2). Además las diferencias entre los pesos promedios de frutos es aproximadamente 30% comparada con las diferencias entre manzanas que es de 60%.

Las variaciones en composición química no son detectables considerando la sensibilidad de los métodos utilizados; este resultado ha sido ya señalado por López (4) quien encontró que las diferencias entre las manzanas de diferente color se deben principalmente al contenido de taninos.

El contenido de azúcar reductor y total, Gaines (2) es muy similar en todos los casos por lo que se ha reportado el valor de azúcar total, Lutz y Takuo (1) al trabajar con variedades brasileñas señalan que casi todo el azúcar presente es azúcar reductor.

Aunque analizado solamente para la variedad Trinidad el contenido de ácido ascórbico presenta un valor relativamente alto (~ 200 mg/100 g) dato también señalado por López (4) y Medina (5) por lo que este debe considerarse como una buena fuente de esta vitamina.

Considerando que la producción estimada de falso fruto es de ~ 500 t/año (8) solamente en la zona de Orotina, la cual es sólo parcialmente aprovechada y que existen planes para la siembra de 3 000 ha (9), se considera oportuno señalar la necesidad de buscar alternativas para un mejor aprovechamiento de este recurso. Se espera que la información aquí presentada contribuya a este propósito.

Cuadro 1. Características físicas* de la manzana marañón. Variedad Trinidad.

	Rojo		Amarillo	
	\bar{X}	d.s.	\bar{X}	d.s.
Peso fruto g	10.91	1.88	9.22	2.08
Peso manzana g	106.56	27.31	97.06	16.92
Diám Superior (ϕ_s) cm	4.92	0.62	4.77	0.54
Diám Inferior (ϕ_i) cm	4.06	0.87	3.16	0.24
Longitud (L) cm	7.97	0.97	7.91	0.74

Cuadro 2. Características físicas* de la manzana marañón Variedad local.

	Rojo		Amarillo	
	\bar{X}	d.s.	\bar{X}	d.s.
Peso fruto g	6.47	1.11	7.00	1.97
Peso manzana g	33.55	8.36	44.77	7.53
Diám Superior (ϕ_s) cm	3.52	0.52	4.09	0.30
Diám Inferior (ϕ_i) cm	2.66	0.24	2.92	0.22
Longitud (L) cm	4.18	0.58	4.57	0.39

* Ver Figura 1.

Cuadro 3. Composición química (%) de la manzana de marañón*.

	Variedad		
	Trinidad ¹	Local ²	Local ³
Humedad	88.10	87.00	88.00
Proteína	1.50	1.00	1.00
Fibra	0.80	1.20	1.20
Grasa	0.10	0.10	0.30
Ceniza	0.25	0.20	0.20
Azúcar (total)	7.20	6.90	7.00
Acidez	0.45	0.40	0.40
pH	4.00	4.00	4.00
°Brix	10.00	9.50	10.00
Vitamina C ⁴	205.50	—	—

* Promedio global de falsos frutos rojos y amarillos para cada variedad.

1 Procedente de Cóbano, Puntarenas

2 Procedente de San Mateo, Alajuela

3 Procedente de Quepos, Puntarenas.

4 mg/100 g

Proteína: Nx6.25/ Grasa: Ext. éter petróleo/ Acidez: ácido málico.

Resumen

Se presentan algunas características físicas y químicas de la manzana del marañón (*Anacardium occidentale* L.) de diferentes zonas de Costa Rica. Las mayores diferencias se observan en las características físicas. Las manzanas y la fruta en la variedad Trinidad son dos o tres veces mayores que en la variedad local.

No obstante las obvias diferencias en coloración externa, no se observan diferencias en composición química entre los falsos frutos de la misma variedad. El contenido de ácido ascórbico es relativamente alto, lo que representa una buena fuente de Vitamina C.

Literatura citada

1. BERNHARDT, L. W.; HASHIZUME, T. Procesamiento: produtos, caracterização e utilização. In Medina, J. L. *et al.* Caju. Brasil. Instituto Tropicais 4:89-148. 1978.
2. GAINES, T. P. Automated determination of reducing sugars, total sugars and starch in plant tissue from one weight sample. *Journal of the AOAC* 56(6):1 419-1 424. 1973.
3. HORWITZ, W. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 13th ed. Washington, D. C., AOAC. ed. 1980, 1 018 p.
4. LOPEZ, H. C. Composição química e aproveitamento da pera de caju de moçambique. *Agronomía Mocambicana* 6(2):119-131. 1972.
5. MEDINA, J. C. *et al.* Caju. Brasil. Instituto de Tecnologia de Alimentos. Serie Frutas Tropicais 4. 1978, 178 p.
6. OHLER, J. G. Cashew. Communication Dept. of Agricultural Research. Amsterdam, 1979. 260 p.
7. ORTIZ, A. J.; COOKE, R. D.; QUIROS, R. The processing of a date-like caramel from cashew apple. *Tropical Science*. 24(1):29-38. 1982.
8. MINISTERIO DE INDUSTRIA Y COMERCIO (OSPI). Estudio de factibilidad planta procesadora de marañón, mango, tamarindo, papaya, guayaba y tomate en Orotina. San José. 1980, 101 p.
9. MINISTERIO DE INDUSTRIA Y COMERCIO (SEPSEIC). Los diez proyectos agroindustriales prioritarios para el desarrollo agroindustrial de Costa Rica. San José. 1981.
10. WILSON, R. J. The market for cashew-nut kernel and cashew nut shell liquid. *Rep. Trop. Prod. Inst.* G91. 1975, 120 p.

Reseña de libros

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE.

Potential productivity of field crops under different environments. Simposio realizado del 22 al 26 de setiembre, 1980 en Los Baños, Filipinas 1983. 526 p.

En un esfuerzo por mejorar la situación de los agricultores, el IRRI (Instituto Internacional de Investigación en Arroz) organizó en setiembre de 1980 un Simposio sobre el Potencial de Producción de los Cultivos en Diferentes Medios Ambientales. El texto reúne los trabajos presentados en esta reunión en la que ecofisiólogos, especialistas por cultivo, discuten el rendimiento máximo alcanzado por las plantas y la contribución de los factores fisiológicos de la producción al proceso.

La obra se divide en cuatro secciones con 26 trabajos. Bajo el título de Conceptos Básicos, Medio Físico y Producción de Cultivos, se agrupan los capítulos de i) clima, ii) el suelo como base para estimar la productividad, iii) bioenergía destinada al crecimiento de las semillas, iv) las frutas y los tejidos de almacenamiento, v) aspectos fisiológicos de la producción de cultivos y vi) logros y dificultades en el mejoramiento genético de cultivos tropicales.

La segunda sección, titulada Crecimiento y Rendimiento de los Cultivos, incluye trabajos sobre arroz, trigo, maíz, sorgo, soya, frijol común, rabiza, garban-

zo-gandul-mani, papa, camote-ñame, yuca, caña de azúcar, palma aceitera y otros cultivos tropicales arborescentes. La mayoría de la información presentada se refiere a aspectos fisiológicos del crecimiento sin considerar otras limitantes agronómicas como control de malezas, incidencia de enfermedades y plagas, etc.

El efecto de diferentes ambientes sobre el potencial de producción de los cultivos se analiza en la tercera sección. Se comparan los potenciales de zonas templadas y tropicales, sistemas intensivos y extensivos y la experimentación a largo plazo como una alternativa para estudiar en forma sistemática el comportamiento de los cultivos en diferentes medios de producción.

La última sección trata sobre aumentos de producción como resultado de aplicar diferentes sistemas de cultivo. Se mencionan la optimización de la producción en los trópicos secos, los sistemas de producción con bajos y altos insumos y el crecimiento actual de los sistemas de agricultura migratoria.

La calidad de los expositores hace imposible discutir por separado los 26 trabajos incluidos en la obra, sin pecar de erudito o de ignorante. La opinión del revisor es que el libro es excelente, una vez que representa una actualización poco usual en aspectos fisiológicos de los cultivos, y reúne el pensamiento de las principales corrientes de investigación al presente. Se recomienda el libro a fisiólogos vegetales, estudiantes de agronomía y biología y planificadores con base agronómica.

ALFREDO ALVARADO
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FOLIAGE AND ROOT PRODUCTION OF FIELD-GROWN CASSAVA CULTIVARS AS AFFECTED BY PLANT AGE¹ /

G. GOMEZ*
M. VALDIVIESO**

Resumen

Tres cultivares de yuca (M Col 22, M Col 1684 y el híbrido CM 342-170) fueron evaluados por su producción de follaje (hojas, pecíolos y tallos verdes) y raíces, así como de tallos, a través del período comprendido entre los 6 y los 12 meses de edad de las plantas. El rendimiento del follaje fue afectado por las condiciones climáticas y por la edad de la planta, disminuyó progresivamente en todos los cultivares desde el 6° hasta el 10° mes de edad de la planta, período en el cual la precipitación disminuyó y la temperatura ambiental aumentó. El rendimiento de follaje del cultivar M Col 1684 fue menor que el de los otros dos cultivares; a los 10 meses de edad de la planta, el peso fresco del follaje de M Col 1684 fue de 1.3 t/ha comparado con 4 t/ha para los otros dos cultivares. La producción de raíces mostró una tendencia a aumentar con la edad de la planta. Se presenta información sobre las proporciones relativas de los rendimientos de follaje, tallos y raíces en relación al peso fresco total de la planta, así como los cambios en el contenido de materia seca de estas partes de la planta.

Introduction

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is the most important tropical root crop, cultivated mainly for its roots, which are consumed in a wide variety of food products (16). However, the potential use of cassava leaves as a protein-rich vegetable for human nutrition has attracted a great deal of attention (1, 2, 3, 13, 20, 21, 24) while both the leaves and the foliage have been suggested as animal feeds (6, 8, 18, 22).

Leaf (4, 9) and foliage (leaf blades and petioles as well as green stems) (14) yields differ among cassava cultivars and are also affected by plant age (4, 9) and climatic conditions, especially temperature and rainfall (5). In a previous trial (9), fresh leaf production of two cassava cultivars varied with plant age and climatic conditions but, in general, it represented around 4% to 11% of total plant fresh weight. Little information is available on foliage production in cassava cultivars and on the effect of plant age on foliage yield of field-grown cassava.

The effect of plant age on dry matter distribution and root yield has been reported (5, 19, 25) and reviewed (12), but in most cases yields have been estimated from a limited number of plants (19, 25). Although accessions from the cassava germplasm collection at CIAT differ greatly in yielding ability, several promising cultivars outyielded local cultivars (7).

The present study evaluates foliage (leaves, petioles and green stems), lignified stem and root yield of three field-grown cassava cultivars, from the 6th to the 12th month of plant age.

1 Received for publication in July 30, 1984.
Formerly, Head and Research Assistant, respectively, of the Utilization Section of CIAT's Cassava Program. The authors are thankful to Dr. C. Wheatley and Ms. Cynthia Garver for their editing of the manuscript; to Deborah de la Cuesta and Teresa Salcedo for helping in the laboratory analysis; and to Maruja Bejarano and Carmen Fuentes for stenographic work.

* To whom correspondence should be addressed at: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE 7170, Turrialba, Costa Rica

** Present address: Apartado Aéreo 70-22, Cali, Colombia.

Materials and methods

1. Cassava growth conditions

Three cassava cultivars (cv. M Col 22, M Col 1684 and the hybrid CM 342-170) were planted at 1 x 1 m spacing in adjacent fields, each of about 0.4 ha, at CIAT, in October 1981. M Col 1684 is a high-cyanide-containing cultivar whereas the other two are either low or intermediate in cyanide (7). Although a local cultivar (M Col 113) was also planted as a control, a frequent high incidence of rotten roots at the 8th and 10th months of plant age reduced root yields considerably. Therefore, a complete set of yield data for the local cultivar could not be collected. The information on foliage chemical composition of the local cultivar was used for comparison with the three cultivars of this study in another paper (10).

The soil had a pH range of 6.2 to 6.8, an available phosphorus level of approximately 72 mg/kg (Bray II) and, in general, good characteristics for cassava production (15). The mean temperature during the study period (October 1981-October 1982) was 23.7°C and the total rainfall during 12 months was 1196 mm with two dry periods (December-February and June-August).

Before planting, cassava stakes were treated with fungicides and insecticides to insure good germination and healthy growth (17). Fields were kept weed free and two applications, one of Dipterex and the other of Sistemin, were performed at two and three months of plant age to control cassava hornworms (*Erynnys ello*) and thrips, respectively (17).

2. Measurements

Every two months, starting in April 1982 (6 months of plant age) and ending in October 1982 (12 months), five areas of 130 m² each, of each cultivar, were harvested. Foliage (leaves, petioles and green stems), older lignified stems as well as stumps (original planting piece) and roots were separately weighed in the field. The stump comprised the lower portion of the lignified stem, up to a height of approximately 30 cm above ground level, and the underground portion to which roots were attached. The dry matter (DM) content of foliage, stem and stump was determined by drying a known quantity of each milled plant part to constant weight at 60°C. Samples of whole roots were also taken for DM determination by the specific gravity method (11). The analysis of variance method was used for statistical analysis of the data (23).

Results

Figure 1 shows the yield of fresh foliage of the three cassava cultivars between plant ages 6 to 12 months as well as the monthly rainfall distribution and mean ambient temperature recorded throughout the study period. In all three cultivars, foliage weight declined progressively from the 6th to the 10th month of plant age, during which time a decrease in rainfall and an increase in ambient temperature were recorded. Although foliage yield at the 12th month of plant age was similar ($P > 0.05$) for all three cultivars, M Col 1684 produced less foliage ($P < 0.05$) than the other two cultivars at other ages; at 10 months it had a significantly lower ($P < 0.05$) foliage yield of 1.3 t/ha compared to 4 t/ha produced by the other two cultivars.

Production of lignified stems, including the stumps, did not follow a consistent trend (Figure 2) but cv. M Col 1684 produced the lowest ($P < 0.05$) stem yields at 6 and 8 months of plant age; part of these differences could be due to the cultivar's branching habit (19). Root production, on the other

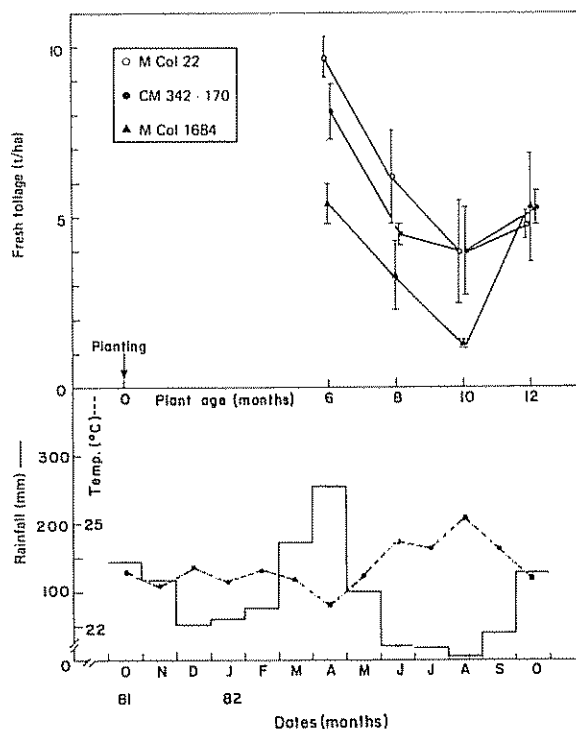


Fig. 1. Meteorological conditions (monthly rainfall _____ and mean air temperature -----) and fresh foliage yield of three cassava cultivars between plant ages 6 to 12 months. Shaded columns represent the planting and the four sampling periods. Each value in this and the other figures is the mean of five samples (total number of plants grown in 130 m² plots each) \pm S.E.M.

hand, tended to increase with plant age. Root production of M Col 22 and CM 342-170 outyielded ($P < 0.05$) that of M Col 1684 throughout the entire study period except at 12 months when all three cultivars yielded similarly ($P > 0.05$) (Figure 2).

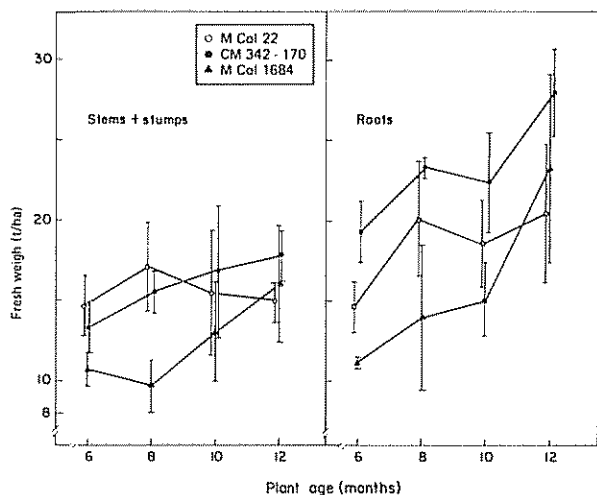


Fig 2 Stem + stumps and root production of three cassava cultivars at four plant ages

Considerable variations, as evidenced by the large standard error of the means (Figures 1 and 2), were observed among the measure areas at each sampling date. The relative proportions of harvested plants to the initial number of planted stakes was slightly lower for cv. M Col 1684 than for the other cultivars ($95 \pm 3\%$ vs. $97 \pm 2\%$, respectively). Yield data are expressed as the production per planted area and therefore, were not corrected for the slight differences among the number of harvested plants at each sampling date.

Conversion of the absolute fresh weight of foliage, stems and roots to their relative proportions in the total plant weight allows a construction of more consistent trends of growth changes of those plant parts as affected by cultivar and plant age (Figure 3). Foliage weight at 6 months represented at least 20% (25% for M Col 22) of total fresh plant weight and decreased progressively to around 10% for M Col 22 and CM 342-170 and 4% for M Col 1684 by the 10th month of plant age. Due to the onset of rains after the 10th month, foliage yield at 12 months represented from 10 to 12% of total plant weight in the three cultivars. Total stem yield was in the range of 35 to 40% of plant weight, whereas the relative

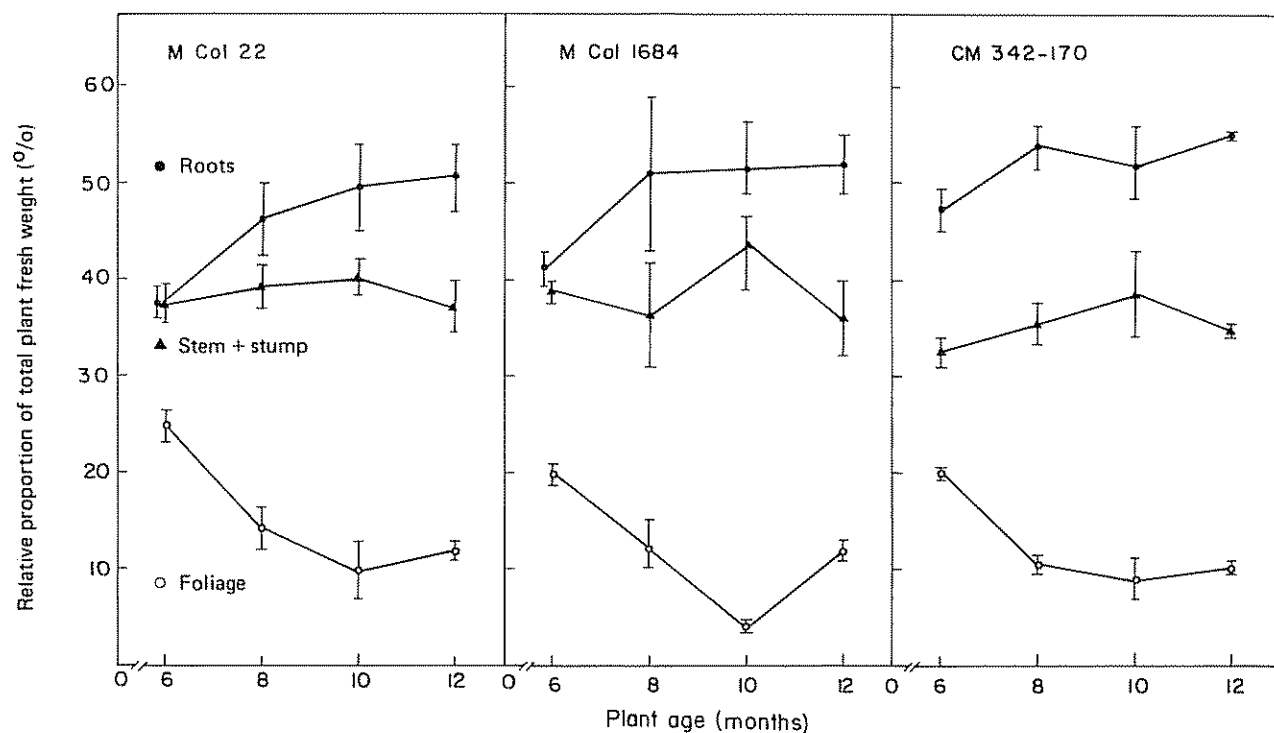


Fig 3 Relative proportions, on fresh weight basis, of foliage; stem + stumps; and roots to total plant weight of three cassava cultivars as affected by plant age

proportion of fresh root weight increased from 6 to 8 months and thereafter it remained at around 50% of total fresh plant weight (Figure 3).

Figure 4 presents the DM content of foliage, stems, stumps and roots of the three cassava cultivars from 6 to 12 months of plant age. The DM content in cassava foliage increased as foliage production decreased, thus at 10 months foliage of M Col 1684 had the highest ($P < 0.05$) DM of around 34%. Most of the DM values in foliage were in the range of 25 to 30% (Figure 4a). The stems of M Col 22 and CM 342-170, which had similar ($P > 0.05$) DM contents (range: 20-30%), were consistently lower ($P < 0.05$) than that of M Col 1684 stems (25-35%) throughout the entire period (Figure 4b). The DM content of stumps were in the range of 35 to 40% (Figure 4c) and the differences among the three cultivars were not significant ($P > 0.05$).

The DM content of whole roots of M Col 1684 was consistently lower ($P < 0.05$) than those of the other two cultivars (Figure 4d). The DM content of roots increased from the 6th to the 8th month of plant age to remain almost constant until the 10th month in cv M Col 22 and M Col 1684 and decreased thereafter: the root DM content of the hybrid CM 342-170 declined progressively from the 8th to the 12 month of plant age, at levels between those of the other two cultivars (Figure 4d).

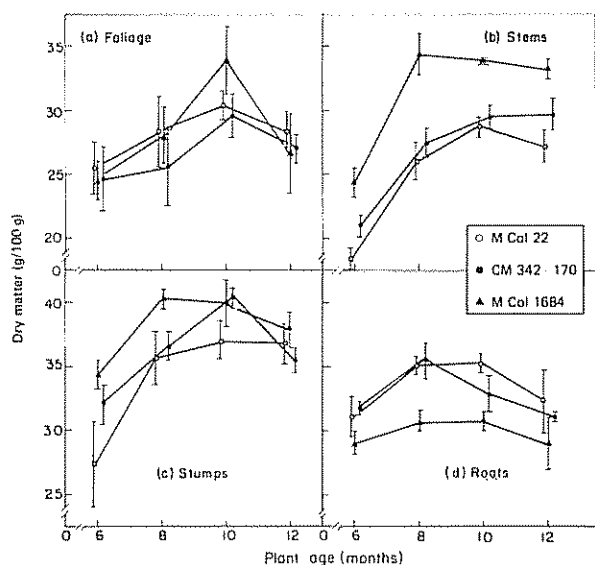


Fig 4 Dry matter content of foliage (a), stems (b), stumps (c) and roots (d) of three cassava cultivars at four plant ages.

Discussion

The results obtained in this study showed that cassava foliage (leaves, petioles and green stems) production was similarly affected by climatic conditions and by plant age in each cassava cultivar evaluated, but remarkable differences in actual foliage yield were found among the three cultivars; the results confirm those previously reported when leaves (4, 5), rather than foliage, were measured. The examination of foliage and root yields suggests that a cultivar, such as the hybrid CM 342-170, having a persistent foliage production that could resist drought periods (low rainfall and high ambient temperature) supports an almost continuously increasing root production.

Under the experimental conditions of this study, the optimum harvest time for both root and foliage yield appears to be as early as 8 months of plant age for M Col 22 and CM 342-170 and as late as one year for M Col 1684.

The potential use of cassava foliage is becoming increasingly important due to the development of agroindustrial cassava production, especially for the animal feed market. This scale of production normally implies an expansion in the area planted with cassava, thus increasing the amount of foliage produced as a crop byproduct. Fresh foliage production of around 4 to 5 t/ha, with a DM content in the range of 25% to 30%, could be obtained. Another paper (10) describes several parameters related to the nutritional value of cassava foliage.

Summary

Three cassava cultivars (M Col 22, M Col 1684 and the hybrid CM 342-170) were evaluated for foliage (leaves, petioles and green stems) and root production, as well as stem yield, throughout the period from the 6th to the 12th month of plant age. Foliage yield was affected by climatic conditions and by plant age; it declined progressively in all cultivars from the 6th to the 10th month of plant age, during which time a decrease in rainfall and an increase in ambient temperature were recorded. Foliage yield of cv M Col 1684 was lower than that of the other two cultivars; at 10 months of plant age, the fresh foliage yield of M Col 1684 was 1.3 t/ha as compared to 4 t/ha for the other two cultivars. Stem yield of M Col 1684 was also the lowest at 6 and 8 months of plant age. Root production tended to increase with plant age. Data are presented on the relative proportions of foliage, stems and root yield to the total fresh plant weight as well as changes in the DM content of these parts of the plant.

Literature cited

1. ADRIAN, J. and PEYROT, F. Possible use of the cassava leaf (*Manihot utilissima*) in human nutrition. *Plant for Foods Human Nutrition* 2:61-65. 1971.
2. ADRIAN, J., PEYROT, F., SANTOS OLIVEIRA, J. and FIDALGO DE CARVALHO, M. Etude nutritionnelle de la feuille de manioc (*Manihot utilissima*). *Rev. Cienc. Agronómicas Lorenço Marques* 2:43-60. 1969.
3. BUSSON, F. and BERGERET, B. Contribution a l'étude chimique des feuilles de manioc (*Manihot utilissima* Pohl, *Euphorbiacees*). *Medecine Tropicale* 18:142-144. 1958.
4. COOKE, R. D. and DE LA CRUZ, ELBA, M. The changes in cyanide content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) tissues during plant development. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 33:269-275. 1982.
5. COURS, G. Le manioc a Madagascar. *Memoires de l'Institute Scientifique de Madagascar*, 1951. 3B. pp. 203-400.
6. ECHANDI, M. O. Valor de la harina de hojas y tallos deshidratados de yuca en la producción de leche. *Turrialba* 2:166-169. 1952.
7. GOMEZ, G., DE LA CUESTA, D., VALDIVIESO, M. and KAWANO, K. Contenido de cianuro total y libre en parénquima y cáscara de raíces de diez variedades promisorias de yuca. *Turrialba* 30:361-365. 1980.
8. GOMEZ, G., SANTOS, J. and VALDIVIESO, M. Utilización de raíces y productos de yuca en alimentación animal. In *Yuca: Investigación, Producción y Utilización*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia, 1983. pp. 539-566.
9. GOMEZ, G. and VALDIVIESO, M. Cassava for animal feeding: effect of variety and plant age on production of leaves and roots. *Animal Feed Science and Technology* 11:49-56. 1984.
10. GOMEZ, G. and VALDIVIESO, M. Cassava foliage: chemical composition, cyanide content and effect of drying on cyanide elimination. Submitted for publication.
11. GROSSMAN, J. and DE FREITAS, A. C. Determinação do teor de materia seca pelo método de peso específico em raízes de mandioca. *Revista Agronómica (Porto Alegre, S. R., Brasil)* 14:75-80. 1950.
12. HUNT, L. A., WHOLEY, D. W. and COCK, J. H. Growth physiology of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Field Crops Abstracts* 30:77-91. 1977.
13. JONES, W. O. *Manioc in Africa*. Stanford University Press, 1951. pp. 141-145.
14. JUAREZ GALIANO, L. Las hojas y tallos de yuca como forraje. *Estación Experimental de Agric. La Molina, Lima, Perú. Boletín* 58. 1955. pp. 1-66.
15. KAWANO, K., DAZA, P., AMAYA, A., RIOS, M. and GONCALVES, W. M. F. Evaluation of cassava germplasm for productivity. *Crop Science* 17:377-380. 1978.
16. LANCASTER, P. A., INGRAM, J. S., LIM, M. Y. and COURSEY, D. G. Traditional cassava-based foods: survey of processing techniques. *Economic Botany* 36:12-45. 1982.
17. LOZANO, J. C., BELOTTI, A., REYES, J. A., HOWELER, R., LETHNER, D. and DOLL, J. Problemas en el cultivo de la yuca. *Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. Serie CIAT 07SC-1 (2a ed)*. 1981. p. 205.
18. MONTALDO, A. Whole plant utilization of cassava for animal feed. In Nestel, B.; Graham, M., eds. *Cassava as animal feed*, International Development Research Centre, Ottawa, Canada, IDRC-95e. 1977. pp. 95-106.
19. MONTALDO, A. La yuca o mandioca. *Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José, Costa Rica*, 1979. pp. 36-45.
20. ROGERS, D. J. Cassava leaf protein. *Economic Botany* 13:261-263. 1959.
21. ROGERS, D. J. and MILNER, M. Amino acid profile of manioc leaf protein in relation to nutritive value. *Economic Botany* 17:211-216. 1963.
22. ROSS, E. and ENRIQUEZ, F. O. The nutritive value of cassava leaf meal. *Poultry Science* 48:846-853. 1969.

23. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. User's Guide 1979 ed. SAS Institute Inc., Raleigh, North Carolina, 1979. p. 494.
24. TERRA, G. J. A. The significance of leaf vegetables, especially of cassava, in tropical nutrition. *Tropical Geogr. Med.* 2:97-108 1964.
25. WHOLEY, D. W. and BOOTH, R. H. Influence of variety and planting density on starch accumulation in cassava roots. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 30:165-170. 1979.
-

Notas y comentarios

Ricardo Bressani, Premio Mundial "Albert Einstein"

El Dr. Ricardo Bressani, ilustre científico guatemalteco, y prominente funcionario del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), fue honrado en 1984 con el Premio Mundial de Ciencias. "Albert Einstein", otorgado por el Consejo Cultural Mundial, con sede en Monterrey, México. Se reconoce así su valiosa labor en el estudio del valor nutritivo de los alimentos de este continente, que iniciara hace unos 30 años con la publicación de las tablas de valor

nutritivo de los alimentos de la región y dirigiendo y colaborando en investigaciones en torno a la nutrición de la población de los trópicos.

Su labor contribuyó al sólido prestigio del INCAP, junto con la desarrollada por los fundadores de ese instituto. Colaborador de la revista *Turrialba*, en la que ha publicado varias de sus investigaciones, el Dr. Bressani es autor y co-autor de más de 450 publicaciones y ha escrito capítulos enteros de libros científicos. Ha sido honrado con otros galardones y con nombramientos a comisiones, paneles, cuerpos editoriales y programas internacionales sobre nutrición humana, animal y tecnología de alimentos. *Turrialba* se complace en felicitarlo y en compartir la satisfacción que hoy sienten sus colegas y amigos. Adalberto Gorbitz.

F H WADSWORTH*
R A BIRDSEY*

Resumen

Un inventario reciente de los bosques secundarios en terrenos potenciales para la producción de madera en Puerto Rico, indica que casi la mitad de ellos (52 000 ha) ya contienen, sin sembrarlos, una nueva cosecha potencial de árboles de 21 especies maderables. De estas especies estos bosques contienen por lo menos 100 árboles/ha de 12.5 hasta 27.5 cm dap ó 250/ha de 2.5 hasta 12.5 cm dap. De hecho contienen un promedio mucho más alto, de 176/ha de la clase mayor a 725/ha de la clase menor. Este acontecimiento reduce a la mitad del área a sembrarse. Lo que plantea nuevas interrogantes para investigarse. ¿Cómo se regeneró este número tan alto de árboles? ¿Siguen este proceso los otros bosques secundarios? ¿Cuán rápido crecen estos árboles? ¿Responderían al tratamiento silvicultural? ¿Podría ser su producción económicamente viable?

Introduction

It is time for a new look at the potential for productive forests in Puerto Rico. Consumption of wood and wood products on the island continues to rise, yet with few exceptions they are bought from elsewhere, already produced, processed, and packaged. The Puerto Rican consumer thus provides employment for possibly 20 000 workers elsewhere and in addition pays for long-haul transportation of commodities that are bulky and heavy. Each year their cost is nearly half a billion dollars.

While traditional outside sources of wood are facing future shortages (U S. Forest Service 5), large areas no longer farmed in Puerto Rico have reverted naturally to forest. Although the harvesting of wood from Puerto Rico's forests is negligible and by some is considered environmentally undesirable it is time for a rational assessment of the potential of local forests to meet prospective wood requirements.

About 90 percent of Puerto Rico's wood consumption is in construction materials and pulp and paper products that utilize primarily the high strength/weight ratio of wood. These products require trees with straight trunks, 20-40 cm in diameter, which produce strong wood or long, light-colored fibers.

Other wood products, including furniture and cabinetwork, panels, turnery, art work, and musical instruments, are more demanding but worth the difference. They require trees large enough to produce wide boards, high proportions of heartwood, and, above all, woods that are workable and attractive.

Wood energy might also come from forests in Puerto Rico. However, fuelwood is expected to remain much less remunerative than sawtimber or pulpwood, and so might appear only as a by-product. As such, its sustainable production would contribute insignificantly toward meeting island-wide energy requirements at the level foreseen for present crop maturity (Wadsworth, 7). Wood residues from the forest and from processing could, nevertheless, contribute substantially toward energy-sufficiency of at least forest industries.

Land for Timber Production

Puerto Rico's most productive soils clearly are needed for food and forage, including coffee and

¹ Received for publication on 9 December, 1983.
The author's express appreciation to Dr. Peter G. Murphy of Michigan State University and to Dr. Jack Ewel of the University of Florida for reviews leading to improvements in the manuscript.

* U.S. Department of Agriculture Room T-10210 701
Loyola Avenue, 70113, New Orleans, USA

tree fruits. The next decade's prospective markets for food and forage could be met with appropriate modern production technology on 350 000 ha within Puerto Rico (Vicente, 6). Foreseeable residential, industrial, commercial, and transportation infrastructure will occupy another 120 000 ha. These uses account for half of the island.

Of the other half, most has been cropped repeatedly and abandoned as submarginal for agriculture. About half of it, some 220 000 ha, is too rainy, dry, steep, rocky, or swampy for commercial wood production. This area, about one quarter of the island and including all remaining virgin forests, would be most beneficial if left natural indefinitely. Native forests already cover and protect most of this area. The remaining lands, about 200 000 ha in the northern foothills and slopes of the Cordillera, are appropriate for wood crops and so comprise Puerto Rico's potential timberlands.

Timber Plantations

Construction sawtimber and pulpwood are required in quantities that necessarily involve high energy costs for transportation from stump to consumer. Local production, to be cost effective, would have to be concentrated in rapid-growing plantations with processing facilities nearby. About 100 000 ha, half of the potential timberland, would be required to supply Puerto Rico's predicted product demand at the earliest probable harvest date. Where practical, timber plantations should be established on lands now unforested.

Native Secondary Forests

Puerto Rico's potentially commercial forests are of two classes. More than half are volunteer stands that regenerated on abandoned cultivated or pastured areas. The remainder is abandoned coffee plantations. These, depending on the period of abandonment, contain coffee and shade trees more or less invaded by secondary forest species (Weaver and Birdsey, 8).

These forests are the only remaining potential source of wood from those native tree species that once provided innumerable useful products. Because of the continuing need for such products, these forests could have multiple potentials.

The Forest Survey

Puerto Rico's potentially productive timberlands were surveyed by the Forest Service in 1980 (Birdsey and Weaver, 1). The island was stratified to focus

on regions with commercial forest potential. Excluded were the prime agricultural lands of the northern coast and interior valleys and the dry southern coast. The highest mountain regions were also excluded due to extreme rainfall or slopes above 60 percent. These watershed forests are too susceptible to deterioration for intensive timber production. The survey covered a gross area of 436 600 hectares, enclosing the 200 000 ha of potential timberlands.

An initial estimate of current forest area was made from a dot-count on 1:20 000 aerial photographs. Field sample locations at the intersection of a grid of lines spaced 3 kilometers apart were selected on U. S. Geological Survey topographic maps and transferred to the photos. The estimates of forest area obtained from the dot-count were adjusted according to a ground check of land use at each sample location. Data on species composition and timber volume were obtained from permanent sample plots established at all forested sample locations. A detailed site description was made for each forested location.

Forest Cover

Nearly half of the potential timberland is forested (Table 1). More than 45 percent of the potential timberland is used agriculturally, and another 6 percent has been recently abandoned. These unforested areas should be the easiest to plant with timber trees. However, the compelling economics of concentrated siting near transportation and processing facilities means that plantations might be destined for well

Table 1. Potential timberland by current cover.

Cover	Area	95 percent confidence limits
Forest:		
Volunteer forest	59.2	± 2.6
Abandoned coffee shade	38.2	± 2.1
	97.4	± 3.2
Nonforest:		
Abandoned farmland ¹	11.7	± 1.4
Cropland and pasture ²	90.9	± 3.1
	102.6	± 3.3
Total	200.0	

1 Nonstocked forest land.

2 Includes some active coffee plantations.

located areas that are already forested. To avoid needless sacrifice of any of these forests that may already be adequately stocked with timber species, careful assessment of each is required

Sites

The classification of the timberlands by broad elevation and slope appears in Table 2. Elevation is critical to forest composition, many of the tree species being unequally distributed through the elevation range. Slope is significant to watershed values and the need for precautions in tree harvesting. More than half of the timberland is between 45 and 60 percent.

The rainfall and physical soil properties of forested timberlands are summarized in Table 3. The 2 m annual isohyet separates the Subtropical Moist Forest and Wet Forest Life Zones (Holdridge, 3). Three of the four general soil types are derived from volcanic products. The deep clays are ultisols derived generally from basaltic extrusives. The shallow clay soils are inceptisols, tuffaceous in origin. The sandy loams are also inceptisols but derived from granitic intrusives. The limestone soils are mollisols of variable depth derived from tertiary sediments. Deep clays are the most widespread soils, particularly in the Subtropical Wet Forest Life Zone. In contrast, most of the shallow clay and limestone soils are in the Subtropical Moist Forest Life Zone. The data show 54 percent of areas as Wet Forest.

Stocking

Prospective timber yields depend on the quality, size, and number of the trees that compose the forest. Quality potential is defined fundamentally by species. Among Puerto Rico's common trees at least 21 species are capable of yielding products that will be required in addition to the lumber, poles, and cellulose from plantations. These species and their uses (Longwood, 4) are listed in Table 4

Table 2. Elevation and slope of forested timberland.

Elevation (m)	Slope (%)			Total
	0-25	26-45	45+	
Percent				
0-200	11	11	14	36
201-400	4	3	16	23
401-600	2	3	11	16
600+	3	4	18	25
TOTAL	20	21	59	100

Table 3. Soils and rainfall on forested timberland.

Soil group	Annual rainfall		Total
	Less than 2 m	More than 2 m	
Percent			
Volcanic soils			
Deep clays	7	39	46
Shallow clays	16	7	23
Sandy loams	7	7	14
Sedimentary soils			
Limestone	16	1	17
Total	46	54	100

Trees of these species must attain 30 to 60 cm diameter at breast height (dbh) to yield their most useful products. They must also form a crop that can all be harvested at the same time, because partial fellings damage residual trees.

At full stocking a mature crop of timber has a continuous canopy of tree crowns large enough to produce rapid stem growth. For most Puerto Rican trees this crown diameter must be about 20 times the stem diameter at breast height. If at maturity the trees average 40 cm dbh, a fully stocked stand would contain 200 trees per hectare with a basal area of 25 m²

The common impression that Puerto Rico's forests are not generally ready for harvesting was confirmed by the survey. The basal area of timber species averages only 4.3 m² per hectare, or less than 20 percent of full stocking at maturity. In expectation of this finding the survey assessed immature trees suitable for future crops.

The larger trees in an immature crop are more valuable and worthy of culture because they are nearly ready to harvest. The survey data suggested that the largest diameter range likely to contain adequate crops of immature timber trees would be from 12.5 to 27.5 cm, or pole-sized trees.

For full stocking, a pole-sized crop requires more trees than a mature crop to compensate for anticipated mortality. The survival record of protected and tended crop trees elsewhere suggests that an allowance for 20 percent tree loss should suffice (Dawkins, 2). So at least 250 pole-sized trees of timber species per hectare are required for full stocking.

Table 4. Common timber species in natural timberland forests.

Scientific name	Common name	Highest use ¹
<i>Andira inermis</i> (W. Wright) H. B. K.	Moca	Turnery
<i>Buchenavia capitata</i> (Vahl) Eichl	Granadillo	Turnery
<i>Bucida buceras</i> L.	Ucar	Turnery
<i>Byrsonima coriacea</i> (SW.) DC	Maricao	Cabinetwork
<i>Calophyllum calaba</i> L.	Maria	Cabinetwork
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	Cabinetwork
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Capa prieto	Cabinetwork
<i>Dacryodes excelsa</i> Vahl	Tabónuco	Cabinetwork
<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) D. + P.	Yagrumo macho	Plywood, matches
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Guaraguao	Cabinetwork
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Algarrobo	Turnery
<i>Inga fagifolia</i> (L.) Willd.	Guama	Cabinetwork
<i>Meliosma herbertii</i> Rolfe	Aguacatillo	Millwork
<i>Micropholis chrysophylloides</i> Pierre	Caimitillo	Cabinetwork
<i>M. garcinifolia</i> Pierre	Caimitillo verde	Turnery
<i>Nectandra</i> spp.	Laurel	Millwork, novelties
<i>Ormosia krugii</i> Urban	Palo de matos	Millwork
<i>Petitia domingensis</i> Jacq.	Capa blanco	Turnery
<i>Pouteria multiflora</i> (A DC) Eyma	Jacana	Turnery
<i>Spondias mombin</i> L.	Jobo	Plywood, matches
<i>Tabebuia heterophylla</i> (DC.) Britton	Roble blanco	Cabinetwork

1 From Longwood (4).

Crops of pole-sized trees need not be fully stocked to be worthy of protection and management rather than conversion to plantations. Poles are nearly half grown sawtimber. The conversion of pole stands to plantations would mean their sacrifice in addition to the costly process of land clearing. This cost would not be required on the currently large area of cleared and idle land. For these reasons, pole crops only 40 percent stocked, that is, with at least 100 pole-sized timber trees per hectare, were assumed to be "adequately" stocked. The survey showed that 23 600 hectares of the forests in Puerto Rico's timberlands meet this standard (Table 5).

Forests less than adequately stocked with pole-sized timber trees may still be worthy of protection and culture if adequately stocked with saplings of good species between 2.5 and 12.5 cm dbh. These smaller trees face a greater risk of damage or mortality before they can be harvested. An allowance of 60 percent for such losses means that full stocking requires 500 saplings of timber species per hectare. Then, assuming that 50 percent sapling stocking is sufficient to eliminate the need for plantation establishment, 250 saplings of timber species per

hectare were considered "adequate". The survey showed that, in addition to the adequately stocked pole stands, Puerto Rico's timberlands also bear 28 000 hectares with adequate sapling stocking (Table 5).

Table 5. Area of adequately stocked¹ forests by timber stand size and forest class.

Timber stand size	Volunteer forests	Abandoned coffee shade	Total	95 percent confidence limits
Poletimber ²	11.2	12.4	23.6	± 1.7
Sapling ³	21.1	6.9	28.0	± 1.8
Total	32.3	19.3	51.6	± 2.5

1 Adequate timber stocking for poletimber stand is 100 trees/ha, and for sapling stands, 250 trees/ha

2 Poletimber trees range from 12.5 to 27.5 cm dbh.

3 Saplings range from 2.5 to 12.5 cm dbh.

Adequately stocked stands surveyed average well above these minimum standards (Table 6). Pole crops average 176 trees per hectare instead of 100, or 70 percent of full stocking. The average tree in the pole crop has a diameter of 18.3 cm, well above the minimum of 12.5 cm. The sapling crops average 725 trees per hectare instead of the 250 for adequate stocking, nearly 50 percent above full stocking. The 250 largest saplings per hectare average 7.7 cm dbh, whereas the minimum requirement is only 2.5 cm.

Table 6. Actual stocking of adequately stocked forests.

Timber stand size	Timber species stocking			
	Minimum	Average	Minimum	Average
	Trees/ha		Mean dbh (cm)	
Poletimber	100	176	12.5	18.3
Saplings	250	725	2.5	5.2 ^a

a Increases to 7.7 for 250 largest timber saplings per hectare

All 21 timber species are represented in these adequately stocked forests, the most common being guaraguao*, roble blanco, and moca (Table 7). In addition to these timber species, the survey recorded 168 other tree species.

Table 7. Composition of adequately stocked forests.

Species	Proportion of all timber trees ¹	
	Poletimber stands	Sapling stands
	Percent	
Capa prieto	3	3
Guama	11	4
Guaraguao	25	21
Maria	3	6
Moca	16	18
Roble blanco	10	37
Yagrumo macho	11	1
Other timber	21	27
Total	100	100

¹ Timber species only of pole-size in poletimber stands and only of sapling-size in sapling stands

Management Implications

The major conclusion is that more than a quarter of Puerto Rico's potential timberland area and more

* Common and scientific names are listed in Table 4.

than half of the existing forests within it (51 600 ha) are already adequately stocked with timber species.

A second conclusion is that if adequate stocking occurred naturally in half of the existing forests without any special cultural treatment, it may soon take place also in other understocked forests. All that appears required is continued protection and exposure to the action of birds, bats, and the wind. In fact, the understocked stands already contained, on the average, 77 saplings of timber species per hectare, nearly one-third of adequate stocking.

A third conclusion is that natural regeneration has greatly reduced the land area needing tree planting. These forests already adequately stocked need only liberation, a practice much less costly than planting. Then if planting is concentrated first on unforested areas, the understocked forests may naturally attain adequate stocking in the meantime and thus not require planting either. The aggregate saving in planting might eventually total 100 000 hectares.

A fourth conclusion is that the adequately stocked forests contain more trees than is desirable, including many non-timber species. On the average, about 85 percent of the trees in these forests are in excess of full stocking, occupying space needed by the maturing timber crop. For accelerated growth the crop trees must be liberated from such competition, and the sooner this process begins, the sooner crop maturity will be reached.

A fifth conclusion concerns the diversity of these forests. Most of the species recorded in the survey (168 out of 189) are apparently of little or no direct economic interest, even potentially. Yet each species, including animals as well as plants, is a component of an ecological web that may be critical to the health of the forest and the sustainable productivity of the site. Some minimum level of forest diversity must be preserved. All trees, regardless of species, not interfering with the crop trees should be retained. As the crop trees grow and require more space, however, these other species will have to be thinned; their total disappearance can thus be delayed a maximum period during which alternatives, if needed, may be found through research. Selecting crop trees solely for apparent value potential should also be resisted. Rather, the mix of crop trees should include several timber species of less value as well as those thought most promising. Too little is known about the ecology of these forests and future markets for their products to warrant selection of only a few species.

Research implications

Notwithstanding the evidence supporting intensified culture of Puerto Rico's forests, a continuing

need exists to strengthen the scientific basis for management, reduce costs, and fully assess all consequences. Appropriate inquiries for research include the following:

1. How valid are the premises of this analysis? The prediction of future forest products requirements, the consequent selection of tree species and sizes at maturity, and the standards selected for full and adequate stocking are all based on incomplete information and estimates. This provisional basis for forest management needs scientific scrutiny.

2. Where, precisely, are the adequately stocked forests? On the map (Figure 1) they appear to be widely distributed throughout the potential timber producing area. Before they can be studied or treated, however, their extent and boundaries must be mapped more precisely.

3. Can we accelerate the process of natural restocking? Adjacent forests that contrast sharply in stocking of timber species suggest that studies of sites and histories of treatment might suggest practices that could accelerate the regeneration of potential crop trees.

4. How productive are untended adequately stocked forests? Repeat-measurement tree and crop growth-rate benchmarks are needed for comparisons of treatments.

5. What responses can be expected from silvicultural treatment? Reduction in competition for light, moisture, and nutrients can be expected to stimulate crop increment. Research must determine the best type and intensity of treatment, and monitor secondary effects on the ecosystem as a whole, including the preservation of the productive quality of the site.

6. How well can secondary forests redeem investments in their production? Before widespread support for investments in largely privately-owned secondary forests is likely there must be more evidence of the returns from alternative land uses, including timber plantations. Small-scale, efficient wood processing systems need testing or developing. Assessment of their relative social benefits should clarify the management roles of the government and private landowners.

Native secondary forests, an unrecognized opportunity

All local evidence indicates that naturally regenerated forests of native tree species will prove incapable of producing usable wood yields at a rate comparable to intensively managed plantations of pine, eucalyptus, and other rapid-growing tree species. However, there can be important compensations. Productive native forests once grew and are reappearing throughout the potential timberlands, some of which are too steep and inaccessible for plantations. Native woods are distinct and today worth more per unit than are woods of locally proven rapid-growing plantation species; in the marketplace, they could also be supplemental rather than competitive.

The private landowner may prefer native forests because of low stand establishment and maintenance costs which result in less initial investment than conversion to plantation.

These conclusions and previous knowledge about silviculture in Puerto Rico suggest that we stimulate timber species growth in these adequately stocked forests. Their silvicultural treatment as a part of rural development should be environmentally acceptable, and economically preferable to continued importation of all timber products.

Summary

A 1980 inventory of the secondary forests on lands of timber production potential in Puerto Rico has shown that about half of them (52 000 ha) are adequately stocked with poletimber or saplings of timber species to produce a second crop without artificial regeneration. Twenty-one timber species were identified. Adequate stocking called for 100 trees/ha of poletimber size (12.5 to 27.5 cm dbh) or 250 trees/ha of sapling size (2.5 to 12.5 cm dbh). The means for the adequately stocked areas were much higher than these minima, 176 poletimber tree/ha or 725 saplings/ha. This finding reduces drastically the land area in need of tree planting.

