

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 40

TRIMESTRE ENERO-MARZO 1990

NUMERO 1

CODEN: TURRAB 40(1)1-131

Los 40 años de la revista Turrialba: un análisis de los artículos publicados en ese periodo. Z. Barrientos, J. Monge-Nájera	1
Caracterización de las inundaciones en la Depresión del Salado (Buenos Aires, Argentina): dinámica de la capa freática. J.M. Paruelo, O.E. Sala	5
Growth of secondary forest in Puerto Rico between 1980 and 1985. P.L. Weaver, R.A. Birdsey	12
Evaluación de herbicidas en arroz de secano. L.C. Salazar	23
Propagation of West Indies mahogany, <i>Swietenia mahagoni</i> , by cuttings. F.W. Howard, S.D. Verkade, J.V. De Filippis	30
Seleção de estirpes de <i>Rhizobium</i> para o feijoeiro. II. Senescência tardia dos nódulos. L.H. Boddey, M. Hungria	33
Studies on the ecology and behaviour of the larvae of <i>Plutella xylostella</i> L. (Lepidoptera: Plutellidae). III. Effects of size and shape of the host plant leaves. P.J. Salinas	40
Características tecnológicas y nutricionales de 20 cultivares de frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i>). II. Características químicas y nutricionales del grano. C. Mendoza de Bosque, C. Linares, B.L.G. Elías, R. Bressani	44
Anthesis and pollen germination in <i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg. C.K. Saraswathyamma, A.O.N. Panikkar	51
Contribución relativa de los grupos arcillosos en la predicción de capacidad de intercambio catiónico de suelos pampeanos (Argentina). M.C. Camilión	54
Effect of stalk section, coverage depth and date of first irrigation on seedcane germination of two commercial sugarcane cultivars in Nigeria. Y.A. Abayomi, E.O. Etejere, O. Fadayomi	58
Lesjardins-vergers familiaux d'Amazonie centrale: un exemple d'utilisation de l'espace. J.L. Guillaumet, P. Grenand, S. Bahri, F. Grenand, M. Lourd, A.A. dos Santos, A. Gély	63
Enraizamiento <i>in vitro</i> del portainjerto Colt. C. Arjona, E. Welkerling de Tacchini, G.A. Rosell	82
Rendimento de grãos e conteúdo de clorofilas nas folhas de cultivares de soja em diferentes estágios de desenvolvimento. C. Costa, J.A. Costa, I. Anghinoni	88
Influencia del fotoperíodo en el crecimiento y formación de tubérculos de ulluco (<i>Ullucus tuberosus</i> , Basellaceae), Oca (<i>Oxalis tuberosa</i> , Oxalidaceae) y ñu (<i>Tropaeolum tuberosum</i> , Tropaeolaceae). R. Kalliola, P. Jokela, L. Pietilä, A. Rousi, J. Salo, M. Yli-Rekola	96
Growth and yield development of some pearl millet cultivars during the spring season in Nuevo Leon, Mexico. R.K. Maiti, L.G. Gómez, H. González	106
Utilización de descriptores en la caracterización de líneas dentro del género <i>Capsicum</i> . R. Ortiz, L.F. Delgado de la Flor	112
Efecto del momento de fertilización sobre la producción y partición de la materia seca, el rendimiento y porcentaje de proteínas del grano en tres cultivares de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.). S.J. Sarandón, M.C. Gianibelli	118
Reseña de libros	125,



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 - 4360

Los 40 Años de la Revista Turrialba: Un Análisis de los Artículos Publicados en ese Período¹

Z. Barrientos*, J. Monge-Nájera*

ABSTRACT

A study was undertaken of the 1 529 articles appearing in the journal *Turrialba*, published over the last forty years by the Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture. The most frequently recurring themes are plant physiology and pathology, soils and agronomic practices. The number of articles on these themes has increased over recent years, while there have been no significant changes in articles received concerning pesticides, fertilizers and biological control. Studies from North America and the Caribbean, as well as those from other continents refer principally to plant physiology; those from Costa Rica, to plant pathology and physiology, and soils; those from the rest of Central America refer to zootechny (except pathology); and those from South America, plant physiology and pathology, and soils. In recent years the contribution of Costa Rica, South American countries and certain other countries from other continents have increased, and form a clear majority of the articles published. The success of *Turrialba* is directly related to its tradition of excellence and its wide distribution to private and public libraries in 69 countries.

COMPENDIO

Se hizo un estudio de 1 529 artículos publicados por la revista *Turrialba* (publicación del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). Los temas más frecuentes son fisiología y patología vegetales, suelos y técnicas agronómicas. El número de artículos sobre esos temas ha aumentado en años recientes, en tanto que no hubo cambios significativos en plaguicidas, fertilizantes y control biológico. Los estudios provenientes de Norte América y el Caribe, así como de otros continentes, se refieren principalmente a la fisiología vegetal; los de Costa Rica a patología y fisiología vegetales y suelos, los del resto de la América Central a zootecnia (excepto patología), y los de América del Sur a fisiología y patología vegetales, y suelos. En los últimos años, la participación de Costa Rica, los países de Sur América y algunos países de otros continentes ha aumentado hasta un lugar dominante en cuanto al número de artículos. El éxito de *Turrialba* se relaciona con su tradición de excelencia y su amplia distribución a bibliotecas públicas y privadas de 69 países.

INTRODUCCION

En 1990 se celebran los 40 años de la fundación de la revista *Turrialba*. Esta publicación se ha convertido en una de las más importantes del mundo en su campo, desde que se inició en 1950 a raíz de un estudio realizado por Ralph R. Shaw, director de la prestigiosa Biblioteca del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y por Armando Samper, funcionario del entonces Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), con la colaboración de Arthur Gropp. El propósito original al crear la revista fue el de establecerla como producto principal de un programa de comunicación científica para América Latina (2, 4)

Samper fue el primer director de *Turrialba*, que comenzó divulgando las investigaciones agrícolas realiza-

das en el entonces Centro de Enseñanza e Investigación del IICA (IICA-CEI) en Turrialba, Costa Rica (posteriormente, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE). Transcurridos unos años se empezaron a recibir trabajos realizados en otras zonas, principalmente las tropicales, primero de la América Latina y luego del resto del mundo (C. Molestina, comunicación personal). Especial mención merecen algunos de los países africanos, pues, en la década de los años 60, el proceso de descolonización dio como resultado problemas en revistas, como el Kenyan Journal of Agriculture y el West African Journal of Agriculture. Entonces, los autores locales se vieron obligados a buscar otros medios de difusión para sus trabajos

Un estudio hecho en 1972 por el Instituto Internacional de Agricultura Tropical, de Ibadan, Nigeria, situó a *Turrialba* en el undécimo lugar entre 681 revistas de la especialidad (1), a nivel mundial.

Al cumplirse estos 40 años de su publicación, se ha considerado oportuno evaluar los logros obtenidos, usando un análisis bibliométrico, o sea, el estudio estadístico de los artículos publicados, según el marco

¹ Recibido para publicación el 13 de junio 1990

Se agradece la colaboración de Flor Araya, Carlos Molestina y Michel Montoya, quienes dieron información sobre la historia de la revista, así como las sugerencias de Carlos Molestina, Mario Gutiérrez y James Moulthrop para mejorar el manuscrito original

* Museo de Zoología, Escuela de Biología Universidad de Costa Rica

teórico expuesto en otro trabajo (3). Esta información podrá servir como base documental para el desarrollo futuro de la revista *Turrialba*.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo de análisis se basó exclusivamente en los artículos formales, considerando como "tema" el principal de cada artículo y como "región" el área geográfica de donde se tomaron los datos (no fue posible determinar la región en una proporción importante de artículos, por ambigüedad del texto). La clasificación temática se hizo, hasta donde fue posible, siguiendo las recomendaciones de la UNESCO, según la siguiente estructura temática:

Fisiología: bioquímica pura, embriología y comparaciones de resistencia y productividad en variedades vegetales.

Patología: cualquier aspecto de la biología de virus, bacterias, nematodos, ácaros e insectos, en sus relaciones deletéreas con las plantas.

Genética: genética vegetal y fitomejoramiento.

Fertilizantes: abonamiento y aspectos relacionados con hormonas vegetales y humectantes.

Plaguicidas: herbicidas, acaricidas, fungicidas, nematocidas e insecticidas.

Técnica: administración, procesamiento, técnicas culturales y mercadeo de productos vegetales.

Control: diversos aspectos del control biológico e integrado de plagas.

Otros fitotecnia: trabajos generales sobre recursos forestales y ecología básica.

Suelos: edafología.

Fisiología animal: fisiología, bioquímica y nutrición de animales.

Otros zootecnia: patología, enfermedades, antibióticos, insecticidas veterinarios y genética animal.

Otros: ingeniería de riego, meteorología, historia y demás temas que no se consideraron dentro de las categorías anteriores.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se consideró un total de 1 529 artículos publicados entre 1950 y 1989, según diez categorías temáticas básicas (Fig. 1). La revista publica en cualquiera de los cuatro idiomas oficiales del IICA: español, inglés, portugués y francés.

Después de un aumento geométrico en el número de publicaciones, durante las dos primeras décadas, se ha registrado poco crecimiento en las dos últimas décadas (Fig. 2).

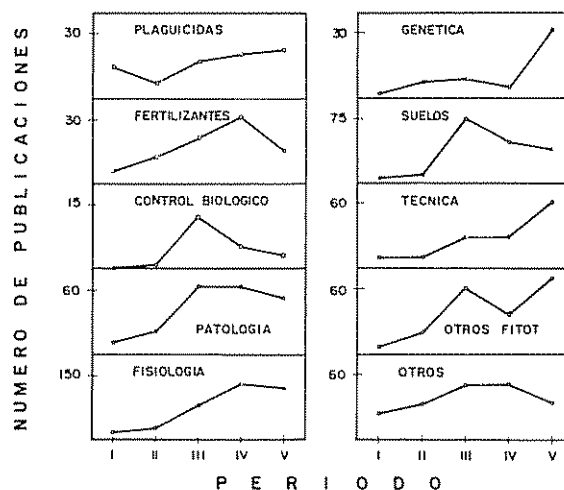


Fig. 1. Número de artículos publicados por la revista *Turrialba* en cada tema. Períodos: I = 1950-1957; II = 1958-1965; III = 1966-1973; IV = 1974-1981; V = 1982-1989.