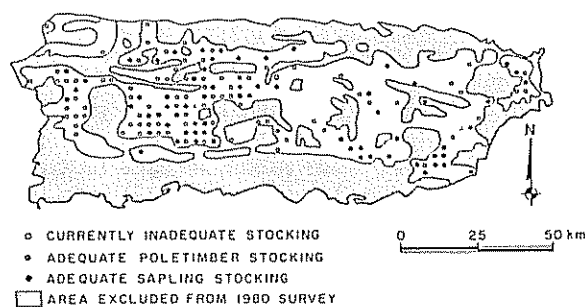


Fig 1 Location and characteristics of 1980 forest survey plots

It raises new questions for research. How did this stocking develop? Is it developing on additional areas? How rapidly are these trees growing? How well will they respond to silvicultural treatment? Will this treatment prove economic?

Literature cited

1. BIRDSEY, R. A. and WEAVER, P. L. The forest resources of Puerto Rico. New Orleans, La., U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. Resources Bulletin SO-85. 1982. 59 p.
2. DAWKINS, H. C. New methods of improving stand composition in tropical forests. *Caribbean Forester* 22(1-2):12-20. 1961
3. HOLDRIDGE, L. R. Life zone ecology. San José, Costa Rica. Tropical Science Center. 1967. 202 p.
4. LONGWOOD, F. R. Puerto Rican woods – their machining, seasoning, and related characteristics. U. S. Department of Agriculture, Forest Service. Handbook no. 25. 1961. 98 p.
5. U.S. FOREST SERVICE. An assessment of the forest and range land situation in the United States. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Publication FS-345. 1980. 631 p.
6. VICENTE CHANDLER, J. Conceptos, plan y programa para una agricultura moderna en Puerto Rico, Department of Agriculture, 1978.
7. WADSWORTH, F. H. Timber and forest energy development potentials for Puerto Rico. Presented to the Symposium: Fuels and Feedstocks from Tropical Biomass II, 1982. San Juan, PR, 1982.
8. WEAVER, P. L. and BIRDSEY, R. A. Tree succession in abandoned coffee shade stands in Puerto Rico. 1983 (in press)

Reseña de libros

Metodología para obtener semilla de alta calidad: Arroz, frijol, maíz, sorgo. CIAT, Cali, Colombia. 1984.

El problema de la escasez de semilla de alta calidad para el cultivo comercial de arroz, frijoles, maíz y sorgo en la región centroamericana y caribeña es, de acuerdo al criterio de políticos y expertos en la materia, resultado de la falta de información detallada sobre: 1) las características varietales de los cultivos, 2) las normas y requisitos que deben observarse durante la producción de sus semillas y 3) un método para describir adecuadamente los correspondientes cultivares. Esta grave deficiencia motivó la publicación de la obra de referencia, por parte de dos instituciones internacionales y el Comité Técnico Regional de Semillas de América Central y el Caribe

“Metodología para obtener semillas de alta calidad: arroz, frijol, maíz, sorgo” es una colección de materias extraídas de varias fuentes bibliográficas. El trabajo editorial estuvo a cargo de las Unidades de Semillas y de Apoyo en Comunicación e Información, del Centro Internacional de Agricultura Tropical—CIAT—, con sede en Cali, Colombia.

En el prólogo nos dice que la obra ofrece orientaciones o sugerencias de aplicación práctica, adecuadas a las condiciones agronómicas y culturales de América Central y el Caribe, aunque se admite que aquéllas son susceptibles de interpretación al aplicarlas en diferentes países o situaciones particulares. No obstante, se espera que “contribuyan a unificar las normas y los estándares que incrementen el uso de mejores semillas para bien de la agricultura regional” (ibíd., p. x).

Consideramos que un documento de esta naturaleza y con objetivos tan bien definidos, está plenamente justificado. Por tanto, debería tener muy buena acogida entre fitomejoradores de los mencionados cultivos y entre estudiantes avanzados de Agronomía y Biología, pues el libro también es didáctico.

La primera parte es un refrescamiento de conceptos útiles para hacer una descripción satisfactoria de cualquier cultivar. Desafortunadamente, y lo decimos

con pesar, la traducción al español es sumamente deficiente. No se tiene que ser muy hábil en el manejo de nuestra lengua materna ni en redacción técnica, para descubrir la cantidad de errores que ahí existen; algunos son muy elementales, como por ejemplo: la repetición de ideas y conceptos clásicos cuya comprensión es fácil hasta para técnicos de América Central y el Caribe (los destinatarios); el uso de vocablos incorrectos, como “variedad”, “progenie” y “efectos”, en vez de cultivar, descendencia y factores (con relación a “progenie”, permítasenos recordar que en español significa CASTA, ASCENDENCIA, lo que, obviamente, es opuesto a descendencia). Pero el uso de frases innecesariamente largas es quizá el error más frecuente en todo el libro; esto lo consideramos perjudicial porque causa confusión en el lector. Sin ánimo de querer sentar cátedra en Fitotecnia, estimamos nuestra obligación consignar aquí que la representación de fenotipo (véase la p. 5) por medio de la igualdad $F = G + A + GA$, es discutible. En efecto, nosotros consultamos tres fuentes bibliográficas recientes y siempre encontramos la misma definición: el fenotipo (F) es producto de la interacción de la constitución genética (G) del individuo, con el ambiente (A). Así, $F = GA$, de donde se deduce que las contribuciones independientes del genoma y el medio que rodea al organismo, están sobrando en la ecuación de referencia. Y así debe ser, pues desde un punto de vista biológico es difícil comprender como un ser vivo puede integrar (metabólicamente), unas veces sí y otras no, herencia y ambiente.

Las cuatro partes siguientes contienen explicaciones y, con mucho detalle, instrucciones para efectuar la toma de datos en los respectivos cultivos. Finalmente, en la quinta parte se dan las guías y requisitos para la producción de las cuatro clases de semilla. Al igual que en el resto del libro, aquí hubiera sido agradable encontrar, además de la excelente información técnica, mayor uniformidad de estilo tanto en la redacción del texto como en la confección de tablas, mejor uso del español y menos repeticiones. Sinceramente esperamos que esas fallas editoriales sean corregidas en una próxima edición de “Metodología para obtener semillas de calidad: arroz, frijol, maíz, sorgo”, pues el documento es realmente útil y necesario.

EDUARDO JIMENEZ SAENZ
ESCUELA DE BIOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

ASPECTOS SOBRE A FERMENTAÇÃO DA FÉCULA DE MANDIOCA. III – DETERMINAÇÃO DOS ÁCIDOS ORGÂNICOS¹ /

M. P. CEREDA*
U. de ALMEIDA LIMA**

Summary

The objective of this work was to survey the actual conditions of the fermented cassava starch industries in laboratory, under similar conditions to those used in commercial production. We determined six organic acids and the method used was an acid silicic column chromatography.

The following organic acids were determined in samples of both, commercial and laboratory fermented cassava starch: propionic, butiric, acetic, formic, succinic and lactic in highly varied quantities.

Introdução

Além das aplicações normais na alimentação, a mandioca é utilizada também em fermentações para produção de acetona, butanol, etanol, glicerina, bebidas alcoólicas, etc., como relatado na literatura por (4, 5, 22).

Na maioria dos casos a fermentação se faz após sacarificação do amido, durante a qual formam-se por hidrólise açúcares fermentescíveis (maltose e glucose) (13). Na fabricação da “tiquira”, aguardente obtida da mandioca descrita por Lima (18), a sacarificação do amido é realizada por enzimas de fungos como *Monilia citophila*, *Aspergillus niger* e *Penicillium*

purpurogenum que crescem sobre a massa cozida de mandioca ralada. Quando a sacarificação se completa, a massa é diluída em água e submetida a uma fermentação natural, após o que se procede a destilação da “tiquira”.

Outros tipos de alimentos são obtidos sem hidrólise prévia da matéria prima. Nestes casos, como a fermentação é natural há formação de diversos ácidos orgânicos.

No Brasil diversos são os produtos alimentícios obtidos por este processo. Albuquerque (1) e Malta (20), citam o carimã, a farinha d'água, a mandioca puba. Alguns destes produtos tem preparo semelhante ao do polvilho azedo. No preparo da “farinha d'água” as raízes são submetidas à ação de microrganismos da flora ambiente. Albuquerque (2), supõe tratar-se de uma “fermentação péctica”, devido a flora de *Clostridium* sp. que dá ao produto seu sabor e odor característico. O produto tem cheiro butirico acentuado.

Segundo Silveira (24), o polvilho azedo é produzido do polvilho doce através de uma fermentação natural. A literatura não esclarece a natureza das fermentações que ocorrem. Leme Junior (16) supõe tratar-se de fermentação acética, butirica ou láctica, e talvez, mais de uma concomitantemente. Gravatá (12), em seu relato sobre o polvilho azedo ou carimã,

1 Recebido para publicação em 20 de dezembro 1983
Realizado com auxílio da FAPESP
Se agradece Sra. Fátima Helena Lima Goldoni, pelo auxílio prestado na elaboração da Literatura citada e FAPESP, cujo auxílio tornou possível a realização do presente trabalho

* Professora Assistente Doutora do Departamento de Tecnologia dos Produtos Agropecuários da Faculdade de Ciências Agronômicas – Campus de Botucatu – UNESP – S. P.

** Professor Titular do Departamento de Tecnologia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Piracicaba – S. P.

propõe que a flora bacteriana ocorrente na fermentação desenvolve-se a custas dos açúcares fermentescíveis contidos no polvilho, produzindo ácidos (butírico, láctico) e também acetona. Leme Junior (17), relata ainda que o produto é de cheiro característico e gosto azedo, devido principalmente à fermentação butírica, que é percebida pelo seu cheiro característico e desagradável.

Cereda, Lima e Brasil (8), analisando 25 amostras de polvilho azedo comercial, mostraram que a composição química é muito variável, principalmente no que diz respeito à acidez titulável.

Cereda (7), sugere que esta variação provavelmente se deve às oscilações ocorrentes durante a fermentação natural do produto, apesar das mesmas sempre apresentarem as características de bolhas e espuma descritas na literatura como indicando o final do processo fermentativo.

Com a finalidade de esclarecer melhor este fato, no presente trabalho foram identificados e dosados os ácidos orgânicos, ocorrentes em fermentações naturais de fécula de mandioca.

Material e métodos

Material

Amostras de Polvilho Azedo Comercial:

As amostras de polvilho azedo comercial, foram obtidas em fábricas de polvilho azedo, procurando-se cobrir as regiões produtoras do país.

No Estado de São Paulo, foram feitas visitas às fábricas, onde foram recolhidas amostras e informações sobre a fabricação. Aos demais estados foi solicitado o auxílio das Secretarias de Agricultura e, em Minas Gerais, à Associação de Crédito Agrícola Rural.

As 25 amostras obtidas, com cerca de 500 gramas cada uma, foram catalogadas e colocadas em vidros rotulados, fechados e armazenados em local seco até o momento de serem usados.

Amostras de Polvilho Doce Comercial:

As amostras de polvilho doce comercial utilizadas como matéria prima para os ensaios de fermentação de laboratório foram obtidas no comércio. Utilizou-se produto de boa qualidade, sempre da mesma marca a fim de evitar tanto quanto possível as variações decorrentes da matéria prima utilizada.

Nos ensaios de fermentação foram utilizada técnicas que permitissem obter o polvilho azedo em condições semelhantes às da indústria e que, ao mesmo tempo fossem passíveis de realizarem-se em condições de laboratório.

Na determinação dos ácidos orgânicos, utilizou-se o líquido sobrenadante destas fermentações. Em alguns casos foram adicionadas mais de uma fração, formando uma amostra composta.

Métodos

Ensaio de Fermentação:

Foram adotadas duas técnicas de condução, segundo Cereda (7) a primeira sem troca de água (fermentações número 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16) e a segunda com troca de água a cada dois dias (fermentações número 17, 18, 19, 20 e 21).

Foram realizadas determinação dos Ácidos Orgânicos, segundo o método de cromatografia descrita por Faria (10). Utilizou-se aparelho para coleta automática de frações marca Gilson Linear Fractionator e coluna cromatográfica de vidro, preparada com ácido silícico P.A.

Resultados e discussão

Os resultados das determinações dos ácidos orgânicos de vinte e cinco amostras de polvilho azedo comercial, estão reunidos no Quadro 1. Os teores de ácidos nas fermentações realizadas em laboratório, com e sem troca de água, estão reunidos no Quadro 2 e 3, respectivamente.

Pelo método utilizado, foi possível determinar a presença dos seguintes ácidos: butírico, propiônico, acético, fórmico, succínico e láctico. A literatura mostra que estes são os mais frequentes no que se refere a alimentos. Leme Junior (16, 17), supõe a presença, na fermentação de polvilho azedo, de ácido acético, butírico, láctico e talvez mais de um, concomitantemente. A presença de ácido láctico em alimentos fermentados é amplamente relatada na literatura (14), inclusive em alimentos a base de mandioca (23). Gravatá (12) faz menção à provável existência de ácido succínico e láctico no polvilho azedo, que dariam ao produto um gosto picante de queijo. Oke (23), descreve a fabricação de "gari", um alimento fermentado de mandioca, citando a presença de ácido láctico e fórmico.

Muitos microrganismos são relatados na literatura como ativos produtores de ácidos orgânicos, além de outras substâncias.

Quadro 1. Teor de ácidos orgânicos no polvilho azedo comercial (g/100 g).

Amostras	ÁCIDOS ORGÂNICOS						Total
	Butírico	Propiônico	Acético	Fórmico	Succínico	Lático	
1	0 0680	0 0148	0 0605	0 0184	0 0248	0 0666	0 2531
2	0 0286	0 0148	0 0120	0 0437	0 0752	—	0 1743
3	0 0211	0 0222	0 0346	0 0304	0 0649	0 1638	0 3370
4	0 0206	0 0186	0 0302	0 0240	0 0648	0 1636	0 3218
5	0 0363	0 0061	0 0119	0 0202	0 0600	0 2252	0 3597
6	0 1760	0 0740	—	—	0 0944	0 7560	1 1004
7	0 0103	0 0127	0 0013	0 0174	0 0632	0 2341	0 3390
8	0 1035	0 0089	0 0046	—	0 0042	0 0850	0 2060
9	0 0160	0 0038	0 0012	0 0317	0 0422	0 1814	0 2763
10	0 2288	0 3552	0 0192	0 0736	0 5192	0 1980	1 3940
11	0 0220	—	—	0 0483	0 0502	0 3094	0 4299
12	0 0040	0 0163	0 0019	0 0386	0 0555	0 1008	0 2171
13	0 3520	0 0296	0 0192	—	0 4012	0 2340	1 0360
14	0 0123	0 0052	—	0 0483	0 0330	0 1307	0 2295
15	0 0303	0 0532	0 0450	0 0144	0 0940	0 0450	0 2819
16	0 1452	—	0 0696	0 1403	0 0944	—	0 4495
17	0 1408	0 0099	0 1312	0 1135	0 4720	1 1190	1 9864
18	0 0528	0 0355	0 0595	0 0147	0 0354	0 3240	0 5219
19	0 2112	0 1776	0 0192	0 0552	0 6844	0 9720	2 1196
20	0 2332	0 0703	0 0672	0 0253	0 0354	0 0675	0 4989
21	0 0176	0 0296	0 0115	—	0 2053	0 1872	0 4512
22	0 0170	0 0080	0 0206	0 0356	0 0393	0 1800	0 3005
23	0 0211	0 0030	0 0019	0 0736	0 2065	0 0684	0 3745
24	0 0405	0 0118	0 0806	0 0340	0 0625	0 1260	0 3554
25	0 0772	0 0361	0 0250	—	0 0115	0 5821	0 7319

As bactérias homofermentativas do gênero *Streptococcus* e *Lactobacillus* produzem somente ácido láctico, enquanto que as do gênero *Leuconostoc*, heterofermentativas, produzem além deste, ácido acético, álcool e CO₂ (25). As bactérias do grupo coliforme (*Escherichia*) e certas *Pseudomonas*, produzem ácido fórmico, acético, succínico e láctico, além de etanol, CO₂ e H₂ (11, 25). O mesmo ocorrendo com o *Bacillus polymyxa*. Já as bactérias do gênero *Clostridium* e *Bacillus macerans* produzem ácido butírico, acético, CO₂, H₂, butanol etanol, acetona e álcool iso-propílico. O gênero *Propionibacterium* e alguns outros anaeróbicos produzem grande quantidade de ácido succínico, propiônico e acético (25).

Os resultados obtidos, permitem verificar que na fermentação da fécula de mandioca, dificilmente ocorre um tipo isolado de fermentação, mas sim um conjunto delas. Dentre as fermentações possíveis, predominará aquela cujos microrganismos responsá-

veis, melhor se adaptem às condições existentes. Isto deve ter acontecido nas fermentações comerciais e nas fermentações efetuadas em laboratório, com ou sem troca de água.

A sensibilidade do método utilizado permitiu a determinação de ácidos orgânicos, mesmo em teores muito baixos. Apesar disto, é difícil a interpretação dos dados obtidos, que são resultantes de ação conjunta dos organismos presentes. É fato conhecido que os ácidos podem ser consumidos pelos microrganismos (6, 19, 25), e esta fato pode mascarar o resultado real.

Do exame do Quadro 1, pode-se notar que no polvilho azedo comercial, alguns ácidos estiveram presentes em algumas amostras e não em outras, o que torna difícil citar qual o mais importante. O mesmo podemos dizer das fermentações levadas a efeito em laboratório (Quadro 2 e 3).

Quadro 2. Teor de ácidos orgânicos na fermentação realizada em laboratório, com troca de água (g/100 g).

Amostras	Dia de Fermentação	ÁCIDOS ORGÂNICOS						Total
		Butírico	Propiônico	Acético	Fórmico	Succínico	Lático	
10 A	18 ^o a 30 ^o *	0.0286	0.0262	0.0623	0.0475	0.0592	0.0797	0.3035
11 A	4 ^o	0.0018	0.0022	0.0019	0.0055	0.0177	0.0252	0.0543
11 B	17 ^o	0.0318	0.0127	—	0.0297	0.0314	0.0479	0.1535
12 A	4 ^o	0.0220	0.0072	—	—	0.0118	0.0180	0.0590
12 B	12 ^o	—	0.0444	0.0024	0.0046	0.0649	0.0900	0.2063
13 A	4 ^o	0.0264	0.0444	—	0.0069	0.0089	—	0.1574
13 B	14 ^o	0.0070	0.0053	0.0046	0.0328	0.0299	0.0374	0.1164
13 C	20 ^o	0.0111	0.0047	—	0.0106	0.0186	0.0147	0.0597
14 A	1 ^o	—	—	0.0024	—	0.0177	0.0270	0.0471
14 B	6 ^o	0.0097	0.0089	0.0166	0.0062	0.0086	0.0225	0.0724
14 C	16 ^o	0.0352	0.0074	0.0024	0.0023	0.0295	0.0630	0.1398
15 A	4 ^o	0.0005	0.0004	0.0001	0.0006	0.0010	0.0023	0.0033
15 B	6 a 10 ^o *	0.0012	0.0020	0.0060	0.0005	0.0014	0.0022	0.0079
16 A	1 ^o	0.0126	0.1029	0.0206	0.0203	0.0337	0.0772	0.2673
16 B	3 ^o	0.0004	0.0007	—	—	0.0024	0.0014	0.0050
16 C	10 ^o	0.0168	0.0148	—	0.0133	0.0260	0.0324	0.1023
16 D	20 ^o	0.0009	0.0096	—	—	0.0130	0.0081	0.0316

* Amostra constituída da mistura das frações coletadas a cada dia

Quadro 3. Teor de ácidos orgânicos na fermentação realizada em laboratório, com troca de água (g/100 g).

Amostras	Dia de Fermentação	ÁCIDOS ORGÂNICOS						Total
		Butírico	Propiônico	Acético	Fórmico	Succínico	Lático	
17 A	4 ^o	0.0114	0.0048	—	0.0037	0.0059	0.0063	0.0321
17 B	12 ^o	—	0.0011	—	—	0.0044	0.0090	0.0145
18 A	3 ^o	0.0046	0.0054	0.0050	0.0025	0.0097	0.0158	0.0430
18 B	13 ^o	—	0.0038	—	0.0008	0.0069	0.0012	0.0127
18 C	18 ^o	0.0018	0.0006	0.0023	0.0004	0.0162	0.0045	0.0258
19 A	4 ^o	—	0.0048	0.0039	0.0034	0.0139	0.0336	0.0596
19 B	26 ^o	—	0.0018	0.0013	0.0010	0.0070	0.0220	0.0331
19 C	30 ^o	0.0018	0.0015	—	0.0016	0.0059	0.0014	0.0122
20 A	2 ^o	—	0.0111	—	—	—	—	0.0111
20 B	6 ^o	—	—	0.0024	0.0023	0.0059	0.0270	0.0376
20 C	13 ^o	0.0022	0.0044	—	0.0018	0.0071	0.0063	0.0218
20 D	26 ^o	—	0.0105	0.0027	—	0.0137	0.0096	0.0365
20 E	30 ^o	0.0059	0.0123	0.0064	—	—	0.0225	0.0471
21 A	19 ^o	0.0110	0.0044	0.0015	—	0.0047	0.0034	0.0250
21 B	26 ^o	—	0.007	0.0002	0.0005	0.0008	0.0002	0.0024

O maior teor total de ácidos encontrado, foi de 2.1196 g em 100 g da amostra 10 (Quadro 1) e o

menor de 0.1743 g em 100 g da amostra 2 (Quadro 1).

No Quadro 2 e no Quadro 3, observou-se que os primeiros ácidos formados geralmente foram o láctico e o succínico. Também é possível verificar que existe a tendência dos ácidos aumentarem do início para o final das fermentações.

Houve pequena diferença entre as fermentações conduzidas com ou sem troca de água, a não ser quanto ao teor de ácidos formados. As primeiras apresentaram um total de ácidos mais baixos que as outras, uma vez que estes acompanhavam o líquido sobrenadante quanto era retirado.

Conclusão

Tanto no polvilho azedo comercial, como nas fermentações realizadas em laboratório, foram detectados os seguintes ácidos orgânicos: propiônico, butírico, acético, fórmico, succínico e láctico; em teores variáveis

Resumo

O polvilho azedo, ou fécula fermentada, é produzido a partir de fermentações naturais. Com o intuito de conhecer melhor o processamento, e através de seu controle, obter um produto de melhor qualidade, foram identificados e dosados seis ácidos orgânicos. O método utilizado foi a cromatografia em coluna de ácido silícico e as amostras foram obtidas de fermentações industriais e de fermentações conduzidas em laboratório.

Tanto no polvilho azedo comercial, como nas fermentações de laboratório, foram detectados os seguintes ácidos orgânicos em quantidades bastante variáveis: propiônico, butírico, acético, fórmico, succínico e láctico.

Literatura citada

- ALBUQUERQUE, M. de. Notas sobre a mandioca. Boletim Técnico Instituto Agrônomo do Norte (41):1-92. 1961
- ALBUQUERQUE, M. A mandioca na Amazônia. Manaus, Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia, 1969. 277 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Comissão de Estudo de Documentação, Rio de Janeiro. Referências bibliográficas. In Normas brasileiras em documentação. ed. atual. Rio de Janeiro, 1978. pp. 13-31
- BANZON, J. *et al.* Fermentation utilization of cassava; the butyl-acetonic fermentation Iowa Academy Science 48:233-236. 1941.
- BANZON, J. *et al.* Fermentative utilization of cassava: the production of ethanol. Iowa St. Coll. J. Sci. 23:219-235. 1949.
- BREED, R. S. *et al.* Bergey's manual of determinative bacteriology. 7. ed. Baltimore, Williams & Wilkins, 1957. 1 094 p.
- CEREDA, M. P. Alguns aspectos sobre a fermentação da fécula de mandioca. Botucatu, 1973. 89 f. (Tese – Doutorado – Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu).
- CEREDA, M. P.; LIMA, U. de A.; BRASIL, M. A. M. Características do polvilho azedo comercial. Ciência e Cultura, São Paulo (supl.) 26:459-460. 1974.
- D'ARO, N. A mandioca; alguns tipos de farinhas. Campo, 8:46-48. 1937.
- FARIA, V. P. de. Effects of maturity on composition and digestibility of a bird resistant grain sorghum. (Thesis – M. S. – Ohio State University). Columbus, 1968. 75 p.
- FIELD, J. T. *et al.* Fermentation of polyhydric alcohols by the genera *Escherichia* and *Aerobacter*. II. Inositology. Applied Microbiology 1:112-116. 1953.
- GRAVATA, A. G. Mandioca "for ever", carimã e polvilho azedo. Chacaras Quint. 62:440-441. 1940.
- GREENWOOD, C. T. Structure, properties, and amyolytic degradation of starch Food Technology 18:138-142. 1964.
- HESELTIME, C. W.; SHIBASAKI, K. III-Pure culture fermentation with *Saccharomyces rouxii*. Applied Microbiology 9:515-518. 1961.
- INDUSTRIALIZAÇÃO da mandioca. Seleções Agric. 18:66-68. 1963.
- LEME, Jr., J. *Amidéria e fecularia*. In ENCICLOPEDIA – DELTA–LAROUSSE, 2. ed. Rio de Janeiro, Ed. Delta. 14:7 652-7 656. 1967.

17. LEME, Jr. J. Industrialização da mandioca. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz" s.d. 29f. (mimeo).
18. LIMA, O. G. de. Identificação e estudo dos mofos sacarificantes do amilo na elaboração da aguardente tiquira, uma bebida regional do Maranhão. Anais da Sociedade de Biologia Pernamb. 4:11-30, 1943.
19. LODDER, J. and KREGER-VANRIJ, N. J. W. The yeasts; a taxonomic study. 2. ed. Amsterdam, North Holland Publ., 1970. 1 385 p.
20. MALTA, A. Cultura da mandioca. Bol. Agric. Dep. Prod. veg., Belo Horizonte 7:45-52. 1958.
21. MARAVALHAS, N. Cinco estudos sobre a farinha de mandioca. Manaus, INPA, 1964. 9 p. (Publicação Química, 6).
22. MORAIS, M. E. de Aproveitamento da mandioca como matéria prima na indústria nacional (*Manihot utilissima*). Bol. Agric., São Paulo, 45:295-301. 1944.
23. OKE, O. L. Cassava as food in Nigeria. Wld. Rev. Nutr. Diet. 9:227-250. 1968.
24. SILVEIRA, A. H. da Polvilho. Bol. Agric., Belo Horizonte 5:55-56. 1956.
25. STAINER, R. Y. *et al.* Mundo dos micróbios. Trad. E. Kirchnrr, São Paulo, EDUSP, 1969. pp. 396-341.

MATCHING CROP REQUIREMENTS TO LAND CHARACTERISTICS IN A TROPEPTIC EUTRUSTOX IN HAWAII¹

L. A. MANRIQUE*

D. J. HARRIS*

G. UEHARA*

Resumen

Los autores presentan el desarrollo de una secuencia de cultivos a base de maíz, soya y papa para un Tropeptic Eustrustox de Hawai. Se obtuvo rendimientos de 2.0 a 2.5 t ha⁻¹ de grano de soya, 36.0 t ha⁻¹ de tubérculos de papa y 10.0 t ha⁻¹ al aprovechar el período cálido de abril a noviembre para cultivar el maíz (mayo-setiembre) y la soya (setiembre-diciembre), cultivando la papa en los meses más fríos (diciembre-marzo). Se concluye que se puede obtener aumentos en rendimientos haciendo coincidir los requerimientos de los cultivos con las variaciones estacionales del clima.

Introduction

Multiple cropping, the growing of two or more crops on the same land during one year, is a widespread method of agriculture in the tropics. There are obvious advantages of sustained year-round production; however, it is also known that seasonal temperature variation can markedly alter crop yields even in the tropics. This seasonal effect becomes greater as one moves away from the equator. Therefore, developing cropping systems capable of taking full advantage of the seasonal variation is important for improved efficiency of crop production in the tropics. This paper reports the results of a cropping pattern developed for a clayey, kaolinitic, isohyperthermic Tropeptic Eustrustox from Hawaii.

Materials and methods

Maize experiments. Maize (*Zea mays* L.) experiments were conducted at different times of the year at Waipio, Island of Oahu, Hawaii, during 1978 through 1981. The soil at this experimental site belongs to the Wahiawa series and is classified as clayey, kaolinitic, isohyperthermic Tropeptic Eustrustox. Soil properties of this soil family were reported by Ikawa (2). The mean annual rainfall at Waipio (1978-1981) was 921 mm (Table 1). The lowest rainfall period occurred in the summer months (June-August). The mean annual temperature was 25°C, with a difference of 3 to 4°C between summer and winter (January-March).

Plots, 8 by 3 meters, with rows spaced at 75 cm were planted with maize (hybrid X304C from Pioneer Hi-Bred International). Plants were 23 cm apart in the row, giving a population of 58,000 plants/ha. At planting nitrogen fertilizer was applied at 120 kg/ha and potassium at 100 kg/ha. Growing conditions were near-optimum because of control of water supply and pests. Field operations including harvest followed standard procedures and guidelines (1).

¹ Received for publication on October 2, 1984.
This work was supported by the Benchmark Soils Project (Contract No. AID/ta-C-1108).

* Research Associates, Benchmark Soils Project, and Professor, Department of Agronomy and Soil Science, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii, 96822.

Table 1. Climatic data (1978-1871) at Waipio, Island of Oahu, Hawaii.

Month*	Rainfall (mm)	Solar Radiation $10^4 \text{ Jm}^{-2}\text{d}^{-1}$	Temperature °C
January	171.6	1 236	22.3
February	105.9	1 479	22.3
March	42.8	1 793	23.5
April	83.8	1 953	24.0
May	87.6	2 036	24.6
June	61.3	2 078	25.6
July	30.9	2 133	26.3
August	26.7	2 074	26.6
September	46.2	1 978	26.2
October	124.4	1 517	26.0
November	46.5	1 425	24.9
December	94.2	1 173	23.2

* Summer (June-August), Winter (January-March).

Potato experiments. Potatoes (*Solanum tuberosum*, var. Kennebec) were planted in the winter and summer of 1980. Plots 8 x 3 meters were seeded with potatoes spaced 35 cm apart in rows 75 cm apart to achieve a density of 36 666 plants/ha. Nitrogen fertilizer was applied at 160 kg/ha and potassium at 120 kg/ha. Half of the N fertilizer was applied at planting and half at 30 days after planting. Irrigated and nonirrigated plots were included in the summer of 1980. All plots were irrigated uniformly until 30 days after planting, thereafter water was applied only in irrigated plots when soil water tension reached 0.50 bars. Details of these potato experiments were reported elsewhere (4, 5)

Cropping sequence. A cropping sequence of potato-maize-soybean was grown during 1979 and 1980. Table 2 shows planting and harvest dates for the different crops. The maize and potato experiments in this sequence were similar to the experiments described above. Soybean (*Glycine max* L.) seeds were planted 5 cm apart with 75 cm between rows, giving a population of 266 666 plants/ha. Soybean seeds were inoculated with strains of *Rhizobium japonicum*. At planting nitrogen fertilizer was applied at the rate of 40 kg/ha and potassium at 100 kg/ha. Initially, the maize crop was planted on May 1, 1980; however, an accidental application of herbicide in an adjacent experimental plot severely affected germination and further emergence. The crop was replanted on May 20 and the harvest was delayed until September 30. This delay prevented planting the following soybean crop at the scheduled time on the same plots. To adhere to the planting schedule, soybeans were planted in adjacent plots on September 2, 1980

Table 2. Crop yields in the crop sequence potato-maize-soybean.

Crop	Year	Date of Planting	Date of Harvest	Yield t ha^{-1}
Soybean	1979	August 20	November 30	2.5
Potatoes	1980	December 20	March 30	34.0
Maize	1980	May 20	September 30	10.0
Soybean	1980	September 2	December 9	2.0
Potatoes	1981	January 19	April 22	38.6

Since maize and potatoes are the two main crops of this sequence, and soybean is simply a filler crop for the months of September to December, the results of the maize and potato experiments are emphasized here

Results

Maize yields. The effect of seasonal variation on the length of the growing period of several maize plantings is presented in Table 3. Maize growth in the cool winter months was slow. Maize planted in December and January did not reach maturity until summer and took almost 170 days. Maize planted in March also grew slowly and reached maturity in summer. Maize planted in June and July matured normally in 130-140 days. Similar results were reported by Jon *et al.* (3) in maize experiments conducted in a isohyperthermic (mean annual soil temperature $> 22^\circ\text{C}$) Typic Haplustoll in Hawaii.

The number of days required to reach 50% tasseling was also dependent upon planting date. Summer plantings of maize reached 50% tasseling 20 days earlier than winter maize crops. In studies comparing days to tasseling and maturity in Tropic Eutrustox from Hawaii, Puerto Rico and Brazil, Manrique and Tsuji¹ found that X304C generally takes longer to tassel and mature in Hawaii and Brazil than X304C grown in a similar soil in Puerto Rico. Delayed tasseling and maturity was attributed to seasonal temperature variation in the Hawaii sites and also to relatively cool temperature in the Brazil site. From these studies, it is apparent that tasseling and maturity differences between members of this tropical soil family are temperature related even though they are located in a narrow climatic range.

Maize yields were less dependent on seasonal variation than tasseling and maturity (Table 3). Yields between 8.5 to 11.5 t ha^{-1} were obtained in most cases. Similar yields between winter and summer

¹ 1983, unpublished data.

Table 3. Number of days to tasseling and harvest and yields of maize as affected by seasonal temperature variation. Variety X304C.

Maize Experiment	Season ^a	Date of Planting	Air Temperature ^b , °C		Days to		Grain Yield ^c , t ha ⁻¹	Yield Production Rate, t ha ⁻¹ day ⁻¹
			Planting	Tasseling	Tasseling	Harvest		
WAI A10	S	July 10, 1978	27.1	26.8	60	140	10.5	0.075
B10	W	Jan. 03, 1979	21.7	23.0	86	170	11.5	0.068
D10	S	June, 07, 1979	25.3	25.4	64	139	10.0	0.072
A11	W	Dec. 13, 1979	22.7	23.4	79	167	8.5	0.051
A12	S	July 22, 1980	25.2	23.1	57	134	10.7	0.080
A13	W	Mar. 06, 1981	23.0	24.5	69	146	9.7	0.066

a S = summer, W = winter

b Air temperature for the months of planting and tasseling

c Yields correspond to the +0.85N, +0.85P (code level) treatment of transfer experiments

crops seem to be attributed to accumulated solar radiation that winter crops benefited due to extended maturity periods (3). However, grain yield per day was greatly diminished in the winter crops.

Potato yields. Potatoes grown under the short days of the winter season had a short growing season and tuber initiation began at 40 days after planting (Table 4). Soil temperatures, measured at 20 cm depth, ranged from 18 to 20°C (5). Potato grown during the relatively long summer days had a prolonged growing season, tuber initiation was delayed by 15 days and yields were reduced. Soil temperatures, measured at 20 cm depth, ranged from 24 to 26°C.

Cropping sequence. The cropping sequence developed in this soil family yielded 10.0 t ha⁻¹ of maize in the summer followed by 2.0 to 2.5 t ha⁻¹ of soybeans (Table 2). Potato yield in the winter of 1980 was 34.0 t ha⁻¹. A tuber yield of 38.6 t ha⁻¹ was obtained in the winter of 1981, due mostly to better seed and also to improved crop management.

Discussion

The results of the maize experiments demonstrate that summer is the best season to attain high maize yields in short growing periods. The results stress the importance of time in the context of more efficient use of land and energy. Furthermore, the differential response of potatoes to seasonal temperature variation stress the importance of matching crops not only to the particular soil family but also to seasons. The results of this study pattern indicate that a summer planting of maize, followed by a crop of soybeans, and a final winter planting of potato appears to be one cropping sequence that makes efficient use of land area and solar energy. This cropping sequence

takes advantage of the warm periods with high solar radiation, which fall between spring and autumn, to grow maize and soybeans and uses the winter months to meet cooler soil temperature requirements for potato production. By matching crops not only to a particular soil family but also to seasons within a family, crop production can be very much increased without increasing land area.

Table 4. Potato performance at Waipio, Island of Oahu, Hawaii^a.

Parameter	Winter 1980	Summer 1980
Air Temperature, °C	21.5 – 23.4	23.2 – 25.4
Tuber initiation, days	40	55
Growth period, days	100	120
Yield ^b , t ha ⁻¹	34.2	25.4

a Sources: Manrique (4) and Manrique *et al.* (5).

b Irrigated plots

Summary

A cropping sequence consisting of maize, soybean and potatoes has been developed for a clayey, kaolinitic, isohyperthermic soil family of Tropeptic Eutrotox in Hawaii. Each crop required a land preparation and growing period of 3 to 5 months. Supplemental irrigation was provided using a drip irrigation system. A soybean crop was grown between September and mid-December giving a grain yield of 2.0 to 2.5 t ha⁻¹. Between late December and early January, potato was planted. After 100 days, the average tuber yield was 36.0 t ha⁻¹. Maize was grown between May and September and yielded 10.0 t ha⁻¹. This cropping pattern was designed to take advantage of the warm, sunny period between April and

November to grow maize and soybean. Potato, which requires cool soil temperatures for tuber development, was grown in the winter months. Marked increases in yields can be obtained on this soil by matching crop requirements to seasonal variation.

Literature cited

1. HAWAII, UNIVERSITY OF HAWAII. BENCHMARK SOIL PROJECT. Procedures and guidelines for agrotechnology transfer experiments with maize in a network of Benchmark soils University of Hawaii, Benchmark Soil Project, 1982 64 p. (BSP Tecn. Rep. 3)
2. IKAWA, H. Laboratory data and description of soils of the Benchmark Soils Project. Vol 1. Hawaii Agricultural Experiment Station. Miscellaneous Publication 165. 1979. 37 p.
3. JONG, S. K., BREWBAKER, J. L. and LEE, C. H. Effects of solar radiation on the performance of maize in 41 successive monthly plantings in Hawaii. *Crop Science* 22:13-18. 1982.
4. MANRIQUE, L. A. Performance of potatoes in three tropical soil families. In Symposium of the International Society of Tropical Root Crops, Lima, Peru, 1983. Proceedings . (In Press).
5. MANRIQUE, L. A., TSUJI, G. Y., UEHARA, G. and FOX, R. L. Winter and summer performance of potato (*Solanum tuberosum*) in isohyperthermic temperature regimes *American Potato Journal* 61:41-54 1984.

Colletotrichum gloeosporioides ASSOCIATED WITH LESIONS ON BRANCHES OF
Eucalyptus pellita AFFECTED BY THE "MAL DO RIO DOCE" DISEASE¹ /

J. C. DIANESE*
W. R. C. RIBEIRO*
T. S. de A. MORAES**

Resumen

El hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Sacc se aisló de lesiones situadas en ramas laterales de *Eucalyptus pellita* F. Muell. El aislamiento resultó patogénico a plántulas y ramas de *E. grandis* W. Hill ex Maiden y a frutos de *Carica papaya* L., *Psidium guajava* L., *Mangifera indica* L. y *Capsicum annum* L. El significado de este hallazgo se discute en relación con el "Mal do Rio Doce", importante enfermedad de etiología desconocida que daña las especies de *Eucalyptus* en el Estado de Minas Gerais, Brasil.

Introduction

Diseases causing losses to *Eucalyptus* spp. in Brazil have been limited to the *Criphonectria* canker (6, 7), rust (4, 5), damping off and leaf spots caused by *Cylindrocladium* spp. (1, 8) and a disease of unknown etiology called "Mal do Rio Doce" or "Seca de Ponteiros" (3). Although *Colletotrichum* spp. have been isolated from several *Eucalyptus* spp. (2, 9, 10) there is no report of an attack causing consistent field losses in Brazil.

This paper reports the occurrence and pathogenicity of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Sacc. isolated from lesions on lateral branches of *Eucalyptus pellita* F. Muell. affected by the "Mal do Rio Doce" disease in Belo Oriente, State of Minas Gerais, Brazil.

Material and methods

Isolation — Stems of ten-month-old plants containing lesions at the base of lateral branches (Figure 1), were collected from five different *Eucalyptus* species (Table 1) in August 1982. Fungal isolation in potato-dextrose-agar (PDA) was performed after surface disinfection with 1% sodium hypochlorite for two minutes. The isolate UnB 750 of *C. gloeosporioides* was obtained.

Inoculation — Seedlings and branches of *E. grandis* W. Hill ex Maiden and fruits of red guava (*Psidium guajava* L.), mango (*Mangifera indica* L.) cv "Bourbon", pepper (*Capsicum annum* L.) cv Ikeda, papaya (*Carica papaya* L.) cv. Havaiano, eggplant (*Solanum melongena* L.) cv. Embu, *S. gilo* Raddi cv. Redondo verde and orange (*Citrus sinensis* Osbeck) cv. Pera, were inoculated with the UnB 750 isolate of *C. gloeosporioides*. Single spore cultures were grown on PDA plates for 8 to 10 days and the conidia produced were removed with sterile distilled water to form a suspension (10^7 cells per ml). This inoculum was sprayed on ten-week-old seedlings of a South African provenance of *E. grandis* and on branches of an eighteen-month-old Rhodesian provenance of the same species. The fruits were inoculated by placing five drops of the spore suspension on their surface within an area delimited by a 2 cm diameter circle. Both plants and fruits were inoculated after rupturing the epidermis with a needle or by simple inoculum spray on healthy materials. Inoculated samples were kept in a moisture saturated chamber for 48 hours before incubation at 25°C.

¹ Received for publication in June 4, 1984

The research was partially supported by "Cia. Agric. e Florestal Sta. Bárbara", "Florestas Rio Doce S/A" and "Acesita Florestal S/A", all three located in the State of Minas Gerais, Brazil.

Thanks are due to Dr. E. W. Kitajima from the "Universidade de Brasília" for the revision of the manuscript, to João M. de Souza, Diassis Anélio and Francisco G. Sá for technical assistance, to José de Ribamar Pereira Frazão for typing the manuscript and to Nestor Bezerra for the photographic work.

* Associate-Professor and Graduate Research Associate, Departamento de Biologia Vegetal, Universidade de Brasília, 70910, Brasília, DF, Brazil.

** Forest Researcher, Cia. Agrícola e Florestal Sta. Bárbara, Caixa Postal, 22, 30000, Belo Horizonte, MG, Brazil.

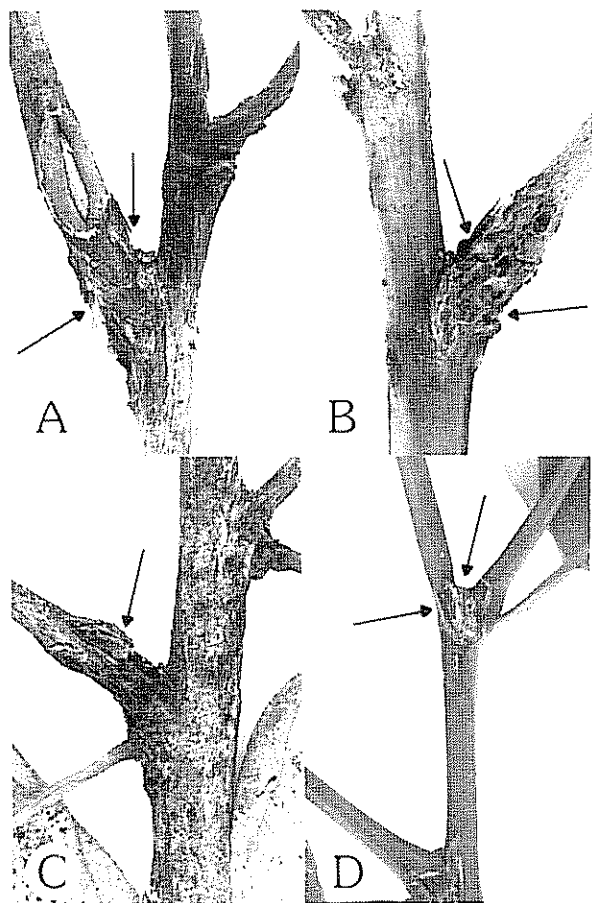


Fig 1. Lesions at the base of lateral branches (arrows) characteristically found on (A) *Eucalyptus grandis* (K. Tablelands provenance), (B) *E. pellita* (NE Coen provenance) and (C) *E. urophylla* (Australia 9003 provenance) affected by the "Mal do Rio Doce". *Colletotrichum gloeosporioides* isolated from (B) *E. pellita* was pathogenic to a Rhodesian provenance of *E. grandis* (D)

Table 1. Isolation of *Colletotrichum gloeosporioides* from five *Eucalyptus* species affected by the "Mal do Rio Doce" disease in Belo Oriente, MG, Brazil, 1982.

Species	Provenance	<i>C. gloeosporioides</i>
<i>E. camaldulensis</i>	Gibb River	-
<i>E. grandis</i>	K, Tablelands	-
<i>E. pellita</i>	NE Coen	+
<i>E. punctata</i>	Manduri	-
<i>E. saligna</i>	Cesanook	-
<i>E. urophylla</i>	Australia 9003	-

-absence or +presence of *C. gloeosporioides* on lesions at the base of lateral branches

All experiments were done with three replicates, and sterile water replaced the spore suspension on the control treatments. Results were recorded a week and three weeks after inoculation on fruits or seedlings and branches, respectively. Reisolations from the inoculated areas presenting lesions always produced typical colonies of *C. gloeosporioides*.

Results and discussion

C. gloeosporioides was consistently isolated from lesions found on lateral branches of ten-month-old *E. pellita* (NE Coen provenance) affected by the "Mal do Rio Doce" (Figure 1). Although *E. grandis*, *E. camaldulensis* Dehnh., *E. punctata* DF., *E. saligna* Sm and *E. urophylla* S T. Blake showed similar symptoms, attempts to isolate the fungus resulted negative (Table 1).

When inoculated on *E. grandis*, the UnB 750 isolate was pathogenic on lateral branches of eighteen-month-old plants and killed the top of ten-week-old seedlings

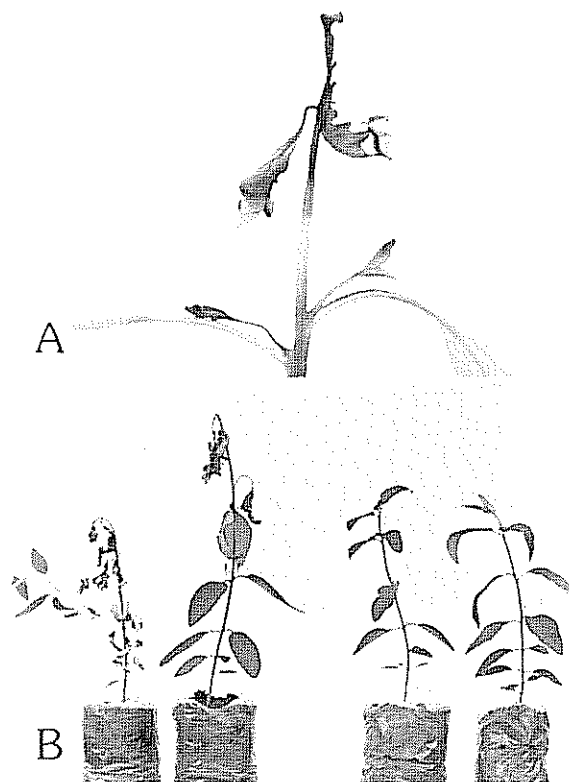


Fig 2. Seedling blight due to infection of a South African provenance of *E. grandis* by *Colletotrichum gloeosporioides* (isolate UnB 750) spray inoculated on intact seedlings (A) or on seedlings punctured with a hypodermic needle (B), at 24 ± 2 C using a conidial suspension containing 10^7 cells per ml

The etiology of "Mal do Rio Doce" disease is not known. Although air pollution, flooding followed by a period of water stress, mineral toxicity or mineral deficiency are being considered as possible primary causes of this syndrome, fungal infection is not definitely its main cause (3). However, infection by *C. gloeosporioides* can contribute to some of the dieback and girdling of branches found in the field, as seen in the inoculation of a susceptible species (Figures 1 and 2). Further characterization of the isolate through the inoculation of fruits of species known as hosts of *C. gloeosporioides* resulted in higher pathogenicity towards guava, mango and papaya as compared to three solanaceous species and orange (Figure 3 and Table 2).

It is important to determine if isolates causing anthracnose on those fruit crops can infect *Eucalyptus*. Levels and genetic variability of the fungal inoculum in the field, possible involvement of other

hosts as inoculum sources and the host range of *C. gloeosporioides* within the genus *Eucalyptus*, are major research lines to be considered in the future.

This is the first record of *C. gloeosporioides* on *Eucalyptus pellita* in Brazil. The data presented do not indicate that this fungus will cause losses in the area, although its high pathogenicity obviously suggests a potential for epidemic action.

Bitancourt (2) found three *Eucalyptus* species attacked by *C. eucalypti* and Viegas (10) indicated *Glomerella eucalyptidea* Avena-Saccá as pathogenic to seven other *Eucalyptus* species and listed *Gloeosporium eucalypti* McAlp. (= *C. gloeosporioides* Penz.) as pathogenic to *E. carynocalix* F. Muell. The relationship between the UnB 750 isolate and those fungi was not established.

Table 2. Pathogenicity of *Colletotrichum gloeosporioides* (UnB 750 isolate) to seedlings of *Eucalyptus grandis* and to fruits of seven other species.

Host ¹	Pathogenicity ²	
	Wound inoculation ³	Intact surface inoculation
<i>E. grandis</i>	+	+
<i>Psidium guajava</i>	+	+
<i>Mangifera indica</i>	+	+
<i>Carica papaya</i>	+	+
<i>Capsicum anuum</i>	+	-
<i>Solanum melongena</i>	-	-
<i>S. gilo</i>	-	-
<i>Citrus sinensis</i>	-	-

1 Except for the 2 month old seedlings of *E. grandis* (South African provenance) the other inoculations were on ripening fruits of Red guava, "Bourbon" mango, "Havaiano" papaya, "Ikeda" pepper, "Embu" eggplant and "Pear" orange.

2 Inoculated material was kept for 48 hours in moisture saturated conditions before incubation for 3 weeks at 25°C (seedlings) or one week at 30°C (fruits). The isolate UnB 750 was obtained from branch lesions present on *E. pellita* affected by "Mal do Rio Doce" disease.