Importancia de los temas de investigación

Los temas principales son: fisiología y patología vegetal, suelos y técnicas agrícolas. El número de artículos sobre esos temas "clásicos" ha aumentado en años recientes, con lo que se reafirma su tradicional dominancia en el campo de la investigación fitotécnica (Fig. 1).

Por otra parte, se ha mantenido relativamente constante el número de estudios sobre temas técnicos, como plaguicidas y fertilizantes, así como otros más novedosos y de interés actual, como control biológico y genética de fitomejoramiento (Fig. 1). Estas tendencias podrían indicar cierta lentitud del aparato investigador latinoamericano, en cuanto a entrar en campos novedosos.

Origen geográfico de los artículos

Los estudios provenientes de Norte América y del área del Caribe, así como los de países de otros conti-

mentales, se refieren principalmente a la fisiología vegetal; los de Costa Rica, a patología y fisiología y suelos; los del resto de la América Central, a zootecnia (excepto patología), y los de los países de América del Sur, a fisiología y patología vegetales, y suelos (Fig. 2, Cuadro 1). La mayoría de los trabajos son sobre fitotecnia, en tanto que la zootecnia está poco representada. Posiblemente, esto refleja tendencias en cuanto a los campos de investigación y a los mayores problemas que enfrenta quien trabaja con animales en lugar de plantas

En los últimos años, la participación de Costa Rica, de los países de Sur América y de los de otros continentes ha aumentado hasta ocupar un lugar preponderante en cuanto al número de artículos (Fig. 2). El caso de Costa Rica puede explicarse por el crecimiento de su potencial científico (3), así como por la escasa participación del resto de América Central, lo cual era predecible al considerar los problemas que han ocurrido durante este periodo, en esta región geográfica

Causas del éxito de la revista Turrialba

La creciente participación de investigadores de Sur América y de otros continentes, tiene relación con el reconocimiento internacional que adquirió *Turrialba* poco tiempo después de su fundación habiendo atraído la participación de institutos de investigación agrícola y de universidades, principalmente de Brasil, Colombia, Venezuela, Kenia, Nigeria

e India (sobre todo, a partir de 1966). Ese reconocimiento es el resultado del respaldo del IICA, el organismo internacional que patrocinó su publicación desde su inicio, el apoyo de un grupo calificado de bibliotecarios, documentalistas y comunicadores; a su calidad y puntualidad, y la continuidad de su dirección (4). A estas razones Molestina (comunicación personal) agrega el breve lapso transcurrido entre recepción de manuscritos y su publicación (que, por mucho tiempo, el editor Gorbitz logró mantener en menos de un año), la no aplicación de tarifas por página y el envío de separatas gratuitas.

Un total de 767 bibliotecas públicas y privadas, en 69 países, recibe la revista, ya sea como suscriptores, por canje o bien, por ser bibliotecas depositarias o centros de documentación.

En conclusión, el éxito de *Turrialba* se relaciona con su tradición de excelencia y su amplia distribución.

Situación actual y perspectivas

Actualmente, la revista se financia por medio del fondo de publicaciones del IICA (F. Araya, comunicación personal); sin embargo, como toda revista científica, se ha enfrentado a serios problemas en este campo; uno de los resultados principales de esta limitante es la falta de espacio para incluir más artículos por número

Cuadro 1. Relación entre tema y lugar donde se realizaron los estudios, en número de artículos. (Se analizaron en total 1 529 artículos, pero aquí sólo aparecen 1 284 porque en 245 casos fue imposible determinar con certeza el lugar donde se realizó el estudio).

Tema	Región o país						Total
	Estados Unidos y Canadá	México y Caribe	Costa Rica	Resto de América Central	América del Sur	Otras regiones	
Plaguicidas	6	8	25	9	20	11	79
Fertilizantes	2	3	14	3	29	19	70
Control biológico	1	1	9	0	1	0	12
Patología vegetal	5	15	74	19	60	16	189
Fisiología vegetal	13	26	61	13	119	81	313
Genética de plantas	3	7	7	1	17	7	42
Suelos	0	5	50	16	69	8	148
Técnicas culturales	6	12	34	8	36	21	117
Otros (fitotecnia)	7	10	59	19	43	17	155
Patología animal	1	2	6	2	13	11	35
Otros (zootecnia)	3	10	26	31	17	10	97
Otros	1	0	7	4	13	2	27
Total	48	99	372	125	437	203	1 284