3 Epidermic wounds produced by a hypodermic needle.

Summary

Colletotrichum gloeosporioides (Penz.) Sacc. was isolated from lesions on lateral branches of *Eucalyptus pellita* F. Muell. The isolate was pathogenic to seedlings and branches of *E. grandis* W. Hill ex Maiden and to fruits of *Carica papaya* L., *Psidium guajava* L., *Mangifera indica* L. and *Capsicum annuum* L. The significance of this record is discussed in

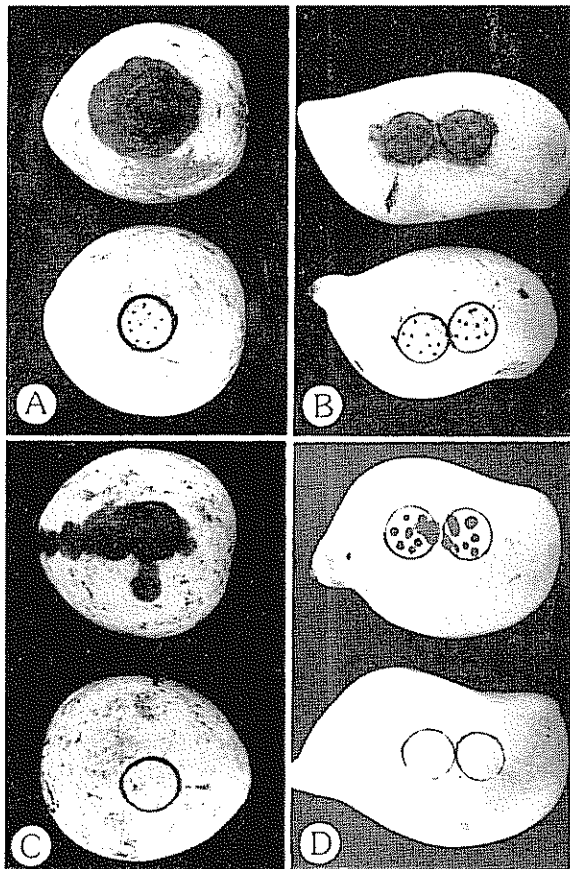


Fig. 3. Infection of Bourbon mango (*Mangifera indica*) and Red guava (*Psidium guajava*) by *Colletotrichum gloeosporioides* (isolate UnB 750) using drops of conidial suspensions (10^7 cells per ml) placed on punctured fruit epidermis (A and B) or on unwounded epidermis (C and D), at 30°C.

relation to the "Mal do Rio Doce", an important disease of *Eucalyptus* spp. of unknown etiology present in the State of Minas Gerais, Brazil.

Literature cited

1. ALFENAS, A. C., MATSUOKA, K., FERREIRA, F. A. and HODGES, C. S. Identificação, características culturais e patogenicidade de três espécies de *Cylindrocladium* isolados de manchas de folhas de *Eucalyptus* spp. Fitopatologia Brasileira 4:445-459. 1979
2. BITANCOURT, A. A. Uma doença de eucalipto. Revista de Agricultura 2:32-39. 1927.
3. DIANESE, J. C., HARIDASAN, M. and MORAES, T. S. de A. Tolerance to the "Mal do Rio Doce", a major disease of *Eucalyptus* in Brazil. Tropical Pest Management (in press). 1984.
4. DIANESE, J. C., MORAES, T. S. de A. and SILVA, A. R. Response of *Eucalyptus* species to the field infection by *Puccinia psidii*. Plant Disease 68:314-316. 1984
5. FERREIRA, F. A. and SILVA, A. R. Comportamento de procedências de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna* à ferrugem. Fitopatologia Brasileira 7:23-27. 1982.
6. HODGES, C. S. The taxonomy of *Diaporthe cubensis*. Mycologia 72:542-548. 1980.
7. HODGES, C. S., REIS, M. S., FERREIRA, F. A. and HENFLING, J. D. M. O cancro do eucalipto causado por *Diaporthe cubensis*. Fitopatologia Brasileira 1:129-170. 1976.
8. REIS, M. S. Estudo da etiologia e controle químico do tombamento de mudas de eucalipto, incitado por *Cylindrocladium scoparium* Morgan. M. Sc. Thesis. Universidade Fed. de Viçosa, Minas Gerais, Brazil. 1965. 54 p.
9. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Index of plant diseases in the United States. USDA., Beltsville, MD. USA. 1953. I 192 p.
10. VIEGAS, A. P. Índice de fungos da América do Sul, Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, SP, Brazil. 1961. 921 p.

SOIL-CO₂ EFFLUX IN SIMPLE AND DIVERSE ECOYSTEMS ON A VOLCANIC SOIL IN COSTA RICA¹ /

J. RAICH*
J. EWEL**
M. OLIVERA***

Resumen

El flujo de CO₂ de un suelo relativamente fértil fue medido en nueve ecosistemas. Los ecosistemas tenían de 0,8 a 10 años de edad e incluyeron un suelo libre de vegetación, monocultivos de melina (Gmelina arborea) y yuca (Manihot esculenta), y comunidades sucesionales que contenían de 80 a > 150 especies. Los flujos de CO₂ se midieron en 6 u 8 repeticiones a intervalos de 4 horas durante períodos continuos de 24 horas, empleando cámaras cerradas con álcali absorbente. Los flujos medios de CO₂ oscilaron entre aproximadamente 9 y 18 g m⁻² d⁻¹; los patrones diarios fueron inconsistentes. Los insecticidas no redujeron las tasas de emanación de CO₂ en los dos ecosistemas donde fueron aplicados. El suelo libre de vegetación produjo las menores cantidades de CO₂; sin embargo, otras diferencias en producción de CO₂ entre ecosistemas no se relacionaron claramente con variaciones en cuanto a edad de la vegetación, estatura, riqueza de especies o área superficial de raíces finas. La temperatura del suelo no contribuyó en las diferencias de flujo de CO₂, mientras que el incremento del agua en el suelo fue asociado con una liberación más rápida de CO₂, probablemente debido a un estímulo en la actividad de los microorganismos del suelo y/o de las raíces. Se incluye un resumen de datos sobre flujos de CO₂ de suelos tropicales.

Introduction

Soils receive organic matter produced by the aboveground plant community and, through numerous pathways, convert much of it to CO₂. This process-soil respiration-releases energy to the soil community and results in the liberation of nutrients for use by plants. Organic matter catabolism is therefore a major ecosystem process upon which the entire plant/soil community depends.

Measurement of CO₂ efflux from the soil surface is probably the most widely used system of estimating the rate of soil respiration *in situ*. However, soil respiration and soil-CO₂ efflux are not synonymous, although they are often assumed to be so. Soil respiration is the oxidation of organic matter in the soil, and includes the respiration of roots and soil biota, as well as the physical oxidation of organic matter (19). Soil-CO₂ efflux is the release of CO₂ into the atmosphere, and therefore depends both on CO₂ production in the soil and the physical process of gas flow out of the soil. However, most CO₂ produced in a soil is eventually released into the atmosphere, so soil-CO₂ efflux measured over relatively long periods reflects soil respiration. In seasonal climates the time lag between respiration and subsequent CO₂ efflux may be months long, resulting in CO₂ buildups and fluctuations in the soil (7). In relatively aseasonal environments, however, fluctuation in soil-CO₂ concentrations should be damped, and CO₂ efflux should track soil respiration more closely.

The purpose of our study was to compare rates of CO₂ release from the same soil occupied by different kinds of young, fast-growing tropical vegetation. It was our broad working hypothesis that soil-CO₂

¹ Received for publication on May 21, 1984. This study was part of a cooperative research project being conducted by the University of Florida and the Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, and was supported by National Science Foundation grants DEB 78-10721 and DEB 80-11136. We thank W. Cropper for comments.

* School of Forestry and Environmental Studies, Duke University, Durham, NC 27706, USA.

** (Reprint requests) Department of Botany, University of Florida, Gainesville, FL 32611, USA.

*** Departamento Administrativo de Planeación de Cundinamarca, Carrera 5a. No. 15-80 Piso 12, Bogota, Colombia.

efflux would increase as soil microbes, organic matter, and roots increased, and as the surface-soil microclimate was ameliorated by the overtopping plants. Specifically, we predicted that soil-CO₂ efflux would 1) be lower in ecosystems whose soil had been treated with insecticide than in ecosystems of comparable complexity that had not been treated, 2) increase with vegetation age, and 3) increase with increasing vegetation complexity (i.e. stature and/or species richness).

Materials and methods

Soil-CO₂ efflux was measured on nine sites, all located within the Florencia Norte forest of the Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), at Turrialba, Costa Rica (9° 53'N, 83° 40'W). All ecosystems were within 200 m of one another and at an elevation of approximately 650 masl. Mean annual rainfall in the area is about 2700 mm and the dry season extends from December through March. The native forest is evergreen, and the area falls within the Tropical Premontane Wet Forest life zone (36) or the Tropical Ombrophilous Submontane Forest formation (37). The study-area soil is a Typic Dystrandept of the Colorado series (2).

The nine experimental ecosystems ranged from 0.8 to 10 yr old, were 0 to 18 m tall, and contained 0 to > 150 plant species (Table 1). All of them except the

young forest and the melina (*Gmelina arborea* Roxb.) plantation were established after parts of the young forest were felled and burned in early 1979. The impacts of the slash and burn (including impacts on soil-CO₂ efflux) were described previously (12). The cassava planting (*Manihot esculenta* Crantz) had been preceded by two crops of maize (*Zea mays* L.) following the burn. The 1.5-yr-old succession contained natural colonists only; its composition had not been manipulated by the investigators. The enriched succession consisted of successional vegetation to which seeds of other species ($\geq 10\,000$ seeds comprised of ≥ 20 species per 225 m² plot per month) had been added. The imitation was an ecosystem designed to mimic the structure and function of naturally occurring successional vegetation, but was comprised of species-both wild and cultivated-chosen by the investigators; natural colonists were weeded out. The vegetation-free plot contained some living roots connected to plants whose stems were outside the plot boundary. Detailed descriptions of vegetation structure, including roots, are reported by Berish (4, 5), Brown (6) and Ewel *et al.* (11).

Two of the vegetations-enriched succession and cassava monoculture-had been treated with insecticides as part of herbivore-reduction experiments (6). The insecticide treatments began in early 1979 and consisted of twice-weekly (or weekly only, in the dry season) applications of diazonone to the foliage and twice-yearly (most recently in May, 1980) applica-

Table 1. Characteristics of the ecosystems where soil-CO₂ efflux was measured.^a

Ecosystem	Species Richness	Age (yr)	Leaf Area Index	Canopy Height (m)	Root Area Index ^b
Young forest	>150 ^c	~10	6.0 ^d	18 ^c	3.2
Enriched succession	159	1.5	5.0	3.7	1.9
Enriched succession plus insecticide	81	1.5	5.4	3.7	no data
Succession	121	1.5	4.4	3.5	1.0
Imitation of succession	82	1.5	3.6	3.1	0.5
Melina monoculture	1 ^e	3.2	5.1	11 ^c	1.0
Cassava monoculture	1	0.8	2.9	2.9	0.1
Cassava monoculture plus insecticide	1	0.9	3.3	2.9	0.1
Vegetation-free	0	1.5	0	0	0.5

a Source: Berish (4, 5), Brown (5) and Ewel *et al.* (11).

b Surface area of roots <5 mm in diameter, to a depth of 25 cm per m² of ground.

c Estimated value

d Based on measurement 19 mo earlier (12)

e Not including herbaceous ground cover, which accounted for 6% of leaf area

tions of aldrin to the soil. Diazonone is a broad-spectrum, non-persistent organophosphate that has low phytotoxicity and aldrin is a persistent, chlorinated hydrocarbon.

Three sets of measurements were made, all in August-September 1980, during the rainy season. A set of measurements consisted of measuring soil-CO₂ efflux at 4-h intervals for a continuous 24-h period at six (first and third sets) or eight (second set) randomly selected locations within each of several of the ecosystems described in Table 1. Soil temperatures were measured every 4 h beside a randomly selected subset of the locations in each site. Temperatures were measured with mercury thermometers pushed 1 cm into the soil. On the bare plot the thermometers were shaded with cardboard, to underestimate the actual soil temperatures reached in the open. Soil moisture was also monitored as a potentially important factor influencing CO₂ efflux. Six samples were collected from each treatment four times during each set of measurements: at the beginning, at dusk, at dawn, and at the end. Soil moisture was determined gravimetrically (oven-drying at 110°C) on soil samples taken from the surface 5 cm next to each sample location.

The first set of measurements was designed to answer two questions: 1) Did the insecticides affect soil metabolism? 2) If so, was a relatively simple ecosystem affected more than a relatively complex one? Two vegetations (treated and untreated plots of each) were used for this set of measurements: the cassava monoculture and the 15-yr-old enriched successional vegetation.

The second and third sets of measurements involved CO₂ efflux as a function of vegetation age and complexity. The purpose of the second set of measurements was to compare soil metabolism of a young monoculture with that of an older monoculture, and to compare the soil metabolism of these two monocultures with that of a diverse community. The three ecosystems chosen for these comparisons were the cassava (young monoculture), the melina (older monoculture) and the 15-yr-old successional vegetation.

The third set of measurements was designed to compare soil-CO₂ efflux from a broad array of ecosystems that differed with respect to vegetation age and community complexity. Six ecosystems (listed in order of decreasing vegetation complexity) were compared: 10-yr-old forest, 15-yr-old enriched succession, 15-yr-old succession, imitation of succession, cassava monoculture, and a soil maintained free of vegetation since early 1979.

Soil-CO₂ efflux was measured using a modification (12) of Haber's (14) method. Carbon dioxide released from the soil surface was trapped in an inverted, 2-liter plastic tub and absorbed with 25 ml of 1.0 N Na OH. The Na OH was supported 5 cm above the soil surface in a Petri dish on a wire stand. The plastic tub covered 186 cm² of soil surface, and the Na OH had an exposed surface area of 62.2 cm². Six to eight such set-ups were used in each site during each experiment. The rim of each tub was pushed 2 cm into the soil to prevent atmospheric contamination of the samples. Each tub was left in place for 4 h, at which time it was removed, the alkali was replaced with fresh solution, and the tub was carefully repositioned. Measurements continued for 24 h.

All samples were kept in air-tight containers both before and after absorption. In addition, blanks were run to account for CO₂ absorption during storage and handling. Blanks were samples that were poured into the Petri dish and then immediately back into their air-tight canisters; their absorbing time was therefore zero. Two blanks were run at each 4-h interval. Samples and blanks were titrated to the end points of phenolphthalein and methyl orange with 0.5 N HCl. The average amount of CO₂ absorbed by the blanks was subtracted from each 4-h sample, and this value was used as a measure of soil-CO₂ evolution. No factor was used to account for CO₂ not absorbed by the alkali, as has been utilized by others (21, 22, 32, 39, 40).

Results

The data, summarized in Table 2, were subjected to analysis of variance using the SAS (30) general linear model procedure. Rates of CO₂ efflux from the soil surface varied significantly ($P < 0.05$) among some treatments within days, from day to day within the 15-yr-old successional vegetation, and among times within days. Diurnal patterns of soil-CO₂ evolution were not consistent, however, perhaps because the range of temperatures encountered was not great. In most cases the diurnal difference between maximum and minimum soil temperatures was 6°C or less, a value exceeded only in one of the three sets of measurements in the cassava monoculture (8.4°C) and in the vegetation-free soil (11.9°C). Comparisons below are based on the total amount of CO₂ absorbed beneath each tub during each 24-h set of measurements.

Neither the vegetation type nor the insecticides significantly affected soil-CO₂ efflux during the first set of measurements. At the time of these measurements soil moisture was significantly greater in the enriched succession (mean of 52.8%) than in the cassava monoculture (mean of 42.8%).

Table 2. Soil-CO₂ efflux, soil moisture, and soil temperatures. Values are means ± standard deviations.

Ecosystem	CO ₂ efflux (g m ⁻² d ⁻¹)	Moisture (%)	Temperature (°C) min. max. diff.
FIRST SET OF MEASUREMENTS			
Cassava	^a 12.1 ± 1.2	^a 41.1 ± 5.6	20.6 29.0 8.4
Cassava plus insecticide	^a 11.2 ± 2.6	^a 44.5 ± 2.5	20.6 25.0 4.4
Enriched succession	^a 12.0 ± 3.0	^b 55.6 ± 0.8	21.3 24.3 3.0
Enriched succession plus insecticide	^a 12.6 ± 3.8	^b 50.0 ± 1.5	21.0 24.5 3.5
SECOND SET OF MEASUREMENTS			
Succession	^a 17.5 ± 5.1	^a 61.3 ± 1.8	21.0 24.1 3.1
Cassava	^b 12.4 ± 1.5	^b 54.3 ± 1.8	21.5 25.0 3.5
Melina	^b 11.4 ± 2.4	^b 51.3 ± 3.8	21.0 23.0 2.0
THIRD SET OF MEASUREMENTS			
Young forest	^a 17.9 ± 1.6	^a 60.8 ± 0.9	21.6 24.0 2.4
Enriched succession	^b 13.7 ± 0.7	^a 60.5 ± 2.2	21.5 23.8 2.3
Succession	^c 12.7 ± 3.4	^a 58.0 ± 1.1	21.3 27.0 5.7
Imitation of succession	^c 12.4 ± 2.4	^b 50.6 ± 1.9	22.4 27.5 5.1
Cassava	^c 12.7 ± 2.1	^c 44.1 ± 1.4	22.3 26.7 4.4
Vegetation-free	^d 9.2 ± 2.3	^d 33.7 ± 2.8	24.1 36.0 11.9

a, b, c, d Within a given set of measurements, means in the same column accompanied by the same superscript do not differ significantly

The diverse, successional ecosystem had significantly higher soil-CO₂ efflux (and moister soil) than did either the cassava monoculture or the melina plantation during the second set of measurements. The rates of soil-CO₂ evolution in the two monocultures were about the same.

Soil-CO₂ efflux and soil moisture were both significantly affected by the type of vegetation during the third set of measurements. The 10-yr-old secondary forest had higher rates of soil-CO₂ evolution and more soil moisture than did all other sites. The vegetation-free plot had the lowest rates of soil-CO₂ evolution as well as the driest soil. Mean daily soil-CO₂ efflux during the third set of measurements ranged, from highest to lowest: secondary forest > enriched succession > succession = cassava = imitation of succession > vegetation-free soil. Soil moisture varied in a slightly different manner: enriched succession = young forest = succession > imitation of succession > cassava > vegetation-free soil.

Daily soil-CO₂ efflux was significantly ($P < .001$) correlated with soil moisture by the following equation:

$$Y = .24X + .76 \quad (r^2 = .61)$$

where: Y = mean soil-CO₂ efflux (g m⁻² d⁻¹) and X = mean soil moisture (%). Dry-season data, collected in the same location and with the same methodology (12), were included in this regression.

Discussion

Rates of soil-CO₂ evolution on the sites reported here (9.2 to 17.9 g m⁻² d⁻¹) are in the upper range of values reported from other tropical areas, with the exception of a few apparent outliers (Table 3). Considering the large number of factors that influence soil-CO₂ evolution rates, the diversity of tropical vegetation types, and the short periods of time over which most of the tropical soil-CO₂-evolution data in the literature are based, the site-to-site variation in Table 3 is understandable. However, it is also likely that methodological differences account for some of the differences. All chamber techniques affect the environment of the soil being measured, if only moderately, and all static systems (which includes most values in Table 3) eliminate air movement over the soil surface, which may be important (24, 33).

Table 3. Soil-CO₂ evolution rates in tropical ecosystems. Values are means or ranges and, unless specified to the contrary, are from closed-chamber systems without air flow.

Location	Reference	CO ₂ efflux (g m ⁻² d ⁻¹)	Vegetation type
Brazil	Coutinho and Lamberti (8)	2.9	Moist forest (white-sand soil)
Costa Rica	Schulze (32)	9.0	Mature dry forest
		32.6	Mature gallery forest
		7.9	Savannah
		38.0	Mature wet forest
		61.3	± 2-yr-old wet-forest regrowth
		14.3	Dry forest
	Johnson <i>et al.</i> (15)	5.0	Wet forest
		20 ¹	60-yr-old wet forest
	Allen and Lemon (1)	12.8	8-yr-old wet forest
	Ewel <i>et al.</i> (12)	13.3	Cut-and-mulched site
		16.8	Recently burned site
		12.5	Mature wet forest
		16.9	1-yr-old regrowth
16.9		1-yr-old regrowth	
India	Singh <i>et al.</i> (35)	0.2 – 2.9	<i>Zizyphus shrub community</i>
	Gupta and Singh (13)	1.2 – 10.8	Grassland
	Rai and Srivastava (26)	1.0 – 3.7	Dry forest
	Upadhyaya <i>et al.</i> (38)	2.7 – 16.5	Grassland (four types)
Indonesia	Wanner (39)	4.1	Lower montane rain forest
		5.9	Lowland rain forest
	Wanner <i>et al.</i> (40)	4.4	Strand forest
		5.6	20-yr-old teak plantation
		5.2	Grassland
	5.7	Clump of trees in savannah	
	5.8 – 6.7	Montane rain forest (three sites)	
Ivory Coast	Lamotte (18) ²	8	Savannah
Malaysia	Wanner (39)	5.4	Lowland dipterocarp forest
	Wanner <i>et al.</i> (40)	6.6	Lowland dipterocarp forest
		6.1	Lowland heath forest
Ogawa (25)	14.3	Lowland dipterocarp forest	
	Anderson <i>et al.</i> (3)	7.4	Heath forest
		4.5	Alluvial forest
	5.8	Dipterocarp forest	
	6.3	Forest on limestone	
Puerto Rico	Odum <i>et al.</i> (24) ³	0.7 – 11.4	Lower montane rain forest
	Witkamp (44)	0.5 – 1.4	Lower montane rain forest
Thailand	Yoda and Kira (45)	1.1	Cloud forest
		10.6	Dipterocarp savannah forest
		12.3	Dry, monsoon forest
	14.8	Rain forest	
	11.5 – 12.1	Three 4-7-yr-old teak forests	
	Yoda and Nishioka (46)	9.2	Dry-evergreen forest; dry season
27.9	Dry-evergreen forest; wet season		
Venezuela	Medina and Zelwer (21)	8.3	Moist forest
		4.2	Moist forest
		2.3	Cloud forest
		2.3	Lower montane wet forest

Continues on page 38

Location	Reference	CO ₂ efflux (g m ⁻² d ⁻¹)	Vegetation type
		0.9	Montane moist forest
		5.0	Dry forest
		2.7	Very dry forest
	Medina <i>et al.</i> (22)	4.6	Wet forest on podsol
		1.3	Vegetation-free podsol
		2.7	3 mo after burn; podsol
		3.3	11-mo-old regrowth; podsol
		3.4	13-mo-old regrowth; podsol
		3.7	Wet forest on laterite
		1.2	Vegetation-free laterite
		4.3	1 mo after burn; laterite
		2.0	6-mo-old cassava; laterite
Zaire	Maldague and Hilger (20) ⁴	15.3	<i>Gilbertiodendron</i> forest
		11.7	<i>Brachystegia</i> forest
		11.4	<i>Scorodophloeus</i> forest
		12.4	Periodically flooded forest

1 Aerodynamic method

2 Method unknown.

3 Also published much higher values measured in chambers with air flow

4 Oxygen uptake measured with manometer.

Data presented here are most comparable to those of Ewel *et al.* (12) and Raich (27) in Costa Rica, and Maldague and Hilger (20), Ogawa (25) and Yoda and Kira (45) for other warm, moist tropical areas.

Other papers (21, 22, 39, 40) report soil-CO₂ effluxes which are, in general, lower than those reported here, although they were often obtained in similar environments.

In comparison with these authors, more hydroxide absorbent was used and a larger surface area of the hydroxide, for better CO₂ absorption (16), was exposed in the present work. Schlesinger's (31) regression line, which relates soil-CO₂ evolution to latitude, predicts a value of about 15 g m⁻² d⁻¹ for the site in which this study was carried out. Mean values for vegetated plots in this site ranged from about 11 to 18 g m⁻² d⁻¹.

Soil-CO₂ efflux is the result of CO₂ production in the soil and its subsequent diffusion into the atmosphere. Insecticides that kill soil arthropods might be expected to affect rates of CO₂ production, but not diffusion. Although the aboveground insect community was reduced by the spraying (6), any effects on belowground populations were not reflected in the CO₂ efflux data. Most CO₂ released is

presumably generated by the activities of microbes and roots, neither of which should have been greatly affected by the insecticides used.

Vegetation can influence soil-CO₂ evolution through its influence on organic matter production (both roots and litter) and on microclimate. The prediction that CO₂ efflux would increase with vegetation complexity was borne out during the second and third sets of measurements, but not the first. At times the monoculture soils yielded as much CO₂ as did those of the more diverse communities. The †vegetation-free plot, however, released CO₂ at a substantially lower rate than did any of those with vegetation.

The young forest had the highest root area index (RAI = 3.2, Table 1) and the highest average CO₂ efflux (17.0 g m⁻² d⁻¹). This relationship did not hold at the other end of the scale: the cassava monoculture had the lowest fine-root biomass (RAI = 0.1), but its rates of CO₂ evolution were intermediate (11.2 to 12.7 g m⁻² d⁻¹).

Although the rate of CO₂ evolution was greatest from the oldest community studied (young forest), the second-oldest community (melina monoculture) had one of the lowest average rates. It is clear that

CO₂ efflux is not dictated by vegetation age alone. Age in conjunction with vegetation complexity may influence CO₂ efflux, however, through its relationships to root development, litter production, and the soil environment.

If insecticides, vegetation complexity, and vegetation age do not explain the observed differences in CO₂ efflux, what does? The answer seems to be abiotic factors. Numerous authors (10, 15, 17, 28, 41, 42, 43) have demonstrated a significant and usually positive relationship between soil temperatures and soil-CO₂ evolution rates, particularly in explaining seasonal trends in temperate environments and day/night differences in rates of CO₂ efflux. However, the highest soil temperatures at the study site occurred in the vegetation-free soil, which also had the lowest soil-CO₂ efflux. This plot had been bare for 15 yr at the time of the study, so CO₂ production here may have been substrate limited. Soil temperature variations beneath vegetation were generally modest, and explain relatively little of the variation in the data.

A more likely factor is water. Soil moisture content is well known to influence the rate of soil-CO₂ evolution (9, 23, 28, 34). There are at least three ways that soil water content might have influenced CO₂ efflux during the measurements made in the present study.

First, soil respiration might have increased with increasing moisture. This would imply that the soil biota was water-limited, and not substrate-limited, at the lower ranges of soil moisture measured here.

A second, but less likely, possibility is that water might have displaced gas in the soil, increasing the outward flux of CO₂. Such a displacement would have to have been a short-term phenomenon, and could have occurred only as long as soil water content was increasing. The changes in soil moisture observed during our 24-h measurements were not large enough to account for much increase in CO₂ flux due to displacement by water, and the water contents observed were not high enough to fill any but the smallest pores, so this phenomenon is unlikely to have been responsible for most moisture-related differences in CO₂ efflux.

Third, increased soil moisture may have resulted in increased diffusivity of CO₂ out of the soil. The soil at the study site contains shrinking/swelling clays and allophane. Over the range of soil moistures encountered during the study (about 30% to 60%), the bulk density of the study-site soil decreases from 1.00 to 0.85 (29). The resulting increase in pore

volume might have increased the rate of CO₂ diffusion out of the soil, but only if the space was occupied by soil atmosphere rather than soil solution, as CO₂ diffuses very slowly in water.

Soil water and temperature—like roots, microbes, and organic matter—are, to some extent, under biotic control. They also vary with season. One might therefore predict that communities with higher transpiration rates would deplete soil moisture faster, resulting in less soil-CO₂ efflux during the dry season. During the wet season (when these measurements were made) differences between high-transpiration and low-transpiration communities would be expected to be small; this fact was observed in the present work.

This study was conducted on a deep, moist, well-drained, relatively fertile soil: perhaps nearly ideal conditions for soil respiration. All of the communities examined (except the vegetation-free plot) were young and very productive. The combination of conducive environmental conditions, year-round growth, abundant fine roots, and high rates of litter production make it likely that soil respiration rates of tropical successional and agricultural ecosystems on good soils are among the highest in the world.

When such sites are cleared—and maintained free of regrowth—they release CO₂ into the atmosphere at a high rate until their soil carbon reserves are much reduced: a process that apparently takes longer than the 1.5 yr that the vegetation-free plot was maintained in this study. Unless they are intentionally kept clear, however, recolonization is rapid. Successional vegetation and plantations of cassava or melina apparently produce sufficient organic matter to fuel soil respiration at rates nearly as high as those of the pre-disturbance forest.

Summary

Soil-CO₂ efflux was measured from nine ecosystems, all on the same relatively fertile soil. The ecosystems ranged from 0.8 to 10 yr old and included a vegetation-free soil, monocultures of melina (*Gmelina arborea*) and cassava (*Manihot esculenta*), and successional communities containing 80 to > 150 species. CO₂ effluxes were based on replicated (n = 6 or 8) measurements at 4-h intervals for continuous 24-h periods, using closed chambers containing alkali absorbent. Mean CO₂ effluxes ranged from about 9 to 18 g m⁻² d⁻¹; diurnal trends were inconsistent. Insecticides did not reduce rates of CO₂ evolution from the two ecosystems where they were applied. The vegetation-free soil yielded CO₂ at the slowest rate, but other differences among ecosystems were not clearly related to differences in vegetation age,

stature, species richness, or fine-root surface area. Soil temperature did not account for differences in CO₂ efflux, but increased soil water was associated with faster CO₂ release, probably because it stimulated the activity of soil microorganisms and/or roots. Soil-CO₂-efflux data from the tropics are tabulated.

Literature cited

1. ALLEN, L. H., Jr. and LEMON, E. R. Carbon dioxide exchange and turbulence in a Costa Rican tropical rain forest. In: J. L. Monteith (ed.) *Vegetation and the Atmosphere*. Academic Press, New York, 1976. pp. 265-308.
2. ALVARADO, A., BERISH, C. W. and PERALTA, F. Leaf-cutter ant (*Atta cephalotes*) influence on the morphology of anepts in Costa Rica. *Soil Science Society of America Journal* 45:790-794. 1981.
3. ANDERSON, J. M., PROCTOR, J. and VALLACK, H. W. Ecological studies in four contrasting lowland rain forests in Gunung Mulu National Park, Sarawak. III. Decomposition processes and nutrient losses from leaf litter. *Journal of Ecology* 71:503-527. 1983.
4. BERISH, C. W. Root biomass and surface area in three successional tropical forests. *Canadian Journal of Forest Research* 12:699-704. 1982.
5. BERISH, C. W. Roots, soil, litter, and nutrient changes in simple and diverse tropical successional ecosystems. Ph.D. Dissertation, University of Florida, Gainesville, 1983. 298 p.
6. BROWN, B. J. Productivity and herbivory in high and low diversity successional ecosystems in Costa Rica. Ph.D. Dissertation, University of Florida, Gainesville, 1982.
7. BUYANOVSKY, G. A. and WAGNER, G. H. Annual levels of carbon dioxide level in soil air. *Soil Science Society of America Journal* 47:1 139-1 145. 1983.
8. COUTINHO, L. M. and LAMBERTI, A. Respiração edáfica e produtividade primária numa comunidade Amazônica de mata de terra-firme. *Ciencia e Cultura (São Paulo)* 23:411-419. 1971.
9. de JONG, E., SCHAPPERT, H. J. V. and MACDONALD, K. B. Carbon dioxide evolution from virgin and cultivated soil as affected by management practices and climate. *Canadian Journal of Soil Science* 54:299-307. 1974.
10. EDWARDS, N. T. Effects of temperature and moisture on carbon dioxide evolution in a mixed deciduous forest floor. *Soil Science Society of America Proceedings* 39:361-365. 1975.
11. EWEL, J., BENEDICT, F., BERISH, C., BROWN, B., GLIESSMAN, S., AMADOR, M., BERMUDEZ, R., MARTINEZ, A., MIRANDA, R. and PRICE, N. Leaf area, light transmission, roots and leaf damage in nine tropical plant communities. *Agro-Ecosystems* 7:305-326. 1982.
12. EWEL, J., BERISH, C., BROWN, B., PRICE, N. and RAICH, J. Slash and burn impacts on a Costa Rican wet forest site. *Ecology* 62:816-829. 1981.
13. GUPTA, S. R. and SINGH, J. S. Soil respiration in a tropical grassland. *Soil Biology and Biochemistry* 13:261-268. 1981.
14. HABER, W. Okologische untersuchungen der Bodenatmung. *Flora* 146:109-157. 1958.
15. JOHNSON, D., COLE, D. W. and GESSEL, S. P. Processes of nutrient transfer in a neotropical rain forest. *Biotropica* 7:208-215. 1975.
16. KIRITA, H. Re-examination of the absorption method of measuring soil respiration under field conditions. IV. An improved absorption method using a disc of plastic sponge as absorbent holder. *Japanese Journal of Ecology* 21:119-134. 1971.
17. KIRITA, H. Studies of soil respiration in warm-temperature evergreen broadleaf forest of southwestern Japan. *Japanese Journal of Ecology* 21:230-244. 1971.
18. LAMOTTE, M. The structure and function of a tropical savannah ecosystem. In F. B. Golley and E. Medina eds. *Tropical ecological systems: trends in terrestrial and aquatic research*. Springer-Verlag, New York, 1975. pp. 179-222.
19. LUNDEGARDH, H. Carbon dioxide evolution and crop growth. *Soil Science* 23:417-453. 1927.

20. MALDAGUE, M. E. and HILGER, F. Observations faunistiques et microbiologiques dans quelques biotopes forestiers equatoriaux. In J. Doeksen and J. van der Drift eds. Soil organisms. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1963 pp 368-374.
21. MEDINA, E. and ZELWER, M. Soil respiration in tropical plant communities. In P. M. Golley and F. B. Golley, eds. Tropical ecology with an emphasis on organic production. University of Georgia, Athens, 1972. pp 245-267.
22. MEDINA, E., KLINGE, H., JORDAN, C. and HERRERA, R. Soil respiration in Amazonian rain forests in the Rio Negro basin. *Flora* 170:240-250. 1980.
23. MILLER, R. D. and JOHNSON, D. D. The effect of soil moisture tension on carbon dioxide evolution, nitrification and nitrogen mineralization. *Soil Science Society of America Proceedings* 28:644-647. 1964.
24. ODUM, H. T., LUGO, A. E., CINTRON, G. and JORDAN, C. F. Metabolism and evapotranspiration of some rain forest plants and soil. In H. T. Odum and R. F. Pigeon, eds. A tropical rain forest. U. S. Technical Information Service, Springfield, Virginia. TID-24270 (PRNC-138). 1970. pp 1-103-1-164.
25. OGAWA, H. Litter production and carbon cycling in Pasoh Forest. *Malayan Nature Journal* 30:367-373. 1978.
26. RAI, G. and SRIVASTAVA, A. K. Studies on microbial population of a tropical dry deciduous forest soil in relation to soil respiration. *Pedobiologia* 22:185-190. 1981.
27. RAICH, J. W. Effects of forest conversion on the carbon budget of a tropical soil. *Biotropica* 15:(in press). 1983.
28. REINERS, W. Carbon dioxide evolution from the floor of three Minnesota forests. *Ecology* 49:471-483. 1968.
29. RUSSELL, A. E. Nutrient leaching during large storms in tropical successional ecosystems. M. S. Thesis, University of Florida, Gainesville. 1983.
30. SAS. SAS User's Guide: Statistics. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina. 1982.
31. SCHLESINGER, W. H. Carbon balance in terrestrial detritus. *Annual Review of Ecology and Systematics* 8:51-81. 1977.
32. SCHULZE, E. Soil respiration of tropical vegetation types. *Ecology* 48:652-653. 1967.
33. SCHWARTZKOPF, S. An open chamber technique for the measurement of carbon dioxide evolution from soils. *Ecology* 59:1 062-1 068. 1978.
34. SETO, M. Rate of CO₂ evolution from soil in relation to content of soil water and amount of dissolved organic carbon in soil solution (In Japanese with English summary). *Japanese Journal of Ecology* 30:385-391. 1980.
35. SINGH, A. K., AMBASHT, R. S. and MISRA, K. N. Litter production and turnover of organic matter in a tropical *Zizyphus jujuba* shrub community. *Japanese Journal of Ecology* 30:203-209. 1980.
36. TOSI, J. Mapa ecológico de Costa Rica (Esc. 1:750,000). Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica, 1969.
37. UNESCO International classification and mapping of vegetation. *Ecology and Conservation* No. 6. Paris, 1973. 93 p.
38. UPADHYAYA, S. D., SIDDIQUI, S. A. and SINGH, V. P. Seasonal variation in soil respiration of certain tropical grassland communities. *Tropical Ecology* 22:157-161. 1981.
39. WANNER, H. Soil respiration, litter fall and productivity of tropical rain forest. *Journal of Ecology* 58:543-547. 1970.
40. WANNER, H., SOEROHALDOKO, S., SANTOSA, N. P. D., PANGGABEAN, G., YINGCHOI, P. and NGUYEN-THI-TUYET-HOA. Die Bodenatmung in tropischen Regenwaldern Sudost-Asiens. *Oecologia* 12:289-302. 1973.
41. WIANT, H. Influence of temperature on the rate of soil respiration. *Journal of Forestry* 65: 489-490. 1967.
42. WITKAMP, M. Rates of carbon dioxide evolution from the forest floor. *Ecology* 47:492-494. 1966.

43. WITKAMP, M. Cycles of temperature and carbon dioxide evolution from litter and soil. *Ecology* 50:922-924. 1969.
44. WITKAMP, M. Aspects of soil microflora in a gamma-irradiated rain forest. In H. T. Odum and R. F. Pigeon (eds). *A tropical rain forest*. U. S. Technical Information Service, Springfield, Virginia. TID-24270 (PRNC-138). 1970. pp. F-29-F-33.
45. YODA, K. and KIRA, T. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. V. Accumulation and turnover of soil organic matter, with notes of the altitudinal soil sequence on Khao (Mt) Luang, peninsular Thailand. *Nature and Life in Southeast Asia* 6:83-109. 1969.
46. YODA, K. and NISHIOKA, M. Soil respiration in dry and wet seasons in a tropical dry-evergreen forest in Sakaerat, Northeast Thailand. *Japanese Journal of Ecology* 32:539-541. 1982.

TERMOMETRIA INFRARROJA EN SELECCION DE GENOTIPOS DE FRIJOL
(*Phaseolus vulgaris* L.) RESISTENTES A LA SEQUIA. I. BASES FISIOLOGICAS¹ /

G BASCUR*
M A. OLIVA**
D. LAING***

Summary

*It was evaluated if the index of drought determined by means of canopy temperature with an infrared thermometer represents the water level of the plant with the purpose to develop a screening method for the identification of water stress tolerant bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. It was determined a good correlation between the index of drought and the physiological parameters, leaf water potential and stomatal resistance. These data showed that the method of infrared thermometry may be used as an index of water level for identifying, under field conditions, bean cultivars with drought resistance.*

Introducción

Existen diversos métodos para determinar el estado hídrico interno de la planta (12). Sin embargo, la mayoría son poco adecuados para condiciones de campo, ya que las técnicas más comunes requieren de un tiempo de equilibrio, que no permite hacer un gran número de mediciones sin alterar el estado hídrico de la planta. La termometría infrarroja permite estimar el estado hídrico del cultivo por medio de los cambios en el balance térmico de las hojas. Mediante termometría infrarroja se puede medir la temperatura de copa de las plantas en forma exacta y rápida (5, 7). La técnica está siendo usada en la

actualidad para estimar las condiciones hídricas en frijol (6, 9). Sin embargo, todavía no son muy conocidas las relaciones que existen entre la temperatura de copa, potencial hídrico y resistencia estomática para frijol durante un período de deficiencia hídrica. Este trabajo se propone estudiar estas relaciones.

Materiales y métodos

El experimento fue realizado en el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT (Lat.: 3° 30' N, Long: 76° 22' W, Alt.: 965 msnm) Palmira, Colombia durante los meses de junio a setiembre de 1980, período correspondiente a la época de sequía.

Se estudió el comportamiento de doce cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), cuya siembra se hizo diferida y programada para que todas las variedades tuvieran la floración en la misma época. El diseño experimental correspondió a un bloque dividido constituido por los doce cultivares con y sin irrigación. El tamaño de la parcela fue de 3.5 por 4.0 m con una densidad poblacional de 25 plantas por m². Todas las parcelas fueron regadas hasta el inicio de la floración mediante el método por surco y con un intervalo de cuatro días. Después de este período, sólo la mitad de las parcelas continuaron recibiendo riego con la misma frecuencia hasta su madurez fisiológica.

La sequía se indujo seis días antes del período de floración. Durante el período de sequía, a cinco horas

- ¹ Recibido para publicación el 5 de abril de 1984.
El autor principal agradece al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) la colaboración y financiamiento para la realización de este trabajo. Parte de la Tesis presentada por el autor principal para optar al grado de M.Sc. en Fisiología Vegetal, a la Universidad Federal de Viçosa, Brasil.
- * Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Casilla 5447, Santiago, Chile.
- ** Dirección Recursos Naturales, Departamento Biología Vegetal Universidad Federal de Viçosa, 36 570 Viçosa, Brasil.
- *** Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

del día: 06, 09, 12, 15 y 17 horas en plantas tomadas al azar, se evaluaron los parámetros que a continuación se explican.

Potencial hídrico de la hoja (ψ h): se determinó con una bomba de presión (2, 11, 12) durante 13 días del período de sequía en la parte apical de la planta (arriba de la tercera hoja verdadera).

Resistencia estomática abaxial (R_s): se midió con un parámetro de difusión con sensor horizontal (8, 10, 14), durante 11 días del período de sequía en un folíolo de la segunda hoja verdadera completamente expuesta a la luz.

Temperatura de copa (t_c °C): se midió con un termómetro infrarrojo durante 16 días del período de sequía conforme a lo descrito por Fuchs y Tanner (4), Fuchs *et al.* (5), Hatfield (6) y Kretchmer *et al.* (9).

Basados en las mediciones, se calcularon los siguientes índices:

Índice de sequía total (I.S. total): corresponde a la sumatoria del diferencial de la t_c °C entre el tratamiento con y sin irrigación en todos los horarios y días (I.S. total = $\sum \Delta t_c$ °C desde $n = 1^\circ$ día a $n = 16^\circ$ día de medición). Como las mediciones fueron efectuadas en cinco horarios del día, se puede conocer el índice de sequía por hora de medición (I.S. hora = $(\sum \Delta t_c$ °C) hora desde $n = 1^\circ$ día a $n = 16^\circ$ día).

Porcentaje de reducción de rendimiento: mide en qué proporción disminuyó la producción de semillas por efecto de la sequía con base en el peso promedio de los granos con el 14% de humedad.

Resultados y discusión

En la Figura 1 se observa la variación media diaria de la R_s abaxial al mediodía, en los cultivares "Bayos Titán" y "Negro Argel", escogidos por haber presentado grandes diferencias durante todo el período de sequía. La sensibilidad estomática al déficit hídrico fue mayor en el cultivar "Bayos Titán", específicamente a partir del 11° día del período de sequía, cuando alcanzó 20 s. cm⁻¹, aproximadamente.

El aumento de R_s produjo como consecuencia aumentos en la t_c °C por alteración del proceso de enfriamiento de la planta. Este efecto se visualiza mejor cuando se estudian los valores I.S. total, durante el período de falta de agua (Cuadro 1). Estos valores muestran que los I.S. total mayores fueron obtenidos al mediodía y los más bajos, en los horarios de las 06 y 17 horas. Los valores más altos correspondieron a los

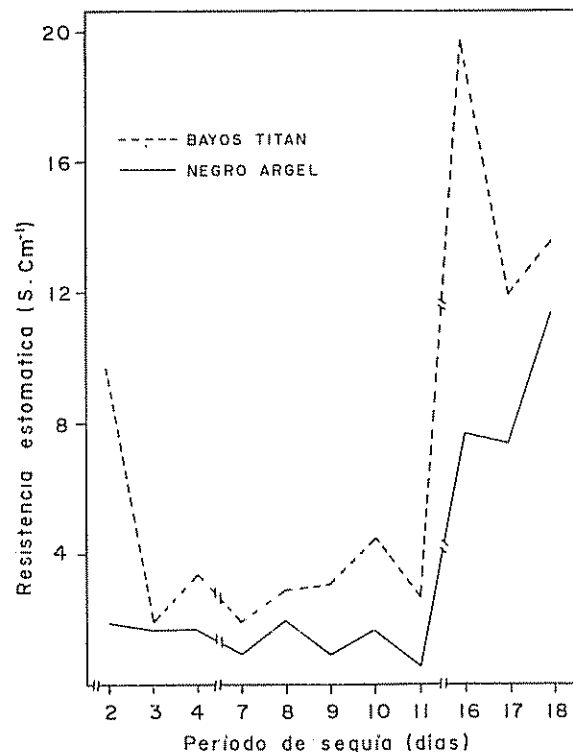


Fig 1 Variación diaria de la resistencia estomática abaxial al mediodía durante el período de sequía, en las variedades "Bayos Titán" y "Negro Argel".

cultivares "Bayos Titán", "BAT-240" y "Hallados Pinto 114" y los más bajos a "BAT-44", "Cristal-Bayo", "Negro Argel" y "Nep 2".

Una mayor R_s produce un aumento en la t_c °C, la que aumenta rápidamente desde la mañana hasta el mediodía. Entre ambos factores se establece una relación lineal presentada en la Figura 2A. El efecto del déficit hídrico se manifiesta en este período, cuando los estomas comienzan a cerrarse después de que la hoja alcanza cierto valor de ψ h. Este efecto estuvo acompañado por un posterior aumento de la t_c °C. La relación entre I.S. total y ψ h (Figura 2B) no mostró una relación lineal como los obtenidos en experimentos preliminares realizados por CIAT (3). La relación I.S. total y R_s se mostró idéntica.

Utilizando el I.S. total como parámetro para clasificar el comportamiento de los cultivares al déficit hídrico, se obtiene una distribución de ellos con base en la $\sum \Delta t_c$ °C y ψ h, de acuerdo a lo presentado en la Figura 3A. En ella los genotipos son distribuidos en 4 cuadrantes, de los cuales los más importantes son los formados por un bajo I.S. total y alto ψ h (I), y alto I.S. total y bajo ψ h (III). Sin embargo, como ψ h representa un estado energético del agua

Cuadro I. Índice de sequía total e índice de sequía por hora para doce cultivares de frijol.

Cultivar	INDICE DE SEQUIA (°C)					Total
	HORA					
	6	9	12	15	17	
BAT-18	3.8	34.3	56.6	55.6	15.8	166.2
BAT-44	1.4	19.3	37.3	30.3	9.8	98.2
BAT-79	2.8	33.5	66.3	59.0	19.5	181.1
BAT-240	4.3	46.3	84.9	74.7	23.3	233.6
C C G B -44	2.5	19.5	47.8	41.5	11.5	122.8
Bico de Ouro	3.5	38.3	72.9	61.2	21.8	197.7
NEP-2	4.3	24.7	56.6	45.0	12.7	143.3
Orfeo-Inia	4.1	32.4	75.9	58.9	18.4	189.7
Negro Argel	3.1	27.8	54.0	45.8	15.6	146.3
Hallados Pinto 114	4.0	43.7	73.2	61.4	21.2	203.5
Bayos Titán	5.3	49.1	82.3	76.2	24.7	238.5
Cristal Bayo	2.5	23.8	48.0	41.3	15.1	130.7

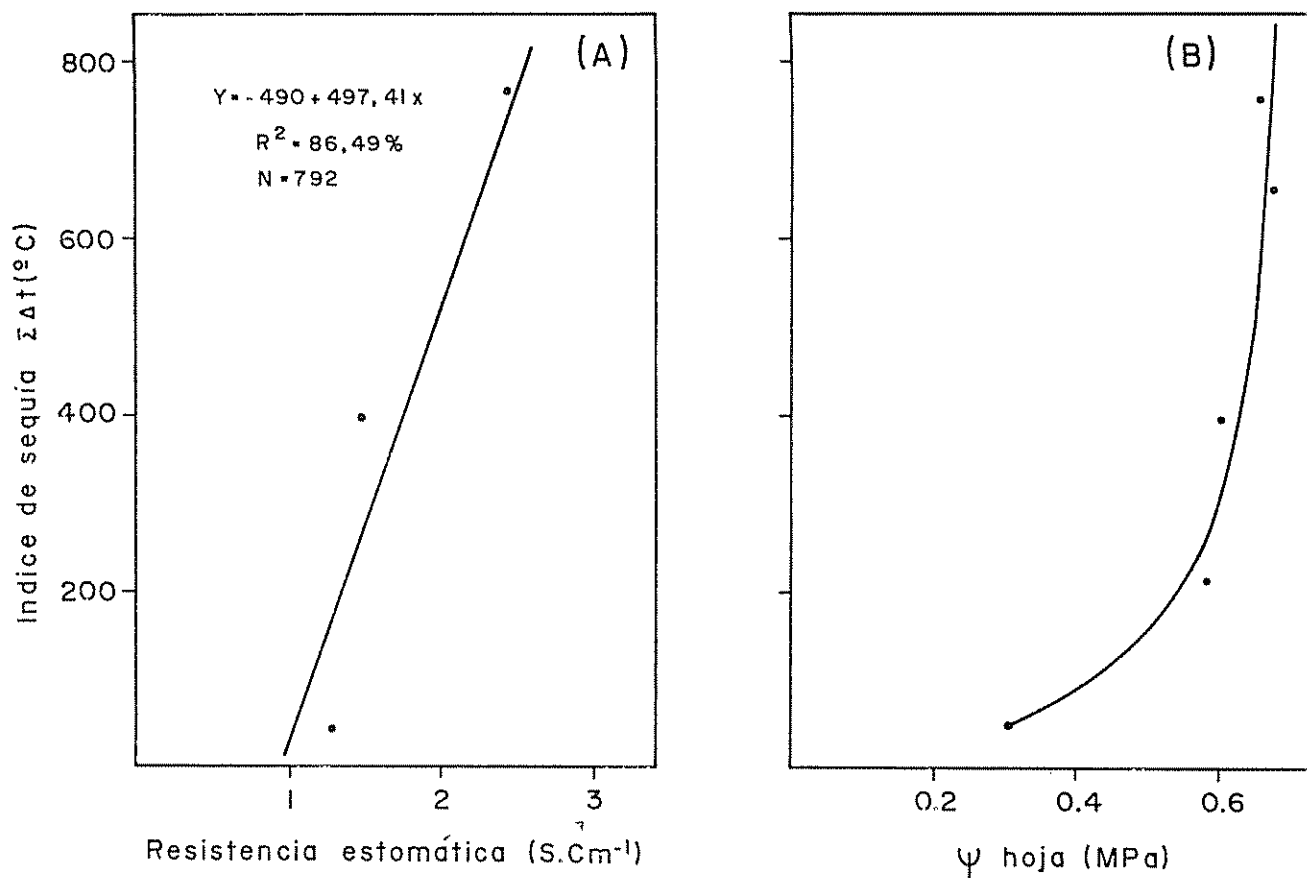


Fig 2 Relación entre el índice de sequía y (A) resistencia estomática abaxial promedio en los tres primeros horarios del día, y (B) el potencial hídrico de la hoja promedio de cinco horas del día durante el período de sequía en doce variedades de frijol

en la planta, y además es un parámetro muy variable, esta relación por sí sola no permite clasificar a los genotipos bajo condición de sequía. Como la R_s depende del déficit hídrico y consecuentemente provoca variaciones en la t_c °C, la relación entre I. S. total y $\Sigma \Delta R_s$ representa mejor el comportamiento de los genotipos en condiciones de sequía.