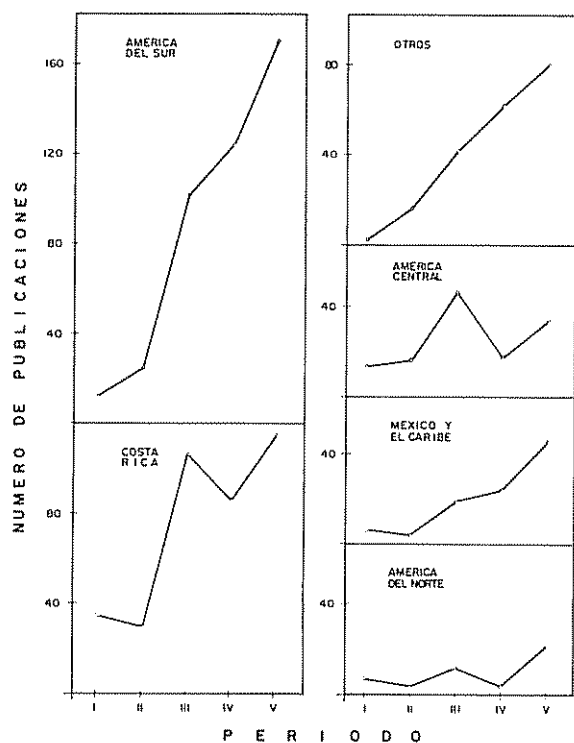


Fig 2 Número de artículos de la revista *Turrialba* según la región en donde se hicieron los estudios. Periodos: I = 1950-1957; II = 1958-1965; III = 1966-1973; IV = 1974-1981; V = 1982-1989

LITERATURA CITADA

1. ARAUJO J, E.G. 1975. El vigésimoquinto aniversario de la revista *Turrialba*. *Turrialba* 25:341-342.
2. ERICKSON, A.M.P. 1975. La revista *Turrialba*, cuna de los servicios de documentación del IICA. *Turrialba* 25:349-350.
3. MONGE-NAJERA, J.; L. DIAZ. 1988. Thirty-five years of Tropical biology: a quantitative history.
4. SAMPER, A. 1975. Los 25 años de la revista *Turrialba*: Razones para su éxito. *Turrialba* 25:244-341.

En marzo de 1990, había casi 90 artículos aceptados que esperaban publicación, sin tomar en cuenta los manuscritos por incluir en los números especiales sobre café, cacao y control integrado de plagas. Una de las razones para producir estas ediciones especiales (cofinanciadas con recursos externos) fue la de contribuir al financiamiento de la publicación.

Cada semana se reciben de tres a cuatro manuscritos, cuyo control administrativo se realiza en la actualidad mediante un sistema computarizado. Como no es posible publicar todos los trabajos aceptables, considerando únicamente los méritos científicos, se da preferencia a aquéllos que tengan más relevancia para la agricultura tropical y/o americana.

En el futuro, es probable que, al disminuir el volumen de material aceptado, se logre mayor eficiencia en cuanto a la periodicidad de publicación y en esa forma, preste un mejor servicio al desarrollo agrícola del Continente, al incluir campos tales como agroecología, biotecnología, ciencias agroforestales, sistemas de producción agrícola sostenida y diversificación agrícola, especialmente en lo concerniente al medio tropical y subtropical.

Caracterización de las Inundaciones en la Depresión del Salado (Buenos Aires, Argentina): Dinámica de la Capa Freática¹

J.M. Paruelo*, O.E. Sala*

ABSTRACT

Topography, soil and climate of the flooding Pampa, in eastern Argentina, determine the occurrence of floods of variable intensity and frequency. Ground water level is one of the factors responsible for floods. The objectives of this paper are: 1) to describe the groundwater dynamics as related to flood occurrence and 2) to analyze the factors responsible for their dynamics in the central part of the flooding Pampa. Results showed that groundwater level had a seasonal behavior with maxima in September-October (late winter and early spring). On the contrary, extraordinarily high values did not occur during a specific time of the year. The length of periods during which the groundwater level exceeded the threshold, representing floods in low topographic positions, had a geometric distribution. Long periods of flooding occurred with low frequency while short ones took place throughout most of the year. Monthly average groundwater level fluctuation cannot be explained by rainfall. The budget of input and output of water from the system and the level of groundwater during the previous year were the principal determinants of the maximum yearly level of the aquifer.

INTRODUCCION

La Depresión del Salado abarca 6 millones de hectáreas en la provincia de Buenos Aires (Argentina). Su proximidad a centros de consumo como las ciudades de Buenos Aires y La Plata junto a su potencialidad ganadera le otorgan una gran importancia económica (16, 20). La actividad pecuaria que se desarrolla en esta región se basa en su mayor parte, en la utilización de los pastizales naturales que cubren el 70% de su superficie (2).

La zona central constituye el área más típica de la Depresión del Salado (5, 9). Las características topográficas, edáficas y climáticas de la zona determinan inundaciones de frecuencia y magnitud variables, las cuales constituyen uno de los principales determinantes de la estructura y el funcionamiento del pastizal (15). Las precipitaciones frontales de alta intensidad

COMPENDIO

La Depresión del Salado, ubicada en el este de la Provincia de Buenos Aires (Argentina), presenta características topográficas, edáficas y climáticas que determinan inundaciones de frecuencia e intensidad variables. El nivel del agua freática es uno de los factores causantes o agravantes del anegamiento. Los objetivos del presente trabajo fueron: 1) describir la dinámica de la capa freática en relación a la posibilidad de que ocurran inundaciones debido a su ascenso y 2) analizar los factores responsables de esa dinámica en la parte central de la Depresión del Salado. Los resultados obtenidos indican que la altura de capa freática tuvo un comportamiento estacional con máximos en septiembre-octubre (fines de invierno y principios de primavera). A este patrón estacional se sobrepone situaciones extraordinarias con valores de capa freática muy altos que no parecen tener lugar en un momento definido del año. Los resultados mostraron que la duración de períodos con altura de capa freática por encima de niveles que representan inundaciones en las cotas más bajas presenta una distribución geométrica. Períodos largos de inundación ocurren con baja frecuencia mientras que períodos cortos tienen lugar la mayor parte de los años. La precipitación no permitió explicar la variabilidad en la altura promedio mensual de la capa freática. Por el contrario el balance de entradas y salidas de agua del sistema y el estado del acuífero el año anterior explicaron satisfactoriamente el nivel máximo de la capa freática.