Esta relación se presenta en la Figura 3B, donde se observa un aumento en el I.S. total a medida que la diferencia de R_s entre el genotipo con y sin riego es mayor, con un r de 0.88 (significativo $P \leq 0.01$). En esta figura, los cultivares localizados en el cuadrante I presentaron la menor R_s y T_c °C (Negro Argel, Nep-2, BAT-44 y C.C.G. B-44) hecho que demuestra que el proceso de refrigeración no fue alterado siendo estos cultivares poco afectados por el déficit hídrico. Por el contrario, en el cuadrante III se ubican los cultivares que durante el período de sequía tuvieron valores mayores para estos dos parámetros, evidenciando que el proceso de enfriamiento de la hoja fue fuertemente influido por la sequía.

Finalmente, como el rendimiento es la expresión final de la interacción de los parámetros mencionados, en la Figura 3C se presenta la distribución de los genotipos según el I.S. total y la reducción del rendimiento. Al igual que en el caso anterior los cuadrantes I y III formados por los más bajos y altos valores de cada parámetro respectivamente, son los más importantes.

En el cuadrante I aparecen los cultivares Negro Argel, Nep-2, BAT-18 y C.C.G. B-44 los cuales presentaron un bajo I.S. total y un bajo porcentaje de

reducción de rendimiento, situación que indica que agrónomicamente fueron muy pocos afectados por el déficit hídrico.

Este hecho es concordante con los resultados del estudio de los parámetros de crecimiento que se hizo para los mismos cultivares (1), determinándose que los genotipos ubicados en los cuadrantes I, II y IV no presentaron diferencia entre el tratamiento irrigado y no irrigado, especialmente en el índice y duración del área foliar, dependiendo su ubicación solamente de la distribución de la materia seca y de la reducción de rendimiento.

Se concluye que los resultados y relaciones obtenidas para los parámetros fisiológicos muestran que el I.S. total puede ser usado para seleccionar cultivares o genotipos bajo condiciones de déficit hídrico.

Además si se considera la rapidez con que se aplica el método y la ventaja de que el termómetro infrarrojo no necesita estar en contacto con la hoja, se tiene un método simple y confiable para estimar el estado hídrico interno de la planta. Por lo tanto el método es eficaz para seleccionar, bajo condiciones de campo, una gran cantidad de cultivares o genotipos de frijol resistentes a la sequía.

Resumen

El presente trabajo tuvo como propósito evaluar si el índice de sequía, estimado por la medición de la temperatura de la copa con un termómetro infrarrojo,

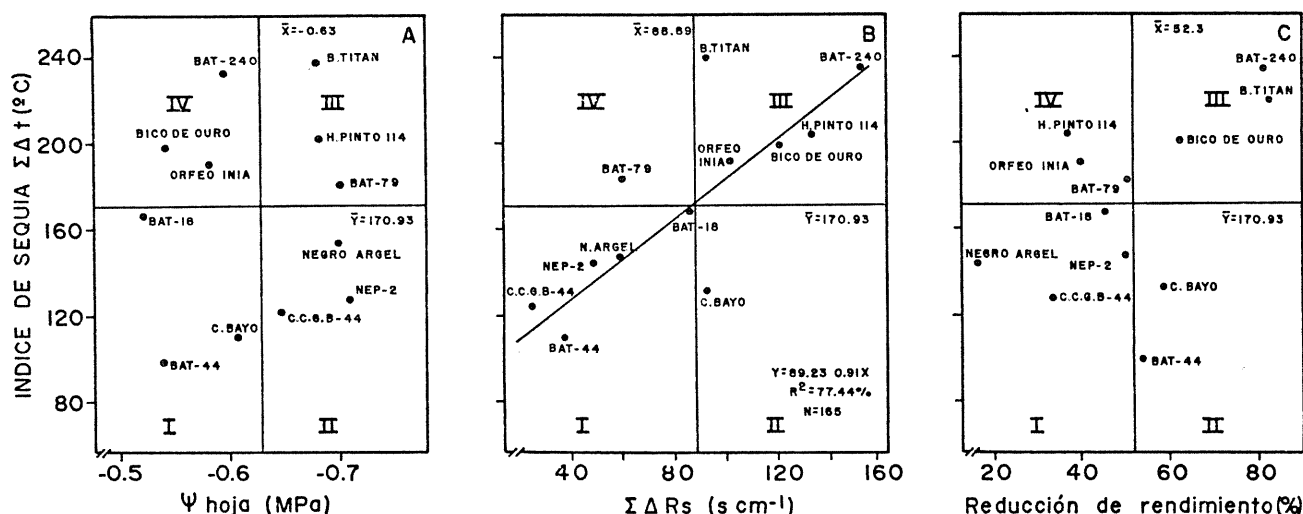


Fig. 3. Relación entre el índice de sequía, y (A) potencial hídrico de la hoja, (B) sumatoria del diferencial de resistencia estomática y (C) porcentaje de reducción de rendimiento, en doce variedades del frijol sometidas a sequía.

representa las condiciones hídricas de la planta y si puede ser usado en condiciones de campo como un método simple y rápido para seleccionar cultivares de frijoles resistentes a sequía.

Literatura citada

1. BASCUR, G., OLIVA, M. A., LAING, D. R. Uso de termometría infrarroja en selección de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a sequía. In IX Reunión de la Sociedad Latinoamericana de Fisiología Vegetal. Resumos Viçosa, MG., Brasil, 1983. 25 p.
2. BOYER, J. S., GHORASHY, S. R. Rapid measurement of leaf water potential in soybean. *Agronomy Journal* 63:344-345. 1971.
3. CIAT. Annual report of bean program. Cali, Colombia, 1978. 75 p.
4. FUCHS, M. and TANNER, C. B. Infrared thermometry of vegetation. *Agronomy Journal* 58:597-601. 1966.
5. FUCHS, M., KANEMASU, E. T., KERR, J. P., TANNER, C. B. Effect of viewing angle on canopy temperature measurement with infrared thermometers. *Agronomy Journal* 59:494-496. 1967.
6. HATFIELD, J. L. Canopy temperatures: the usefulness and reliability of remote measurements. *Agronomy Journal* 71:889-892. 1979.
7. IDSO, S. B., JACKSON, R. D., REGINATO, R. J. Remote sensing of crop yield. *Science* 196:19-25. 1977.
8. KANEMASU, E. T., THURTELL, G. W., TANNER, C. B. Densing, calibration and field use of stomatal diffusion porometer. *Plant Physiology* 44:881-885. 1969.
9. KRETCHMER, P. J., LAING, D. R., ZULUAGA, S. Uso del termómetro infrarrojo para selección por tolerancia a sequía en *Phaseolus vulgaris* L. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 1980. 10 p.
10. MORROW, P. A. and SLATYER, R. O. Leaf temperature effects on measurements of diffusive resistance to water vapor transfer. *Plant Physiology* 47:559-561. 1971.
11. RITCHIE, G. A. and HINCKLY, J. M. The pressure chamber as an instrument for ecological research. *Advances in Ecological Research* 9:165-254. 1975.
12. SCHOLANDER, P. F., HAMMEL, H. T., BRADSTREET, E. D., HEMMINGSEN, E. A. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148:339. 1965.
13. SLAVIK, B. Methods of studying plant water relation. Bulin, Springer Verlag. 1974. 449 p.
14. WALLIHAN, E. F. Modification and use of an electric hygrometer for estimation relative stomatal apertures. *Plant Physiology* 39:86. 1964.

Notas y comentarios

Predadores camuflados engañan a comejenes en Costa Rica

Muchos de los chinches predadores de la familia Reduviidae chupan la hemolinfa de otros insectos, y sus técnicas son directas. Capturan sus presas, ya sea por persecución o emboscada, y les inyectan rápidamente un agente paralizante, administrado con la aguja hipodérmica que tienen como boca. Una vez que su presa está inmovilizada, los chinches usan el mismo pico punzante para sorber los jugos vitales (hemolinfa) de su ahora quieto plato fuerte.

Para la mayoría de los chinches predadores, este método de captura, sometimiento y almuerzo es suficiente y exitoso, pero unas pocas especies usan un método más sutil en su cacería, el arte del camuflaje. Estos hemípteros predadores pegan pedazos de detritus a sus exoesqueletos, produciendo lo que debe ser un disfraz convincente. Escondidos debajo de su pila móvil de basura, estos predadores simplemente esperan que un insecto se acerque bastante, y entonces se le van encima. El camuflaje de por lo menos una especie de reduvidos, *Salyavata variegata*, funciona, sin embargo, de una manera muy distinta. Este predador agrega una interesante variante a su cacería . . . usa el esqueleto vacío de su víctima para atraer a su próxima presa a su destino final.

Esta extraña conducta fue observada en Costa Rica por Elizabeth A. McMahan, de la Universidad de Carolina del Norte (*Insectes Sociaux*, vol. 29, p. 346) mientras estudiaba los métodos de reparación de sus nidos empleados por el comején *Naustitermes corniger*. Estos termitas, o comejenes como se les llama en México, Centroamérica y el Caribe hispano, viven entre las ramas de los árboles, construyendo sus nidos con una especie de pergamino que ellos mismos elaboran. Cuando la pared del nido

cónico es dañada, los obreros de la colonia corren al lugar a efectuar reparaciones, mientras que los soldados guardan las aberturas, listos para rechazar a los posibles intrusos.

En el curso de sus observaciones, McMahan notó ninfas de los chinches predadores agazapadas cerca de las aberturas del nido. Estas ninfas estaban cubiertas por una costra espesa de pergamino, arreglada como disfraz por los insectos, con pedacitos sueltos del material de las paredes del nido, y los comejenes soldados que guardaban el nido aparentemente no notaban ningún peligro. Cuando la oportunidad se presentaba, las ninfas comejenes capturaban un termita obrero y se lo comían. Después de que el chinche enmascarado había terminado con su primer comején, regresaba a la abertura y dejaba al cadáver colgando dentro del nido. Como los comejenes juiciosamente reciclan los cuerpos de sus camaradas muertos, la "carnada" de los chinches predadores atraía inmediatamente la atención de los comejenes obreros, mientras éstos trataban de meter la cáscara vacía dentro del nido, el chinche jalaba suavemente su pesca, descartando la carnada, y devorando una segunda víctima. Este proceso era repetido varias veces, usando como carnada lo que quedaba de su comida más reciente, hasta que el predador se saciaba de tanto comer.

Los soldados de la colonia de termitas se daban cuenta de que algo no marchaba bien, pero no eran capaces de localizar el origen de la molestia, entre otras cosas porque los termitas son ciegos. Cuando desaparecía un obrero, los soldados ocasionalmente corrían fuera de la abertura del nido, pero no eran capaces de reconocer al chinche predador como intruso. ¿Cómo funciona el camuflaje contra un enemigo que no ve? Aunque el disfraz obviamente no es una defensa visual, probablemente sirve como un subterfugio táctil y olfatorio. McMahan informa haber visto termitas soldados y obreros caminar sobre los predadores disfrazados y especula que los chinches camuflados deben haber tenido el olor, el sabor y la textura de las partes exteriores del nido de comejenes. Adalberto Gorbitz.

TERMOMETRIA INFRARROJA EN SELECCION DE GENOTIPOS DE FRIJOL
____(*Phaseolus vulgaris* L.) RESISTENTES A SEQUIA II. CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD¹ / ____

G BASCUR*
M A. OLIVA**
D. LAING***

Summary

*The effect of water stress in the productivity of twelve bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars was studied by means of the growth analysis and infrared thermometry.*

A great variability in the performance of cultivars was determined. Leaf area index, crop growth rate, grain growth rate, dry matter of stems and branches and percentage yield reduction were very much affected in the water stress susceptible cultivars. The cultivars least affected by the water stress did not show variability in the growth parameters, yield components and percentage yield reduction. These cultivars had been identified (in a previous paper) through the drought index estimated with the infrared thermometer.

Introducción

La productividad del frijol en la mayoría de las áreas productoras de América Latina es dependiente de la cantidad y distribución de las precipitaciones. Por esto, la disponibilidad de agua durante el período de crecimiento parece ser uno de los principales factores limitantes del rendimiento (8). No todos los cultivares presentan la misma respuesta al déficit hídrico, situación que indica que hay variabilidad en la resistencia hídrica.

Bascur *et al.* (2) demostraron que la termometría infrarroja, mediante el uso del índice de sequía ($\Sigma \Delta$

te °C) representa el estado hídrico de la planta y por lo tanto permite identificar cultivares o genotipos de frijol sometidos a deficiencia hídrica. Con el propósito de validar la sensibilidad del método, en este trabajo se analiza el comportamiento de los parámetros de crecimiento y productividad en un grupo de cultivares de frijol cuyas respuestas fisiológicas al déficit hídrico son conocidas.

Materiales y métodos

Doce cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) fueron sometidos a períodos de sequía en las mismas condiciones descritas por Bascur *et al.* (2). Se utilizó un diseño experimental de bloque dividido, constituido por los doce cultivares con y sin irrigación.

Una vez iniciado el déficit hídrico y durante todo el período de sequía, se tomaron muestras de 10 plantas cada 7 días en todos los cultivares para determinar el peso de la materia seca de la planta en una estufa de ventilación forzada a 70°C hasta la obtención de peso constante. Mediante el método de submuestra se determinó el área foliar de dos plantas en un medidor automático de área foliar.

Al momento de la cosecha y con base en una muestra de plantas en 1 m², se determinó el número de plantas y los componentes de rendimiento: número de vainas y peso de 100 semillas secas. La partición

¹ Recibido para publicación el 28 de setiembre de 1984. El autor principal agradece al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) la colaboración y financiamiento para la realización de este trabajo. Parte de la tesis presentada por el autor principal, para optar al grado de M. Sc. en Fisiología Vegetal, a la Universidad Federal de Viçosa, Brasil.

* Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Casilla 5427, Santiago, Chile

** Dirección Recursos Naturales, Departamento Biología Vegetal, Universidad Federal de Viçosa, Brasil.

*** Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia

de fotoasimilados bajo condiciones de sequía se calculó por medio del peso de la materia seca de tallos, ramas, vainas y semillas.

El rendimiento se estimó con base en el peso de la semilla obtenida de un metro cuadrado, y el contenido de humedad al momento de la cosecha. Basado en estas mediciones se estimó el porcentaje de reducción del rendimiento para los distintos cultivares por efecto del déficit hídrico.

Resultados

El análisis de los parámetros fisiológicos demostró una gran variabilidad en el comportamiento de los cultivares frente al déficit hídrico (2). Hubo algunos que fueron severamente afectados, como el caso de Bayos Titán, y otros como Negro Argel que mantuvieron su balance hídrico interno.

En la Figura 1-A se puede observar que bajo condiciones de sequía el cultivar Bayos Titán presentó una tasa de crecimiento del cultivo, índice de área foliar y tasa de crecimiento de grano más baja que el testigo irrigado. El comportamiento de la variedad Negro Argel en relación a los mismos parámetros (Figura 1-B) fue completamente diferente, ya que tanto el

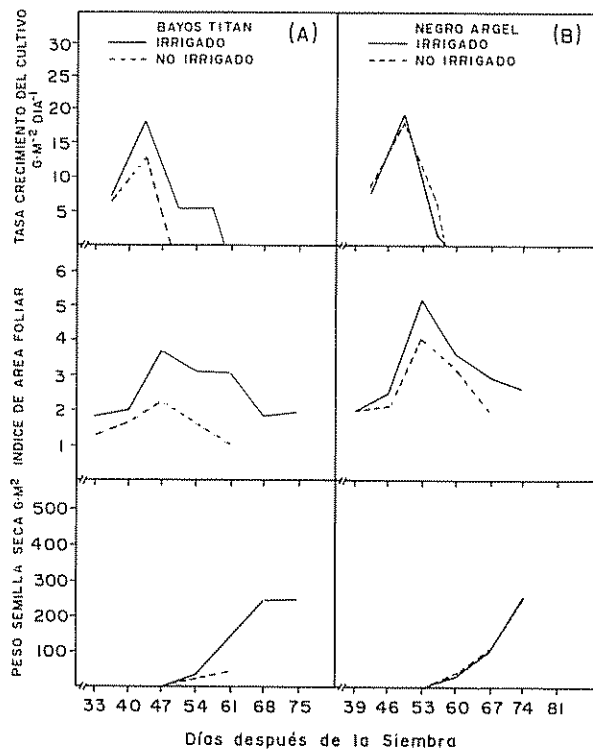


Fig. 1 Tasa de crecimiento del cultivo, índice de área foliar y tasa de crecimiento del grano para las variedades (A) Bayos Titán y (B) Negro Argel durante el período de sequía.

tratamiento irrigado como el sin irrigación presentaron las mismas curvas, existiendo sólo algunas diferencias en el índice de área foliar, el cual fue levemente inferior en el tratamiento sometido a sequía pero con valores máximos muy próximos a 4.0.

La duración del área foliar bajo condiciones de sequía para el cultivar Bayos Titán fue inferior a la de Negro Argel, lo que explica la baja tasa de producción de materia seca que presentó esta variedad. A pesar de estas diferencias, la tasa asimilatoria líquida en los dos cultivares presentó la misma tendencia (Figura 2). Sin embargo, la caída de este parámetro fue más rápida para el caso del cultivar Bayos Titán, sin existir diferencias entre los dos tratamientos.

En la partición de fotoasimilados se observó un efecto de la deficiencia hídrica en el peso de la materia seca de ramas + tallos, vainas, semillas y peso de la materia seca total de la planta (Cuadro 1). Este efecto es concordante con el observado por otros autores (4, 6, 9) bajo condiciones de campo.

Además se determinó un efecto significativo de la falta de agua sobre la razón de peso de la materia seca del tallo + ramas/peso de la materia seca de la planta, lo que indica que hubo un mayor acúmulo de fotoasimilados en ramas y tallos en detrimento del índice de cosecha (razón peso de la semilla seca/peso de materia seca de la planta). Estas relaciones fueron significativamente afectadas y en la misma forma por la

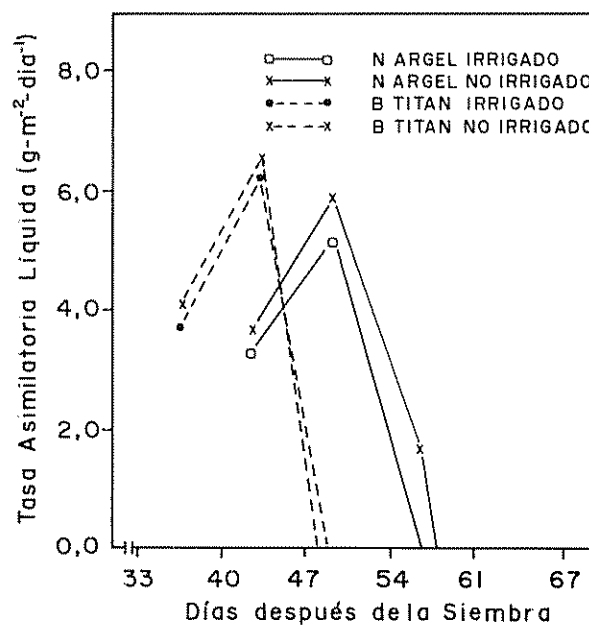


Fig. 2 Tasa media asimilatoria líquida de las variedades Bayos Titán y Negro Argel durante todo el período de sequía.

Cuadro 1. Distribución de la materia seca en doce variedades de frijol.

	Peso materia seca ramas tallos (g)	Peso materia seca vainas (g)	Peso semillas secas (g)	Peso materia seca total (g)	Razón ramas tallos/total	Razón vainas/ total	Razón semillas/ total
Irrigado	90.1 a*	79.5 a	248.4 a	418.0 a	0.22 b	0.19 a	0.59 a
No irrigado	63.8 b	45.9 b	120.1 b	229.8 b	0.29 a	0.20 a	0.50 b
Variedades							
BAT-18	99.1 ab	65.5 bcd	186.2 abc	350.8 ab	0.301 bc	0.186 bcde	0.513 cd
BAT-44	104.3 a	71.2 ab	225.3 a	400.9 a	0.272 b	0.179 cde	0.549 abcd
BAT-79	81.3 abc	60.6 bcd	183.6 abc	325.5 abc	0.269 bcd	0.197 bcde	0.533 bcd
BAT-240	70.9 cde	75.8 ab	205.7 ab	352.5 ab	0.214 ef	0.211 ab	0.565 abc
CCGB-44	100.4 a	77.0 ab	232.7 a	410.1 a	0.246 de	0.197 bcde	0.556 abcd
Bico de Ouro	63.4 cde	68.7 abc	204.1 ab	336.2 abc	0.207 ef	0.212 abcd	0.581 abc
NEP-2	102.3 a	85.4 a	216.7 ab	404.5 a	0.253 cde	0.214 abc	0.531 bcd
Orfeo INIA	62.7 cde	52.6 cdef	189.7 abc	304.9 abcd	0.214 ef	0.174 de	0.611 a
Negro Argel	65.4 cde	59.1 bcde	194.6 abc	319.2 abc	0.216 ef	0.186 bcde	0.598 ab
Hallados Pinto 114	47.3 e	50.1 def	148.3 bcd	245.6 bcd	0.193 f	0.204 bcd	0.603 ab
Bayos Titán	51.0 de	46.6 ef	104.0 d	201.6 d	0.315 ab	0.247 a	0.437 c
Cristal Bayo	74.9 bcd	39.5 f	120.3 cd	234.8 cd	0.352 a	0.164 e	0.483 de

* En cada columna los valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente al nivel de P = 0.05, según la prueba de DMS

sequia para el cultivar Bayos Titán, el que presentó valores estadísticamente diferentes a los determinados para el cultivar Negro Argel.

En el Cuadro 2 se observa el efecto de la deficiencia hídrica sobre los componentes de rendimiento, lo que también ha sido encontrado en frijol por distintos autores (1, 3, 7) para el número de vainas, peso de granos y producción de semillas.

Al comparar los cultivares Bayos Titán y Negro Argel se observaron diferencias significativas para el número de vainas por m², número de semillas por vaina, número de semillas por m², correspondiéndole los valores más altos a Negro Argel. El peso de 100 semillas fue mayor en el cultivar Bayos Titán debido a que su tamaño de grano es más grande que el de Negro Argel.

Los valores para rendimiento muestran que Negro Argel no se afectó mucho por la deficiencia hídrica, ya que la reducción fue solamente el 26.2%, mientras que en Bayos Titán ésta fue del 83%.

Discusión

Las diferencias dentro de los parámetros de crecimiento y productividad en los distintos cultivares se deben a que los primeros efectos del déficit hídrico se

manifiestan como reducción del área foliar y aumento de la resistencia estomática. Este último factor es el principal responsable de la reducción de la fotosíntesis en condiciones de estrés hídrico en frijol (5, 10). Dependiendo del cultivar la magnitud de esta reducción afecta diferentemente la producción de materia seca o la de semilla.

En el cultivar Negro Argel, el déficit hídrico no afectó el índice y duración del área foliar, razón por la que presentó una mayor tasa de crecimiento. Esto demuestra que su fotosíntesis no fue alterada y por lo tanto la cantidad de fotoasimilados no fue limitante, quedando disponibles en cantidad suficiente para el llenado de vainas y posteriormente para el crecimiento y desarrollo del grano, situación que fue evidenciada por los mayores valores de los componentes de rendimiento y rendimiento de grano.

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que los cultivares cuyos crecimiento y productividad fueron menos afectados por el déficit hídrico son los mismos que Bascur *et al.* (2) seleccionaron mediante el uso del termómetro infrarrojo. Esto indica que el índice de sequía propuesto, además de representar el estado hídrico interno de la planta, puede asociarse con la reducción de rendimiento y de esta manera ser utilizado como una metodología simple, rápida y de buena sensibilidad para seleccionar cultivares resistentes a sequía.

Cuadro 2. Efecto del déficit hídrico en los componentes de rendimiento, y en la reducción de rendimiento en doce variedades de frijol.

	Número de plantas por m ²	Número de vainas por m ²	Número vainas por planta	Número semillas por vaina	Número semillas por m ²	Peso de 100 semillas secas (g)	Producción semillas al 14% humedad g/m ²	Reducción de la produc. de semillas (%)
Irrigado	23.86 a*	275.75 a	11.63 a	4.30a	1 233.62 a	23.32 a	246.92 a	—
No irrigado	22.92 a	166.88 b	7.09 b	3.77b	679.81 b	19.80 b	128.53 b	47.95
Variedades								
BAT-18	23.94 a	251.16bc	10.28 c	4.27ab	1 086.00 bc	16.81 f	201.20 a	45.65
BAT-44	23.05 a	230.50c	9.88 c	4.32ab	1 007.64 bc	21.91 d	205.94 a	54.40
BAT-79	24.61 a	225.83c	9.58 c	4.35ab	1 018.78 bc	17.50 ef	220.62 a	51.78
BAT-240	22.05 a	232.16c	10.24 c	4.80ab	1 160.14 bc	17.76 ef	201.90 a	60.24
CCGB-44	23.66 a	301.83ab	13.34 ab	4.45ab	1 376.37 ab	16.63 f	221.53 a	33.68
Bico de Ouro	22.16 a	252.00bc	11.12 bc	4.20bc	1 076.08 bc	18.50 e	191.14 a	62.99
NEP-2	23.55 a	356.66a	14.82	4.36ab	1 601.73 a	13.66 g	192.50 a	50.85
Orfeo INIA	23.66 a	208.16c	8.43 cd	4.21bc	882.27 c	21.15 d	209.25 a	40.55
Negro Argel	23.77 a	231.33c	9.73 c	4.96a	1 166.76 bc	16.40 f	202.85 a	26.20
Hallados Pinto 114	23.77 a	140.00d	5.66 de	3.50c	493.54 d	29.93 c	179.38 ab	37.23
Bayos Titán	24.00 a	110.66d	4.38 e	2.31d	284.21 d	32.78 b	113.43 b	83.09
Cristal Bayo	22.44 a	115.50d	4.90 e	2.70d	327.07 d	35.70 a	112.98 b	59.27

* En cada columna los valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente al nivel de P = 0.05, según la prueba de DMS

Resumen

Mediante la técnica de análisis de crecimiento y termometría infrarroja se estudió el efecto de la deficiencia hídrica sobre la productividad de doce cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Se encontró una gran variación en el comportamiento de los cultivares. Los que fueron afectados severamente por la deficiencia de agua sufrieron una fuerte reducción del área foliar, tasa de crecimiento del cultivo, tasa de crecimiento del grano, pero experimentaron un mayor acúmulo de materia seca en tallos y ramas, a la vez que tuvieron una fuerte reducción del rendimiento.

Los cultivares que fueron menos afectados por el déficit hídrico no presentaron variaciones en los parámetros de crecimiento, componentes de rendimiento y reducción del rendimiento, y corresponden a los mismos que fueron identificados en un trabajo anterior, mediante el uso del índice de sequía estimado con un termómetro infrarrojo

Literatura citada

1. BASCUR, R. B. y FRITSCH, N. F. Efectos de métodos y frecuencias de riego sobre compo-

nentes de rendimiento en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Agricultura Técnica (Chile) 35: 147-152. 1973.

2. BASCUR, B. G., OLIVA, M. A. y LAING, D. R. Termometría infrarroja en selección de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a sequía. I. Bases fisiológicas. Turrialba 35(11):43-47. 1985

3. BLACKWALL, F. L. Effects of weather irrigation and pod removal on the setting of pods and the marketable yield of runner beans. Journal of Horticultural Science 44:371-384. 1969.

4. BRANDES, D., VIEIRA, C., MAESTRI, M. e GOMES, F. R. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). I. Mudanças morfológicas e produção de matéria seca. Experimentiae 14:1-49. 1972.

5. CASTRO, T. A. Efeito do deficit hídrico sobre a fotossíntese e a respiração, em *Phaseolus vulgaris* L. e *Phaseolus bracteolatus* D. C. Tese Universidade Federal de Viçosa (Brasil), 1977. 37 p.

6. DASBERG, S. and BAKKER, J. W. Characterizing soil aeration under changing soil moisture conditions for beans growth. *Agronomy Journal* 62:689-692. 1970.
7. DUBETZ, S. and MAHALLE, P. S. Effect of soil water stress on bush bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at three stages of growth. *Journal American Society of Horticultural Science* 94: 479-481. 1969.
8. LAING, D. R. Vivero Internacional de tolerancia a sequia en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia, 1979. 20 p.
9. MILLAR, R. A. and GARDNER, W. R. Effect of the soil and plant water potentials on the dry matter production of snap beans. *Agronomy Journal* 64:559-561. 1972.
10. O'TOOLE, J. C., OZBUN, J. L. and WALLACE, D. H. Photosynthetic response to water stress in *Phaseolus vulgaris* L. *Physiologia Plantarum* 40:111-114. 1977.

Reseña de libros

BRAY, FRANCESCA. *Science and civilisation in China, Volume 6, Part 2, Agriculture*. Cambridge University Press, 1984. 724 p.

China es, y siempre ha sido, un país predominantemente agrícola. Tan así es que los intelectuales han estado describiendo sus prácticas por 2000 años. Es posible trazar la tecnología agrícola china desde los tiempos neolíticos, aunque los chinos proveen poca información sobre la gente que realmente realizaba esa tarea. Aquí está todo, expuesto en forma erudita y entusiasta por Francesca Bray, una sinóloga tanto en el campo como en la biblioteca.

Desde los tiempos más lejanos, la agricultura china ha sido, a la vez, intensiva en mano de obra e intensiva en cultivo. Aun en el norte usaban muy pocos animales de tiro. Pero esto, el mantenimiento de métodos tradicionales no evitó la introducción de nuevas herramientas y nuevos cultivos.

Los cultivos primordiales eran el arroz en el sur y los millos (*Sorghum*) en el norte, ambos cultivados con el taro (*Colocasia*). La soya, el trigo, la cebada y el cáñamo (para aceite y para tela) arribaron durante el primer milenio A.C. Las habas, las arvejas y el ajonjolí arribaron durante la dinastía de los Han (aproximadamente entre 200 A.C. y 200 D.C. — los no sinólogos hubieran recibido bien un cuadro de cronología comparativa). El té, alrededor del siglo IX, y el algodón cerca del siglo XII. Los cultivos del hemisferio occidental, tales como el maní, el camote y el maíz, aparecieron durante los siglos XVI y XVII. Algo anómalo fue que el lino se cultivase sólo por el aceite de linaza, no conociéndose su valor textil.

La forma más simple de arado chino probablemente llegó con los nuevos cultivos de trigo, cebada y cáñamo. Su perfeccionamiento durante los siglos

tes 1000 años fue paralelo al del de Occidente, aunque, según Bray, quizás un poco anterior. Los chinos desarrollaron el arado de hierro y encurvaron la vertedera de hierro unos 1800 años antes de que ésta apareciera en Europa.

Bray se inclina a aceptar la creencia de que la admiración del período de la Ilustración Europea por todo lo chino fue causa no sólo de arados mejorados (lo que parece posible) sino también de la sembradora mecánica de Jehthro Tull. Esto, sin embargo, parece más probable ser un caso de estímulo intelectual que uno de transmisión directa como, la autora lo demuestra, fue el caso de la sembradora

Aunque los fisiócratas franceses escribieron eruditamente sobre la tecnología agrícola china, es dudoso que influyeran sobre los agricultores como lo hizo Tull. El caso a favor de la invención independiente es fuerte en la agricultura y puede ser demostrada para la grada de discos. Y no todas las herramientas chinas fueron superiores (por ejemplo, la guadaña). Y, como la autora discute convincentemente, nunca hubo una revolución agrícola en China comparable a la del siglo XVIII en Europa. Es discutible el que una revolución agrícola fuese innecesaria ya que la agricultura china cambió progresivamente. Pero, aún hoy día, muchos aspectos de la agricultura china son idénticos a lo que fue hecho hace 1500 ó más años.

Este es el primer volumen de *Science and Civilisation in China* no escrita por su progenitor y editor de la serie, Joseph Needham. Espero que Francesca Bray me perdone si digo que, erudita y absorbida en su tema como lo es ella, le falta el toque de Needham de transformar detalles masivos en un análisis fascinante en el que sus lectores son arrastrados aunque no lo deseen. Pero, aunque probablemente hay más aquí que lo que quisiera saber un no especialista, hay mucho que podría ser de gran interés.

MARIE BOAS HALL
PROFESORA EMERITUS
IMPERIAL COLLEGE
LONDRES, INGLATERRA

DETERMINACION DEL AREA FOLIAR EN PLANTAS DE CARAOTA (*Phaseolus vulgaris* L.),
YUCA (*Manihot esculenta* CRANTZ) Y BATATA (*Ipomoea batatas* (L.) POIR.) UTILIZANDO
DIMENSIONES LINEALES Y DE PESO SECO DE LAS HOJAS¹ /

J. ASCENCIO*

Summary

Correlation and regression analyses are used in this study in order to determine the most suitable equations for predicting leaf area in bush bean, cassava and sweet potato. A high degree of correlation between certain linear measurements and between leaf dry weight and leaf area found. Different regression equations are given in each case and the best predictive equations are selected on the basis of goodness of fit (R^2) and standard error of estimate (SE). Besides, the best predictive equation for the estimation of leaf area in bush bean, is compared with the gravimetric method through the calculation of two growth indexes, Net Assimilation Rate and Leaf Area Ratio.

Introducción

El área foliar es uno de los parámetros más importantes en la evaluación del crecimiento de las plantas. de allí que la determinación adecuada del mismo sea fundamental para la correcta interpretación de los procesos del desarrollo de un cultivo. Existen diferentes métodos para la determinación del área foliar; la escogencia del método dependerá del objetivo para el cual se realiza la medición y del nivel de exactitud deseado en el trabajo. Por otra parte el tamaño de la muestra, la morfología de la hoja y las disponibilidades de tiempo y equipo por parte del investigador, son aspectos importantes a tener en cuenta al seleccionar un determinado método. Cuando las plantas son individualizables, las medidas lineales de la hoja pueden utilizarse en relaciones matemáticas simples; por ejemplo en el caso de hojas muy grandes como las de banano, caña de azúcar o maíz

generalmente se determina el área como el producto del largo por el ancho. Turner y Lahav (13) calculan el área foliar de plantas de banano (*Musa* sp) mediante la relación $\text{Area} = \Sigma 0.83LxB$, donde L es la longitud y B el ancho de la hoja. Chapman (5), también recomienda la utilización de medidas lineales simples para la determinación del área foliar en ocumo, pues el método no es destructivo y además es de fácil aplicación en el campo. Cuando se trabaje con fines de análisis de vegetación, cambios de biomasa y, en general, cuando se utilicen grandes poblaciones de plantas no individualizables, lo más conveniente es determinar el área foliar de las plantas utilizando una submuestra representativa de la población, sistema este que también se puede aplicar a la determinación del área foliar de la copa de un árbol por ejemplo.

Los métodos utilizados en la determinación del área foliar se encuentran ampliamente discutidos y detallados en Sestak, Catsky y Jarvis (11); sin embargo, cuando se utilizan dimensiones lineales o de peso de las hojas como estimadores del área, deben desarrollarse *in situ* las ecuaciones de regresión haciendo las correcciones y previsiones necesarias en relación al hábitat, estación, variedad y tratamientos (si los hubiere) para evitar determinaciones erróneas. En la mayoría de los casos, las ecuaciones no son generalizables ya que los coeficientes calculados son específicos para esa localidad, especie vegetal o variedad, de allí que cada investigador se vea en la necesidad de implementar su determinación. Sin embargo, a

¹ Recibido para publicación el 6 de mayo de 1984

La autora desea expresar su agradecimiento al Dr. Javier García Benavides por sus valiosas observaciones y sugerencias acerca del trabajo. Al Ing Agr MS José Luciani el haber permitido cosechar las hojas de yuca y batata de los campos experimentales del Instituto de Agronomía y al Sr. Héctor Verde la realización del ensayo en macetas; para el cálculo de los índices IAN y RAF en caraota.

* Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Departamento de Botánica. Maracay, Venezuela

veces es posible ajustar coeficientes únicos cuando las plantas se desarrollan en diferentes ambientes o están sujetas a tratamientos que producen variaciones en el peso o en la forma de las hojas durante el desarrollo. Por ejemplo, Gomes *et al.* (6) obtuvieron los coeficientes para calcular el área foliar de plantas de sorgo en diferentes ambientes utilizando una ecuación única y Hammer (7) no encontró diferencias al utilizar las mismas ecuaciones para estimar el área foliar en plantas de yuca cv MAUS7 en dos sitios diferentes (Lat. 17°30'S Long. 146°00'E y Lat. 26° 31'S Long. 153° 04'E). Benincasa *et al.* (3) trabajando con plantas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L. cv 'Carioca') en un experimento a diferentes densidades de siembra, calcularon un factor de corrección común para estimar el área durante la primera fase del desarrollo de las plantas cuando predominan hojas simples cordiformes y otro para la segunda fase cuando predominan hojas trifoliadas con folíolos elípticos. Por otra parte, no encontraron diferencias significativas ($P < 5\%$) entre los coeficientes obtenidos para calcular el área foliar en los diferentes tratamientos, por lo que generalizan el uso de una ecuación de regresión lineal para esta variedad.

Cuando se realiza un análisis del crecimiento generalmente se utilizan un gran número de plantas y aunque la cosecha implica la destrucción de las mismas, el número elevado de repeticiones de cada muestreo y la frecuencia de los mismos podrían ser limitantes serias en la utilización eficiente del tiempo durante la investigación. Este trabajo tiene por objeto analizar la metodología para determinar área foliar en hojas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y batata (*Ipomea batatas* (L.) Poir.), utilizando dimensiones lineales y de peso seco de las hojas por medio de análisis de correlación y regresión y comparar, para plantas de caraota, los valores obtenidos en el cálculo de dos índices de crecimiento, utilizando en un caso el área foliar estimada por medio de una ecuación de regresión y en otro por impresión en papel heliográfico.

Materiales y métodos

Material Vegetal: Se utilizaron los datos provenientes de un trabajo realizado con plantas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. 'Coche', cv. 'Cubagua' y cv. 'Tacarigua', Ascencio y Sgambatti (2); plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) var. 2078, var. 2320, var. 'Barinas' y var. 'Sucre' y plantas de batata (*Ipomea batatas* (L.) Poir.) var LM-24 cultivadas en los campos de la Facultad de Agronomía UCV Maracay.

Determinación del área y el peso de las hojas: Se utilizaron todas las hojas de las plantas de caraota muestreadas durante el ciclo del crecimiento y un

amplio rango de tamaños de hojas escogidas al azar dentro de la población de plantas de cada variedad o cultivar de yuca o batata. Las láminas de las hojas se imprimieron en papel heliográfico (Ozalid, línea azul 208-S) y la impresión de cada hoja (luego de revelado en vapores de amoníaco) se recortó cuidadosamente. El área de las hojas se determinó por el método gravimétrico de relación área-peso Sestak *et al.* (11). Todas las determinaciones de peso seco de las hojas y recortadas del papel se hicieron en una balanza analítica Sartorius.

Determinación de la relación entre el área foliar y el peso seco de las hojas: a) Área foliar total por planta y peso seco total de hojas por planta: se utilizaron plantas de caraota cv. 'Coche' analizándose los datos de muestreos efectuados cada cinco días en 10 plantas desde los 13 hasta los 63 días de edad a partir de la siembra. b) Área por hoja y peso seco por hoja: se utilizaron plantas de batata var. LM-24. Cada hoja, previamente identificada, se imprimió en papel heliográfico secándose posteriormente en la estufa a 70°C durante 72 horas para determinación del peso seco. Se utilizó un total de 70 hojas.

Determinación de la relación entre el área foliar y las dimensiones lineales de la hoja: En el caso de las hojas compuestas (caraota y yuca) se estableció en primer lugar la correlación entre las medidas lineales

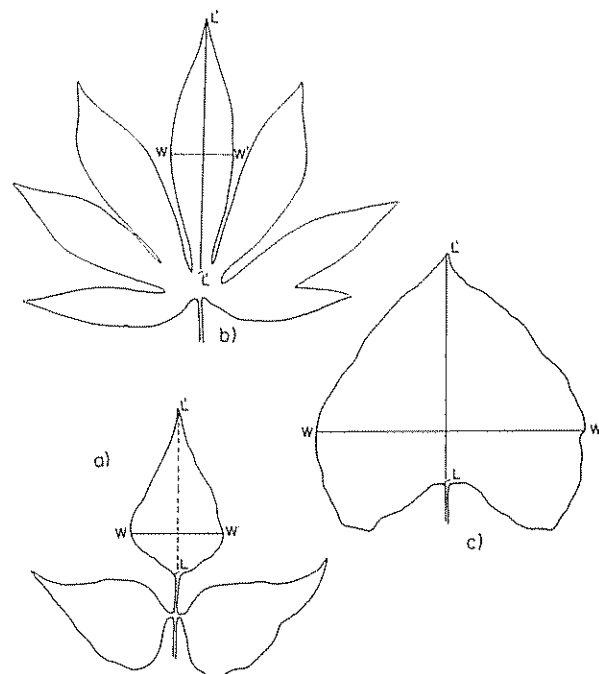


Fig. 1 Dimensiones lineales utilizadas para calcular el área foliar en hojas de a) caraota, b) yuca y c) batata. (LL' Largo; WW' Ancho).

de uno, varios o todos los lóbulos de las hojas de yuca y del folíolo central de las hojas de caraota y el área foliar total de la hoja. Se utilizó un total de 70 hojas de yuca var. 2078 y 25 hojas de cada una de las var. 2330, 'Barinas' y 'Sucre'; 229 hojas de caraota cv. 'Coche'. 162 del cv. 'Cubagua' y 255 del cv. 'Tacarigua'. Se utilizaron también 62 hojas simples de batata var. LM-24. En la Figura 1 se muestran las medidas lineales realizadas en las diferentes hojas; en las hojas de caraota se determinó el largo (L) y el ancho (A) del folíolo central (el ancho mayor y el largo desde la base hasta el ápice). En las hojas de yuca se tomó el ancho mayor y el largo mayor del lóbulo central, el largo x ancho del lóbulo central y la sumatoria de los largos de cada uno de los lóbulos de la hoja (ΣL). En las hojas de batata se tomaron el ancho en la parte más ancha de la hoja y el largo desde la base hasta el ápice.

Análisis estadístico de los resultados: Los resultados se analizaron utilizando técnicas de análisis de regresión y correlación, ajustándose las líneas a modelos de regresión lineal, logarítmico, cuadrático, cúbico, geométrico, raíz cuadrática y gamma, seleccionándose las mejores ecuaciones de predicción por la bondad del ajuste (R^2) y el error estándar de la estimación (SE). Los cálculos se hicieron en el Centro de Cómputo del CENIAP, en Maracay y utilizando un minicomputador de mesa COMMODORE PET mod. 2001. Los procedimientos de cálculo están descritos en Meyer (10) y Sokal y Rohlf (12).

Resultados

La estimación del área foliar por planta a partir del peso seco de las hojas (pecíolos y láminas inclui-

dos) se hizo en plantas de caraota cv. 'Coche', encontrándose coeficientes de determinación altamente significativos para los modelos de regresión lineal ($R^2 = 97,70\%$), raíz cuadrática ($R^2 = 97,65\%$) y gamma ($R^2 = 88,44\%$). Esto demuestra que en principio esta estimación es adecuada para predecir el área foliar; se seleccionó la función lineal $y = 84, 1152 + 184, 4708 x$ por tener un buen ajuste y ser más sencilla de aplicar.

La relación entre el área foliar y el peso seco de hojas individuales se estableció para plantas de batata var. LM-24; se encontraron coeficientes de determinación altamente significativos en casi todos los ajustes efectuados: las funciones lineal ($R^2 = 90,42\%$), logarítmica ($R^2 = 92,30\%$), cuadrática ($R^2 = 90,87\%$), raíz cuadrática ($R^2 = 90,89\%$) y gamma ($R^2 = 92,39\%$) estiman bien el área foliar de la hoja a partir de su peso seco. La comparación de los valores de R^2 , F, así como también la graficación de los valores estimados del área foliar utilizando la función logarítmica $y = 171,65 x^{0,892}$ ($R^2 = 92,30\%$) es ligeramente mejor (Cuadro 1 (a) y Figura 2). El área foliar específica promedio de estas hojas fue de $214,83 \pm 25,16 \text{ cm}^2/\text{g}$ con un coeficiente de variación (CV) de 11,71%.

La determinación del área foliar mediante la utilización de dimensiones lineales de hojas de plantas de caraota se hizo tomando en cuenta que la hoja de caraota es compuesta y asimétrica, con tres folíolos de los cuales el central ha sido más ampliamente utilizado en medidas lineales. En este trabajo se utilizó el ancho del folíolo central para estimar el área foliar total en cada uno de los tres cultivares estudiados. Para el cv. 'Coche', los valores del coeficiente de deter-

Cuadro 1. Ecuaciones de regresión seleccionadas para la estimación del área foliar en hojas de batata var. LM-24 en función a) del peso de la hoja y b) del ancho mayor de la hoja.

Variable	Ecuación de regresión	R^2	% E	SE
a) Peso Seco Hoja	$y = 171.6507 x^{0.8921}$	92.30	6.78	6.59
	$y = 3.9598 + 181.5094x$	90.42	7.81	7.76
b) Ancho Mayor Hoja	$y = 0.9804 x^{1.7814}$	95.70	6.65	5.96
	$y = 20.6727 + 7.5385 x$	94.73	5.46	5.42
	$y = 8.2676 + 3.6599 + 0.2919 x^2$	95.22	5.71	6.33

$$\% E = \frac{y(\text{ob.}) - y(\text{calc.})}{y(\text{ob.})} \cdot 100$$

$$SE = \sqrt{\frac{(\sum (E_i - \bar{E})^2)}{n-1}}$$

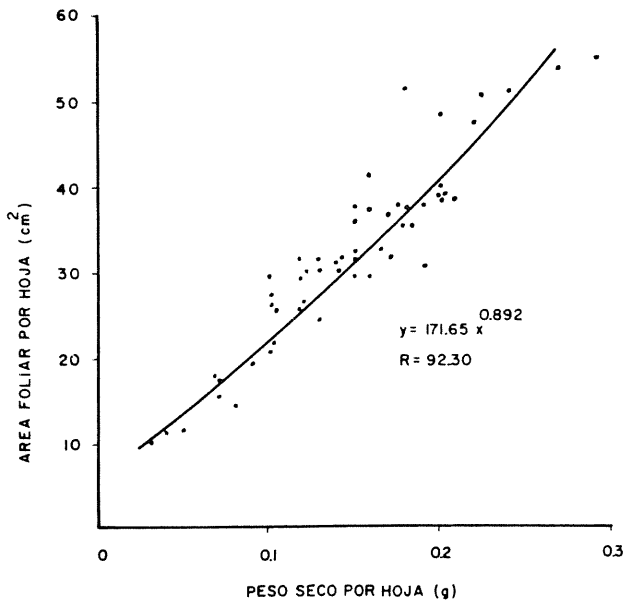


Fig. 2. Relación entre el área foliar y el peso seco de hojas individuales de plantas de batata var LM-24.

minación (R^2) para los seis modelos de regresión varían entre 89 y 95%; se escogió la función logarítmica $y = 2,757 x 1,892$ ($R^2 = 96\%$) como la más adecuada (Figura 3a). En los casos de los cv. 'Cubagua' y 'Tacarigua' también se seleccionaron funciones logarítmicas con R^2 mayores del 90%, como puede observarse en la Figura 3b y 3c.

La hoja de yuca es simple y muy lobulada, encontrándose hojas que tienen hasta once lóbulos. Dada la irregularidad en la forma de los lóbulos y la inconstancia en el número de ellos, es muy importante establecer un criterio de medida al determinar medidas lineales en estas hojas. Los coeficientes de correlación entre el área foliar y las dimensiones de la hoja se calcularon previamente para la variedad 2078, encontrándose valores de $r = 0,94; 0,88; 0,32$ y $0,87$ para la correlación entre el área foliar, el largo del lóbulo central, el largo x ancho del lóbulo central, la sumatoria del ancho de lóbulos en la parte más ancha y la sumatoria del largo de lóbulos respectivamente. Con base en esta información, se procesaron los datos para los seis modelos de regresión entre el área foliar total y el largo del lóbulo central y el área foliar y la sumatoria de los largos de los lóbulos de cada hoja. Dada la similitud entre los coeficientes de correlación para las sumatoria de los largos de lóbulos y el $L \times A$ del lóbulo central y el área foliar respectivamente, se podría recomendar con restricciones en la utilización de cualesquiera de los dos parámetros, ya que los valores de R^2 son inferiores al 80% para el modelo lineal. En el caso de variedades con hojas cuyo lóbulo central sea de anchos variables,

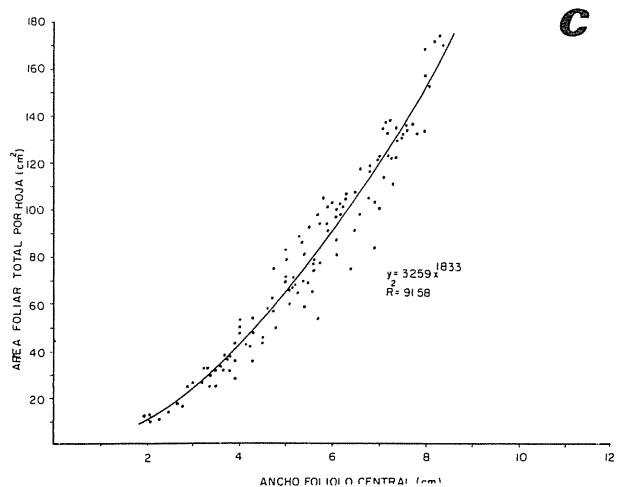
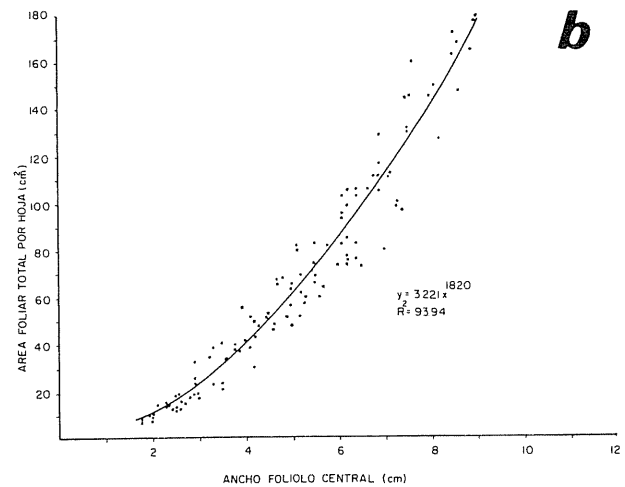
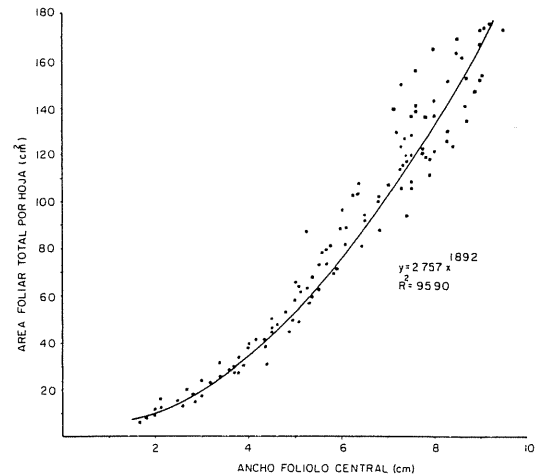


Fig. 3. Relación entre el área foliar total de hojas de caraota y el ancho del foliolo central en los cv a) 'Coche', b) 'Cubagua', c) 'Tacarigua'.

se recomendaría la relación entre el área foliar y el largo del lóbulo central y cuando se utilice el ancho, debería establecerse un criterio preciso del lugar en toda la longitud del lóbulo donde se va a efectuar la medición. En la Figura 4a se muestra la línea y ecuación de regresión de mejor ajuste para la relación entre el área foliar y el largo del lóbulo central de hojas de yuca var 2078. La función logarítmica $y = 0,6417 x^{2,035}$ ($R^2 = 90,4\%$) fue la mejor. Utilizándose la sumatoria de los largos de los lóbulos, no mejora significativamente la exactitud de la estimación, por lo que el exceso de trabajo no justifica el pequeño aumento obtenido en la precisión de la determinación.

Esta última regresión también ajustó mejor a una función logarítmica $y = 0,1532 x^{1,5286}$ ($R^2 = 91,5\%$) para la misma variedad, como puede observarse en la Figura 4b.

En el Cuadro 2 se muestran las regresiones de mejor ajuste para la estimación del área foliar en función del largo del lóbulo central de hojas de yuca var. 2078, var. 'Sucre', var. 'Barinas' y var. 2320; de los seis modelos calculados para cada caso se recomiendan los que aparecen en el Cuadro 2 dado que en todos los casos el R^2 tiene valores superiores al 90%. Sin embargo, se recomiendan específicamente los modelos logarítmicos para las variedades 2078, 'Sucre' y 2320 que tuvieron un porcentaje de error menor. En el caso de la var. 'Barina' se recomendaría el modelo lineal.

Las hojas de plantas de batata son simples, aunque de forma variable. En la Figura 5a se puede observar la relación entre el área foliar y el ancho mayor de la hoja; como los cinco modelos de regresión calculados fueron igualmente satisfactorios con coeficiente de determinación mayores del 93%. la elección del modelo más adecuado, como puede observarse en el Cuadro 1b, queda a juicio del investigador. En este caso, de los tres modelos seleccionados se recomienda el modelo lineal $y = -20,67 + 7,53x$, ya que tiene un porcentaje de error menor y además se calcula con mayor facilidad. En la Figura 5b se observa la relación entre el área foliar y el largo de la hoja, que para esta variedad de batata LM-24 es peor que cuando se utiliza el ancho de la hoja lo cual puede deducirse de la simple observación y comparación de la Figura 5

Discusión

El análisis de la relación entre las medidas lineales y el área de las hojas en plantas de caraota, indica homogeneidad entre los tres cultivares investigados. Las diferencias observadas en las ecuaciones de regre-

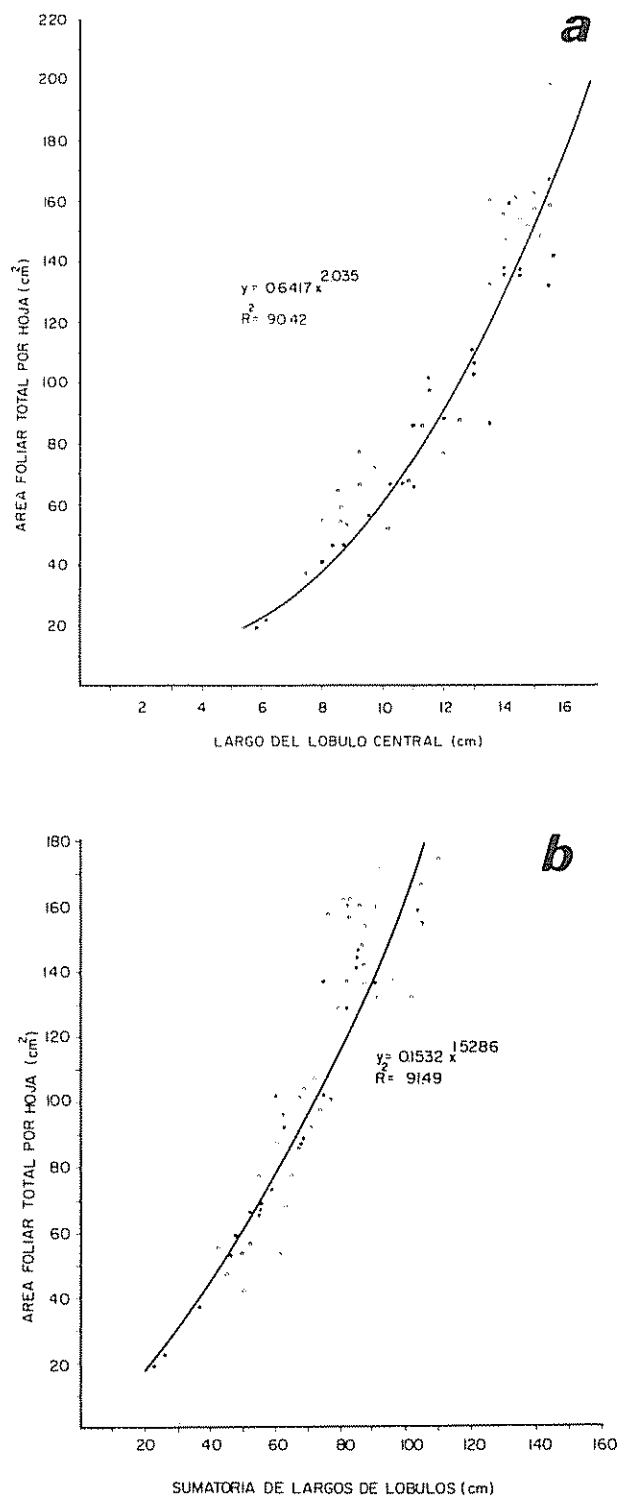


Fig. 4. Relación entre el área foliar total de hojas de yuca var 2078 en función de a) largo del lóbulo central de la hoja, b) Sumatoria de los largos de cada uno de los lóbulos de la hoja

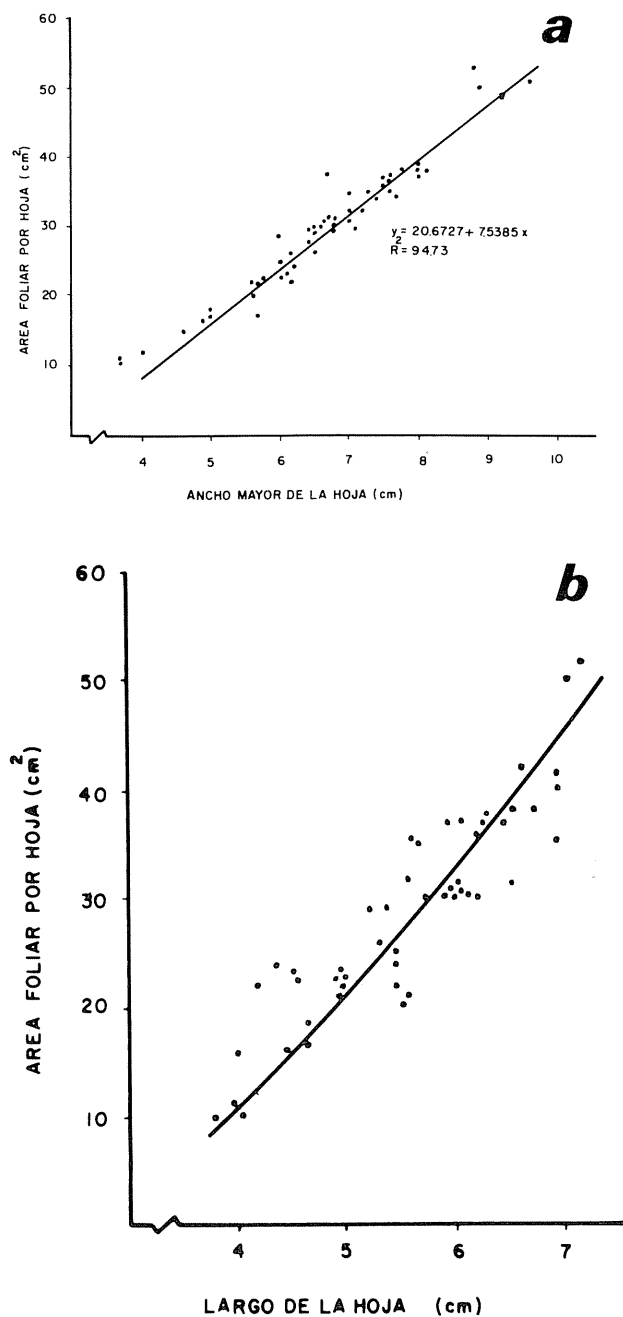


Fig. 5. Relación entre el área foliar de hojas de batata var LM-24 en función de a) ancho mayor de la hoja, b) largo mayor de la hoja.

sión de mejor ajuste son pequeñas como se ha podido observar en la similitud de los coeficientes b_0 y b_1 y los coeficientes de determinación en cada caso. Por otra parte, estas ecuaciones son similares a las calculadas para la variedad 'Turrialba-4' Ascencio y Fargas, (1) para la cual también se consideró el mejor ajuste el de una función logarítmica y = 2,19 x

1,965 ($R^2 = 98\%$), para la regresión entre el ancho del folíolo central y el área foliar total. Estas similitudes permitirían la utilización de un modelo único para ser utilizado en principio *in situ*, para los diferentes cultivares de la misma especie; en efecto, Loayza (9) calcula una ecuación de regresión única entre el área foliar y el ancho del folíolo central para los cultivares 'Turrialba-4', 'Porrillo' y 'Jamapa' de caraotas, para lo cual el mejor ajuste resultó ser una función cuadrática de ecuación $y = 0,01571 + 0,0414x + 0,0178x^2$ ($R^2 = 89\%$). La utilización de ecuaciones específicas o generalizadas para distintos cultivares queda a criterio del investigador y depende de la rigurosidad que requiera la estimación. De haber diferencias significativas entre las ecuaciones para los distintos cultivares, podría utilizarse como primera alternativa para lograr la ecuación generalizada que satisfaga un mayor número de variedades, el uso de variables mudas adicionadas al modelo original. Benincasa *et al.* (3) determinaron el área foliar de hojas de caraota utilizando cada folíolo en forma individual mediante coeficientes de corrección establecidos entre el área foliar determinada por planimetría y por el largo x ancho de cada folíolo en forma individual; este método es más laborioso pero representa una alternativa en el caso de hojas compuestas en las que una sola medida lineal sea insuficiente para la determinación satisfactoria del área de la hoja. Por otra parte, con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo, se podría indicar que no es crítica la escogencia entre el ancho o el largo del folíolo central de hojas de caraota como parámetro estimador del área foliar total, aunque el ancho ha sido más ampliamente utilizado. A manera de ejemplo se muestra en la Figura 6 la relación entre el largo del folíolo central y el área total de hojas de caraota cv. 'Coche'; como puede

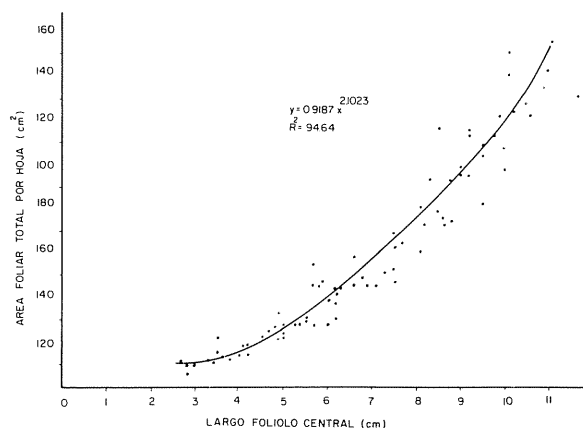


Fig. 6. Relación entre el área foliar total de hojas de caraota cv 'Coche' y el largo del folíolo central.

Cuadro 2. Ecuaciones de regresión seleccionadas para la estimación del área foliar en 4 variedades de yuca en función del largo mayor del lóbulo central de la hoja.

Variedad	Ecuación de regresión	R ²	% E	SE
2078	$y = 0.6417 x^{2.035}$	90.42	12.31	12.03
'Sucre'	$y = 0.2663 x^{2.389}$	94.07	9.26	33.07
'Barinas'	$y = 0.2741 x^{2.316}$	90.42	14.13	9.46
'Barinas'	$y = 121.6839 + 17.9908 x$	91.86	10.75	8.58
2320	$y = 0.1906 x^{2.5036}$	97.38	7.98	6.51
2320	$y = 170.9593 + 23.1325 x$	95.03	10.47	8.31

$$\%E = \frac{y(\text{ob}) - y(\text{calc.})}{y(\text{ob})} 100$$

$$SE = \sqrt{\frac{(E_i - \bar{E})^2}{n-1}}$$

observarse existe una gran similitud entre estos resultados y los obtenidos con la misma variedad al utilizar el ancho del folíolo central.

En el caso de los cultivares de yuca también se observaron algunas similitudes entre los coeficientes b_0 y b_1 de la función logarítmica seleccionada para estimar el área foliar en función del largo del lóbulo central de la hoja. Como puede decirse del Cuadro 2, la creación de un modelo único sería igualmente factible en este caso. En efecto, Hammer (7) recomienda también una función logarítmica de ecuación $y = 0.00057 x^{2.46}$ ($R^2 = 95\%$) para el cv. de yuca MAUS7, donde x es el largo del lóbulo central de la hoja y al igual que en nuestros resultados, los puntos en la gráfica se encuentran mucho más dispersos para valores elevados del área foliar lo cual podría sugerir que la precisión de la estimación es mejor en la primera parte de la línea.

En hojas de plantas de batata por ser simples, la escogencia del método para la determinación del área foliar se simplifica, especialmente en los casos, como los muestran los resultados del presente trabajo, en los que una sola medida lineal es buen estimador del área.

La utilización del peso de la hoja como estimador del área foliar tiene la ventaja de que economiza tiempo cuando se muestrean un gran número de plantas o cuando éstas forman una cobertura continua, difícil de individualizar. En este caso la utilización de

medidas lineales de las hojas podría ser demasiado laboriosa, especialmente si la planta tiene hojas muy pequeñas lo que ocasionaría a su vez un número elevado por unidad de área de superficie de muestreo. En este caso, si no se dispone, o no es adecuado el uso de un planímetro óptico o de otro equipo similar que permita el cálculo directo del área de las hojas, se podría utilizar una relación área-peso para lo cual debería tomarse en cuenta la variación en el Área Foliar Específica (AFE) en cada muestreo. En algunos casos se podrían observar variaciones en el AFE de las hojas a lo largo del tallo de la planta y en ese caso habría que dividir el tallo en zonas siguiendo la misma metodología descrita y establecer el AFE para cada zona o nivel. Siempre y cuando el AFE no varíe apreciablemente o que tenga una variación constante, se podría utilizar un factor de corrección común. En el caso de las plantas de caraota utilizadas en este trabajo, se compararon los valores promedio del AFE para los tres cultivares durante el ciclo de vida de las plantas con sus respectivas desviaciones y coeficientes de variación. La comparación indica que las hojas de las plantas del cv. 'Cubagua' tienen el espesor menos variable seguidas por los cv. 'Tacarigua' y 'Coche', pero dentro de cada cultivar las diferencias no son significativas a lo largo del ciclo de vida de las plantas por lo que en este caso en particular no serían necesarias las correcciones por AFE en caso de utilizar una relación área-peso para determinar el área foliar. El AFE calculada para las hojas de batata utilizadas en este trabajo tuvo un valor promedio de 214.83 ± 25.16 con un coeficiente de variación del 11,71%, va-

lores éstos que tampoco ameritarían una corrección del área foliar calculada a través de una relación área-peso. Sin embargo, si las plantas estuvieran sujetas a diferentes tratamientos por riego, luz temperatura o nutrimentos, sólo la comparación de los valores de AFE con sus respectivos coeficientes de variación para las plantas testigo y los diferentes tratamientos podría indicar si el espesor de las hojas sufre variaciones significativas en cada cosecha o muestreo.

Como información adicional, en el presente trabajo se calibró el método para la determinación del área foliar en hojas de caraota cv. 'Tacarigua' mediante la ecuación $y = 3,259x^{1,833}$ que se observa en la Figura 3a contra el método gravimétrico de relación del 5%; de acuerdo a Sestak, Catsky y Jarvis (1), la determinación más exacta del área foliar es la que se realiza por planimetría manual, la cual tiene un límite máximo de error del 3%. En nuestro caso, como el error experimental de la determinación área-peso depende fundamentalmente de la precisión de las balanzas y de la calidad homogénea del papel, se tomaron las previsiones necesarias para que la metodología fuese implementada en forma adecuada. Como se puede observar en la Figura 7, la recta de calibración $y = -25,30 + 1,051x$ se comparó con la recta teórica $y = x$ (45°C); en una coincidencia perfecta, la ordenada en el origen tendría que ser cero, la pendiente uno y el coeficiente de correlación 1,00. Como se puede observar, las rectas son casi coincidentes, la pendiente calculada con un valor de 1,051 no presenta diferencias significativas con la

Cuadro 3. Área Foliar Específica (AFE) en cm^2/g durante el ciclo de vida de plantas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. 'Coche', cv. 'Cubagua' y cv. 'Tacarigua' (Datos Ascencio y Sgambatti, 2). $n = 10$ plantas.

Días	Área Foliar Específica		
	'Coche'	'Cubagua'	'Tacarigua'
18	236.07	209.28	232.76
23	212.20	220.77	210.48
28	242.45	204.75	203.39
33	231.40	196.02	204.29
38	210.20	241.32	227.27
43	181.89	194.06	173.27
48	222.98	232.14	208.01
53	169.83	196.53	162.30
58	184.84	175.66	172.27
63	132.50	168.15	169.61
\bar{x}	202.40 ± 32.81	203.87 ± 20.03	196.35 ± 23.91
cv	16%	9.82%	12.18%

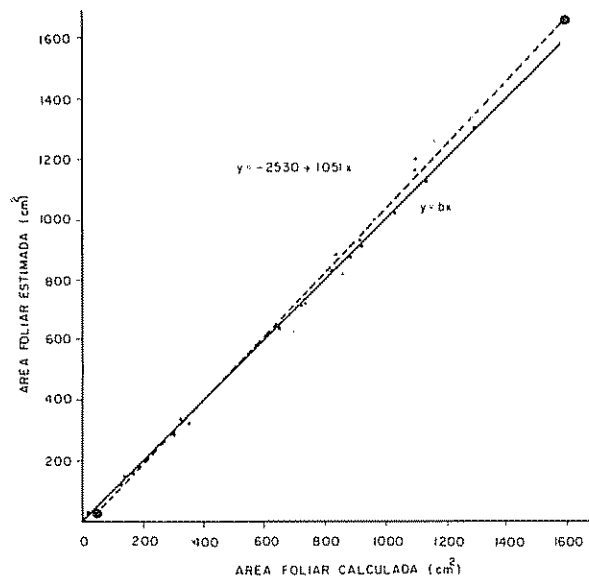


Fig 7. Comparación entre el área foliar total estimada por planta ($y = 3.259x^{1.833}$) y el área foliar total calculada por impresión en papel heliográfico, para plantas de caraota cv 'Tacarigua'

teórica, el coeficiente de correlación es alto y la ordenada en el origen perfectamente aceptable.

Por otra parte también se compararon los valores obtenidos en el cálculo de dos parámetros fisiomorfológicos del crecimiento de las plantas, como lo son el Índice de Asimilación Neta (IAN) y la Razón de Área Foliar (RAF) calculando el área foliar para el

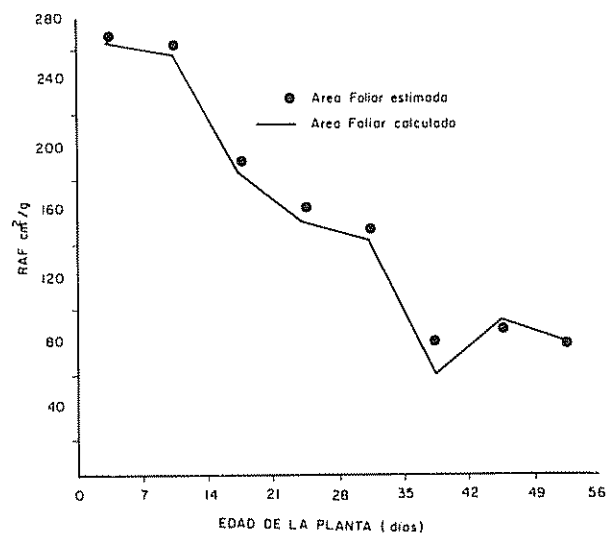


Fig 8. Comparación entre los valores obtenidos al calcular el Índice de Asimilación Neta (IAN) en plantas de caraota cv 'Tacarigua' estimando el área foliar total por planta a partir del ancho del folíolo central de las hojas y por impresión de las hojas en papel heliográfico (Datos promedio de 3 plantas).

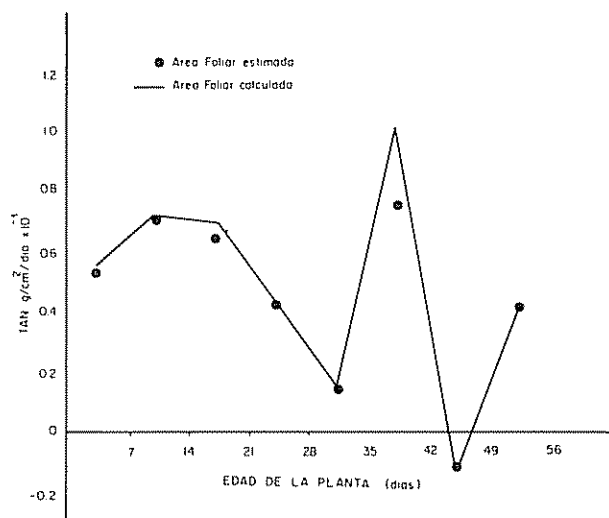


Fig 9 Comparación entre los valores obtenidos al calcular la Razón de Área Foliar (RAF) en plantas de caraota cv. 'Tacarigua' estimando el área foliar total por planta a partir del ancho del folíolo central de las hojas y por impresión de las hojas en papel heliográfico (Datos promedio de 3 plantas)

mismo grupo de plantas de caraota, desarrolladas en macetas y cosechadas semanalmente, por medio de la relación área-peso del papel y también la ecuación estimar el área foliar a partir del ancho del folíolo central para el cv. 'tacarigua', $y = 3,259 x 1,83$, que aparece en la Figura 3a. Los detalles del cálculo y de la interpretación de los índices del crecimiento se encuentran ampliamente discutidos en la bibliografía Sestak, Catsky y Jarvis (11); Hunt (8); Causton y Venus (4) y están fuera de los objetivos del presente trabajo. Como puede observarse en las Figuras 8 y 9, existen pocas diferencias entre los valores del IAN y del RAF calculados semanalmente al utilizar el método gravimétrico o la ecuación de regresión para determinar el área foliar total de las plantas, por lo que es factible la utilización del análisis de correlación y regresión y las medidas lineales de las hojas de caraota cv. 'Tacarigua' con un amplio margen de confiabilidad.

Resumen

El análisis de correlación y regresión simple se utiliza en este trabajo para la estimación del área foliar en plantas de caraota, yuca y batata utilizando dimensiones lineales y de peso seco de las hojas. Se establecen como criterios de selección de las ecuaciones de predicción, la bondad del ajuste de la línea (R^2), la comparación entre los valores observados con los calculados y el error estándar de la estimación. Para el caso de caraota cv. 'Tacarigua', se comparan además los datos obtenidos en el cálculo del área foliar por planta utilizando la ecuación de re-

gresión seleccionada y el método gravimétrico de relación área: peso para determinar dos índices del crecimiento (Índice de Asimilación Neta y Razón de Área Foliar).

Literatura citada

- ASCENCIO, J. y FARGAS, J. Análisis del crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var 'Turrialba-4') cultivado en solución nutritiva. Turrialba 23(4):420-428. 1973.
- ASCENCIO, J.; FARGAS, J. y SGAMBATTI, L. Análisis del crecimiento en tres cultivares de caraotas venezolanas (*Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Coche', cv. 'Cubagua', cv. 'Tacarigua') en condiciones de campo. Agronomía Tropical (Venezuela) 25(2):125-147. 1975.
- BENINCASA, M. M. P. *et al.* Metodo não de destrutivo para estimativa da area foliar de *Phaseolus vulgaris* L. (feijoeiro). Cientifica (Brasil) 4(1):43-48. 1976.
- CAUSTON, D. R. y VENUS, J. C. The biometry of plant growth. Londres, Arnold, 1981. 310 p.
- CHAPMAN, T. A note on the measurement of leaf area of the Tannia (*Xanthosoma sagittifolium*). Tropical Agriculture (Trinidad) 41(4):351-353. 1964.
- GOMES, J. BENINCASA, M. M. P. Y SANTOS, J. Metodo não destrutivo para a estimativa da area foliar do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). In Reunião Anual da SBPC. Resumos. São Paulo. 1974.
- HAMMER, G. L. Estimation of cassava leaf area by a simple, non-destructive field technique. Journal of the Australian Institute of Agricultural Science 61-62. 1980.
- HUNT, R. Plant Growth analysis. Studies Biol. no. 96. Arnold. Londres, 1978. 67 p.
- LOAYZA, T. J. Respuesta a tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a tres tensiones osmóticas en soluciones nutritivas. Tesis M. Sc. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1972. 75 p.
- MEYER, L. S. Data analysis for scientists and engineers. Nueva York, Wiley, 1975. 513 p.

11. SESTAK, Z. CATSKY, J. y JARVIS, P. C. Plant photosynthetic production. La Haya, Junk. 1971. 818 p.
12. SOKAL, R. R. y ROHLF, F. J. Biometry. San Francisco, Freeman, 1969. 776 p.
13. TURNER, D. W. y LAHAV, E. The growth of banana plants in relation to temperature. Australian Journal of Plant Physiology 10(1):43-53. 1983.

Reseña de libros

- E. R. TERRY *et al.* Tropical root crops: Production and uses in Africa: Proceedings of the second triennial symposium of the International Society for Tropical Root Crops-Africa Branch held in Dowala, Cameroon, 14-10 August 1983. Ottawa, Ont: International Development Research Centre, 1984. 231 p. (IDRC-221 e).

Con especies de notoria adaptación a las condiciones adversas del trópico, las raíces y tubérculos tropicales alcanzan a producir donde los cultivos "convencionales" no prosperan y sus rendimientos por unidad de insumo invertido son difícilmente superables. Tales atributos y la acuciante necesidad de producir alimentos baratos en el trópico, han determinado la reciente atención dispensada al estudio de su potencial.

Tropical root crops: Production and uses in Africa es la memoria del Segundo Simposium trienal de la Sociedad Internacional de Raíces Tropicales, Filial africana, celebrado en Camerún del 14 al 19 de agosto de 1983. Participaron 77 investigadores de 16 países que presentaron un total de 56 artículos científicos. Los cultivos aludidos fueron, principalmente, la yuca (*Manihot esculenta*) y los ñames (*Dioscorea* spp), un menor número de trabajos consideraron al tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*) y al camote (*Ipomoea batatas*)

El Simposium centró su atención en la producción y utilización de las raíces tropicales en Africa. En cuanto a la producción, los temas tratados fueron diversos: la protección de los cultivos, la evaluación de germoplasma, la propagación *in vitro* y la eficiencia de asociaciones de raíces tropicales con otras especies. La prioridad de atenuar la reducción de la producción debida al ataque de plagas y enfermedades resultó reconfirmada. En cuanto a la utilización, hubo aportes en los campos de la alimentación animal y el mejoramiento de la calidad de los productos destinados al consumo humano. La conferencia inaugural del desaparecido Dr. D. G. Coursey señaló las tendencias de la utilización de las raíces tropicales: en el mediano y largo plazo, la alimentación animal y la producción de bioenergía serán los nuevos usos que se le añadirán a la indefectible producción de sustento humano del presente.

Para quienes trabajamos con raíces y tubérculos esta memoria constituye una valiosa ayuda y nos permite comparar las experiencias desarrolladas en Africa con las propias. Es este intercambio de ideas y conocimientos el cimiento sobre el cual podemos construir la tecnología necesaria para el desarrollo rural, una prioridad común al tercer mundo.

WERNER RODRIGUEZ MONTERO
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, CATIE
TURRIALBA, COSTA RICA

PARTIAL STRUCTURE ELUCIDATION OF THE CARBOHYDRATE MOIETY OF
1,25-DIHYDROXYCHOLECALCIFEROL GLYCOSIDE ISOLATED FROM
Solanum glaucophyllum LEAVES¹ /

M. C. VIDAL*
W. LESCOANO*
R. AVDOLOV*
R. C. PUCHE*

Resumen

La cromatografía de intercambio iónico de los complejos de boratos de los carbohidratos presentes en las hojas Solanum glaucophyllum permitió el aislamiento del glicósido 1,25-dihidroxycholecalciferol. El esteroide estaba unido a una serie de fructoglucósidos. La investigación de su estructura fina mediante oxidación ácida periódica demostró que la fructosa estaba enlazada a una unidad de disacárido [Glc_p α 1-2 Glc] repetida 1, 2 ó 4 veces.

La aglicona estaba unida al extremo reductor del sacárido.

Introduction

Solanum glaucophyllum (conspecific with *S. malacoxylon* and *S. glaucum*) is a shrub growing in Argentina, Brazil and Uruguay, common in areas of low-lying poorly drained lands. The leaves of this plant contain the glycoside of 1,25-dihydroxycholecalciferol (8, 12, 23). Chronic ingestion of the leaves by cattle produces a vitamin-D intoxication state called "Enteque Seco" (24). The biological activity of the leaves appears to be influenced by geographical location or climatic conditions and by the development of the plant (it is higher in vegetative than in reproductive state, 18). Although no physiological function has been assigned to the glycoside or the aglycone, some experiments suggest that the

latter may have rhizogenic activity (4). This paper reports a method for the isolation of the glycoside and details on the fine structure of its carbohydrate moiety.

Material and methods

S. glaucophyllum leaves were desiccated at 60°C for 12 hours and ground with a hand driven steel mill. The powder was sieved through a No. 140 net (U.S. Standard Sieve Series) to obtain a very fine powder of mesophile. The latter was extracted with chloroform in a Soxhlet apparatus for 16-24 hours, losing 9% of its weight and leaving a cream-colored powder, which was extracted with water at 37-40°C for 5 minutes (one gram of powder with five ml of water) and filtered with suction. The aqueous extract contained 85% of soluble carbohydrates; it was stored at -20°C.

The hexose content of the aqueous extract or chromatographic fractions was measured after acid hydrolysis: the aliquot was made 0.1 N in HCl and heated for 15 minutes in a boiling water bath.

Fructose and glucose were measured according to Roe (20) and Washko and Rice (22), respectively. Reducing sugars were measured with the Nelson (14) reagent. Paper chromatography of fructoglucosans was carried out on Whatman paper No. 1

¹ Received for publication on April 14, 1984.

This work was supported in part by a grant from the Secretaría de Estado de Ciencia y Tecnología. Discussion of the data with Dr. Manuel González Sierra and the generous supply of crystalline 1,25-dihydroxycholecalciferol by ROCHE S.A., and chemical reagents by Wiener Lab. are gratefully acknowledged. María C. Vidal and Rodolfo C. Puche are Research Career Members, Consejo de Investigaciones, Universidad Nacional de Rosario.

* Departamento de Ciencias Fisiológicas. Facultad de Ciencias Médicas. Universidad Nacional de Rosario, Rep. Argentina, Santa Fé 3100, 2000 Rosario, Rep. Argentina.

with butanol-pyridine-water (4:3:4) (11). Location of spots was performed with the alkaline silver reagent (15).

Ion exchange chromatography of carbohydrates. Aliquots of the aqueous extract containing 15 mg of hexoses were mixed with 1 ml of 50 mM sodium tetraborate, adjusted to pH 8.6 (glass electrode) and diluted with 10 ml of distilled water. A flocculent precipitate was separated by centrifugation.

Chromatography of sugar-borate complexes was carried out according to Khym and Zill (10). Amberlite CG-400 (100-200 mesh) was slurried into the column (1x23 cm) and successively washed with 200 ml of N HCl, 300 ml of 100 mM sodium tetraborate (pH 8.6) and 50 ml of distilled water. After the column had been converted to the borate form, it was equilibrated with 50 ml of 5 mM tetraborate. The carbohydrate solution was passed through the column followed by 250, 150 and 150 ml of 5, 15 and 30 mM sodium tetraborate solutions, respectively. Fractions of 10 ml were collected while the UV absorption of the effluent was continuously recorded. The spectrum of selected fractions was determined with a Beckman DU-2 spectrophotometer.

The dihydroxycholecalciferol content of chromatographic fractions was determined extracting the sterol after pH 6 hydrolysis (see below) and measuring the absorbancy at 264 nm.

Stability of 1,25-dihydroxycholecalciferol glycoside and effect of enzymes. Aliquots of the pooled chromatographic fractions containing the glycoside were adjusted to pH 4, 5 or 6 and incubated at 30°C for 24 hours under nitrogen. A drop of 2% sodium azide was added to prevent bacterial growth. After incubation pH was adjusted to 8.6 and rechromatographed as indicated above, or extracted with organic solvents (8, 12, 23). In other experiments, forty units of α -amylase (Miles) or β -glucosidase (Sigma) were added to pooled chromatographic fractions containing ca. 20 μ moles of total hexoses, adjusted to pH 6 or 5, respectively. After 3 hours of incubation at 37°C, pH was readjusted to 8.6, chromatographed as indicated above.

Analysis of fructoglucosans structure. Oxidation of chromatographic fractions containing the non-saccharide, with periodic acid, proceeded to completion at pH 4, 4°C in 16 hours. Periodate consumption (7), formate (1) and formaldehyde (13) production were measured. The product of periodate oxidation was reduced with sodium borohydride and hydrolyzed (2). The neutralized solution was deionized by

passage through a mixed bed of ion exchange resins. The eluate was made 5 mM in sodium tetraborate, adjusted to pH 8.6 and chromatographed in the same column described above. Analysis of fractions was carried out measuring formaldehyde (13) produced by periodate oxidation, against suitable standards.

Biological activity of 1,25-dihydroxycholecalciferol glycoside. The ability to increase plasma phosphorus when administered to rats (5, 18) was employed to confirm the presence of the glycoside. Pooled chromatographic fractions (equivalent to 0.7 g of dried leaves) were freed of tetraborate (25) and injected intraperitoneally to each of five rats. Plasma phosphorus (6) was measured before and 6 hours after injection.

Results and discussion

Ion exchange chromatography of soluble carbohydrates present in the leaves of *S. glaucophyllum* revealed the presence of sucrose, a series of fructoglucosides, fructose and glucose (Figure 1). The first peak was identified as sucrose because: a) it is eluted in the position of authentic sucrose, b) equimolar amounts of glucose and fructose could be measured after acid hydrolysis, c) it gave a negative test for reducing sugars and d) the rate constant for hydrolysis in N HCl at 37°C (0.020 min^{-1}) was not significantly different from that obtained with the standard (0.019 min^{-1}). Some unknown substance with undefined UV spectrum was eluted simultaneously.

Inspection of analytical data of the second peak (Table 1) indicated it was composed by a series of fructoglucosides with glucose:fructose ratios 8:1, 4:1 and 2:1 (nona-, penta- and trisaccharide). Paper

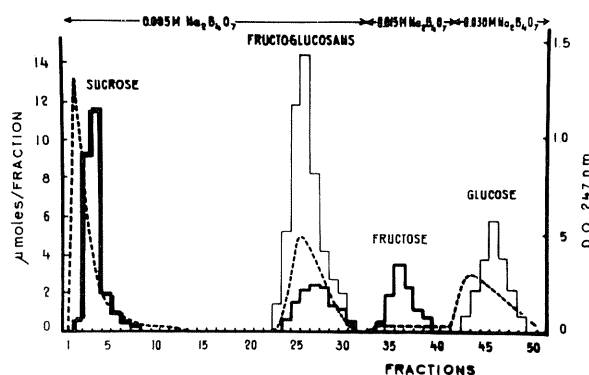


Fig. 1. Chromatographic pattern of soluble carbohydrates of *S. glaucophyllum* leaves, eluted as borate complexes from an Amberlite CG-400 column. Fructose or glucose content of fractions is represented by a thick or thin line, respectively. The dashed line indicates the UV absorbance.

Table 1. Analytical data of fructoglucosides isolated by ion exchange chromatography.

Fraction No.	Glucose μ moles	Fructose μ moles	Glucose Fructose	DHCC μ moles	Reducing sugars μ moles*
23	1.39	0.18	7.6	0.15	negative
24	5.20	0.60	8.6	0.52	negative
25	11.79	1.52	7.8	0.85	0.23
26	14.40	2.25	6.4	0.79	1.60
27	8.32	2.42	3.4	0.45	1.90
28	4.16	2.35	1.8	0.14	2.60
29	2.77	1.36	2.0	0.07	1.20
30	2.09	1.10	1.9	none	1.30

* Standard = glucose

chromatography of pooled fractions confirmed the presence of three oligosaccharides (Figure 2). The UV spectrum of these fractions showed a maximum absorbance at 282 nm, minimum at 225 nm (Figure 3). Biological activity of these fractions was confirmed by bioassay. Pooled chromatographic fractions equivalent to 0.7 g of dry leaves per rat increased plasma phosphorus 6 hours after intraperitoneal injection (Plasma P increase 1.40 ± 0.1 mg/dl, $n = 5$, $P < 0.05$).

Incubation of second peak fractions at pH 4, 5 or 6 for 24 hours produced some hydrolysis of the fructoglucosans (30, 29 and 27%, respectively) and complete hydrolysis of the linkage with the aglycone (no UV absorption could be detected in eluates, upon rechromatography of pH 4-6 incubates). Crystalline 1,25-dihydroxycholecalciferol in 5 mM tetraborate reacted with the resin and could be eluted with N HCl; the UV spectrum of the eluate revealed two maxima (225 and 276 nm) and two minima (210 and 255 nm) indicative of modification of the steroid by passage through the column when not bound to carbohydrates¹. Extraction of the acid incubates with organic solvents gave, without further purification, the typical spectrum of the aglycone (chloroform, maximum 264 nm, minimum 228 nm).

After incubation with α -amylase, 49% of the fructoglucosans were hydrolyzed. The remaining oligosaccharides were eluted from the column

1 The UV spectrum strongly suggests the formation of an additional chromophore (unsaturated- α - β -ketone) by oxidation of the hydroxyl group at C-1. According to Woodward's rules (16) such a compound would have a calculated γ_{\max} at 225 nm. The pre-existing triene system would suffer a small hypsochromic shift (γ_{\max} 279 nm (calc.)) due to a smaller contribution of the exocyclic double bond (between C-10 and C-19) now engaged in the former chromophore.

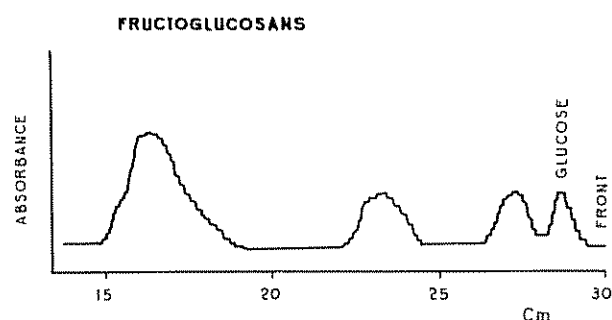


Fig. 2 Densitometric tracing of a paper chromatogram of fructoglucosans previously isolated by ion exchange chromatography. From left to right: nona-, penta- and trisaccharide. Standard: glucose

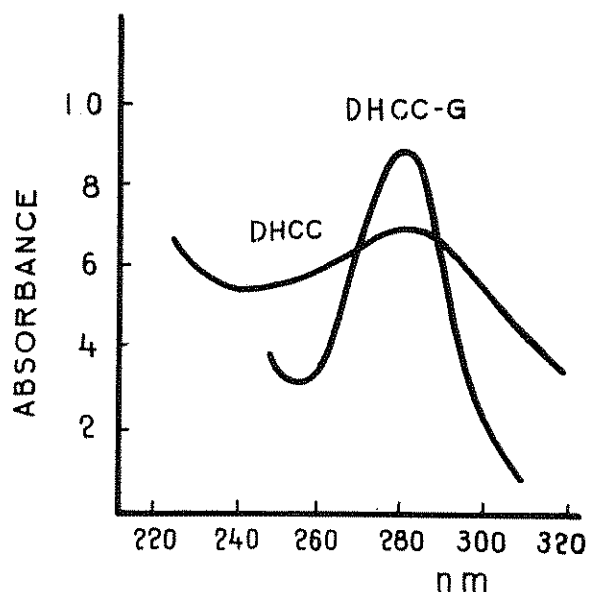


Fig. 3 Ultraviolet spectrum of 1,25-dihydroxycholecalciferol glycoside (DHCC-G) in 5 mM tetraborate solution compared with that of the free steroid (DHCC) in the same solvent

associated with the steroid. When incubation was performed with β -glucosidase, hydrolysis of saccharides was 11%; upon rechromatography no UV absorption could be detected in eluates. These experiments indicated that most probably the linkage between hexoses is α and that with the steroid is β . The latter conclusion agrees with other reports (8, 12, 23).

Periodic acid oxidation of the major component of fructoglucosides (the nonasaccharide) revealed that the reagent was consumed in almost equimolar amounts to the number of hexoses present (Table 2) without formic acid production. These findings discarded the 1 \rightarrow 6 linkage between glucose units and suggested that fructose had a furanose configuration. Application of the Abdel Akker *et al.* (2) procedure for the determination of fine structure revealed glycerol and glyceraldehyde (in a 1.2:1.0 molar ratio) as the only products (Figure 4) indicating a 1 \rightarrow 2 linkage between glucose units. The slight excess of glycerol over glyceraldehyde was interpreted to indicate that fructose was linked to the glucosan through its C-2. The 1 \rightarrow 2 linkage explains the lability of the saccharide to mild acid medium (3).

The analytical data reported in Table 1 indicate that the aglycone is bound at the reducing end of the fructoglucosans. Note that in the first two fractions the number of moles of sterol and fructose coincide and no reducing power could be detected. In the next fractions, the sum of glucose equivalents of reducing power plus aglycone coincided, within experimental error, with the number of moles of fructose. The presence of reducing fructoglucosans can be explained by partial hydrolysis of the glycoside after collection of the leaves.

Present results confirm other reports indicating that the aglycone is bound to a sugar moiety of variable molecular weight (17, 21). The calculated molecular weights of the fructoglucosides (902, 1126, 1676) agree with the estimates of 1000-3000 (9) inferred from gel-filtration experiments.

Table 2. Stoichiometry of periodic acid oxidation of fructoglucosans.

	Fructoglucosan (hexose content μ moles)	Periodate consumed μ moles	Formate produced μ moles	Formaldehyde produced μ moles
Expt. 1:	Fructose = 0.96 Glucose = 7.56	10.20	—	0.93
Expt. 2:	Fructose = 1.22 Glucose = 9.96	12.32	—	1.14

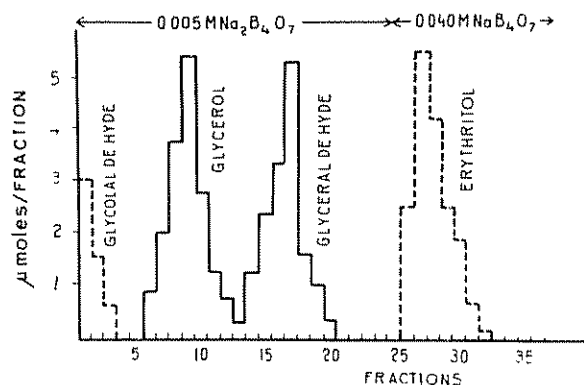


Fig 4 Ion exchange chromatography of products obtained after periodate oxidation of 1,25-dihydroxycholecalciferol glycoside, followed by borohidride reductions and hydrolysis. The full line indicate the actual products obtained. The dashed line indicate the elution pattern of other possible products of the reaction with 1 \rightarrow 4 or 1 \rightarrow 6 polysaccharides.

The proposed formula (Figure 1) summarizes the data obtained. The disaccharide unit [Glc β 1-2 Glc], repeating 1,2 or 4 times is known as kojibiose (3). It is uncertain whether the linkage between fructose and glucose is α or β and whether the steroid is linked through its hydroxyl group at C-3 (as usual with steroidal aglycones), C-1 or C-25.

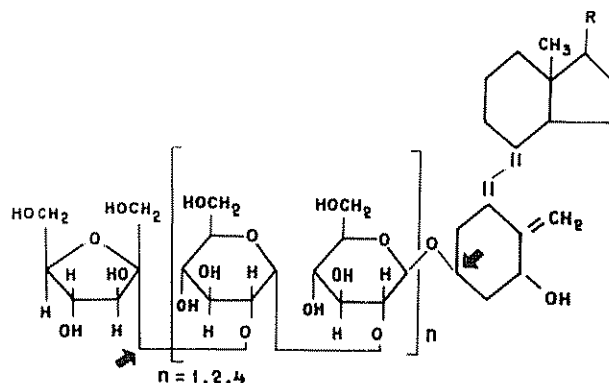


Fig 5 Proposed structure of 1,25-dihydroxycholecalciferol glycoside present in *S. glaucophyllum* leaves. The arrows indicate uncertain details of structure (see text).

Ion exchange chromatography is the simplest method reported to date for the isolation of 1,25-dihydroxycholecalciferol glycoside.

Summary

Ion exchange chromatography of the borate complexes of soluble carbohydrates from *Solanum glaucophyllum* leaves allowed the isolation of 1,25-dihydroxycholecalciferol glycoside. The sterol was bound to a series of fructoglucosides. Investigation of their fine structure through periodic acid oxidation demonstrated that fructose was linked to a disaccharide unit [Glc_p α 1-2Glc] repeating 1, 2 or 4 times. The aglycone was bound to the reducing end of the saccharide.