constituyen el factor desencadenante del fenómeno de inundación (3, 19). Las características del fenómeno una vez desencadenado por una tormenta, estarían moldeadas por una serie de factores, todos ellos subordinados en última instancia a la geomorfología de la región. Entre estos deben considerarse:

- a) Las características de drenaje interno de los suelos, las cuales determinan un movimiento vertical lento del agua debido a la presencia de horizontes subsuperficiales muy arcillosos y alcalinos de escasa permeabilidad (5). Según Perelman (13) un Natraquoll característico de la región posee una conductividad hidráulica saturada en el horizonte B₂ de 0.3 cm/día.
- b) Posibles desbordes de arroyos y ríos, y/o el aporte de agua en manto de circulación lenta, a causa de la escasa pendiente, que no encuentra cauce debido a las características arreicas o endorreicas de la Depresión del Salado (19)

¹ Recibido para publicación el 12 de noviembre 1988

* Departamento de Ecología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453 1417 Buenos Aires, Argentina.

c) La presencia de una capa freática próxima a la superficie, evidente a través de claros síntomas de hidromorfismo como así también en la distribución de sales en el perfil (7). La capa freática al aumentar su nivel determina el anegamiento total o parcial del suelo, según alcance o no la superficie.

En las grandes llanuras sin pendiente, el transporte vertical de agua y el almacenamiento local (sobre el terreno o en la capa freática) asumen en el balance hidrológico una importancia mayor que la de la escorrentía superficial (6, 19). En estos ambientes la capa freática integra en el valor de su altura los componentes verticales del balance hidrológico. Esto marca la importancia y necesidad de considerar a la capa freática como factor relevante en el desarrollo de las inundaciones.

Los objetivos de este trabajo fueron: 1) analizar la dinámica estacional de la capa freática en relación a la posibilidad de que tengan lugar inundaciones debidas a su ascenso y 2) analizar los factores determinantes de dicha dinámica en el área central de la Depresión del Salado.

Se analizó el comportamiento de la capa freática en relación a:

- a) El momento del año en que tienen lugar las alturas máximas y mínimas de la capa freática y si estas presentan algún tipo de regularidad.
- b) La duración que pueden presentar los períodos con la capa freática próxima a la superficie.
- c) La frecuencia de dichos períodos.

Por otra parte, para llevar a cabo el segundo objetivo, se evaluó qué factores resultan responsables de los valores mensuales máximos de altura de la capa freática.

Descripción del área

La Depresión del Salado pertenece a la denominada "Pampa Inundable" (10). Constituye una extensa área extremadamente plana, con muy escasa pendiente y consecuentemente con muy bajo potencial morfogenético. Sólo un curso de agua importante (el río Salado) cruza la región. El sistema de drenaje consta además de una red más o menos interconectada de lagunas. El área central constituye desde un punto de vista geomorfológico, edáfico y de vegetación la más típica (9).

El clima general es templado, subhúmedo hacia el oeste y húmedo hacia el Atlántico. La mayor parte

de los suelos son asociaciones halomórficas. Los principales grandes grupos son los Natraquolls y Natraqualfs (8). A diferencia de otros lugares del mundo estas unidades taxonómicas ocupan aquí extensas superficies (1).

MATERIALES Y METODOS

Para el estudio del comportamiento de la capa freática se utilizaron registros diarios de altura de la capa freática para dos localidades, ubicadas en la parte central de la Depresión del Salado y distantes aproximadamente 90 km entre sí: Real Audiencia ($36^{\circ} 80' S - 36' W$) y Dolores ($36^{\circ} 18' S - 57^{\circ} 42' W$). Los datos corresponden a freatímetros del Servicio Meteorológico Nacional ubicados en posiciones topográficas relativamente altas.

El registro utilizado para Real Audiencia (23.62 msnm) fue de 41 años (1942-1982). Para la localidad de Dolores se contó con datos de dos estaciones ubicadas en distintas posiciones topográficas. Los registros comprenden 31 años (1913-1943) y 27 años (1942-1968) para Dolores "A" (7.59 msnm) y Dolores "B" (8.52 msnm) respectivamente.

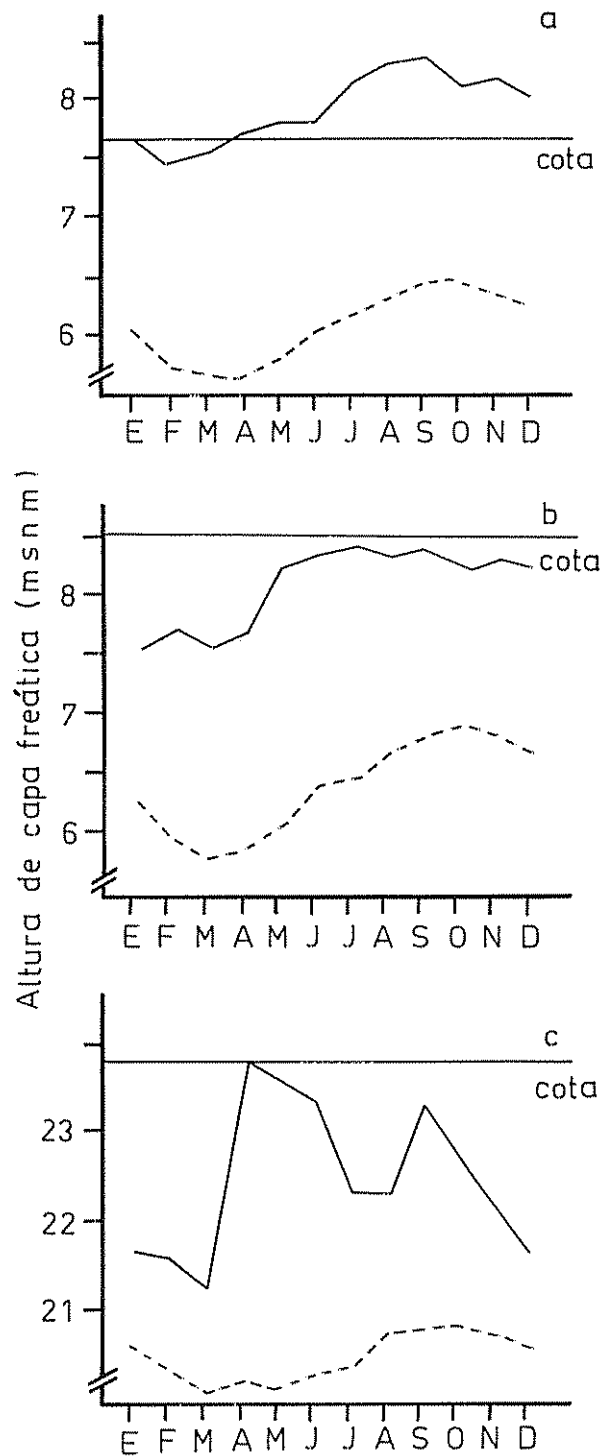
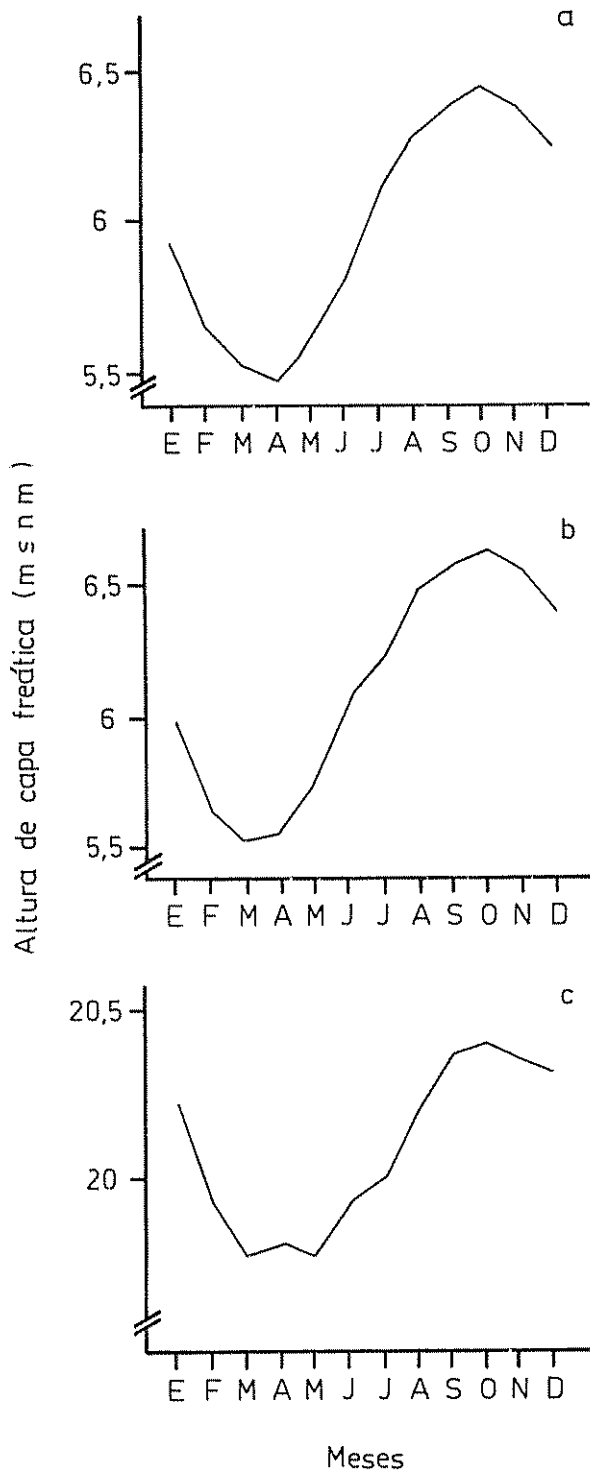
A fin de estudiar los factores que explican el comportamiento de los valores mensuales de capa freática se utilizaron datos de precipitación mensual de Dolores para el período 1933-1948. Estos se correlacionaron con la altura media mensual de la capa freática. Se calculó a su vez el balance hídrico seriado (12) para dicho período, a fin de correlacionar los excesos invernales con la altura media mensual máxima de la capa freática. El balance hídrico seriado se basa en el método propuesto por Thornthwaite (17, 18), que computa déficit y excesos a partir de la precipitación y la evapotranspiración mensual, esta última calculada a partir de valores de temperatura media mensual. Los datos de precipitación, temperatura media mensual y capa freática fueron tomados del Servicio Meteorológico Nacional (S M N).