Literature cited

1. ABDEL AKKER, M., and SMITH, F. The repeating unit of glycogen. *Journal of American Chemistry Society* 73:994-996. 1951
2. ABDEL AKKER, M., HAMILTON, J. K., MONTGOMERY, R., and SMITH, F. A new procedure for the determination of the fine structure of polysaccharides. *Journal of American Chemistry Society* 74:4 970-4 971. 1952
3. BEMILLER, J. N. Acid-catalyzed hydrolysis of glycosides. *Advances Carbohydrate Chemistry* 22:25-91. 1967
4. BUCHALA, A. J., and SCHMID, A. Vitamin D and its analogues as a new plant growth substance affecting rhizogenesis. *Nature (Lond)* 280:230-231. 1979.
5. CAMPOS, C., LADIZESKY, M., and MAUTALEN, C. Effect of *Solanum malacoxylon* on the serum levels of calcium and phosphate of thyroparathyroidectomized and rachitic rats. *Calc. Tiss. Res.* 13:245-248. 1973
6. CHEN, P. S. Jr., TORIBARA, T. Y., and WARNER, H. Microdetermination of phosphorus. *Analytical Chemistry* 28:1 756-1 758. 1956
7. FLEURY, P., LANGE, J. Sur le dosage de l'acide periodique en presence de l'acide iodique. *Journal Pharmacy Chimica* 17:107-113. 1933 and 17:196-208. 1933.
8. HAUSSLER, M. R., WASSERMAN, R. H., McCAIN, T. A., PETERLIK, M., BURSAC, K. M., and HUGHES, M. R. 1,25-dihydroxyvitamin D₃ glycoside: Identification of a calcinogenic factor in *Solanum malacoxylon*. *Life Science* 18:1 049-1 056. 1976
9. HUMPHREYS, D. J. Studies on the active principle of *Solanum malacoxylon*. *Nature* 246:155-157. 1973.
10. KHYN, J. W., ZILL, L. D. The separation of sugars by ion exchange. *Journal of the American Chemical Society* 74:2 090-2 094. 1951
11. LELOIR, L. F., PARODI, A. J., BEHRENS, N. N. Cromatografia de los restos hidrofílicos de algunos derivados del dolicol. *Revista Soc. Argentina Biol.* 47:108-114. 1971
12. NAPOLI, J. L., REEVE, L. E., EISMAN, J. A., SCHNOES, H. K., DeLUCA, H. F. *Solanum glaucophyllum* as a source of 1,25-dihydroxyvitamin D₃. *Journal of Biological Chemistry* 252:2 580-2 583. 1977.
13. NASH, T. The colorimetric estimation of formaldehyde by means of the Hatzch reaction. *Biochemical Journal* 55:416-420. 1953.
14. NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *Journal of Biological Chemistry* 153:375-380. 1944.
15. PARTRIDGE, S. M. Application of the paper partition chromatography to the qualitative analysis of reducing sugars. *Nature* 158:270-271. 1946
16. PASTO, D. J., JOHNSON, C. R. Organic structure determination. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1969. 92 p.
17. PETERLIK, M., WASSERMAN, R. H. 1,25-dihydroxycholecalciferol-like activity in *Solanum malacoxylon*. Purification and partial characterization. *FEBS Letters* 56: 16-19. 1975.
18. PUCHE, R. C., LOCATTO, M. E. Effects of *Solanum malacoxylon* on embryonic bone *in vitro* and on isolated mitochondria. *Calc. Tiss. Res.* 16:219-266. 1974.
19. PUCHE, R. C., MASONI, A. M., ALLOATTI, A., ROVERI, E. The antirachitic activity of *Solanum glaucophyllum* leaves. *Planta Medica* 40:378-380. 1980.

-
20. ROE, J. H. A colorimetric method for the determination of fructose in blood and urine. *Journal of Biological Chemistry* 107:15-22. 1934.
21. SKLIAR, M. I., BOLAND, R. L. Formas moleculares múltiples del principio activo del *Solanum malacoxylon*. *Medicina (Bs. As.)* 39:38-42. 1979.
22. WASHKO, M. E., RICE, E. W. Determination of glucose by an improved enzymatic procedure. *Clinica Chimica* 7:542-547. 1961.
23. WASSERMAN, R. H., HENION, J. D., HAUSSLER, M. R., McCAIN, T. A. Calcinogenic factor in *Solanum malacoxylon*: evidence that is 1,25-dihydroxyvitamin D₃-glycoside. *Science* 194:851-853. 1976.
24. WORKER, N. A., CARRILLO, B. J. Enteque Seco. Calcification and wasting in grazing animals in the Argentine. *Nature* 215:72-73. 1967.
25. ZILL, L. P., KHYM, J. W., CHENIAR, G. M. Further studies on the separation of the borate complexes of sugars and related compounds by ion-exchange chromatography. *Journal of the American Chemical Society* 75:1 339-1 342 1953.

Resumen

Se comparó las características de diez poblaciones de Meloidogyne spp. de Costa Rica obtenidas mediante la técnica de electroforesis con gel de almidón. Se encontró que, con unas pocas excepciones, los patrones enzimáticos de deshidrogenasa de malato, isomerasa de fosfoglucosa, fumarasa, deshidrogenasa de α - glicerofosfato y deshidrogenasa de isocitrato podrían ser usados para diferenciar las especies de Meloidogyne estudiadas (M. incognita, M. hapla, M. arenaria, M. exigua y M. salasi). Se encontró diferencias intraespecíficas en los patrones de las cinco enzimas entre dos poblaciones de M. hapla, y en los patrones de las mismas, excepto deshidrogenasa de isocitrato, entre dos poblaciones de M. exigua

Introduction

The variability of many morphological characters, and the presence within species of so-called physiological races, are two of the most important problems associated with the taxonomy of plant parasitic nematodes (1). These problems have prompted the search for other approaches not based entirely on anatomy and morphology, to aid in the identification and characterization of species and races of nematodes (10). Among these approaches, biochemical systematics is one which has provided new and helpful information about nematodes and their phylogenetic relationships, complementing and extending the information provided by classical morphologically-based taxonomy (9).

Biochemical systematics exploits the subtle molecular differences that underlie taxonomic variation (7). As suggested by Hussey (10), the

ultimate goal of taxonomy should be the classification of the genotypes of the organisms. Practical methods for the analysis of the nucleotide sequence in genes are not currently available. Proteins, on the other hand, are an expression of the sequence of the nucleotides in a gene, and the analysis of these molecules may provide an approach for comparing the genotypes of nematodes.

Electrophoretic techniques allow the separation and identification of specific soluble enzymes and other nonenzymatic proteins. Many enzymatic proteins have different molecular forms, with identical or similar substrates, called isozymes (15).

Electrophoretic comparisons of the isozyme patterns obtained from individual specimens or mass homogenates of a population, can give an idea of the similarity between different populations (14).

The objective of this study was to use starch gel electrophoresis to differentiate several species of root-knot nematodes found in Costa Rica.

Materials and methods

Nematode Populations

Ten populations of *Meloidogyne* spp. from Costa Rica were studied. These were *M. salasi* (CR2), (13),

¹ Received for publication on 22 October, 1984
Research supported by a grant from the Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Costa Rica. The facilities provided by D.W. Dickson, University of Florida, are appreciated.

* Laboratorio de Nematología, Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

M. arenaria race 2 (CR4), *M. exigua* (CR7,9), *M. hapla* (CR10,14), and *M. incognita* race 2 (CR3, 11, 12, 16). Most populations were increased on tomato, cv. Rutgers. *M. exigua* was increased on pepper, cv. California Wonder, and *M. salasi* was increased on the wild grass *Echinochloa colonum*. A mixture of soil and builders sand (3:1 v/v, pH 7.1, 1.5% O. M., 91.8% sand, 6.2% silt and 2.0% clay) treated with steam at 100°C for 24 hours was used to grow the plants. Each pot was fertilized twice a week during the first five weeks of growth with 100 ml of a 1% solution of Nutrisol (12-10-20). The pots were placed randomly on a greenhouse bench and kept separated from other populations by plastic dividers to avoid contamination.

Sample Preparation

Sixty days after inoculation, the root systems were cut into sections approximately 3 cm long and treated as described by Hussey (8), except for a few modifications. These modifications consisted of agitating the flasks containing chopped roots in 200 ml of Pectinol 59L at 150 oscillations per minute for 18-24 hours, the use of a 1.0 M sucrose solution for the centrifugation of the suspension of females, and the transferring of the females directly from the 60-mesh sieve to a beaker with a 1% NaCl solution. The females were collected free of debris, with a Pasteur pipette. Twenty females of each nematode population, except *M. exigua*, were placed in polyethylene microcentrifuge tubes (7 x 30 mm) (250 µl), the saline solution was removed and replaced with 10 µl of 0.1 M K₂ HPO₄ buffer with 0.8% of NaCl and 0.001 M MgCl₂ (11). *M. exigua* samples were comprised of 40 females. Samples were stored at -85°C with no detectable loss of enzymatic activity noted in most samples stored up to eight months.

Starch Gel Electrophoresis

Horizontal starch gel electrophoresis was performed on equipment modified from Bush and Huettel (3). The modification consisted of using a plexiglass U-shaped mold (15 cm long, 17.4 cm wide, 1 cm deep, with legs 1.5 cm long, 4 cm high and 17.4 cm wide for holding the starch gel. The bottom opening along each leg of the mold were taped shut and the mold was filled with starch gel solution. The tape along each leg was removed just prior to placing them into the electrode buffer (17). The starch solution was prepared by adding a mixture of 47.5 g of hydrolysed starch (Connaught Laboratories Limited, Ontario, Canada) and 21 g of electrostarch (Otto Hiller Co., Wisconsin, USA) to 450 ml of the appropriate buffer for the protein system under analysis. Three buffer systems were used for the analysis

of the different isozymes. C-buffer system (2) was used for malate dehydrogenase (MDH), isocitrate dehydrogenase (IDH), and malic enzyme (ME). CA-7 buffer system was used for α-glycerophosphate dehydrogenase (α-GPDH) and glucose-6-phosphate dehydrogenase (G-6-PDH), whereas CA-8 buffer system was used for hexokinase (HK) (17). Poulik and tris-ethylenediamine-tetracetic (EDTA)-borate buffer system was used for phosphoglucose isomerase (PGI) and fumerase (FUM) (3).

The nematode protein was prepared as described previously (3), except that the grinding buffer consisted of 0.01 M trisma base, 0.001 M EDTA free acid in 500 ml of deionized water, pH 7.0.

At 2.5 cm from the cathode end of the starch gel, two adjacent strips, 1 cm wide each, were cut with a metal spatula. The strip closer to the end was temporarily removed and the second strip was slid back into the space that was occupied by the first. The homogenate saturated wicks were blotted lightly and loaded on the vertical edge of the large portion of the gel, ca. 0.5 cm apart, starting from the lateral edge. The second strip of gel was then moved back to its original position, and the strip which had been temporarily removed was put into place. The gel was gently pressed back together, and placed inside a refrigerator at 5°. Each gel was covered with plastic food wrap, a glass plate was put on top and then a metal container with ice, to which NaCl had been added, was placed on top of the glass plate (3). The gels were electrophorized for 15 hours at 30 milliamps for the C-buffer system, 15 hours at 50 milliamps for the CA-7 buffer system, 6 hours at 30 milliamps for the CA-8 buffer system, and 6 hours at 50 milliamps for the Poulik and Tris-EDTA-borate buffer system.

After electrophoresis gels were removed from the trays and sliced horizontally, that is, parallel to the surface, into four slices, 2 mm thick. The sites of isozyme activity were determined by immersing the slabs in the appropriate enzyme reaction mixtures. The mixtures described by Steiner and Joslyn (17) were used for the detection of MDH, IDH, ME, α-GPDH, G-6-PDH, and HK. The reaction mixtures detailed by Bush and Huettel (3) were used for the determination of PGI and FUM activity.

The gel slabs were incubated in the dark at 37°C for 15-75 minutes depending upon the enzyme. Once stained, the slabs were removed from the reaction mixture, washed with running water and photographed. They were immersed in a fixing solution consisting of methanol, deionized water and glacial acetic acid (5:5:1, v/v) for 18 hours, washed again with running water, wrapped in plastic food wrap and stored in a refrigerator at 5°C.

Two preliminary tests were conducted for each system with a few samples, and after obtaining consistent results, four gels were run with samples from each population for each of the systems studied.

Results

All isozymes resolved migrated anodically on the gels. The bands of each enzyme were numbered consecutively beginning with the one nearest the origin

Each enzyme is discussed separately, and the results mentioned constitute an average of the four observations performed in each case. The intensity of the staining reaction on the gel surface was related to enzyme activity. The results obtained with all of the enzymes are illustrated in Figure 1.

Malate Dehydrogenase

M. salasi showed four bands, with MDH1 appearing weakly stained at 25 mm from the origin. MDH2 produced a heavily stained band starting 38 mm from the origin. MDH3 and MDH4 appeared as two weakly stained bands which started 46 and 61 mm from the origin, respectively. In population CR7 of *M. exigua* two weakly stained bands were located 10 and

25 mm from the origin, whereas CR9, the other *M. exigua* population, had one weakly stained band which started 19 mm from the origin. Population CR10 of *M. hapla* had a heavily stained band which started 24 mm from the origin; there was evidence of a weakly stained, narrow band located 34 mm from the origin. CR14, the other population of *M. hapla*, had three bands; MDH1 was heavily stained and started 54 mm from the origin. MDH2 and MDH3 were weakly stained, and started 64 and 75 mm from the origin, respectively. *M. arenaria* (CR4) and *M. incognita* (CR3, 11, 12, 16) had all three bands located at the same position. In all cases MDH1 was heavily stained and started 34 mm from the origin. MDH2 was weakly stained and started 34 mm from the origin. MDH3 was weakly stained and started 42 from the origin. With the exception of CR16, in which case the band stained heavily, all MDH bands were weakly stained.

Isocitrate Dehydrogenase

Population CR10 of *M. hapla* had two weakly stained bands which started 33 and 37 mm from the origin. CR14, the other *M. hapla* population, had three bands which started 44, 50 and 56 mm from the origin. The IDH3 band was heavily stained whereas IDH1 and IDH2 were weakly stained. *M.*

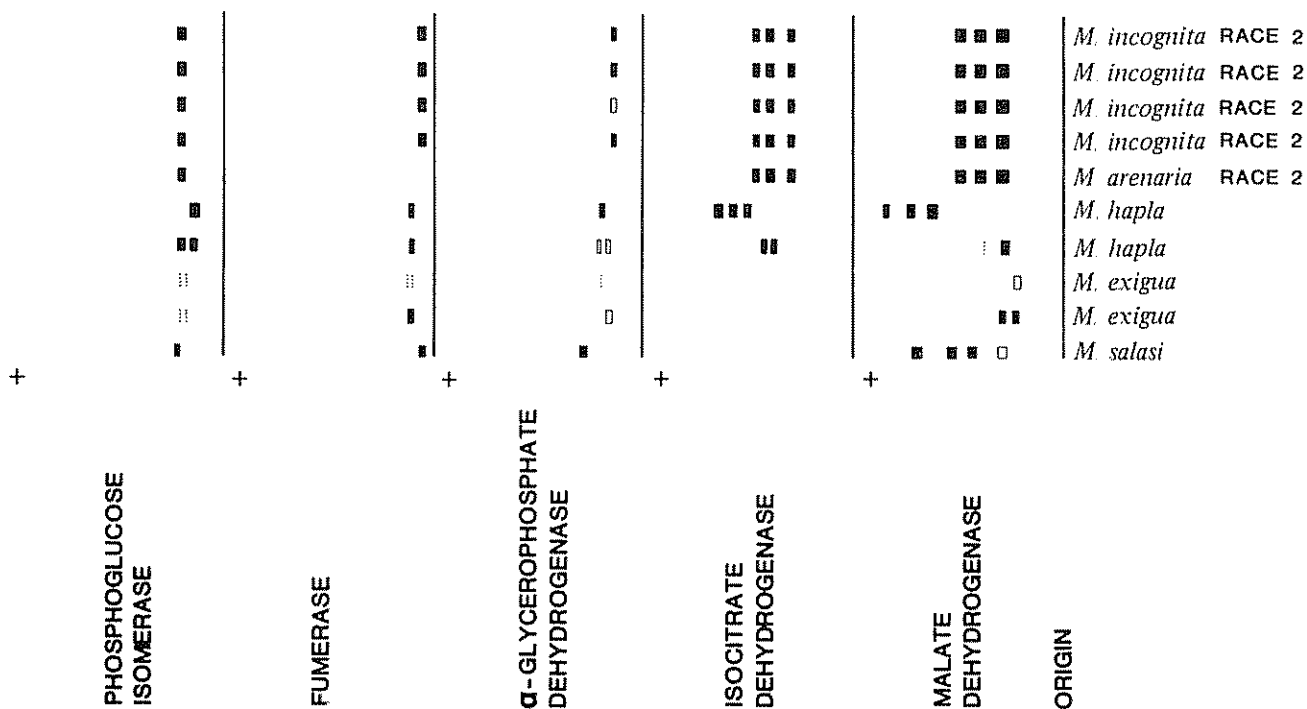


Fig. 1 Diagrammatic sketch of comparative electrophoretic patterns of some *Meloidogyne* spp. from Costa Rica. Left to right: *M. salasi* (CR2); *M. exigua* (CR7); *M. exigua* (CR9); *M. hapla* (CR10); *M. hapla* (CR14); *M. arenaria* (CR4); *M. incognita* (CR3); *M. incognita* (CR11); *M. incognita* (CR12) and *M. incognita* (CR16).

arenaria CR4) and *M. incognita* (CR3, 11, 12, 16) all had three bands located at the same positions. IDH1, IDH2 and IDH3 started 25, 34 and 40 mm from the origin, respectively. With the exception of the bands of *M. arenaria*, and IDH3 of the *M. incognita* population CR12, which were heavily stained, the other bands stained relatively weakly.

Activity of this enzyme was not detected in homogenates of *M. salasi* and *M. exigua*.

α -glycerophosphate Dehydrogenases

In *M. salasi* there was one heavily stained band which started 24 mm from the origin. Population CR7 of *M. exigua* had one weakly stained band which started 13 mm from the origin. Population CR9 of *M. exigua* showed only one weakly stained, narrow band located 18 mm from the origin. Population CR10 of *M. hapla* had two weakly stained bands, which started 14 and 18 mm from the origin. CR14, the other *M. hapla* population, had one heavily stained band which started 17 mm from the origin. All populations of *M. incognita* had one band which started 11.5 mm from the origin. In CR3 and 16 the band was heavily stained, whereas it was weakly stained in the other populations. Activity of this enzyme was not detected in homogenates of *M. arenaria*.

Fumerase

One heavily stained band, starting 4 mm from the origin, was detected in *M. salasi*. In *M. exigua* no activity of the enzyme was detected on two occasions, but when the number of females per sample was increased to 100, population CR7 showed one weakly stained band which started 9 mm from the origin. CR9 also had the same as described for CR7, except that it was very weakly stained. Population CR10 of *M. hapla* had one weakly stained band which started 8 mm from the origin. The other *M. hapla* population (CR14) had one heavily stained band which started 9 mm from the origin. All populations of *M. incognita* had one band, heavily stained, which started 4 mm from the origin.

The activity of this enzyme could not be detected on homogenates of *M. arenaria*.

Phosphoglucose Isomerase

M. salasi had one heavily stained band which started 18 mm from the origin. *M. exigua* had, in 3 out of 4 gels, one very weakly stained band which started 16 mm from the origin. Population CR10 of *M. hapla* had two heavily stained bands which started 11 mm

and 16 mm from the origin, whereas population CR14 of this same species had only one heavily stained band, which started 10 mm from the origin. *M. arenaria* and all populations of *M. incognita* had one heavily stained band which started 16 mm from the origin.

No activity was detected for G-6-PDH and HK, and no discrete bands were observed for ME, although some smearing was evident on all gels indicating enzyme activity.

Discussion

The starch gel electrophoretic analyses demonstrated certain enzymes could be used to differentiate among most of the species of *Meloidogyne* used in this study. Thus isozyme patterns provide an additional criterion for the taxonomic classification of these nematodes and confirms other electrophoretic studies with root-knot nematodes (4, 5, 11, 12).

The MDH, IDH, α -GPDH, FUM and PGI patterns revealed intraspecific differences in *M. exigua* and *M. hapla*. Each population of these two species was collected from different localities in Costa Rica, and also different hosts in the case of *M. hapla*. Population CR7 of *M. exigua* reproduced on tomato to a limited extent, whereas CR9 reproduced well on this host. Some morphological differences between males of both populations were observed with the scanning electron microscope (R. López, unpublished data). Regarding the two populations of *M. hapla*, certain morphological differences in several characters of the second-stage juveniles were noted also (R. López, unpublished data). It seems likely that the populations of both *M. exigua* and *M. hapla* differed in their genetic composition. Therefore it is not surprising to have found differences in their enzyme patterns. Moreover, these electrophoretic differences could be considered as additional evidence that these populations are physiologically different. Other enzyme analyses should provide more confidence in their identification by enzyme profiles.

The comparison of four populations of *M. incognita* race 2 showed that no differences existed in any of the enzymes among these populations. Some slight differences were found in the intensity of the staining reactions of certain isozymes patterns, but they did not seem to be important enough to be considered diagnostic for a specific host race of *M. incognita*.

Several factors may be responsible for the failure to detect enzymatic activity of G-6-PDH and HK, and for obtaining only smears in the ME gels. The method of culturing, stage of development, physio-

logical state of the nematodes, protein extraction procedures, storage conditions of the protein extract and the method of protein analysis are factors that can induce variability in electrophoretic analyses of nematode proteins. These factors may influence the number of proteins or isozymes that can be detected, their electrophoretic mobility or both (11). Some or all of these factors, or the interaction of some of them could be responsible for the unsatisfactory results. A similar explanation could be given regarding the failures to detect activity of IDH in homogenates of *M. salasi* and *M. exigua*, and of α -GPDH and FUM in homogenates of *M. arenaria*. In any case, it seems desirable to investigate these aspects, not only with the same populations used in this study, but with others of the same species, to determine whether the unsatisfactory results are due to the specific population or to the methodology.

Those enzymes which did not appear consistently, or which appeared only after increasing the number of females in the samples, i.e., PGI and FUM in homogenates of *M. exigua*, may have concentrations that were too low to be suitable for starch gel electrophoresis. It is also possible that freezing affected the activity of these enzymes.

While tomato was used as the host for most populations, pepper was the host for *M. exigua* and *E. colonum* was the host for *M. salasi*. Evidence indicated that enzyme profiles may be influenced by the plant on which the root-knot nematodes are increased (11, 12, 16). Dickson *et al.* (5), however reported identical enzyme patterns for *M. javanica* isolated from different hosts.

When possible it is desirable to propagate all of the nematode populations on a common host to avoid the possibility of their influence on enzyme profiles. The use of life stages other than the females, such as the egg or the freshly hatched second-stage juvenile, which are free from plant protein, might prove to be a more reliable subject for electrophoretic analyses as was found for some round cyst nematodes (6).

Starch gel electrophoresis is a promising approach for the study of several specific enzymes in root-knot nematodes, and could be used, in addition to those based on morphology, responses of differential plants, cytology and mode of reproduction, for the taxonomic classification of this important group of plant pathogens.

Summary

Ten populations of *Meloidogyne* spp. from Costa Rica were compared by means of starch gel electrophoresis. With a few exceptions, malate dehydrogenase, phosphoglucose isomerase, fumerase, α -glycerophosphate dehydrogenase and isocitrate dehydrogenase isozyme patterns could be used to differentiate the species of *Meloidogyne* that were investigated. Intraspecific differences were noted in patterns of the five enzymes between two populations of *M. hapla* and in the patterns of all enzymes except isocitrate dehydrogenase between two populations of *M. exigua*.

Literature cited

1. ALLEN, M. W. and SHER, S. A. Taxonomic problems concerning the phytoparasitic nematodes. Annual Review of Phytopathology 5:247-264. 1967.
2. AYALA, F. J. *et al.* Enzyme variability in the *Drosophila willistoni* group. IV. Genic variation in natural populations of *Drosophila willistoni*. Genetics 70:113-139. 1972.
3. BUSH, G. L. and HUETTEL, R. N. Starch gel electrophoresis of tephritid proteins. A manual of Techniques. Int. Biol. Program, Working Group on Fruit Flies. Population Genetics Project Phase pp. 1-56. 1972.
4. DALMASSO, A. and BERGE, J. B. Molecular polymorphism and phylogenetic relationship in some *Meloidogyne* spp: Application to the taxonomy of *Meloidogyne*. Journal of Nematology 10:323-332. 1978.
5. DICKSON, D. W., HUISINGH, D. and SASSER, J. N. Dehydrogenases, acid and alkaline phosphatases, and esterases for chemotaxonomy of selected *Meloidogyne*, *Ditylenchus*, *Heterodera* and *Aphelenchus* spp. Journal Nematology 3:1-16. 1971.
6. GREET, D. N. and FIRTH, J. Influence of host plant on electrophoretic protein patterns of some round-cyst nematode females and use of larvae to obtain less ambiguous results. Nematologica 23:411-415. 1977.
7. HANSEN, E. L. and BUECHER, E. J. Biochemical approach to systematic studies with axenid nematodes. Journal Nematology 2:1-6. 1970.

8. HUSSEY, R. S. A technique for obtaining quantities of living *Meloidogyne* females. *Journal Nematology* 3:99-100. 1971
9. HUSSEY, R. S. Biochemical systematics of nematodes-A review. *Helmin. Abstr., Series B, Plant Nematology* 48:141-148. 1979
10. HUSSEY, R. S. Molecular approaches to taxonomy of Heteroderoidea. In Riggs, R. D., ed. *Nematology in the Southern Region of United States*. Fayetteville, Ark. Southern Cooperative Series Bulletin 276, 1982. pp. 50-53.
11. HUSSEY, R. S., SASSER, J. N. and HUISINGH, D. Disc-electrophoretic studies of soluble proteins and enzymes of *Meloidogyne incognita* and *M. arenaria*. *Journal Nematology* 4:183-189. 1972
12. ISHIBASHI, N. Variations of the electrophoretic protein patterns of Heteroderidae (Nematoda: Tylenchida) depending on the developmental stage of the nematode and on the growing conditions of the host plant. *Applied Entomology and Zoology* 5:23-32. 1970
13. LOPEZ, R. *Meloidogyne salasi* sp. n. (Nematoda: Meloidogynidae), a new parasite of rice (*Oryza sativa* L.) from Costa Rica and Panama. *Turrialba* 34:275-286. 1984.
14. NEI, M. and CHAKRABORTY, R. Genetic distance and electrophoretic identity of proteins between taxa. *Evolution* 29:1-10. 1973.
15. SICILIANO, M. J. and SHAW, C. R. Separation and visualization of enzymes on gels. In Smith, I., ed. *Chromatographic and Electrophoretic Techniques*. Vol. 2 Zone Electrophoresis. London, England. William Heinemann Medical Books Publications, 1976. pp. 185-209.
16. STARR, J. L. Peroxidase isozymes from *Meloidogyne* spp. and their origin. *Journal Nematology* 11:1-5. 1979
17. STEINER, W. W. M. and JOSLYN, D. J. Electrophoretic techniques for the genetic study of mosquitoes. *Mosquito News* 39:35-64. 1979.

COMUNICACIONES

Cambios químicos inducidos en las sabanas de Uverito (Edo. Monagas, Venezuela) por las plantaciones de *Pinus caribaea*.

Summary. A study on the changes in soil properties caused by *Pinus caribaea* var. *hondurensis* plantations in the Uverito savannah (Edo. Monagas, Venezuela) showed a slight tendency to increase the natural acidity of the surface soil in older plantations.

Active forms of iron and aluminium extracted with oxalate increased in the pine sites as compared with the natural savannah; however, statistical tests were significant mainly in the case of aluminium.

For exchangeable calcium it was possible to record a very small net loss in the soil beneath pine trees although only few results were statistically significant.

The fact that iron and aluminium reactive forms increased, through the solubilization induced by the organic material indicate a possible future limitation in the available levels of P and Mo; the former element is already known to exist in a limited concentration in these ecosystems. However, the active growth of the pine causes some soil enrichment after long periods of tree growth.

En la génesis de los suelos uno de los procesos que contribuye en forma más acentuada en la diferenciación de los horizontes es el movimiento y posterior deposición de los materiales. Durante el desarrollo del perfil pueden movilizarse diferentes sustancias: arcillas, materia orgánica, sales o iones inorgánicos y complejos órgano-metálicos de Fe, Al y Mn (2, 16). El traslado de la sustancia desde los horizontes superficiales a las zonas más profundas puede ocurrir a través de un proceso de lixiviación, sin que los materiales sean depositados en ninguna zona de perfil; tal es el caso de las pérdidas de elementos por drenaje

interno. Estas formas solubles pasan hasta el nivel freático y son eliminadas del ecosistema a través de las corrientes continentales. En forma característica son eliminados un sinnúmero de iones (K^+ , Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , NH_4^+ , NO_3^- , etc), que no se adsorben específicamente al complejo suelo (15).

Algunos materiales migran de la superficie y se acumulan en los horizontes más profundos. Dentro de este contexto el proceso más conocido es el de podsolización, mecanismo de formación de suelos que se conoce desde mediados del siglo pasado (19).

En este trabajo se estudiarán los cambios químicos introducidos en los suelos de sabanas por plantaciones de pinos de 5, 7 y 9 años de edad. La comparación se hará con base en los datos obtenidos en perfiles de suelos con la vegetación natural de la zona (gramíneas) y perfiles en donde la vegetación natural ha sido sustituida por especies introducidas (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*).

Materiales y métodos

Ubicación de la zona de estudio

La zona seleccionada se denomina Uverito, (Distrito Sotillo, Estado Monagas, Longitud $62^\circ - 62^\circ 30'$ y latitud $8^\circ 30' - 8^\circ 50'$), presenta una altitud de 50-60 msnm. La vegetación original de estas sabanas estaba representada por una cubierta de gramíneas donde dominaba *Trachypogon plumosus* (paja llanera o Zaeta) asociada con ejemplares aislados de *Curatella americana* (Chaparro) y *Byrsonima crassifolia* H. B. K. (Manteco) y a veces un bosque de galería poco denso y bajo, formado por especies

arbustivas y arbóreas (4). El programa de desarrollo de estos bosques de monocultivo se inició con la siembra en 1969 de un millón de plantas en 750 ha y se persigue como finalidad del proyecto, tener plantado para 1985 un bosque de 180 millones de plantas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* y *Eucalyptus* spp. en una extensión de 140 000 ha.

La región presenta una precipitación media anual de 1098 mm caracterizada por lluvias de alta intensidad y poca duración y una época seca donde se puede presentar un período largo sin lluvias (5, 16); la temperatura media es de 25°-25.7°C.

Los suelos de la región de Uverito corresponden desde el punto de vista geológico a la formación Mesa (son aluviones muy meteorizados de una extremadamente baja fertilidad natural). La textura del horizonte superficial es arenosa con buen drenaje, pero, los materiales finos aumentan en los horizontes profundos haciéndose la textura franco arcillosa (5).

El contenido de bases cambiables es muy bajo por lo que son comunes en la zona los Arenic Oxíc Paleustult (5). Igualmente son también bajos los niveles de fósforo disponible y total (5). En lo que concierne al fósforo disponible López-Hernández *et al.* (10) señalan valores prácticamente nulos. Un experimento de fertilización realizado por los mismos autores (11) indicó una respuesta inmediata del cultivo de frijol (*Vigna unguiculata* var. Tuy).

Se escogieron diez sitios al azar dentro de las plantaciones de pinos de los años (1969, 1971 y 1973). Las mismas tenían al momento de iniciarse el estudio 9, 7 y 5 años respectivamente. Igualmente se tomaron diez sitios al azar como testigos (sin plantaciones de

pinos) correspondientes a cada año estudiado. Los testigos se muestrearon en suelos de sabana muy cercanos a las plantaciones escogidas.

En cada perfil analizado las muestras se tomaron subdividiendo el mismo cada 15 cm, desde la superficie hasta 120 cm de profundidad. Las muestras fueron tomadas con barreno y luego de secar se pasaron a través de un tamiz de 2 mm.

El pH de la suspensión suelo-agua (1:5) se midió de acuerdo con el método reseñado por Jackson (6).

Para la extracción de las formas solubles de Al, Fe y Ca, se utilizó una solución de oxalato de amonio a pH 3.0 de acuerdo con el método propuesto por MacKeague y Day (13).

Los análisis de los elementos se realizaron por absorción atómica en un Varian Techtron AA6.

Resultados y discusión

Cambios de pH en el perfil del suelo bajo la presencia de las plantaciones

Si se compara el pH de las plantaciones del año 1969 y 1973 respecto a su testigo se observa que para casi todos los horizontes muestreados el pH del testigo es superior a las zonas con pinares, mientras que los suelos de los pinares del año 1971 acusaron, en todo caso, un pH más bajo que sus respectivos testigos (Cuadro 1). Se concluye que para la plantación del año 1969 ha ocurrido un descenso significativo del pH del suelo (0.32 unidades de pH) en el horizonte superficial (0-15 cm), mientras que para los otros casos las diferencias no fueron significativas. Por el

Cuadro 1. Valores de pH en las plantaciones de pinos y sus respectivos testigos.

Horizonte (cm)	Plantación			Testigo	
	1969	1971	1973	1969-1973	1971
0 - 15	4.49*	4.45*	4.67	4.81	4.82
15 - 30	4.64	4.58*	4.76	4.81	4.76
30 - 45	4.68	4.64*	4.85	4.82	4.79
45 - 60	4.87	4.70*	4.78	4.76	4.87
60 - 75	4.80	4.58*	4.82	4.82	4.87
75 - 90	4.84	4.62*	4.83	4.95	4.93
90 - 105	4.73	4.68*	4.78	4.75	4.96
105 - 120	4.73	4.81*	4.77	4.67	5.14

* Diferencias significativas al 5% (Prueba de T), en relación con el respectivo testigo

contrario, en la plantación del año 1973 en ninguno de los casos hubo diferencias de pH entre el testigo y la plantación. En forma sorprendente, los suelos de la zona de pinares del año 1971 acusaron en todos los casos, diferencias de pH estadísticamente significativas con relación a los testigos.

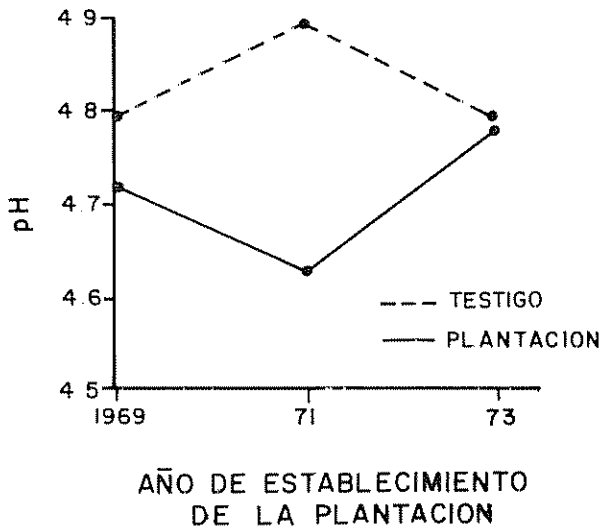


Fig. 1. Efecto de la edad de la plantación sobre el pH (todos los horizontes).

La variación del pH entre los suelos estudiados se pueden atribuir, en primer lugar, a una cierta variabilidad en distancias cortas para suelos que pertenezcan a la misma serie, tal y como ha sido señalado por Beckett y Webster (1), y López-Hernández (8, 9), de tal manera que la diferencia observada no sea debida al factor estudiado (presencia de pinares), sino a la escogencia sistemática, en uno y otro lugar de suelos con características físico químicas diferentes. En segundo lugar el cambio en el pH puede deberse a una cierta acidificación inducida por la presencia de pinares. Los ácidos orgánicos, polifenoles, etc., producidos por esta vegetación influirían no sólo el pH del suelo sino también directamente sobre el complejo de cambio produciendo una remoción de bases alcalinas y alcalinotérreas y una mayor sustitución de H en el complejo coloidal (3, 7, 17).

La mayor acidez de los suelos en las plantaciones del año 1969 (Cuadro 1) podría deberse a la segunda explicación, pero queda la duda si los cambios del pH operados en la plantación del año 1971 sean debidos más bien a una variación en cortas distancias.

Las Figuras 1 y 2 representan el pH promedio en las diferentes plantaciones (1969, 1971, 1973) y en la sabana natural. Resalta claramente que el pH decae bajo el efecto de los pinares y tal efecto es más notorio de los horizontes superficiales, disminuyendo con la profundidad.

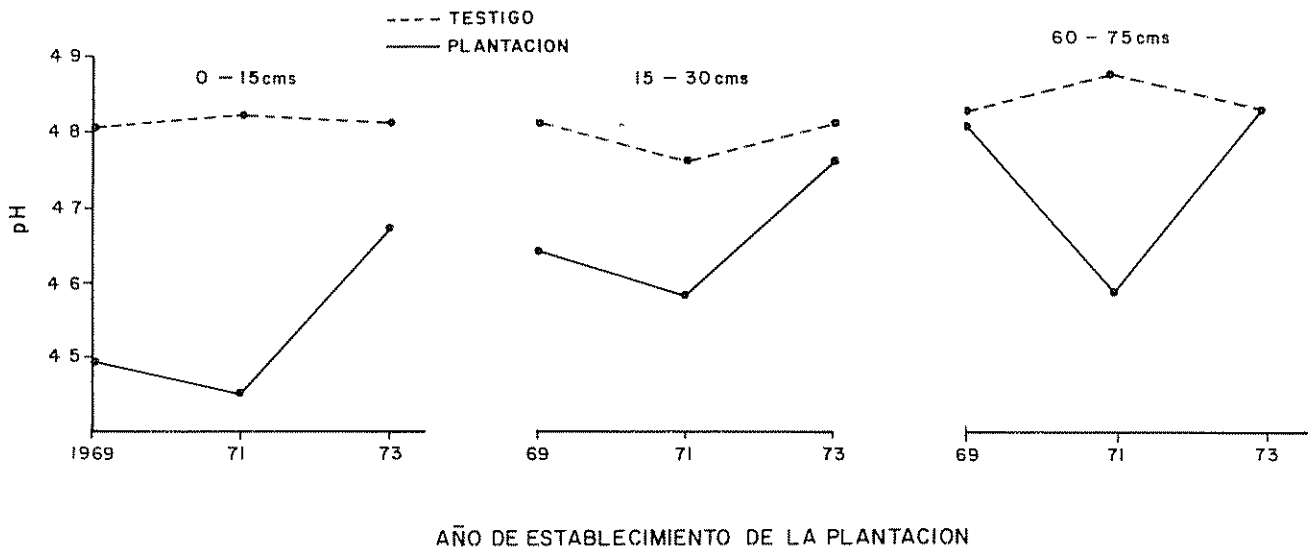


Fig. 2. Efecto de la edad de la plantación sobre el pH a 0-15, 15-30 y 60-75 cm de profundidad.

Cuadro 2. Determinación del contenido de aluminio activo (ppm) en las plantaciones y sus respectivos testigos.

Horizonte (cm)	Plantación			Testigo	
	1969	1971	1973	1969-1973	1971
0 - 15	822	1 004	1 544*	396	388
15 - 30	1 110*	972*	2 048*	420	300
30 - 45	760	1 032*	2 224*	428	282
45 - 60	926*	1 528*	2 332*	436	280
60 - 75	1 424*	1 270*	1 764*	564	220
75 - 90	1 366*	1 456*	2 308*	568	256
90 - 105	1 410	1 382*	2 976*	828	232
105 - 120	1 652	1 290*	2 416*	884	166

* Diferencias significativas al 5% (prueba de T), en relación con el respectivo testigo

Cambios en el contenido de Al activo por efecto de la plantación

En el Cuadro 2 se presenta la información sobre los contenidos de aluminio activo de los suelos estudiados

Cuando se comparan los niveles de este elemento, en los suelos de las plantaciones con relación a sus respectivos testigos, destaca el incremento en la proporción de aluminio soluble bajo el sistema de plantación. Tales resultados tiene una verificación estadística significativa en la mayoría de los casos.

No en todos los años estudiados estas diferencias fueron del mismo orden; así en la plantación del año 1973 ocurre la mayor acumulación del aluminio activo en el perfil del suelo, por otro lado el menor incremento en aluminio activo ocurre en las plantaciones del año 1969. Se puede concluir que como consecuencia de la presencia de los bosques de coníferas ha ocurrido una activación de las formas solubles del aluminio capaces de ser extraídas con el oxalato de amonio. Se señalan entre otras sustancias complejantes: polifenoles y los ácidos benzoico, oxálico, cítrico, fúlvico, málico y shikímico (14, 18)

Otro hecho interesante es que en todas las plantaciones estudiadas la mayor activación de las formas solubles del aluminio ocurre en los horizontes más profundos (Cuadro 2, Figuras 3 y 4), lo que sugiere una posible migración de este elemento a través del

perfil. Sin embargo, para presentar una conclusión más firme al respecto es necesario un estudio más riguroso, haciendo uso de los métodos de la pedología dinámica (19).

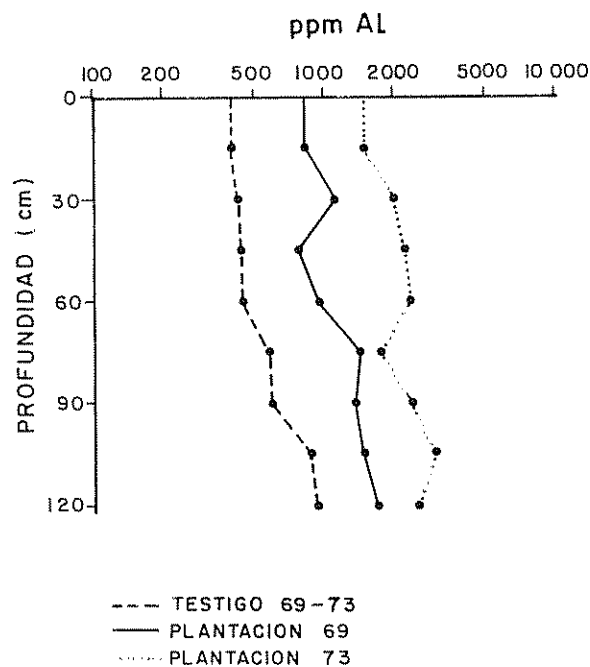


Fig. 3. Variación del contenido Al en el perfil del suelo.

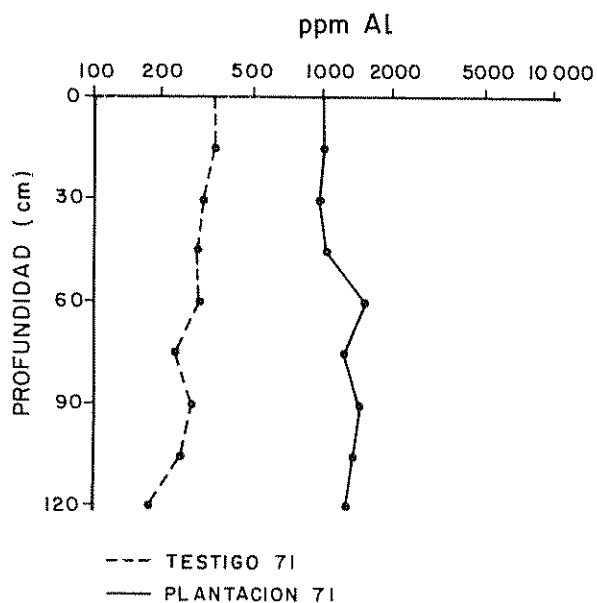


Fig 4 Variación del contenido de Al en el perfil del suelo

Un estudio similar al aluminio se realizó con el hierro extraíble con oxalato de amonio. Si bien, en general los resultados señalan una tendencia a generarse mayores niveles de hierro soluble en oxalato por efecto de la plantación, en menor número de casos se obtuvo significación estadística (16).

Cambio en el contenido de calcio cambiante por efecto de la plantación.

Los datos correspondientes a la cantidad de calcio de los suelos en las diferentes plantaciones se resumen en el Cuadro 3. Estos resultados son, en todo caso

comparativos, ya que es necesario tomar en consideración que, por la facilidad con que el oxalato forma complejos insolubles con el calcio, no es un reactivo adecuado para extraer niveles disponibles de Ca en los suelos. Para la plantación del año 1969 se observa que en todos los horizontes el contenido de calcio del testigo es superior a las zonas con pinares. Igual fenómeno se observa en el caso de las plantaciones del año de 1971 y 1973, a excepción de algunos horizontes.

En lo que respecta al estudio estadístico (Cuadro 3), sólo en 8 casos de 24 se encontraron diferencias significativas entre los niveles de calcio de la plantación respecto a la sabana natural.

Con base en la información suministrada en el Cuadro 3 es posible señalar una cierta lixiviación de las formas solubles del calcio en los perfiles del suelo donde fue plantado el *P. caribaea*.

Al parecer, el monto de calcio perdido en el ecosistema no es alto, si se compara con el efecto de las mismas plantaciones sobre las formas activas del aluminio. Tal discrepancia es normal, puesto que los niveles de las formas totales y activas de este último elemento, por lo general supera en una buena proporción (en suelos tropicales, no calcáreos) los valores correspondientes al calcio y al magnesio (12). Para las plantaciones de pino ha ocurrido en el perfil una disminución en el contenido del calcio susceptible de ser extraído con el oxalato de amonio. La explicación de tal fenómeno, a diferencia del caso anteriormente discutido (aluminio), radica en la sustitución en el complejo de cambio de los bajos niveles de calcio cambiante por el hidrógeno y el aluminio cambiante.

Cuadro 3. Determinación del contenido de calcio cambiante (ppm) en las plantaciones y sus respectivos testigos.

Horizonte (cm)	Plantación			Testigo	
	1969	1971	1973	1969-1973	1971
0 - 15	61	45*	78	69	68
15 - 30	66	44	65	67	64
30 - 45	57*	38*	65*	78	68
45 - 60	59*	57	62*	81	59
60 - 75	63	57	70	76	57
75 - 90	67	58	71	78	60
90 - 105	59*	52	75	80	65
105 - 120	73	58	58*	87	55

* Diferencias significativas al 5% (Prueba de T), en relación con el respectivo testigo.

La lixiviación de los cationes solubles alcalinos y alcalinotérreos es un fenómeno natural que ocurre normalmente en los suelos en desarrollo (3, 17). Este fenómeno se ve acentuado en zonas tropicales que cuenten con suficiente precipitación y drenaje adecuado. Como es obvio, el ecosistema forestal de Uverito con sus suelos altamente arenosos, representa un medio muy adecuado para que ocurra una intensa lixiviación de esas bases

Resumen

En un estudio realizado sobre el efecto que tienen las plantaciones de pinos (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*) sobre los suelos de las sabanas de Uverito (Edo Monagas, Venezuela) se encontró un ligero incremento de la acidez natural de estos suelos en el horizonte superficial de las plantaciones más viejas.

El contenido de aluminio y de hierro activo extraído con oxalato fue mayor en las plantaciones que en la sabana natural. Sin embargo, las pruebas estadísticas corroboraron esta información sólo en el caso del aluminio.

En lo que concierne al calcio se puede señalar una pérdida neta (muy pequeña) de este elemento en los suelos bajo pinares, aunque las pruebas estadísticas sólo dan algunos de los valores significativos.

El hecho de que las formas reactivas de Fe y Al incrementan debido a una solubilidad inducida por el material orgánico aportado por los pinos, permite señalar limitaciones futuras en los niveles de P y Mo, el primero de los cuales se sabe existe en una extrema baja proporción en esos ecosistemas. Sin embargo, el activo crecimiento de los pinos puede aportar sustanciales niveles de nutrimento de las zonas profundas del suelo a medida que la plantación envejece.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración del Lic. D. Flores en la selección de los sitios de estudios y muestreos de suelos.

Este trabajo forma parte de las investigaciones que sobre problemas nutricionales en sabanas tropicales adelanta el laboratorio de Estudios Ambientales IZI, Facultad de Ciencias con el apoyo financiero del CDCH y del CONICIT. Caracas, Venezuela.

24 enero de 1983

D. LOPEZ-HERNANDEZ*
L. E. POMENTA*

* Laboratorio de Estudios Ambientales IZI Facultad de Ciencias Universidad Central de Venezuela.

Literatura citada

1. BECKETT, P. H. T. and WEBSTER, R. Soil variability: A review. *Soil and Fertilizers* 34:1-15. 1971.
2. BLOMFIELD, C. The translocation of metals in soil. In D. J. Greenland and M. H. B. Hayes eds. *The chemistry of soil processes*. 1981. pp. 463-504.
3. BUCKMAN, D. H. and BRADY, C. N. *The Nature and Properties of Soils*. Seventh edition New York, The MacMillan Company 1972.
4. CORPORACION VENEZOLANA DE GUAYANA. Informe de la Corporación Venezolana de Guayana sobre Uverito, 1978.
5. FASSBENDER, H. W., COMERMA, J., BRITO, P. y SALAS, F. Estado nutricional de los suelos en la zona de *Pinus caribaea* en el oriente de Venezuela. *Acta Científica Venezolana* 30:582-585. 1979.
6. JACKSON, M. L. *Análisis Químico de Suelos*. 2nd. Edición. Barcelona, Edit. Omega. 1970.
7. KLINGE, H. Podsol soils in the Amazon Basin. *Journal of Soil Science* 16:95-100. 1965.
8. LOPEZ, HERNANDEZ, I. D. Phosphate sorption and desorption in tropical and British soils. PhD Thesis London University 1973.
9. LOPEZ-HERNANDEZ, I. D. La química del fósforo en suelos ácidos. Caracas, ed. Biblioteca Universidad Central de Venezuela. 1977.
10. LOPEZ-HERNADEZ, I. D., CORONEL, I. y ALVAREZ, L. Uso de la isoterma de adsorción para evaluar requerimientos de fósforo. I. Isotermas de adsorción de los suelos Turrialba 31:169-180 1981.
11. LOPEZ-HERNADEZ, I. D., CORONEL, I. y ALVAREZ, L. Uso de la isoterma de adsorción para evaluar requerimientos de fósforo. II. Determinación con base en los datos de adsorción, del requerimiento externo de P para *Vigna unguiculata* L. var. Tuy. Turrialba 31:181-188. 1981.

12. LOPEZ HERNANDEZ, I. D., FEBRES, A y FERMIN, Y. Consideraciones sobre el contenido de sodio, potasio, calcio y manganeso en suelos y sedimentos del llano venezolano. *Acta Científica Venezolana* 23:34-39 1972.
13. MACKEAGUE, J and DAY, J. H. Dithionite and oxalate extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Canadian Journal Soil Science* 46:13-21. 1965.
14. MOHR, E., VAN BAREN, F. and SCHUYLENBORG, J. Complex formation, cheluviation and chilluviation. In *Tropical Soils*. Mouton, The Hague. 1972.
15. MOTT, C. J. Anion and ligand exchange. In D. J. Greenland and M. H. B. Hayes eds. *The chemistry of soil processes*. 1981 pp 179-219.
16. POMENTA, L. E. Efectos de los pinares de Uverito (Edo. Monagas) sobre el grado de acidificación y las formas solubles de Al, Fe y Ca en el perfil del suelo. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela 1981.
17. RUSSELL, E. W. *Soil conditions and plant growth*. 10 Edition. Editorial Longman 1973.
18. SCHNITZER, M. and DESJARDINS, J. G. Chemical characteristics of a natural soil leachate from a humic podzol. *Canadian Journal of Soil Science* 49:151-158 1969.
19. SINGER, M., UGOLINE, F. C. and ZACHARA, J. *In situ* study of podzolization on tephra and bedrock. *Soil Science Society of American Journal* 42:105-111 1978.

Productividad de una cerca viva de *Erythrina berteroana* Urban en Turrialba, Costa Rica.

Summary. Biomass production of an *Erythrina berteroana* Urban live fence with 8 months old branches was evaluated. The yield obtained from the pruning of 100 m of fence with 169 posts, was 319 of dry matter.

In addition, the relationships between the basal area of branches and its dry weight, and between number of branches per post and its production were determined.

Some aspects about possibilities of living fences as a potential resource in small farms are discussed.

El uso de postes vivos para el establecimiento de cercas es muy frecuente en Costa Rica y otros países de América Central (8), siendo numerosas y variadas las especies utilizadas de acuerdo a las condiciones climáticas y culturales. Los agricultores han acumulado amplia experiencia en la implantación y manejo del sistema "cerca viva"; cada especie tiene sus propias características de crecimiento, prácticas culturales y productos que pueden obtenerse, tales como leña, madera, frutos, flores, forraje para el ganado y otros animales domésticos, principios medicinales y otros (4).

No se han hecho muchos intentos por caracterizar y cuantificar los productos y subproductos que pueden obtenerse de las cercas vivas. Budowski (4), al comparar las cercas vivas con las cercas de postes muertos para soporte del alambre de púa, encontró que las primeras tienen los siguientes usos y ventajas:

1. Rinden diversos productos adicionales con valor económico, ya sea como alimento humano, forraje, productos medicinales, incluyendo leña y nuevos postes vivos para cercas.
2. Dan protección a cultivos y animales contra el viento.
3. Sirven como barrera para detener la erosión y tienen un efecto beneficioso sobre el suelo.
4. Generalmente, duran mucho tiempo.
5. Tienen un costo relativamente muy bajo o ninguno.

Sin embargo, el mismo autor anota algunos inconvenientes, como: necesidad de un manejo cuidadoso, dificultad en "levantar" o eliminar la cerca, problemas de sobrevivencia de los postes vivos.

Si bien éstas y otras apreciaciones sobre cercas vivas cubren aspectos cualitativos, aún no se dispone de cifras para hacer una cuantificación más precisa de los beneficios derivados.

Actualmente en Costa Rica se conocen cercas con las siguientes especies de *Erythrina*: *E. berteroana*, *E. costaricensis*, *E. cochleata*, *E. fusca* (*E. glauca*) y ocasionalmente, *E. poeppigiana*.

En escala mundial, sin duda esta lista es incompleta, ya que no incluye observaciones de otros países y continentes; por ejemplo, en Panamá, se utiliza *E. edulis*, y en Etiopía*, *E. abyssinica*. En Bali, Indonesia, existe una especie no identificada de *Erythrina*, la cual fue descrita y fotografiada por Budowski, la cual se usa en cercas.

Erythrina berteroa Urban, conocida como "poró de cerca", es una de las especies de uso más frecuente en cercas vivas (7, 8). Sin embargo, no existe aún suficiente información sobre la productividad de *Erythrina berteroa* y de otras especies usadas en cercas vivas**. El presente trabajo que tiene como objetivo evaluar la producción de biomasa de una cerca viva de *E. berteroa*, en condiciones de campo, es de carácter exploratorio pues el Proyecto Erythrina CATIE-CIID está en marcha y fue programado para evaluar la productividad, la utilización y las prácticas relacionadas con diferentes especies de *Erythrina* utilizadas como postes vivos para cercas.

Materiales y métodos

Este estudio se llevó a cabo en terrenos del CATIE, Turrialba, Costa Rica, a 610 m sobre el nivel del mar; la temperatura media anual es de 22.3°C y la precipitación media anual es de 2 647 mm (5). El suelo pertenece a la serie "La Margot" fase normal, es un Typic Dystropepts (1) franco arcilloso, de buena fertilidad.

Se realizaron mediciones de la biomasa proveniente de la poda de una cerca viva de *Erythrina berteroa*, próxima a la entrada principal, la cual fue plantada en 1979 por estacas de unos 2 metros. En 1981 se hicieron replantes para reposiciones y aumentar la densidad de la cerca. En la actualidad, la distancia media entre postes es de 0.59 m. En el período de efectuar la poda del 20 al 26 de setiembre de 1983, las ramas tenían ocho meses de edad y su longitud media era de 2.05 ± 0.50 m.

Las mediciones se hicieron en 100 m de cerca, en los cuales había 169 postes vivos (Figuras 1 y 2). Se hizo una poda total de las ramas; se separaron las hojas de los tallos y éstas se pesaron *in situ* e inmediatamente después de las pesadas se tomaron tres submuestras de hojas y tres de tallos y se colocaron en bolsas plásticas para evitar pérdidas de peso

* A. Getahun, Nairobi, Kenya. 1983. Comunicación personal.

** Para marzo de 1984 se espera concluir un estudio de la productividad de *Gliricidia sepium* Steud, bajo tres frecuencias de poda (3).

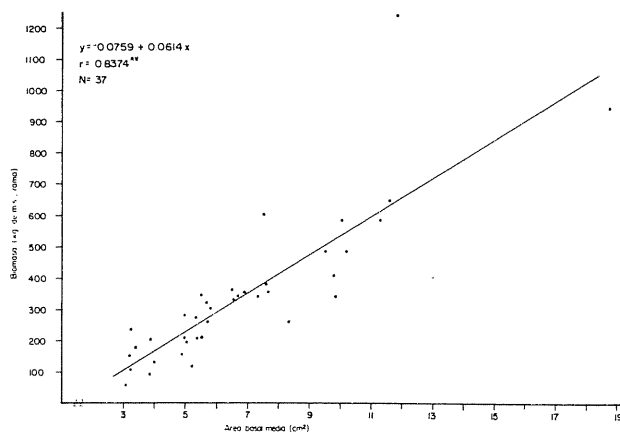


Fig. 1. Relación entre el área basal de ramas de 8 meses y su peso (kg/rama) en una cerca de *Erythrina berteroa*.

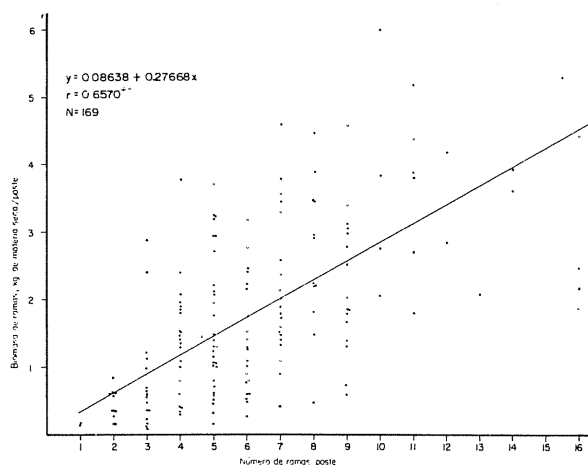


Fig. 2. Relación entre el número de ramas/poste y la biomasa obtenida (kg de materia seca/poste) en una cerca viva de *Erythrina berteroa* con ramas de 8 meses de edad.

por evaporación. Se determinó en el laboratorio, el peso fresco de cada submuestra; luego, se colocaron en el horno a 70°C por 72 horas para obtener el peso seco.

Resultados

El producto de la poda en 100 m de cerca fue de 1 107 ramas; en 169 postes vivos se obtuvieron 319 kg de materia seca (288 g/rama). En el Cuadro 1 se presentan los valores obtenidos.

Además, se hizo un muestreo al azar de 37 postes, dentro de los 169 podados, a los cuales les fueron cortadas 303 ramas; se midió el diámetro basal y la longitud de éstas; así como biomasa (peso seco).

Con los datos del diámetro medio de ramas/poste se hizo un análisis de regresión entre el área basal me-

Cuadro 1. Producción de biomasa de una cerca viva de 100 m de longitud de *Erythrina berteroana* obtenida de 169 postes con ramas de 8 meses de edad.

	Por poste (promedio)	Por 100 m de cerca	Contenido de materia seca (promedio de muestreo)	Contenido de N total (%)
Número de ramas	6.5 ± 3.4	1 107	—	—
Hojas	445 ± 350 g	75.2 kg	26.2 ± 1.2%	4.2
Tallos	1 443 ± 1 113 g	243.8 kg	27.8 ± 0.8%	1.3
Total	1 888 ± 1 424 g	319.0 kg	27.4 ± 1.2%	—

dia de las ramas/poste (cm²/rama) y la biomasa media de la misma (kg/poste).

En la Figura 3 se muestra el modelo ($Y = -0.0759 + 0.0614 X$; $r = 0.8374^{**}$, $N = 37$) de mejor ajuste lineal. También, se obtuvo una regresión entre el número de ramas por poste y el peso seco (kg) de las ramas por poste, representada en la Figura 4 con el modelo ($Y = 0.08638 + 0.27668 X$, $r = 0.657^{**}$, $N = 169$).

Discusión

Para el pequeño agricultor en el trópico las cercas vivas constituyen un recurso que tiene un aprovechamiento múltiple; su valor efectivo es bien conocido y valorado localmente pero muy poco apreciado por los investigadores, planificadores y en general, por los profesionales de las ciencias forestales.

En Costa Rica, se ha hecho un considerable esfuerzo, a través de los años, por repoblar las cercas con postes vivos. De ello ha resultado el establecimiento de varios miles de kilómetros de cercas vivas. Este hecho se evidencia cuando se calcula el número de árboles plantados anualmente en las cercas, el cual no aparece en ninguna estadística, bajo ningún renglón.

Por otra parte, el perímetro de una hectárea encerrada por una cerca viva de *E. berteroana* (400 m), puede producir potencialmente más de 300 kg de hojas en ocho meses, cantidad que podría aumentar si se varía la frecuencia de cortes; además, produce más de 4 000 estacas largas para implantar nuevas cercas. Cabe destacar que los 300 kg de hojas/ha representan más de 75 kg de proteína cruda equivalentes a unos 400 kg de un concentrado proteínico comercial.

De la Figura 3 se deduce que el área basal media de las ramas es un descriptor adecuado para predecir la producción de la biomasa de los postes individuales y por consiguiente, sirve para predecir la producción total de las cercas de una finca, si se hace un muestreo adecuado.

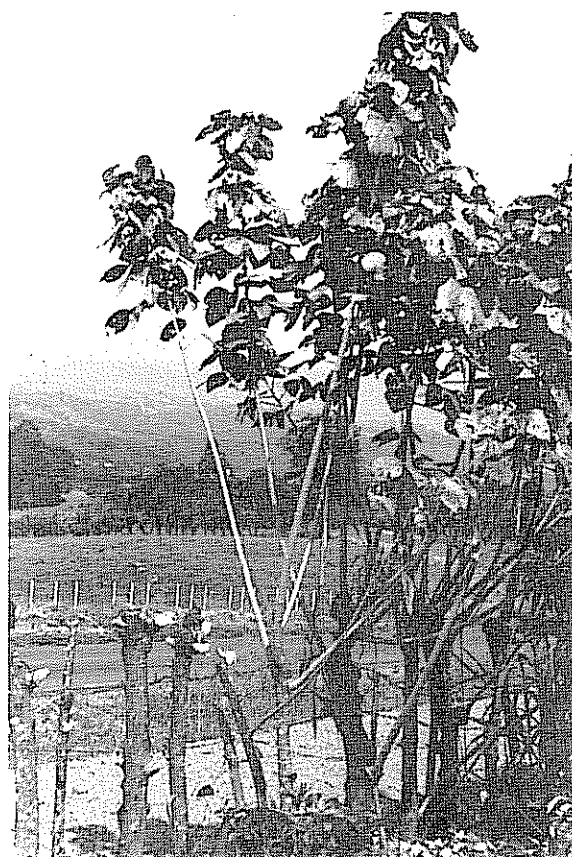


Fig 3 Cerca viva podada a la izquierda y aún sin podar a la derecha en el momento de la medición

Es interesante observar que en el muestreo hubo postes particularmente productivos, este hecho puede ser atribuido a que en la poda anterior (realizada en la segunda quincena de enero de 1983) podrían haber quedado algunas ramas aisladas sin podar, o bien, a características genéticas. En el futuro, se observará con especial interés el comportamiento de estos individuos altamente productores con el fin de hacer una selección de material para reproducción.



Fig 4. Parte superior de un poste vivo de *Erythrina berteriana* inmediatamente después de la poda

La Figura 4 muestra que el número de ramas/poste también es una variable útil para predecir producción. A pesar de ser más sencilla que la primera es menos precisa, pero por ello no deja de ser útil para hacer evaluaciones rápidas en condiciones de campo.

Otro aspecto beneficioso de las podas periódicas es que implican la muerte y la descomposición de raicillas; aunque aún no se ha cuantificado el fenómeno, es muy posible que contribuye a la recirculación de nutrimentos y a la aireación del suelo.

Resumen

Se evaluó la producción de biomasa de las ramas de una cerca viva de *Erythrina berteriana* Urban, que tenían 8 meses de edad. El producto de la poda en 100 m de cerca, con 169 postes, fue de 319 kg de materia seca.

Además se determinaron las relaciones entre el área basal de las ramas y su peso seco y entre el número de ramas por poste y su producción.

Se discuten algunos aspectos sobre las posibilidades de las cercas vivas como un recurso potencial en fincas pequeñas.

4 de junio de 1984.

G. BUDOWSKI*
R. O. RUSSO**
E. MORA H.***

* Jefe DRNR, CATIE Turrialba

** Coordinador a i Proyecto *Erythrina* CATIE-CHD

*** Asistente de Investigación Proyecto *Erythrina* CATIE-CHD

Literatura citada

1. AGUIRRE, A., W. Estudios de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 145 p.
2. BATEMAN, J. V. Nutrición animal; manual de métodos analíticos. México, D. F., Herrero, 1970. 488 p.
3. BELIARD, C. A. Efecto de diferentes frecuencias de poda sobre la producción de biomasa en cercas vivas de *Gliricidia sepium* (Jacq) Steud. Proyecto de Tesis. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1984. 12 p.
4. BUDOWSKI, G. The socioeconomic effects of forest management on the lives of people living in the area: the case of Central America and some Caribbean countries. In Socioeconomic effects and constraints in tropical forest management. E. G. Hallsworth. ed. New York, Wiley, 1982. pp. 87-102.
5. CENTRO AGRONÓMICO DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Resumen de datos meteorológicos desde la iniciación de las observaciones hasta 1982. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1982. 2 p.
6. KRUKOFF, B. A. The American species of *Erythrina*. Brittonia 3:205-337. 1939.
7. LOZANO, J., O. R. Postes vivos para cercos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1962. 77 p.
8. SAUER, J. D. Living fences in Costa Rican agriculture. Turrialba (Costa Rica) 29(4):255-261. 1979.

A note on the qualitative damage caused to cocoa pods by *Sahlbergella singularis* (Hagl.) (Hemiptera: Miridae).

Resumen. Se estudió el daño causado por el mirido *Sahlbergella singularis* (Hagl.) (Hemiptera: Miridae) a mazorcas de cacao. Se encontró una reducción significativa en el peso de la mazorca, así como en el peso del pericarpio, a niveles de daño superiores al 25% de la mazorca cubierta por lesiones. No hubo diferencia significativa entre niveles de daño (0, 25, 50 y 100% de la superficie de la mazorca con lesiones) para las variables peso de las semillas, longitud de la mazorca, anchura de la mazorca, número total de semillas por mazorca y número de semillas deformes por mazorca.

The cocoa mirids, *Sahlbergella singularis* (Hagl.) and *Distantiella theobroma* (Dist.) feed on cocoa shoots, chupons and pods. These mirid bugs have a major impact on the cocoa industry and their feeding activities alone have been reported to reduce the yield of cocoa by about 20%–25% of the annual crop (1, 2).

It has been difficult to assess the direct damage to cocoa pods and beans by the cocoa mirid because of the indirect nature of the damage done during the feeding activities of the bugs. Toxopeus and Gerard (7) observed that very little differences existed between infested and uninfested cocoa pods unless infestation was at the early development stage of cherelles which would then wilt. This report examines the ultimate effect of the insect feeding by comparing affected pods with pods free of infestation. It is therefore easy to determine at what level appreciable loss due to mirid feeding lesions could be recorded.

Methods

100 ripe pods, harvested from Amazon cocoa plots planted at the Headquarters of the Cocoa Research Institute of Nigeria, Ibadan, were selected monthly from January to December, 1980 at the pod breaking depot. The pods were categorised according to the incidence of mirid lesions (marks of mirid feeding on pods).

The categories were:

- (i) Pods free from lesions;
- (ii) Pods with one quarter of the surface covered by lesions;
- (iii) Pods with half of the surface covered by lesions; and
- (iv) Pods with almost all the surface covered by lesions and having surface cracks (Figure 1).

The monthly selection for a year would therefore cover all the seasons, including the light and heavy crop seasons. It also covers the periods of high and low mirid populations.

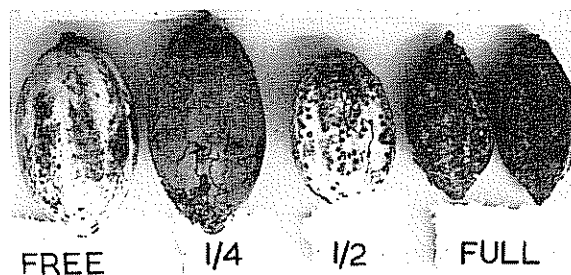


Fig. 1 Incidence of mirid lesions on pods.

Measurements were made of the length (cm) width (cm) and weight (g) of the pods. Pod husk weight (g) was taken after breaking the pod and removing the wet beans. Total bean numbers were recorded, as well as number damaged (woody, deformed or germinating).

Results and discussion

Both pod and husk weight showed statistically significant differences ($P > 5\%$) when over half of the pod surface was covered with mirid lesions Table 1. No significant difference was obtained in the weight of wet beans (Table 1). Toxopeus and Gerard (7) suggested that there was no difference in the fat contents of the beans from pods with or without mirid lesions.

There was no significant differences in the length and width of pods although pods with over half of the surface covered by lesions were slightly smaller than those free from lesions (Figure 1). There was also no difference in the number of beans showing deformity either when infested or when free from lesion cover.

In effect, mirids like most sucking bugs impose a drain on the host plants and probably introduce toxic saliva (3, 6).

Nuorteva (4) suggested that the wounding of plant tissues and secondary infestation by fungi contribute to the damage done to the plant. Mirids are insects with appreciable mouth parts and may also damage cocoa tissues in similar manner, in addition to secondary infection following mirid feeding (Entwistle, 1).

Cocoa mirid feeding is complicated and the adverse effect of each stage during feeding is not fully known. It may therefore be of interest if future work could be centered on whether the salivary glands of these bugs contain substances stimulating or inhibiting plant growth, as has been demonstrated in the case of some aphids and bugs (5, 8).

Table 1. The effect of incidence of mirid lesions on cocoa pods and beans.

Parameters	Extent of cover					L.S.D.
	Free	1/4	1/2	Full	P > 5%	
Weight of pods (g)	550.60	473.77	420.19	435.70	*	74.89
Weight of pod husk (g)	432.30	366.43	328.09	326.70	*	59.59
Weight of beans (g)	118.30	137.33	92.10	108.84	ns	23.70
Length of pods (cm)	17.60	17.05	16.45	16.40	ns	1.412 ⁺
Width of pods (cm)	8.54	8.25	8.01	8.30	ns	0.411 ⁺
Total bean number/pod	40.32	36.84	34.72	36.60	ns	0.441 ⁺
Total deformed beans/pod	1.04	0.64	1.08	2.60	ns	0.168 ⁺

* Significant at P > 5%

ns Not significant.

+ Log transformation analysed.

It is however interesting to note that the plant, pods and beans may be able to stand an appreciable amount of mirid feeding lesions. If this is the case, the heavy use of insecticide, which has resulted in a resurgence of new pests and resistance of insects to insecticide, could be reduced and biological agents (parasites and predators) would become available for use against the mirids.

The major differences recorded in attacked and unattacked cocoa pods are in the weight of pod husks, and it is likely that the pods may be losing useful materials (protein and carbohydrates). Some of the items removed are either used by the insect and the excess is excreted, as has been observed when aphids feed on brussels sprouts plants (Van Emden, *et al.*, 8). If the loss in weight of pod husk from pods lesions means that the insect is removing valuable nutrients, it may be necessary to replenish the lost materials artificially when pod husks are used in the fertilizer and animal feed industry.

Summary

The damage caused to cocoa pods by the mirid *Sahlbergella singularis* Hagl. was studied. Pod weight and husk weight were significantly reduced at damage levels over 25% of the pod surface covered by mirid lesions. There were no significant difference between damage levels (0, 25, 50 and 100% of the pod surface covered by mirid lesions) for bean weight, pod length, pod width, total bean number/pod and deformed bean number/pod.

January 9, 1984

A. OJO*

* Cocoa Research Institute, Ibadan, Nigeria

Literature cited

1. ENTWISTLE, P. F. Pests of cocoa. Longmans, 1972. 721 p.
2. KUMAR, R., and ANSARI, A. K. Biology, immature stages and rearing of cocoa capsids (Miridae: Heteroptera). Zoology Journal of Linn Science 54:1-29 1974.
3. MITTLER, T. E., and SYLVESTER, E. S. A comparison of the injury to alfalfa by the aphids *Therioaphis maculata* and *Macrosiphum pisi*. Journal of Economic Entomology 54:615-622. 1961.
4. NUORTEVA, P. Studies on the effect of salivary secretions of some Heteroptera and Homoptera on plant growth. Annals Entomologici Fennici 22:108-117. 1956.
5. OJO, A. A comparison of the effect of aphids on the physiology and crop yield of brussels sprout plants. Ph.D. Thesis. Reading, University of Reading, 1975. 321 p.
6. PASCHE, J. L. and SYLVESTER, E. S. Laboratory studies on the toxic effects of *Therioaphis maculata* (Buckton). Journal of Economic Entomology 50:742-748. 1957.
7. TOXOPEUS, H. and GERARD, B. M. A note on mirid damage to mature cocoa pods. Nigerian Entomologists' Magazine 1:59-60 1968.
8. VAN EMDEN, H. F., EASTOP, V. F. HUGHES, R. D. and WAY, M. J. Ecology of *Myzus persicae* Sulz. Annual Review of Entomology 14: 197-220 1969.

Determinación preliminar de las malezas en tres distritos de San Carlos. Alajuela, Costa Rica.

Summary. All species encountered in a weed survey of cultivated fields in three districts of San Carlos (humid tropical zone, Costa Rica) are listed, and a table given of the predominant species according to district or crop species. Local differences in the weed flora were noted, which were probably due to differences in drainage or in herbicide use. The flora consists of species which are mainly herbaceous, and cosmopolitan in distribution.

El propósito de este estudio fue determinar las malezas que se encuentran en tres distritos del Cantón de San Carlos (La Fortuna, Pital y Venecia) y qué especies constituyen un problema para los agricultores, especialmente en las áreas en que el CATIE está trabajando (zona La Vega, La Fortuna, La Trinchera y La Fama).

Debido a que hay poca información sobre las plantas silvestres que invaden los cultivos en esta área, pareció conveniente presentar aquí una lista de las especies encontradas y un análisis de las especies más comunes y nocivas.

Materiales y métodos

El área de estudio está ubicada en el Cantón de San Carlos, Provincia de Alajuela, Costa Rica entre los 10° 19' y 10° 35' latitud Norte y los 84° 18' y 84° 80' longitud Oeste (6). Pertenece a la zona de vida de Bosque Tropical Húmedo con transición a muy húmedo (7), y las áreas de muestreo están entre 100-200 msnm, son de temperatura y precipitación altas y suelos ácidos (Cuadro 1).

El trabajo de campo se realizó entre octubre 1982 y febrero 1983, habiéndose visitado en total 31 campos de cultivos: 10 de yuca, 8 de yuca en asociación con tiquisque, ñampi o maíz, 4 de tiquisque o ñampi, 5 de piña, 1 de maíz, 1 de ayote y 2 de café. La selección de campos fue completamente al azar y sin

criterio previo y en cada campo elegido se aplicó la misma metodología de recolección de material y toma de datos. La metodología de recolección consistió en el recorrido por surcos (excepto en el ayote), colectando y poniendo en bolsas plásticas cada espécimen nuevo de maleza que apareciera en ese campo. Los especímenes, agrupados por cultivo y localidad de procedencia, fueron llevados al Herbario del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, en donde están preservados y depositados. Para su identificación se llevaron al Herbario del Museo Nacional de Costa Rica. En cada sitio de muestreo se hizo una estimación visual y no cuantificada de la especie de malezas prevalentes y cuando fue posible se preguntó al agricultor cuales especies de malezas consideraba más problemáticas, qué nombre les daba y qué prácticas agronómicas utilizaba en su control. Además se tomó nota sobre la impresión general de las condiciones de drenaje del lugar.

Para cada especie colectada se calculó su presencia mediante la fórmula (5):

$$\frac{\text{Número de muestras en que aparece la especie}}{\text{Número total de muestras}} \times 100$$

y aquellas en las que al menos en un tipo de cultivo o en una localidad estuvieran presentes en el 50% o más de los sitios visitados se consideraron como malezas comunes (Cuadro 2).

Como resultado de este estudio se preparó un manual de identificación de las malezas comunes de San Carlos (1).

Resultados y discusión

La lista completa de las aproximadamente ciento cincuenta especies silvestres encontradas, se presenta en el apéndice.

Cuadro 1. Variables ambientales de tres distritos del Cantón de San Carlos*.

Distrito	Lluvia (mm/a)	Temperatura (p.a.)	Tipo de suelo	PH del suelo
La Fortuna	2800 - 3200	22 - 25	Andic Humitropept	83% entre 5 - 6
Pital	2800 - 3000	25	Andic Humitropept	79% entre 4 - 5
Venecia	4000 - 4500	25	Typic Humitropept	77% entre 4 - 5

* Ref 2.

Cuadro 2. Presencia (%) de especies de malezas comunes en San Carlos, por tipo de cultivo y localidad*.

FAMILIA Y ESPECIES	NOMBRE COMUN	CULTIVO						LOCALIDAD		
		Yuca 10	Yuca en Asociación 8	Tiquisque /nampi 4	Piña 5	Fortuna 15	Pital 10	Veneza 6		
GRAMINEA										
<i>Cynodon dactylon</i>	Pasto bermuda	25	50	-	-	27	25	25	25	25
<i>Digitaria bicornis</i>	Digitaria, arrocillo	50	50	50	80	46	70	70	25	25
<i>Panicum trichoides</i>	Huesillo, pumilla	25	38		40	25	30	30	67	67
CYPERACEAE										
<i>Kyllinga pumila</i>		25	50	25	-	40	-	-	25	25
<i>Marsicus tenuis</i>		30	63	50	40	40	25	25	67	67
<i>Torolinum odoratum</i>		25	38	75	-	53	-	-	-	-
HOJA ANCHA										
<i>Blechnum brownei</i>	Camaroncillo	80	38	25	25	53	55	55	25	25
<i>Borreria latifolia</i>	Mielcilla	80	38	50	00	53	60	60	33	33
<i>Cassia leiophylla</i>	Vainilla, Candeiilla	47	25	25	80	25	90	90	50	50
<i>Cissus sicyoides</i>	Uva cimarrona	33	25	25	40	25	60	60	33	33
<i>Clibadium polygonum</i>		25	25	25	60	25	50	50	-	-
<i>Cuphea cartaguenensis</i>	Gorroncillo	38	50	25	25	25	30	30	83	83
<i>Cyathula prostrata</i>		30	25	-	-	25	25	25	50	50
<i>Desmodium canum</i>	Pica-pica	40	25	-	-	25	30	30	-	-
<i>Emilia fosbergii</i>	Clavelillo	30	25	-	60	25	60	60	33	33
<i>Erectites hieracifolia</i>	Hierba de cabro	40	50	75	00	40	80	80	33	33
<i>Hyptis capitata</i>	Biojo, chirrita	90	38	75	25	60	70	70	25	25
<i>Ipomoea</i> spp.		40	38	25	-	33	25	25	50	50
<i>Lindernia crustacea</i>		30	25	25	60	33	30	30	33	33
<i>Mimosa pudica</i>		47	38	75	60	67	60	60	-	-
<i>Phenax someratii</i>	Dormilona	40	50	25	40	47	30	30	67	67
<i>Phyllanthus urnaria</i>	Tamarindillo	40	63	00	80	67	70	70	33	33
<i>Sauvagesia erecta</i>		25	25	25	60	25	40	40	25	25
<i>Sida acuta</i>	Escobilla	25	25	75	40	40	40	40	-	-
<i>Sida rhombifolia</i>	Escobilla	60	38	25	60	25	50	50	50	50
<i>Solanum tamacense</i>		30	38	50	60	33	50	50	25	25
<i>Urena lobata</i>	Mozotillo	50	63	-	60	25	70	70	67	67
Número total de especies encontradas		80	92	53	68	99	86	86	57	57
% de gramíneas		21	13	6	16	10	17	17	17	17
% de ciperáceas		9	11	9	7	7	6	6	2	2

* Sólo se incluyen las malezas que al menos en un tipo de cultivo o en una localidad estuvieran presentes en el 50% o más de los sitios visitados (ver texto).

Una lista de especies presentes en el 50% o más de los sitios, por cultivo y por distrito se muestra en el Cuadro 2. Aunque este cuadro no indica la frecuencia de cada especie en un campo individual, las especies encontradas en muchos sitios diferentes fueron también las más abundantes en cada lugar en particular, especialmente *Digitaria bicornis* (digitaria), *Blechnum brownii* (camaroncillo), *Borreria latifolia* (mielcillo), *Hyptis capitata* (biojo chirrita), *Mimosa pudica* (dormilona), *Phyllanthus urinaria* (tamarindillo), *Sida acuta* y *S. rhombifolia* (escobilla). Estas especies florecen todo el año y producen semillas abundantes que germinan rápidamente después de que el agricultor ha eliminado las malezas existentes con la branza o herbicidas de contacto, como paraquat.

De la lista del Cuadro 2, 13 especies son nativas del Nuevo Mundo Tropical, 11 son pantropicales y 3 son introducidas de otros continentes.

Aunque hay diferencias en el porcentaje de presencia de varias especies en distintos cultivos, es imposible concluir, sin un estudio de frecuencia como hizo Kellman en condiciones semejantes (4), si existían asociaciones distintas de malezas.

Se encontró en cada campo de cultivo entre 16 y 40 especies de malezas, muchas de las cuales probablemente no son un problema serio, pero hay otras, entre las gramíneas que representan las especies más abundantes y nocivas, como *Digitaria*. Otras dos gramíneas que existen en la región, en apariencia sumamente nocivas aunque no están incluidas en el Cuadro 2, son *Paspalum fasciculatum* (gamalote o gramalote) y *Rottboellia exaltata* (zacate indio).

El gamalote cubre muchas áreas bajas y húmedas en La Fortuna, es sumamente agresiva y su propagación es principalmente por estolones; al parecer la propagación por semilla sexual es escasa, pues no se logró obtener germinación bajo condiciones de laboratorio durante dos años de prueba (3). En San Carlos florece solamente en noviembre y diciembre y forma muy pocas semillas vivas. Sin embargo, según Doll y Argel (3) se sabe que las praderas irrigadas por corrientes de agua que antes han cruzado por lotes de gamalote, sufren la constante presencia de esta especie y la invasión debe ser por medio de semillas o de trozos de estolones.

El zacate indio se encontró únicamente en un campo de piña en Pital, el cual era considerado por el agricultor como la peor maleza que tenía; esta gramínea es prolifera en la producción de semillas, difícil de controlar y en este momento está extendiéndose en forma alarmante en Costa Rica. (Soto, A. Comunicación personal. Estación Fabio Baudrit. Alajuela, 1983).

Las malezas de hoja ancha son más fáciles de controlar y los agricultores no las juzgaron tan problemáticas como las gramíneas. No obstante con el clima cálido húmedo del área, muchos tipos de malezas pueden germinar y formar rápidamente una cobertura densa que le hará competencia a los cultivos.

Las juncias no se presentaron tan frecuentemente y *Cyperus rotundus* (coyolillo) conocida como una de las peores malezas del mundo y común en ciertas partes de Costa Rica no se observó en los sitios visitados. Las ciperáceas se encontraron menos en piñales que en otros cultivos y menos en Venecia que en otros distritos (en %total de especies presentes). En ambos casos los suelos presentaban, en general, buen drenaje. En contraste los suelos de La Fortuna son los menos ácidos, pero muchos campos de cultivo se hallan en tierras bajas y semi-inundadas la mayor parte del año, especialmente en la zona de La Vega; aquí las condiciones son aptas para plantas de suelos húmedos o pantanosos como las ciperáceas. En muchos casos el uso de herbicidas de contacto, aparentemente promueve la dominancia de gramíneas en lugar de especies de hoja ancha y es posible que esta práctica explique la alta frecuencia de *Digitaria*. Otros investigadores en regiones tropicales también han observado que la flora de malezas en áreas específicas depende principalmente de factores edáficos y de las prácticas de los agricultores (4).

Kellman (4) en una comparación de las malezas de milpas y de campos permanentes de cultivo de Belice observó una gran diferencia. La flora de malezas en las milpas era predominantemente nativa de origen y contenía muchas especies leñosas (arbustos y árboles). En contraste, la flora de campos permanentes resultó mucho más cosmopolita en origen y principalmente consistió de especies herbáceas o semileñosas; concluyó que las semillas de muchas especies de árboles y arbustos han desaparecido del banco de semillas de suelo. En San Carlos, la mayoría de las malezas son herbáceas y muchas de las especies tienen una distribución muy amplia, considerándoseles como malezas cosmopolitas. Aunque se encontraron plántulas de arbustos como: *Acacia* sp, *Cordia inermis*, *Clibadium polygonum*, *Vernonia patens*, *Phytolaca* sp. y algunas especies de Melastomaceae, especialmente en sitios abandonados, nunca se observó plántulas de árboles.

Según las observaciones de los autores, la estación experimental "La Montaña" de CATIE en Turrialba que tiene un clima bastante similar y que fue deforestado hace muchos años presenta una flora de malezas muy semejante.

Apéndice 1. Lista completa de las malezas encontradas en cultivos en 3 distritos del Cantón de San Carlos.

Familia y Nombre Científico	Nombre Común	Area de Origen
ACANTHACEAE		
<i>Blechum brownei</i> Jussieu	Camaroncillo	Nuevo Mundo Tropical
<i>Thunbergia alata</i> Bojer ex Sims		Este de Africa
AMARANTHACEAE		
<i>Alternanthera sessilis</i> (L.) R. Brown ex DC	Hierba de perico	Pantropical
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Bledo mercolina	Nuevo Mundo Trop y USA
<i>Cyathula prostrata</i> (L.) Blume		Nuevo Mundo Trop y Africa
<i>Iresine diffusa</i> Humb. y Bonpl. ex Willd.	Velo de novia	Nuevo Mundo Tropical
ARACEA		
<i>Caladium bicolor</i> (Ait.) Vent.		Brasil
<i>Xanthosoma robustum</i> Schoott.		América Central
ASCLEPIADACEAE		
<i>Asclepias curassavica</i> L.	Diablillo, bencenuco viborana	Nuevo Mundo Tropical
BORAGINACEAE		
<i>Cordia inermis</i> (Mill.) I. M. Johnson		Nuevo Mundo Tropical
<i>Heliotropium indicum</i> L.	Heliotropo, alacrán	Nuevo Mundo Tropical
CAPPARIDACEAE		
<i>Cleome spinosa</i> Jacq.	Frijolillo, espuela de caballero	Nuevo Mundo Tropical
CARYOPHYLLACEAE		
<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd.	Nervillo	Nuevo Mundo Tropical
COMMELINACEAE		
<i>Commelina diffusa</i> Burn. f.	Canutillo, siempreviva	Pantropical
<i>Tripogandra serrulata</i> (Vahl) Handl.	Canutillo morado	Nuevo Mundo Tropical
COMPOSITAE		
<i>Bidens pilosa</i> L.	Botoncillo, moriseco mozote, cardillo	América Central y USA
<i>Calea pittieri</i> Rob. y Greenman		América Central
<i>Chaptalia nutans</i> (L.) Polak		Nuevo Mundo Tropical
<i>Clitadium polygynum</i> Blake		Nuevo Mundo Tropical
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist		Nuevo Mundo Tropical
<i>Eclipta alba</i> (L.) Hasskarl	Botoncillo	Pantropical, USA
<i>Elephantopus hypomalacus</i> Blake	Hierba de San Antonio	Pantropical
<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	Clavelillo, pincel	Híbrido Islas del Pacifico Occidental
<i>Erechtites hieracifolia</i> (L.) Raf. ex DC	Hierba de cabro	Nuevo Mundo Tropical
<i>Fleischmannia sinclairii</i> (Benth. ex Oerst.) R. M. King y H. Robinson		América Central
<i>Mikania micrantha</i> H. B. K.		Nuevo Mundo Tropical
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) R. Br.		Nuevo Mundo Tropical
<i>Pseudoelephantopus spicatus</i> (Juss.) Rohr.	Oreja de burro	Nuevo Mundo Tropical
<i>Schistocarpha paniculata</i> Klaff		América Central
<i>Sclerocarpus phyllocephalus</i> Blake		América Central
<i>Synedrella nodiflora</i> Gaertn.	Espinilla	Nuevo Mundo Tropical
<i>Vernonia patens</i> H. B. K.	Tuerte	Nuevo Mundo Tropical
CONVOLVULACEAE		
<i>Calonyction</i> sp.	Trompeta	Nuevo Mundo Tropical
<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth	Churrístate	Pantropical
<i>Merremia</i> sp. aff. <i>umbellata</i> (L.) Hallier		Pantropical

Familia y Nombre Científico	Nombre Común	Area de Origen
CUCURBITACEAE		
<i>Melothria</i> aff <i>guadalupensis</i> (Spreng.) Cong	Chayotillo	Nuevo Mundo Tropical
<i>Momordica charantia</i> L.	Pepinillo	Viejo Mundo Tropical
CYPERACEAE		
<i>Cyperus diffusus</i> Vahl		Pantropical
<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retzius	Cortadera, zacate estrella	Nuevo Mundo Tropical
<i>Eleocharis elegans</i> (H. B. K.) Rom y Schult		Nuevo Mundo Tropical
<i>Fimbristylis dichotoma</i> (L.) Vahl	Junquillo, barba de indio	Pantropical y USA
<i>Fimbristylis miliacea</i> (L.) Vahl		Pantropical y USA
<i>Kyllinga pumilla</i> Michaux	Fosforito	Pantropical y USA
<i>Mariscus tenuis</i> (Swartz) C. B. Clarke		Nuevo Mundo Trop., Africa
<i>Rhynchospora radicans</i> (Schlecht y Cham.) Pfeiffer	Estrellita	Pantropical
<i>Scleria pterota</i> Presl		México-Argentina
<i>Torolinium odoratum</i> (L.) S. Hooper	Coyolillo, zacate, corona, corocito áspera	Pantropical
DILLENIACEAE		
<i>Tetracera</i> sp.		Nuevo Mundo Tropical
EUPHORBIACEAE		
<i>Caperonia palustris</i> (L.) St Hil		Nuevo Mundo Tropical
<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Mill sp.	Hierba de sapo, golondrina erecta	Nuevo Mundo Tropical y USA
<i>Chamaesyce hyssopifolia</i> (L.) Small		Nuevo Mundo Tropical y USA
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Golondrina, pastorcilla, lechilla	Nuevo Mundo Tropical
<i>Jatropha gossypifolia</i> L.	Frailecillo	Nuevo Mundo Tropical
<i>Phyllanthus urinaria</i> L.	Tamarindillo	Pantropical
<i>Ricinus communis</i> L.	Higuerilla	Viejo Mundo Tropical
GRAMINEAE		
<i>Acroceros zizanioides</i> (H. B. K.) Dandy		Africa, Asia
<i>Axonopus compressus</i> (Schwartz) Beauv.	Zacate amargo	Pantropical
<i>Brachiaria mutica</i> (Forsk.) Stapf.	Pasto pará, olotillo	Africa
<i>Brachiaria fasciculata</i> (Schwartz) Parodi		
<i>Brachiaria</i> sp.		
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Pasto bermuda, grama dulce	Africa
<i>Digitaria bicornis</i> (Lam.) Roem y Schult.	Digitaria, arrocillo	Florida-Colombia
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Pata de gallina	Africa, Asia
<i>Homolepis aturensis</i> (H. B. K.) Chase		Nuevo Mundo Tropical
<i>Ischaemum indicum</i> (Houtt.) Merrill		Viejo Mundo Tropical
<i>Ixophorus unisetus</i> (Presl.) Schlecht	Pasto honduras	Nuevo Mundo Tropical
<i>Oplismenus burmannii</i> Beauv.	Zacate de ratón	Asia
<i>Panicum pilosum</i> Schwartz		México-Argentina
<i>Panicum polygonatum</i> Shrad/P. laxum Swartz	Iepalón, cola de gallo	Nuevo Mundo Tropical
<i>Paspalum conjugatum</i> Bergius	Zacate amargo, pasto horqueta horquetilla	USA, Argentina
<i>Paspalum decumbens</i> Swartz		Nuevo Mundo Tropical
<i>Paspalum fasciculatum</i> Willd.	Gamalote, gramalote	México-Argentina
<i>Paspalum paniculatum</i> L.	Zacate cabezón, paja brava	México-Argentina
<i>Paspalum virgatum</i> L.	Zacate de burro	Nuevo Mundo Trop. y USA
<i>Paspalum</i> sp.		
<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach.	Pasto elefante	Africa
<i>Rottboellia exaltata</i> L. f.	Zacate indio, caminadora	Viejo Mundo Tropical
<i>Setaria geniculata</i> (Lam.) Beauv.	Gusanillo, rabo de gato	USA-Argentina

Familia y Nombre Científico	Nombre Común	Area de Origen
LABIATAE		
<i>Hyptis capitata</i> Jacquin	Biojo, chirrita, chan de cabeza	Nuevo Mundo Tropical
<i>Hyptis obtusiflora</i> Presl		Nuevo Mundo Tropical
<i>Hyptis verticillata</i> Jacq		Nuevo Mundo Tropical
<i>Hyptis viciis</i> Kunth y Bouché		Nuevo Mundo Tropical
<i>Hyptis</i> sp		
<i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze	Yerba San Carlos	Nuevo Mundo Tropical
LEGUMINOSAE		
<i>Acacia</i> aff. <i>angustissima</i> (Mill) Kuntze		América Central y USA
<i>Calopogonium mucunoides</i> Desvaux		Nuevo Mundo Tropical
<i>Cassia leiophylla</i> Vogel	Vainilla, candelillo	Nuevo Mundo Tropical
<i>Desmodium canum</i> (J. F. Gmel) Schinz y Thellung	Pica-pica pega-pega	Pantropical
<i>Indigofera suffruticosa</i> Mill	Jiquelite	Nuevo Mundo Tropical
<i>Mimosa albida</i> Humb. & Bonpl.		Nuevo Mundo Tropical
<i>Mimosa pudica</i> L.	Dormilona	Nuevo Mundo Tropical
<i>Mimosa somnians</i> H. B. K.	Dormilona	Nuevo Mundo Tropical
<i>Stylosanthes guyanensis</i> (Aubl.) Schwartz		Nuevo Mundo Tropical
LOBELIACEAE		
<i>Hyppobroma longiflora</i> (L.) G. Don	Clavo de Cristo	Nuevo Mundo Tropical
LYTHRACEAE		
<i>Cuphea carthagenensis</i> (Jacq.) McBride	Gorriocillo, guayabillo	Nuevo Mundo Tropical
<i>Rotala ramosior</i> (L.) Koehne		Nuevo Mundo Trop. y USA
MALPIGHIACEAE		
<i>Stigmaphyllon humboldtianum</i> Juss		Nuevo Mundo Tropical
MALVACEAE		
<i>Malachra fasciata</i> Jacquin	Borraja, malva rastrojera	Nuevo Mundo Tropical
<i>Sida acuta</i> Burn. f.	Escobilla morada	Pantropical
<i>Sida decumbens</i> St. Hill & Naud		Nuevo Mundo Tropical
<i>Sida rhombifolia</i> L.	Escobilla	Pantropical
<i>Urena lobata</i> L.		América Central-USA
MARANTHACEAE		
<i>Calathea</i> sp		Nuevo Mundo Tropical
MELASTOMACEAE		
<i>Aciotis</i> aff. <i>Cevyana</i> Cogn.		América Central-Colombia
<i>Clidemia</i> sp		América Central
MENISPERMACEAE		
<i>Cissampelos pareira</i> L.	Venadero	Pantropical
OCHNACEAE		
<i>Sauvagesia erecta</i> L.		Nuevo Mundo Tropical
ONAGRACEAE		
<i>Ludwigia decurrens</i> Walt	Clavito	Nuevo Mundo Trop. y USA
<i>Ludwigia octovalvis</i>	Sulfatillo	Pantropical
<i>Ludwigia</i> sp		
OXALIDACEAE		
<i>Oxalis martiana</i> Zucc		Nuevo Mundo Tropical
PASSIFLORACEAE		
<i>Passiflora foetida</i> L.	Norbo	Nuevo Mundo Tropical

Familia y Nombre Científico	Nombre Común	Area de Origen
PHYTOLACCACEAE <i>Phytolacca</i> sp		Nuevo Mundo Tropical
PIPERACEAE <i>Peperomia pellucida</i> (L.) H. B. K. <i>Piper</i> sp <i>Potomorphe peltata</i> (L.) Miq.	Lombricilla	Nuevo Mundo Tropical América Central
RUBIACEAE <i>Borreria laevis</i> (Lam.) Griseb <i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) Schum <i>Oldenlandia corymbosa</i> L.	Botoncito Mielcillo	Nuevo Mundo Tropical Nuevo Mundo Tropical Pantropical
RHAMNACEAE <i>Gouania lupuloides</i> (L.) Urban		América Central
SCROPHULARIACEAE <i>Lindernia crustacea</i> (L.) F. Muell <i>Lindernia diffusa</i> (L.) Wettstein <i>Mecardonia procumbens</i> (Mills) Small		Viejo Mundo Tropical Viejo Mundo Tropical Nuevo Mundo Tropical
SOLANACEAE <i>Cestrum</i> sp. <i>Physalis angulata</i> L. <i>Solanum americanum</i> Miller <i>Solanum jamaicense</i> Miller <i>Solanum torvum</i> Sw. <i>Witheringia solanacea</i> L'Heritier	Farolillo chino, jaboncillo Tomatillo, hierba mora	Nuevo Mundo Tropical Pantropical Nuevo Mundo Tropical Nuevo Mundo Tropical Nuevo Mundo Tropical Nuevo Mundo Tropical
STERCULIACEAE <i>Melochia</i> aff. <i>melissaefolia</i> Benth		Pantropical
UMBELLIFERAE <i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancroft <i>Hydrocotyle leucocephala</i> Cham. & Schlecht <i>Spananthe paniculata</i> Jacq	Comalillo, acedera Caricillo, papa miel	Colombia Nuevo Mundo Tropical Nuevo Mundo Tropical
URTICACEAE <i>Laportea aestuans</i> (L.) Chew <i>Phenax sommeratti</i> (Poir.) Wedd <i>Urera baccifera</i> (L.) Gaud	Ortiga Ortiga, chichicaste	Pantropical Nuevo Mundo Tropical Nuevo Mundo Tropical
VERBENACEAE <i>Lantana camara</i> L. <i>Lantana trifolia</i> L. <i>Priva lappulacea</i> (L.) Persoon	Cinco negritos, jaral, fruta de caballo Cuásquite	Nuevo Mundo Tropical Nuevo Mundo Tropical Nuevo Mundo Tropical
VITACEAE <i>Cissus sicyoides</i> L.	Uva cimarrona, iasú	Nuevo Mundo Tropical
ZINGIBERACEAE <i>Costus</i> sp		América Central
PTERIDOPHYTA <i>Asplenium</i> sp <i>Pityrogramma</i> sp <i>Selaginella umbrosa</i> Lem <i>Thelypteris dentata</i> Forsk.		

Resumen

Se presenta una lista de las plantas silvestres encontradas en un reconocimiento de las malezas de campos cultivados en tres distritos de San Carlos (Zona Tropical Húmeda) y un cuadro con las especies prevalentes, según distrito o tipo de cultivo. Se notó diferencias locales en la flora, probablemente relacionadas con el drenaje y el uso de herbicidas. La flora consiste de especies predominantemente herbáceas y cosmopolitas en distribución.

Reconocimiento

Los autores agradecen al CATIE y al ITCR por el uso de instalaciones y equipo; y al señor Luis J. Poveda por la identificación de especies

23 marzo de 1984

E. ALAN *

J. M. BRISTOW**

* Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos

** Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica (Actualmente en Centreville Ontario Kokino CANADA)

Literatura citada

1. BRISTOW, J. M. Las malezas de San Carlos. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Departamento de Producción Vegetal, 1983. s.p
2. CENTRO AGRONÓMICO DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL. Caracterización ambiental y de los principales sistemas de cultivos en fincas pequeñas. San Carlos, Costa Rica, Turrialba, 1984. 198 p. (CATIE. Informe Técnico No 33).
3. DOLL, J. y ARGEL, P. Guía práctica para el control de malezas en potreros: Cali, Colombia. Centro de Investigación Agrícola Tropical, 1978. s.p.
4. KELLMAN, M. Geographic patterning in tropical weed communities and early secondary successions. *Biotropica* 12 (Suppl.):34-39 1980. (Tropical Succession)

5. MATTEUCCI, S. D. y COLMA, A. Metodología para el estudio de la vegetación. Washington, D.C., Secretaria General de la Organización de Estados Americanos, 1982. 168 p. (Serie de Biología, No. 22)
6. SADNER, G. *et al* Estudio geográfico regional de la Zona Norte de Costa Rica. San José, Costa Rica, ITCO, 1966. 308 p.
7. TOSI, J. A. República de Costa Rica. Mapa Ecológico. San José, Costa Rica, Instituto Geográfico Nacional, 1969. Esc. 1:1000.000. Color.

Basal sprouting in *Pinus oocarpa*.