RESULTADOS

Los promedios mensuales de altura de capa freática para las tres estaciones consideradas, muestran una clara variación estacional, con máximos en setiembre-octubre y mínimos en marzo-abril (Fig. 1). La altura máxima promedio presenta, al igual que la altura promedio, un diseño estacional, con picos de máxima y mínima en primavera (octubre) y otoño (abril) respectivamente. Por el contrario, no se pudo detectar una clara tendencia estacional para los máximos absolutos de altura de capa freática (Fig. 2).

La Fig. 3 presenta, para cada mes, el número de días con altura de capa freática por encima de distintos umbrales en relación al total de días en que estos

umbrales fueron superados (número de días con altura de capa freática por encima del umbral j en el mes i / total de días con altura de capa freática por encima



del umbral j en el año). A fin de establecer un criterio común para las tres estaciones los umbrales elegidos para este análisis fueron la altura media de la capa freática más 1, 1.4, 1.8 y 2.0 desvíos estándar. El umbral inferior fijado ($M + 1 DS$) corresponde a 6.85 m para Dolores "A", a 7.23 m para Dolores "B" y 20.9 para Real Audiencia. Las frecuencias de días en los cuales la capa freática superó dicho umbral, ponen nuevamente de manifiesto el comportamiento estacional de la tabla de agua: las máximas frecuencias corresponden a los meses de primavera y las mínimas a los de fin de verano-principios de otoño (Fig. 3a).

Este patrón de comportamiento resulta menos evidente para los umbrales siguientes, para los cuales la estacionalidad comienza a diluirse (Fig. 3b y 3c). Al considerar alturas extremas (superiores a $M + 2 DS$) las frecuencias relativas mensuales no presentan, al igual que las alturas máximas absolutas, un patrón estacional (Fig. 3d).

Las fechas promedio de comienzo de períodos en los cuales la capa freática supera los distintos umbrales se concentran en los meses invernales para todos los casos considerados (Cuadro 1). Los umbrales supe-

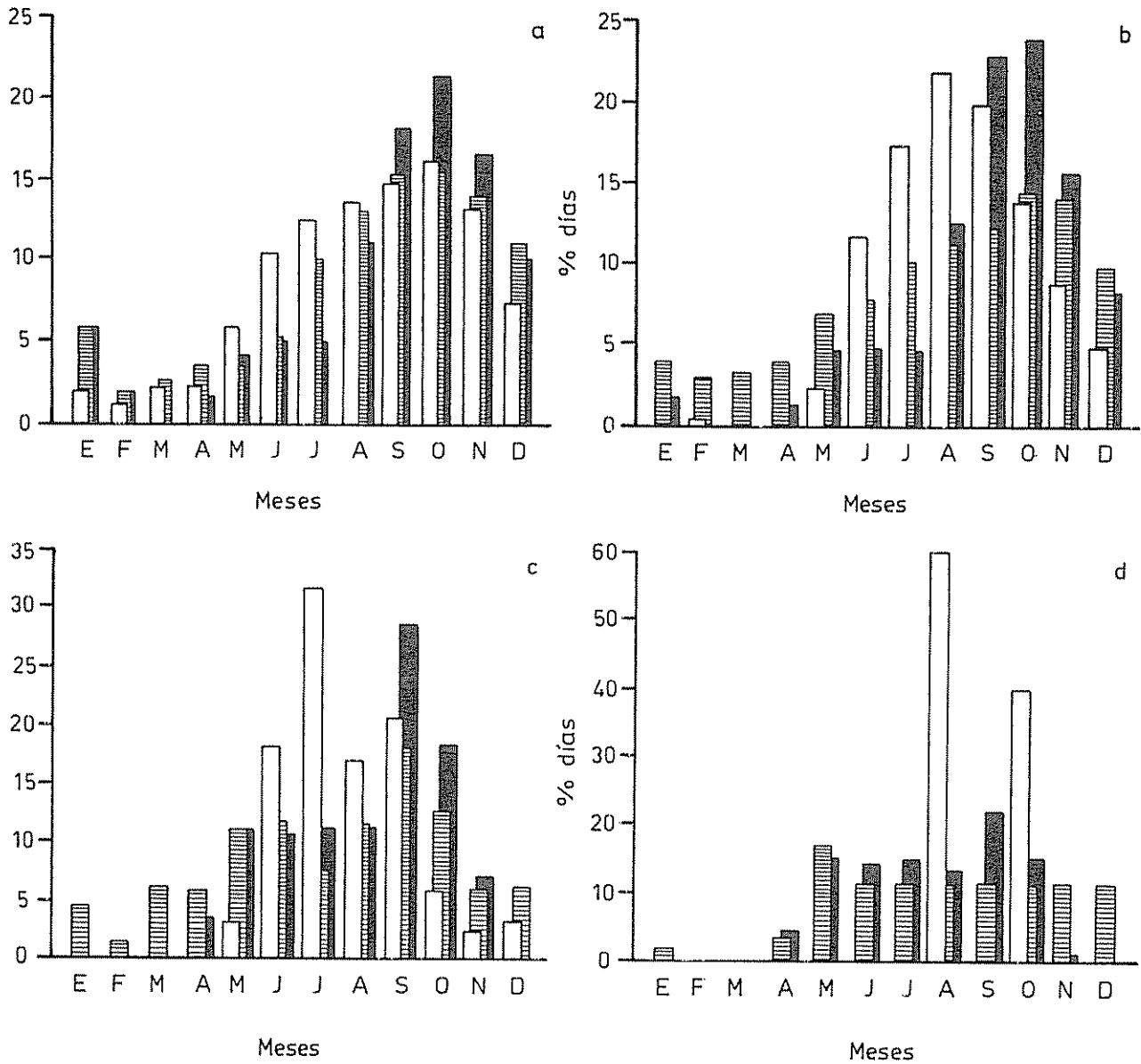


Fig. 3. Número de días por mes con altura de capa freática superior a la Media + D.S. (a), $M + 1.4 \times D.S.$ (b), $M + 1.8 \times D.S.$ (c) y $M + 2 \times D.S.$ (d), en relación al total de días en que estos umbrales fueron superados en el año. ■ Real Audiencia, ▨ Dolores A y □ Dolores B.

riores presentaron una mayor dispersión de las fechas de comienzo.

Cuadro 1. Fecha de comienzo de períodos con altura de capa freática por encima de los distintos umbrales (FM fecha media. Intervalo de confianza $P < 0.01$). Para Dolores A no se calculó el intervalo de confianza para la fecha de comienzo de períodos con altura de capa freática superior al último umbral por que estos eventos resultaron muy infrecuentes.

Umbral		Dolores A	Dolores B	Real Aud.
X + D E	FM	31/7	9/7	1/9
	Int.	18/6-12/9	17/4-1/10	13/8-20/9
X + 1.4 D.E.	FM	19/7	5/7	5/8
	Int.	27/5-10/9	14/2-19/11	8/6-2/10
X + 1.8 D.E.	FM	1/7	12/7	14/8
	Int.	-	23/3-31/10	2/4-26/12

Para las tres estaciones analizadas, en un 41 a un 48% de los años la capa freática superó en algún momento el umbral inferior ($M + DS$) y entre un 6 y un 13% el superior ($M + 2 DS$) (Cuadro 2). Esta situación representa para Dolores "A", la estación ubicada en la cota más baja entre las estudiadas, la presencia de la capa freática una vez cada dos años en los primeros 74 cm del suelo y una vez cada 16 años por encima de la superficie.

La distribución de frecuencias de duración de períodos para los cuales la capa freática supera el umbral $M + 1.8 DS$ para las tres estaciones tomadas en conjunto ajusta satisfactoriamente ($P < 0.01$) a una distribución geométrica. La curva ajustada por mínimos cuadrados se presenta en la Fig. 4. Este comportamiento resulta análogo al presentado por distribuciones de secuencias de días secos y de días con lluvia (4).

Cuadro 2. Frecuencia relativa de años en los que la capa freática superó los distintos umbrales (número de años en los que la capa freática superó el umbral/número total de años considerado).

Umbral	Dolores A	Dolores B	Real Audiencia
	F.R.%	F.R.%	F.R.%
X + D.E.	48.4	41.7	45.8
X + 1.4 D.E.	35.5	29.2	37.5
X + 1.8 D.E.	12.9	25.0	20.8
X + 2 D.E.	6.5	12.3	12.5

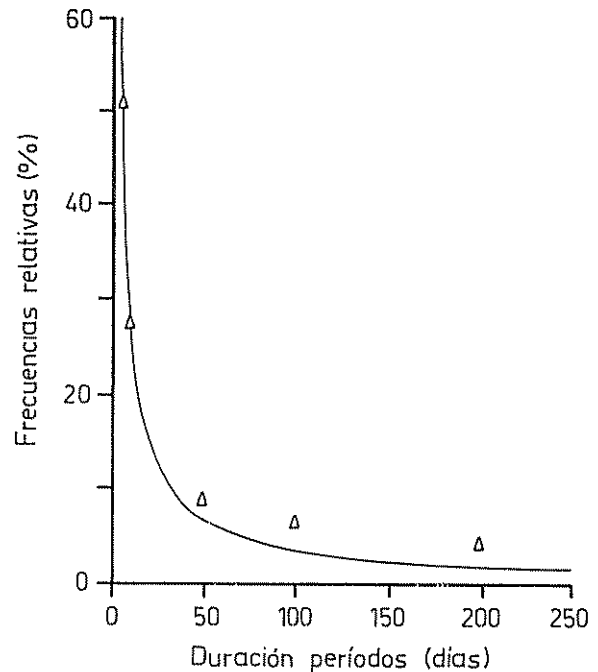


Fig. 4. Distribución de frecuencias de duración de períodos para los cuales la capa freática supera el umbral de $M + 1.8 \times DS$, ajustada por mínimos cuadrados ($y = 216 \cdot x^{-0.88