Resumen. La rebrotación basal de 318 árboles de *Pinus oocarpa* Scheide fue evaluada en el campo. A los 27 meses después del tratamiento, la rebrotación fue abundante en árboles con diámetros del tocón de 6 cm o menos, pero escasa en árboles más grandes. La rebrotación comienza con la producción de una masa de retoños a la base del tallo. Comúnmente, en el transcurso de un año, uno o más de esos brotes expresa dominancia. Sin embargo, la planta puede permanecer en el estado de retoños masales por tres años o más. Al aumentar el crecimiento primario, los retoños asumen una postura más horizontal, lo que sugiere que a partir de un retoño del tocón central se puede generar un tallo dominante. La mayoría de las plantas que produjeron retoños tenían después 27 meses del tratamiento, un solo tallo recto que creció significativamente más rápido que plantas de una edad comparable producidas por semillas.

Basal sprouting is of widespread occurrence in the genus *Pinus*. Stone and Stone (4) cite numerous examples of important pine species which are capable of sprouting from the base. Such sprouting is generally limited to seedlings and arises from suppressed buds located in the axils of the primary needles immediately above the cotyledons.

Pinus oocarpa Scheide is an important timber species native to Mexico and Central America which is capable of forming basal sprouts (1, 3). Regeneration by sprouting in natural stands is common and is considered an ecological adaptation to environments frequented by wild fires (2). In contrast with other pines, Venator (5) showed that basal sprouts in *P. oocarpa* originate from suppressed buds developing in the stele just below the cotyledons. The basal portion of the stem is characterized by a pronounced swelling (Figure 1). Venator describes this as a "root



Fig. 1 Basal swelling and the development of root storage organ in 18 month old *P. oocarpa* seedling. Note the profusion of shoots and buds just above the lateral roots.

storage organ" and believes it may act as a site for food reserve and provides added protection to the suppressed buds. This gives *P. oocarpa* a unique ability to withstand the adverse effects of ground fires.

Basal sprouting in *P. oocarpa* has received little critical evaluation. The present study examines the development of sprouts and the relationship of sprouting to stem diameter.

Materials and methods

In 1978 a study area of approximately three hectares was identified within the experimental forest of the Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR) situated near Siguatepeque, Honduras (approx. 14°32'N and 87°50'W). The area was covered by an unevenaged natural stand of *P. oocarpa*. The site was predominantly northeast facing with a 25° slope and an elevation of 1100 m. The understory vegetation consisted of a dense covering of grasses and forbs and a sparse distribution of small shrubs. The area was free from fire and grazing for four years prior to treatment. Near the end of the dry season in June of 1978, all trees were felled as near ground level as possible. The intent was to simulate the action of a ground fire by killing all the above ground cambial tissue. After extracting the merchantable timber, each stump was identified with a numbered stake and the stump diameter (outside bark) measured to the nearest 0.1 cm. The population initially consisted of 409 individuals.

The test was first evaluated in September of 1980, 27 months after treatment. The presence of live sprouts was noted for each stump and these were classified as:

- 1) having a single dominant stem.
- 2) having multiple dominant stems (noting actual number)
- 3) having a group of sprouts not showing dominance.

The height of the tallest dominant stem or height of the sprout mass was measured to the nearest 0.5 cm. In addition, a significant number of stumps had dead sprouts. Apparently these stumps had formed sprouts earlier, but the sprouts had died. Consequently, each stump was examined for the presence of dead sprouts and noted. A second evaluation was made in August of 1981, 38 months following treatment.

Stump samples were grouped into 2.0 cm diameter classes for analysis. Tests of significance among means were conducted using the unpaired t-test:

$$\text{calculated } t \text{ value} = \frac{X_A - X_B}{\frac{s^2 (N_A + N_B)}{(N_A)(N_B)}}$$

with degree of freedom = $(N_A - 1) + (N_B - 1)$

where x_A and x_B = arithmetic means for groups A and B
 N_A and N_B = number of observations for groups A and B
 s^2 = pooled within group variance =

$$\frac{\text{sums of squares group A} + \text{sums of squares group B}}{(N_A - 1) + (N_B - 1)}$$

Results

The incidence of basal sprouting by stump diameter class at 27 months following treatment is presented in Table 1. Of the 322 stumps which were re-identified, 139 or 43% had live sprouts. Sprouting ability was negatively related to stump diameter with 97% of stumps with live sprouts being 6.0 cm or less in diameter. The largest stump to have live sprouts was 9.4 cm in diameter.

In addition to those stumps having live sprouts, a significant proportion, 13%, produced sprouts which died prior to evaluation. Although such sprouts died during early development, they do show that these stumps had the potential to sprout. Perhaps if environmental conditions were more favorable they would have survived.

Table 1. Basal sprout incidence.

Diameter Class (cm)	No. of observ.	Live sprout		Dead sprout		Potential sprouting %
		No.	%	No.	%	
0.0 - 2.0	62	48	77	2	3	80
2.1 - 4.0	149	74	50	23	15	65
4.1 - 6.0	34	13	38	6	18	56
6.1 - 8.0	15	0	0	5	33	33
8.1 - 10.0	16	4	25	3	19	44
10.1 - 12.0	5	0	0	2	40	40
12.1 - 14.0	8	0	0	1	12	12
14.1 - 16.0	3	0	0	0	0	0
>16.0	30	0	0	0	0	0
TOTAL	322	139	43	42	13	56

If these potential sprouters are included in the assessment, the percentage of trees capable of regenerating rises to 56% with the individual of greatest stump diameter capable of sprouting increasing to 13.0 cm.

Of major interest is the development of the sprouts. An examination of the relative expression of apical dominance and height by diameter class at 27 months (Table 2) shows that 121 of the 139 individuals with live sprouts showed strong apical dominance. Of the 121 plants expressing dominance, 96 had a single stem while 25 had multiple stems, all with two leaders. Generally, the single-stem sprouts were straight while the double-stem sprouts demonstrated a characteristic basal curvature. After 27

months, 18 trees remained in the mass sprout stage and did not exhibit apical dominance (Figure 2). The elongating shoots of these individuals produced weak stems which assumed a more horizontal posture with time. Observations of these trees as well as additional material suggest that in some cases the stem which eventually gains dominance is produced from late developing buds activated from the central stump and not from the laterally extending shoots (Figure 3).

The overall mean sprout height at 27 months was 1.7 m (standard deviation = 0.65 m). A positive relationship exists between diameter class and mean height for the smallest three diameter classes in the "1 dominant stem" category (Table 2). However,

Table 2. Basal sprout apical dominance and height (m) at 27 months.

Diameter Class (cm)	1 Dominant stem			2 Dominant stems			Sprout mass		
	No.	%	\bar{x} hgt.	No.	%	\bar{x} hgt.	No.	%	\bar{x} hgt.
0.0 - 2.0	33	69	1.6	3	6	2.3	12	25	0.7
2.1 - 4.0	54	73	1.8	16	22	2.0	4	5	0.8
4.1 - 6.0	7	54	2.1	5	38	2.6	1	8	0.6
6.1 - 8.0	0	-	-	0	-	-	0	-	-
8.1 - 10.0	2	50	2.0	1	25	2.0	1	25	0.9
10.1 - 12.0	0	-	-	0	-	-	0	-	-
12.1 - 14.0	0	-	-	0	-	-	0	-	-
14.1 - 16.0	0	-	-	0	-	-	0	-	-
>16.0	0	-	-	0	-	-	0	-	-
	96			25			18		

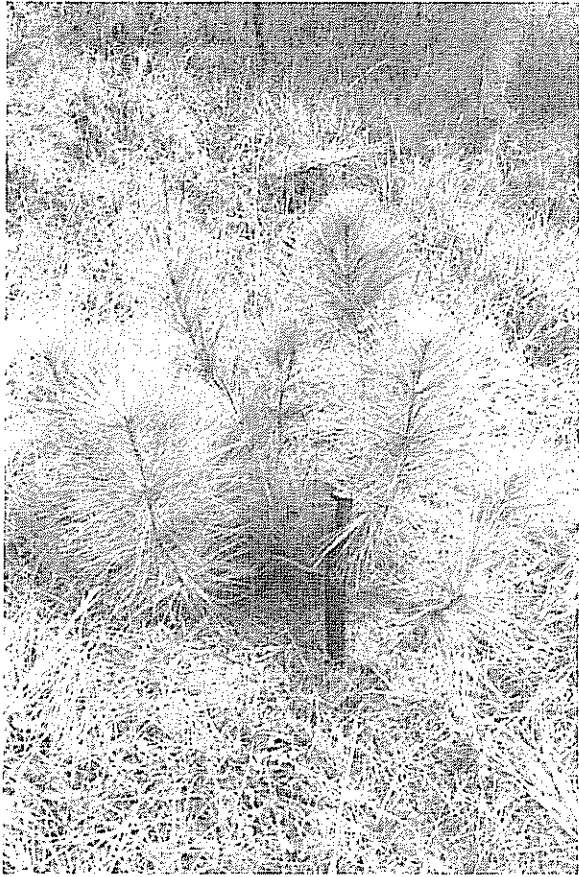


Fig 2. Appearance of basal sprout mass at 27 months following treatment. Although each shoot is growing well, none are exhibiting dominance

only the 0.0 – 2.0 cm vs 4.1 – 6.0 cm comparison showed a significant difference in mean height at the 95% probability level (calculated $t = 2.61$ with 38 degrees of freedom). In each of the smallest three diameter classes, mean heights of the double-stem trees are greater than those of the single-stem trees. The pooled mean height of these three classes is 1.7 m for single-stem and 2.2 m for double-stem trees. This increased height growth may be a factor of increased competition between stems within a double-stem tree.

During the second assessment in August of 1981, 38 months following treatment, only 86 individuals with live sprouts could be re-identified and measured. The mean height of the 86 plants was 3.0 m. The mean height for individuals common to the 1980 and 1981 assessments and showing dominance in 1980 was 3.2 m in 1981, and increase of 1.4 m over the previous year. The difference between the mean heights of the single and double stem tree in 1981 was insignificant at the 95% probability level (calcu-



Fig 3 Close-up of a stump sprout 27 after treatment. This individual has produced a single, straight dominant leader. Note the posture of the remaining lateral shoots.

lated $t = 1.43$ with 69 degrees of freedom). In 1980, 14 of the 86 individuals assessed in 1981 were in the mass sprout stage. By 1981, 10 had expressed apical dominance while 4 remained in the mass sprout stage.

Discussion and conclusions

This study has shown that tree diameter is inversely proportional to sprouting capacity. Successful sprouting was common at basal diameters of 6.0 cm or less and could possibly be extended to 10 cm if conditions were optimal. Sprouting at diameters of greater than 10 cm was rare. Almost 80% of the sprouts showing apical dominance produced a single stem. Multiple stemmed individuals all had two leaders. Field observations in natural stands of *P. oocarpa* in Honduras have identified an area where multiple stems predominate with the number of codominant stems rising to 5 or 6. Such areas are usually frequently burned and heavily grazed. This suggests that multiple stems may be a product of repeated damage. In addition, single stem sprouts examined in this study were for the most part straight. The observation that the characteristic basal sweep of *P. oocarpa* is associated with sprouting (4) therefore seems doubtful.

Additional observations in the experimental nursery at ESNACIFOR indicate that sprouting in *P. oocarpa* is linked with the amount of direct sunlight reaching the buds or sprouts. In 1978 a large number of root stocks were produced in seedbeds for use in a grafting program. The seedbeds were oriented in an east-west direction. Grafting was done in 1979-80 using a top cleft graft, but most of the grafts failed. However, this stimulated growth of the basal sprouts. In March of 1981, 770 of the root stocks were evaluated. The plants represented four

geographical seed sources of *P. oocarpa* from Honduras and had a mean diameter of 0.94 cm at 10 cm above ground. 94% of the plants produced sprouts. This is considerably greater than the 78% sprouting of the 0.0-2.0 cm diameter class in the field trial. Moreover, those rootstocks on the south facing side of the seedbeds produced larger and more vigorous sprouts. In the field trial, the test site was covered by a fairly dense layer of grasses which dramatically reduced the amount of direct sunlight reaching the root collar and young sprouts. This may have contributed to the lower sprouting and higher mortality in the field trial.

Height growth of basal sprouts is good. Mean heights of 1.7 and 3.0 m were recorded at 27 and 38 months following treatment respectively. A survey of 300 container grown seedlings established in the field in October of 1978 in the same area as the sprouting trial had a mean height in September of 1981 (40 months following sowing) of 2.4 m. The sprouts were significantly taller than the seedlings, but the difference was not as great as anticipated. This comparison is confounded by the fact that the expression of apical dominance and thus real height growth of the sprouts can be retarded for three years or more following treatment. Nevertheless, the rapid early growth rate of most sprouts could increase survival by reducing their fire susceptibility period.

The information provided by this study plus additional field observations suggests a general pattern for basal sprout development in *P. oocarpa*. The ability to form basal sprouts is conferred at an early age. Venator (5) stated that both "root storage organs" and basal sprouts are present at 8 months of age. Observations at the ESNACIFOR nursery showed that seedlings of 5 months produced basal sprouts. The maximum age for sprouting is unknown, but Chable (1) reports that successive burning and sprouting of an individual can occur which increases the absolute age of the tree considerably. Sprouting ability may therefore be more a factor of diameter than of age. As demonstrated in this study, sprouting is common at diameters below 6 cm and rare thereafter. Within a few weeks following damage to the main stem, a large group of succulent sprouts develop at the base of the stem. These sprouts are common in undamaged trees also, but their development is suppressed by dominant shoots. Apparently, two possibilities exist for the production of a main stem from the damaged tree. First, one or more of the initially elongating shoots may continue development and eventually gain dominance. Although the direct assessment of how soon one of these shoots is able to express dominance was not made, examination of growth data indicates that it can occur within

a year following injury. In a significant portion of individuals, a dominant stem is not produced within the first year and the plant may remain in the mass sprout stage for three years or more. In this case, the initially developed shoots continue their primary growth, but assume a more horizontal posture with time. It is suggested that eventually one or more buds are activated in the central stump and develop into the dominant stem. The first mode of stem development is the most prevalent.

Summary

Basal sprouting of 318 *Pinus oocarpa* Scheide trees was examined in the field. At 27 months following treatment, sprouting was abundant in trees with stump diameters of 6 cm or less, but rare in larger trees. Sprouting begins with the production of a mass of shoots at the base of the stem. Commonly within a year, one or more of these shoots express dominance. However, the plant may remain in the mass sprout stage for three years or more. With increased primary growth, these shoots can assume a more horizontal posture suggesting that a dominant stem may generate from a newly developed shoot from the central stump. The majority of plants producing sprouts after 27 months of treatment had a single, straight stem which grew significantly faster than a seedling of comparable age.

April 12, 1982

D HOUKAL E. PONCE*

* At the time of preparation of this manuscript the authors were research forester and assistant research forester, respectively, Escuela Nacional de Ciencias Forestales, Siguatepeque, Honduras, Central America. Dana Houkal is currently Tree Improvement Specialist, Missouri Department of Conservation, Licking, Missouri.

Literature cited

1. CHABLE, A. C. Reforestation in the Republic of Honduras, Central America. *Ceiba* 13(2):1-56. 1967.
2. DENEVAN, W. M. The upland pine forests of Nicaragua: A study in cultural plant geography. University of California Publications in Geography 12:251-320. 1961.

3. KEMP, R. H. International provenance research on Central American pines. Commonwealth Forestry Review 52(1):55-66. 1973.
4. STONE, E. L. Jr. and STONE, M. H. Root collar sprouts in pine. Journal of Forestry 52:487-491. 1954.
5. VENATOR, C. R. Formation of root storage organs and sprouts in *Pinus oocarpa* seedlings Turrialba 27(1):41-45. 1977

Fungi associated with maize and bean grown as a mixture by small scale farmers in Kenya, and their control.

Resumen. Con el fin de observar los hongos portados en ellas, se analizaron semillas de dos cultivares de maíz y dos de frijol utilizados en mezcla por agricultores de pequeña escala en Kenia. Los principales hongos recuperados fueron *Fusarium moniliforme*, *Aspergillus niger* y *Penicillium* sp para maíz, y *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* y *Penicillium* sp. para las semillas de frijol. El hongo *Penicillium* sp. mostró una amplia distribución en los cultivares de maíz y frijol analizados.

De tres fungicidas probados, el benomil fue el más efectivo en la reducción del porcentaje de recuperación total de hongos y en el aumento del porcentaje de germinación de las semillas *in vitro*, seguido por el captan y el oxiclورو de cobre.

The majority of small scale farmers in Kenya who constitute about 90% of the community, grow maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as a mixture. These two are important food crops, and one of the main factors which can limit its cultivation is the incidence of seed-borne fungi which are often associated with reduced emergence, yield and seed quality (6, 9). The present study was, therefore, undertaken to identify and to determine the percentage incidence of fungi associated with seeds of maize and bean varieties which are grown repeatedly by small scale farmers, and also to study the efficacy of three fungicides for the control of seed-borne fungi detected and percentage germination of seeds *in vitro*.

Materials and methods

Seed samples of hybrid maize and local var 'Giku-ku' and local bean varieties 'Gituru' and 'Wairumu' commonly grown in Kiambu District were collected from different small scale farmers. 400 seeds randomly taken from each cultivar were tested by the standard blotter method (7). Seeds were surface disinfected in a solution of 2% sodium hypochlorite for about 5 minutes and spaced (six maize seeds/plate; eight bean seeds/plate) on two moist blotters in Petri-plates. Plates were incubated at $24 \pm 2^\circ\text{C}$ continuously under artificial light. Seeds were observed after eight days of incubation as recommended for routine seed health testing (7).

The effect of fungicidal seed treatment on the percentage of occurrence of seed-borne fungi and percentage of seed germination was determined by using 200 seeds of each cultivar, surface sterilized as above, in the suspension of a systemic fungicide benomyl (Benlate 45.49% a.i.) and two other non-systemic fungicides, captan (Orthocide 76.2% a.i.) and copper oxychlorite (50.1% a.i.) at the rate of 30, 20, and 30 μg active ingredients per 20 g of seeds respectively. Seeds were treated in each fungicide for about four hours. Non-treated seeds served as control, and seeds were spaced and incubated in similar conditions as described before. Results are summarized in Table 2.

Results and discussion

Noble and Richardson (10) and Neergaard (9) have listed more than sixty fungi associated with maize and about twenty or so on bean seeds from data collected from different countries. In the present investigation, however, only eight fungi on maize and six on bean seeds could be detected using blotter method and incubating seeds at $24 \pm 2^\circ\text{C}$ under continuous artificial light. The genera of fungi detected from the seed lots of two cultivars of maize and bean, and percentage germination of seeds *in vitro* are presented in Table 1. The majority of seeds tested were found to be invaded with seedborne fungi, and the percentage germination of seeds of all cultivars was poor, around 30 percent. The dominant fungi recovered were *Fusarium moniliforme*, *Aspergillus niger* and *Penicillium* sp. from maize, and *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* and *Penicillium* sp. from bean seeds. *Penicillium* sp. proved to be a wide spread fungus on the seed lots of both maize and bean cultivars.

Aspergillus and *Penicillium* spp. are known to affect stored grain and invade seeds after harvesting

Table 1. Percentage distribution of seed-borne fungi and their effect on germination of two cultivars each of maize and bean. (Observation based on 400 seeds of each cultivar, using standard blotter method, incubation at $24 \pm 2^\circ\text{C}$ under continuous artificial light).

Fungi	Percentage of infection			
	Maize cultivars		Bean cultivars	
	Hybrid	Gikuku	Gituru	Wairumu
<i>Fusarium moniliforme</i>	18	26	2	—
<i>F. solani</i> f. sp. <i>phaseoli</i>	—	—	14	3
<i>Aspergillus niger</i>	8	18	—	—
<i>Aspergillus flavus</i>	3	2	—	—
<i>Penicillium</i> sp.	45	39	58	62
<i>Epicoccum</i> sp.	—	1	—	—
<i>Stemphyllium</i> sp.	—	—	1	—
<i>Chaetomium</i> sp.	4	1	—	—
<i>Alternaria</i> sp.	—	—	1	1
<i>Rhizopus</i> sp.	4	—	5	8
Germination %	30	26	13	30

Table 2. Percentage germination *in vitro* and total fungal recovery (IFR) of treated and non-treated seeds of two cultivars each of maize and bean grown as a mixture (Observations based on 200 seeds, using standard blotter method and incubation at $24 \pm 2^\circ\text{C}$ under continuous artificial light).

Treatments	Maize cultivars				Bean cultivars			
	Hybrid		Gikuku		Gituru		Wairumu	
	Germ	IFR	Germ	IFR	Germ	IFR	Germ	IFR
Benlate	92	3	96	0	95	0	90	1
Captan	82	25	85	21	90	17	87	15
Copper oxychloride	70	36	65	28	68	22	66	33
Non-treated	32	80	27	85	15	82	31	75

They may be present on the seed or may be as dormant mycelium within the tissue of pericarp or seed coat. Most of the maize and bean seeds were found to be invaded with the species of *Aspergillus*, *Penicillium* and *Fusarium* spp. causing seed and seedling rots, and the seedling blight in some of the cases. Some of the seeds did not even germinate due to colonization of the fungus, particularly the *Fusarium* and *Penicillium* spp., and the seeds become rotted. *Fusarium* spp. have been reported to cause seed decay (2, 4), and *Aspergillus* and *Penicillium* spp. reported to be prominent fungi associated with bean seeds from Central Brazil (1). *Fusarium moniliforme* has been recovered fairly well in both of the maize

cultivars and the fungus completely colonized the germinated seeds. This species is pathogenic and causes ear and kernel rot, stalk rot and the seedling blight of maize (10). In bean cultivars the percentage recovery of this fungus was found to be 2% and thus has no considerable harmful effect on seeds. *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* was recovered from both cultivars of bean, much more in 'Gituru' than 'Wairumu' cultivar. This pathogen has been reported to be seed-borne, causing severe post-emergence blight (5).

Data presented in Table 2 shows the percentage germination *in vitro* and the total fungal recovery

of treated and non-treated seeds of two cultivars each of maize and bean. It is evident that all fungicidal seed treatment increased the percentage of germination with the reduction of the total fungal recovery as compared to the control, of maize and bean cultivars. Of the three fungicides tested Benlate was the most effective seed treatment followed by captan and copper oxychloride in reducing percentage of total fungal recovery and increasing percentage germination *in vitro*. Benlate completely checked the fungal incidence in 'Gikuku' cultivar of maize and 'Gituru' bean cultivar while in other two cultivars the total fungal recovery was very low. Benlate is effective as seed treatment for other seed-borne pathogens because of being a systemic fungicide which becomes systemic in seeds and seedlings (3, 8, 11). Captan was equally effective increasing considerably the percentage germination of both seeds above 70%. Copper oxychloride was less effective as compared to Benlate and captan.

Summary

Seeds from two local cultivars each of maize and bean grown as a mixture by small scale farmers in Kenya were tested for seed-borne fungi. The dominant fungi recovered were *Fusarium moniliforme*, *Aspergillus niger* and *Penicillium* sp. from maize, and *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* and *Penicillium* sp. from bean seeds. *Penicillium* sp. proved to be a wide spread fungus on the seed lots of both maize and bean cultivars tested. Of the three fungicides tested Benlate was the most effective seed treatment followed by captan and copper oxychloride in reducing the percentage of total fungal recovery and increasing the percentage germination *in vitro*.

Acknowledgement

The author is thankful to Dr. D. M. Mukunya, Section Head, Plant Pathology and Dr. D. N. Ngugi, Chairman, Department of Crop Science, University of Nairobi for facilities, and to Prof. Y. L. A. Yoloye, Head, Department of Biological Sciences, University of Ilorin, Nigeria for encouragement. This research was funded by Rockefeller Foundation under Plant Protection Programme in the Department of Crop Science, University of Nairobi, which is being gratefully acknowledged.

April, 13, 1984

K. B. KHARE*

* Senior Lecturer, Department of Biological Sciences, University of Ilorin, Nigeria, previously Visiting Senior Lecturer, Department of Crop Science, University of Nairobi, Kenya

Literature cited

1. BOLKAN, H. A., SILVA, A. R. de and CUPERINO, F. P. Fungi associated with soybean and bean seeds and their control in Central Brazil. *Plant Disease Reporter* 60:545-548. 1976.
2. DHINGIRA, O. D. and MUCHONEZ, J. J. Pod rot, seed rot and root rot of snap bean and dry bean caused by *Fusarium semitectum*. *Plant Disease Reporter* 63:84-87. 1979.
3. ELLIS, M. A., ILYAS, M. B. and SINCLAIR, J. B. Effect of three fungicides on internally seed-borne fungi and germination of soybean seeds. *Phytopathology* 65:553-556. 1975.
4. ELLIS, M. A., GALVEZ, G. E., and SINCLAIR, J. B. Effect of foliar application of systemic fungicides and late harvest on seed quality of dry bean (*Phaseolus vulgaris*). *Plant Disease Reporter* 60:1 073-1 076. 1976.
5. GUPTA, V. K. and SAHARAN, G. S. Seed rot and root rot complex of bean (*Phaseolus vulgaris*). *Plant Disease Reporter* 60:1 073-1 076. 1973.
6. HARTER, L. L. and ZAUMEYER, W. J. A monographic study of bean diseases and methods for their control. U. S. Department Agriculture. Technical Bulletin No. 868. 1944.
7. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. International rules for seed testing. Proceeding International Seed Test. Ass. 31:107-115. 1966.
8. LIEW, R. S. S. and GAUNT, R. E. Chemical control of *Ascochyta fabae* in *Vicia fabae*. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 8:67-70. 1979.
9. NEERGAARD, P. *Seed Pathology*. Surrey, England, MacMillan Press, 1977. 1 191 p.
10. NOBLE, M. and RICHARDSON, M. J. An annotated list of seedborne diseases. 2 ed. Kew, Surrey, The Commonwealth Mycological Institute, 1968.
11. PETERSON, C. A. and EDGINGTON, L. V. Transport of the systemic fungicide, benomyl in bean plants. *Phytopathology* 60:475-478. 1970.

Producción de biomasa y leña en un rodal natural de *Eugenia salamensis* Donn. Sm, en Guanacaste, Costa Rica.

Summary. Fruta de pava (*Eugenia salamensis* Donn. Sm) grows naturally from Mexico to Panama in the dry and wet areas. It produces fuelwood of good quality, coppices well even when subjected to trampling by cattle to which it is not palatable.

Analysis of the wood showed a specific gravity of 0.64 g/cm³, 17.3 x 10³ kJ/kg of calorific value in dry wood, and 52% of water content. The five year old stand assessed showed an annual oven-dry biomass production of 10.6 t/ha/year, of which 7.5 t/ha of dry fuelwood.

Eugenia salamensis Donn. Sm. pertenece a la familia Myrtaceae; se conoce con los sinónimos de *E. oaxacana* Standl., *E. tomentulosa* Standl., *E. purpurea* Standl., *E. mexiae* Standl., *E. hiraeifolia* Standl. y *Psidium rensonianum* Standl. (6, 7, 8, 12). Vulgarmente se le conoce como fruta de pava (Costa Rica) y guacoco (El Salvador) (1, 13).

Eugenia salamensis es una especie muy utilizada para leña ya que su madera no produce humo, es pesada y da buena brasa; además rebrota fácilmente en cualquier época del año, resulta difícil eliminarla con cortas sucesivas, soporta el pisoteo y no es palatable al ganado; crece en potreros sobrepastoreados.

La especie se encuentra en forma natural desde el noroeste de México hasta Panamá. La descripción de sus características botánicas se encuentran en la Flora de Costa Rica, Flora de Guatemala y Flora Salvadoreña (1, 7, 8, 13).

Estudios taxonómicos en Costa Rica identifican a la especie como *E. salamensis* Donn. Sm., var. *hiraeifolia* (Standl.) Mc Vaugh (7). Se la encuentra creciendo en forma discontinua en las siguientes zonas ecológicas: bosque seco tropical transición a húmedo, bosque húmedo tropical y bosque húmedo tropical transición a perhúmedo, en la vertiente del Pacífico desde los 10 hasta los 850 msnm; desde el Parque Nacional de Santa Rosa en la provincia de Guanacaste hasta Santa Ana, cerca de San José.

En las áreas dedicadas a la ganadería en el Pacífico seco de Costa Rica se han eliminado casi en forma total los árboles y arbustos en los potreros, por la competencia de éstos con el pasto. Esta es posiblemente la causa principal por la cual es poco común en esta región de Costa Rica encontrar rodales puros de *E. salamensis*. No obstante, en algunas áreas es posible observar pequeños rodales dedicados a la producción de leña. Donde los rebrotes se cortan periódicamente para mantener limpios los potreros, se ob-

serva un aumento en el número de ejes por árbol provocado por rebrotes radicales, lo que le permite a la especie ir poblando los potreros en forma lenta. El proceso de repoblación natural se acelera en aquellos sitios donde se encuentran árboles semilleros.

La producción de semillas ocurre en agosto a octubre; a pesar de ser abundante es muy poca la regeneración natural que se encuentra bajo los árboles. Sin embargo, en algunos sitios se puede observar una rápida invasión de los potreros, posiblemente al ser la semilla diseminada por algunas aves. La semilla presenta problemas para hacerla germinar; pruebas preliminares con agua caliente y ácido sulfúrico no han dado resultados satisfactorios (Comunicación personal de Luis Ortiz, CATIE, Turrialba, 1983).

Materiales y métodos

El estudio se realizó en un pequeño rodal de regeneración natural de *E. salamensis* var. *hiraeifolia* de aproximadamente cinco años de edad (Comunicación personal de A. Zúñiga, propietario de la finca), aunque algunos árboles tenían hasta ocho años, de acuerdo a los anillos de crecimiento. El rodal está localizado en la Libertad de Hojancha, Guanacaste a 10° 03' de latitud norte, 85° 25' de longitud oeste 400 msnm. Ecológicamente el sitio corresponde a la zona de vida bosque tropical húmedo (sistema Holdridge) (5). La precipitación media anual es de 2223 mm distribuida de mayo a noviembre; la temperatura media anual es de 27°C. Los suelos son de origen ígneo y sedimentario con profundidades de un metro; son clasificados como Alfisoles o Inceptisoles (2).

En el rodal se delimitó una parcela de 225 m² para cuantificar el crecimiento y rendimiento de la especie en términos de leña y biomasa aérea total.

Antes de cortar los árboles se midió el diámetro de copa en dos direcciones y el diámetro a 1.30 m de altura (dap) de cada eje. Cada eje fue cortado a 10 cm del suelo, luego se midió la altura total y altura comercial (hasta 2.5 cm de diámetro). Para determinar el peso verde de leña, el fuste de cada eje fue seccionado y pesado en kilogramos (kg) agregando las ramas con más de 2.5 cm de diámetro. El material restante fue considerado como follaje. De la suma del peso de leña más follaje se obtuvo el peso verde total de biomasa aérea por eje.

Para determinar el peso seco de leña y follaje, se tomó de cada quinto árbol (de seis árboles en total) una muestra de aproximadamente 500 g de leña y de follaje verde separadamente. Para la muestra de leña se tomaron secciones de 10 cm del fuste y ramas; el follaje se repicó para tomar una muestra más

representativa. En el laboratorio del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) se determinó el peso verde de las muestras y el peso seco a 105°C. También se determinó la gravedad específica utilizando el volumen verde y el peso seco. Muestras de los mismos árboles fueron enviadas al laboratorio del Instituto Tecnológico de Costa Rica para determinar el poder calórico de la madera seca.

Resultados y discusión

En la parcela evaluada se encontraron 28 árboles con un total de 47 ejes; esto representa una densidad de 1244 árboles por hectárea y 2088 ejes (1.6 ejes/árbol). Se encontraron cinco árboles con seis ejes. El Cuadro 1 presenta el resultado de las variables evaluadas.

Se detectó $51.9 \pm 6\%$ de humedad en la leña y $72.2 \pm 1\%$ en el follaje (a 105°C); estos factores pueden utilizarse para transformar los datos de rendi-

miento por árbol o por hectárea a peso seco. La madera presenta una gravedad específica de $0.64 \pm 0.04 \text{ g/cm}^3$, y un poder calórico de $17.3 \times 10^3 \text{ kJ/kg}$. *Psidium guajava* L. otra Myrtaceae muy común en las áreas bajo potrero en las zonas húmedas y muy húmedas presenta una gravedad específica de 0.56 g/cm^3 y un poder calórico de $18.6 \times 10^3 \text{ kJ/kg}$ (4, 11). Rebrotos de cuatro años de *Guazuma ulmifolia* mostraron una gravedad específica de 0.65 g/cm^3 en la misma región de Hojanca (10).

Las descripciones de la especie no mencionan árboles con alturas superiores a 5.0 m; no obstante en el rodal en estudio se encontró una altura media de $9.8 \pm 3.2 \text{ m}$. El dap promedio fue de $9.9 \pm 2.7 \text{ cm}$. En un rodal aledaño de aproximadamente 10 años de edad se encontraron árboles con alturas de 17.5 m y 35.0 cm de dap (Información personal de Emel Rodríguez, Hojanca, Guanacaste).

El alto grado de variación que presentan el dap y diámetro de copa puede ser consecuencia de la varia-

Cuadro 1. Características por eje de las variables cuantificadas.

Variables	Promedio (\bar{X})	Desviación estándar (S)	Error estándar de la media ($S\bar{X}$)	Coefficiente de variación (CV %)
Dap (cm)	9.9	3.0	0.4	30.3
Altura total h (m)	9.8	1.7	0.2	17.1
Altura comercial (m)	7.9	1.5	0.2	19.1
Diámetro de copa* (m)	4.0	1.7	0.3	43.0
Peso total** (kg)	82.0	57.3	8.4	69.9
Peso leña (kg)**	69.0	49.2	7.2	71.3

* Diámetro de copa del árbol

** Peso verde

Cuadro 2. Correlaciones (valores r) entre las variables de rendimiento de *Eugenia salamensis* en Hojanca, Guanacaste (coeficiente de correlación).

Variable	1	2	3	4	5	6
1. Dap	1.00					
2. Altura total	0.63***	1.00				
3. Altura comercial	0.68***	0.83***	1.00			
4. Diámetro copa	0.45*	0.28	0.32	1.00		
5. Peso total	0.86***	0.69***	0.75	0.36	1.00	
6. Peso leña	0.87***	0.69***	0.74**	0.37	0.99***	1.00

* Significativo al 5%

** Significativo al 1%

*** Significativo al 0.1%

ción en el número de ejes por árbol observada. El mismo efecto de variación se refleja en el peso total y peso de leña entre ejes.

En el rodal de cinco años se midió un rendimiento total de biomasa aérea verde de 85.5 t/ha y de 72.0 t/ha de leña verde (37.5 t/ha de leña seca). Esto equivale a 17.0 t/año de incremento medio anual de biomasa aérea verde y 14.5 t/ha/año de leña verde (7.5 t/ha/año de leña seca). En un rodal de *Gmelina arborea* de 5.4 años en la misma región se encontró un rendimiento anual de 14.4 t/ha de leña verde (9). Se detectó una alta correlación del dap, altura total y altura comercial con peso total y peso leña (Cuadro 2).

Por el alto grado de variación que presenta la variable diámetro de copa, ésta no está asociada con las variables de rendimiento. El alto grado de asociación que existe entre dap, peso total y peso leña por eje (Cuadro 2), permite desarrollar modelos para predecir el rendimiento de la especie. El Cuadro 3 presenta el peso verde total y peso de leña por eje de acuerdo al dap, desarrollados con base en los modelos de regresión simple a) y b).

Cuadro 3. Rendimiento en peso total y peso de leña verde por eje de acuerdo al dap para *Eugenia salamensis* var. *hiraefolia* en Hojancha, Guanacaste.

Dap (cm)	(a) Peso total (kg/eje)	(b) Peso leña (kg/eje)
5	13.2	10.4
6	20.5	16.4
7	29.7	24.1
8	40.9	33.6
9	54.3	45.0
10	70.0	58.5
11	88.7	76.9
12	108.6	92.1
13	131.7	112.5
14	157.4	135.3

Nota: Peso verde de leña \times 0.52 = Peso seco de leña.

$$\text{a) } \ln Pt = 6.83718 + 2.40728 \ln \text{dap} \\ R^2 = 94\% ; \text{IF} = 10.61$$

$\ln \text{dap}$ = logaritmo natural de dap (mm)
 $\ln Pt$ = logaritmo natural de peso total (kg)
 R^2 = coeficiente de determinación
 IF = índice de Furnival

$$\text{b) } \ln PL = -7.40374 + 2.49131 \ln \text{dap} \\ R^2 = 95\% ; \text{IF} = 9.01$$

$\ln \text{dap}$ = logaritmo natural de dap (mm)
 $\ln PL$ = logaritmo natural de peso de leña

La selección de los modelos de rendimiento se hizo con base en el coeficiente de determinación (R^2), al Índice de Furnival (IF) (3), y a la distribución de los residuales de los valores observados y estimados (Figuras 1 y 2); éstos muestran una distribución bastante aceptable después de haber sido eliminados tres valores extremos de dap para obtener mejor ajuste.

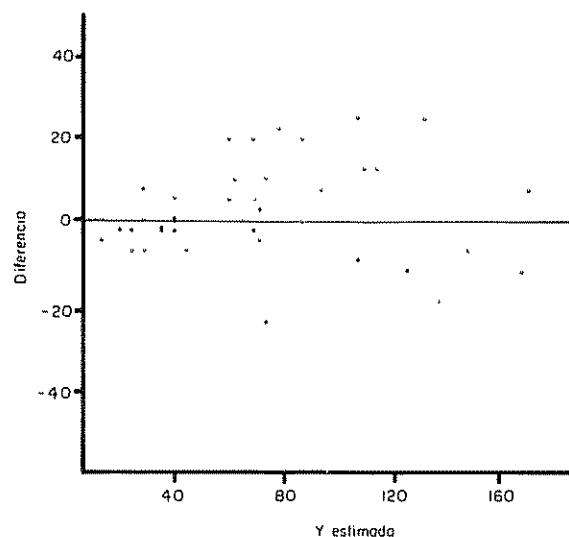


Fig. 1 Comportamiento de los residuales del modelo de predicción de biomasa verde total.

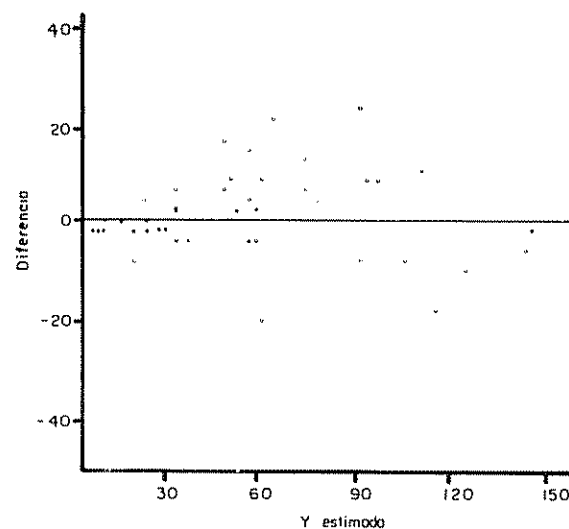


Fig. 2 Comportamiento de los residuales del modelo de predicción de peso leña verde.

Conclusiones

El análisis preliminar del rendimiento de *E. salamensis* en un rodal de cinco años, indica un rendimiento 7.5 toneladas de leña seca al horno/ha/año. Este rendimiento es 7.4% superior al de *Gmelina arborea* en un rodal en la misma zona, pero con una densidad de 777 árboles/ha (9).

Las ventajas que presenta la especie, ya citadas, justifican mayor investigación silvicultural para resolver problemas como germinación de las semillas, densidad de plantación, manejo de rebrotes y turnos óptimos de aprovechamiento.

La capacidad de crecer en terrenos quebrados y sobrepastoreados, plantean la posibilidad de plantar la especie en combinación con la actividad ganadera, como plantaciones puras, bosquetes de refugio, cercas vivas, o cortinas rompevientos.

Resumen

Fruta de pava (*Eugenia salamensis* Donn Sm.) ocurre naturalmente desde México a Panamá en zonas con épocas secas hasta seis meses. Produce leña de buena calidad, rebrota fácilmente, soporta el pisoteo del ganado y no es palatable.

Análisis de la madera indican una gravedad específica de 0.64 g/cm³; con un poder calórico de 17.3 x 10³ kJ/kg de leña seca. El porcentaje de humedad de la madera verde fue del 52%. El rodal de cinco años evaluado mostró una producción de biomasa seca al horno de 10.6 t/ha/año, de la cual 7.5 t/ha son leña seca.

12 de abril de 1984

R. SALAZAR*

* Silvicultor del Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Literatura citada

1. CALDERON, S. y STANDLEY, P. Flora salvadoreña, lista preliminar de plantas de El Salvador. 2ed. San Salvador, Imprenta Nacional, 1941. 206 p.

2. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA. Caracterización de sistemas agrícolas de Hojancha, Guanacaste, Costa Rica. CATIE. Serie: Materiales de Enseñanza No. 14. 1982. 76 p.
3. FURNIVAL, G. M. An index for comparing equations used in volume tables. *Forest Science* 7(4):337-341. 1961.
4. HARKER, A. P., SANDELS, A. y BURLEY, J. Calorific values for wood and bark and a bibliography for fuelwood. Report of the Tropical Products Institute, G 162. London, 1982. 20 p.
5. HOLDRIDGE, L. R. Life zone ecology, rev. ed. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1967. 206 p.
6. INDEX KEWENSIS VII (1921-1925). Oxonii, e prelo Clarendoniano, 1929. 199 p.
7. Mc VAUGH, R. Tropical American Myrtaceae, II. Notes on genetic concepts and description of previously unrecognized species. *Fieldiana Botany* 29(8):455-457. 1963.
8. Mc VAUGH, R. Flora de Guatemala. *Fieldiana* 24(3):362-363. 1963. (Parte VII).
9. ROSE, D. y SALAZAR, R. Cuantificación de la producción de leña en un rodal de *Gmelina arborea* Roxb. en Hojancha-Guanacaste, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1983. 17 p.
10. SALAZAR, R. y ROSE, D. Rendimiento de leña de árboles individuales de *Guazuma ulmifolia* Lam. en potreros en Hojancha, Guanacaste, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1983. 12 p.
11. SOMARRIBA, E. Guayabo (*Psidium guajava* L.) asociado con pastos; métodos de análisis volumétrico y potencial de producción de leña. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1982. 33 p.
12. STANDLEY, P. Trees and shrubs of México (Passifloraceae-Scrophulariaceae). Washington, National Herbarium, 1924. V. 23, Parte 4. 1043 p.
13. STANDELY, P. Flora de Costa Rica. Chicago, 1937. Parte II, 779 p.

Reseña de libros

WILDING, L. P., SMECK, N. E. y HALL, G. F. eds.
Pedogenesis and soil taxonomy. Vol. 11, Parte II.
The soil orders. Amsterdam, The Netherlands.
Elsevier, 1983. 410 p.

Para aquéllos que se dedican a la enseñanza y la investigación no muy a menudo aparecen sorpresas en la literatura que les facilite el trabajo cotidiano. En esta ocasión, Elsevier en su serie de libros sobre Desarrollo de la Ciencia del Suelo ofrece una de estas sorpresas.

La Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos ha sido criticada por algunos por la falta de explicaciones genéticas o respuestas al por qué de los criterios empleados. En un principio, los que la defienden se apoyan en el hecho de que en la misma Taxonomía se establece que no es un sistema genético; otros, incluyendo a su creador el Dr. Guy Smith, han dejado documentos recientes que explican muchos de los criterios empleados en este sistema de clasificación de suelos.

El texto que nos ocupa, trata de razonar sobre la génesis de cada uno de las órdenes de la Taxonomía de Suelos complementando, ampliando y en algunos casos explicando la génesis de cada orden, por primera vez cubierta en forma generalizada en el libro de Buol, Hole y McCracken.

El capítulo sobre Histosoles es particularmente interesante. En la introducción se considera (i) el aspecto histórico del conocimiento de suelos orgánicos, (ii) un pequeño acápite de definiciones de términos empleados en la descripción de materiales orgánicos y (iii) su distribución, considerándose que cubren 4.31 millones de kilómetros cuadrados, aproximadamente el 3.3% del mundo. Se considera el ciclo de acumulación de materiales orgánicos en lagunas como el principal contribuyente en la formación de este tipo de suelos presentándose velocidades de acumulación entre 1.6 a 200 cm/100 años (no se considera el proceso de inversión de fondo de lagunas debido a calentamiento diferencial). En cuanto a la química de estos suelos, se resumen las propiedades de la fase acuosa así como la de no-acuosa orgánica y mineral; quizás por razones de edición no se incluye información reciente presentada en un Taller de Trabajo sobre material mineral en depósitos orgánicos realizado en Los Alamos, Nuevo México en 1983. Los aspectos físicos y microbiológicos de estos

suelos forman las siguientes divisiones, ambas relacionadas con las características morfológicas de los suelos. Por último se trata de clasificación, en donde se deja preveer a los Limníst como un nuevo suborden para agrupar materiales coprogenéticos con 6 ó más por ciento de materia orgánica. Un aspecto no mencionado en el capítulo, de relevancia en el manejo de estos suelos es la presencia de troncos, equivalentes a la pedregocidad en suelos minerales.

Se considera que los Entisoles ocupan un 8% del área de suelos del mundo, contribuyendo en forma sustancial a la producción de alimentos, pues muchos de ellos están en terrenos ribeños y áreas mal drenadas dedicadas al cultivo del arroz. En su orden, se discuten los Entisoles de regiones frías, áridas, ribeños y de materiales parentales arenosos, sin olvidar las áreas fuertemente disturbadas por el hombre. El autor reconoce la existencia de considerable información sobre la génesis de Entisoles en particular Aqueñts y algunos hechos relevantes como la rápida degradación de desechos de minas y la acumulación de materia orgánica sobre rocas para formar epipedones mólicos.

Los Vertisoles, que ocupan cerca de 257 millones de hectáreas, son quizá el orden que se discute con más ejemplos de los trópicos. El material se organiza en función de los factores formadores de suelos, para luego relacionar las propiedades físicas y químicas así como su clasificación con la génesis. El capítulo está muy bien organizado y documentado, pudiendo complementarse con el Volumen II del Doceavo Congreso Internacional de la Ciencia del Suelo, llevado a cabo en Nueva Delhi, India en 1982.

Los suelos de pradera o Mollisoles, se discuten en términos de balance de formación (adiciones, pérdidas, translocaciones y transformaciones), principalmente con base en información de los Estados Unidos en donde ocupan 2.320.640 km² (25% del país) en una zona con índices PE entre 16 y 64 y TE mayores que 32 (excepto Aquolls y Rendolls). En contraste con los capítulos anteriores, la información numérica cuantitativa es más abundante en este orden, reflejando el enfoque modelístico que sigue el autor.

Aridisoles, o suelos de ambientes áridos y semiáridos, ocupan aproximadamente 18.020.000 km². Este orden se discute en términos morfológicos, describiendo los principales epipedones y endopedones en detalle, con una discusión posterior sobre su génesis y su empleo en Taxonomía. El capítulo es eminentemente genético y puede complementarse en aspectos de fisicoquímica y manejo con el libro sobre Suelos Salinos y Sódicos de Bresler, McNeal y Carter.

El capítulo sobre Espodosoles se inicia acertadamente indicándole a los lectores otras fuentes de información precedente a la actual, dado que estos suelos son quizá los más estudiados en el mundo. Para uniformizar conceptos se transcribe, en forma más legible, la definición del horizonte espódico presentada en la Taxonomía de Suelos y luego se mencionan en forma ligera los factores de formación; de nuevo sobresale el hecho de que la formación del horizonte A2 (E) puede requerir desde 150 hasta 300 años, con desarrollo total del espódico en un período raras veces mayor a los 3.000 años. Genéticamente, se estudia el desarrollo micromorfológico, la meteorización y su resultado mineralógico, la formación de complejos y la precipitación del hierro como proceso principal, con una presentación superficial de otras hipótesis de formación del horizonte espódico. El capítulo termina describiendo otros hechos particulares como el horizonte plácico, el orstein, subsuelos endurecidos y horizontes E y Bh extremadamente gruesos.

Sobre Alfisoles, que ocupan aproximadamente un 13% de los suelos del mundo, se consideran en primera instancia sus horizontes diagnóstico y luego su génesis sugiriéndose un mínimo de 200 hasta 1000 años, dependiendo de otros factores de formación, para lograr la máxima expresión del horizonte argílico. Al igual que para los Mollisoles, la génesis se estudia en términos de balance (pérdida, adiciones, translocaciones y transformaciones), con énfasis en el movimiento relativo de cationes.

Cerca del 5.6% de los suelos clasifican como Ultisoles (730 millones de hectáreas), cuyas características y génesis se describe en este capítulo. En este orden, se presenta su definición así como su relación con otros órdenes y con otros sistemas de clasificación, sobresaliendo el hecho de que a nivel de familia en cualquier clase textural, la mineralogía es mixta en más del 50% de los Ultisoles de los Estados Unidos.

El predominio de los elementos Al y Fe en el complejo de cambios se explica en forma elegante, así como su efecto en el movimiento vertical descendente de la arcilla.

La génesis de los Oxisoles requirió de cuatro especialistas de diversas latitudes, reflejando la dificultad de clasificar estos suelos que ocupan aproximadamente un 8% de los suelos del mundo. Se estudia su distribución geográfica y características morfogénicas, físicas, químicas y mineralógicas. Quizás la génesis del horizonte óxico y la formación de plintita sean las secciones más relevantes del capítulo, documentadas con ejemplos de Oxisoles de Venezuela.

Por último, se presenta el resto de los suelos, incluidos como Inceptisoles. Dada la heterogeneidad del orden, los autores optan por discutir separadamente cada suborden y cada uno de ellos por regiones geográficas latitudinales. En este caso se menciona la posibilidad en un futuro inmediato de elevar los Andepts al orden de Andisoles.

Dado el reconocimiento científico de los dieciocho autores que escriben sobre los diez órdenes, difícilmente puede dudarse del valor de la obra. Quizá lo más sobresaliente es la explicación genética de aquellos órdenes en los que por su complejidad existe poco material, tal el caso de los Inceptisoles. Para el que revisa este libro, en forma especial merecen reconocimiento los capítulos sobre Histosoles y Aridisoles, tanto por su contenido como por su forma. La edición del texto es excelente en todo sentido, calidad del material, escogencia de autores y otros, aunque por razones obvias de tiempo no se incluye información relevante a algunos órdenes presentada en la reunión de Suelos de Carga Variable realizada en Nueva Zelanda en 1980.

ALFREDO ALVARADO
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA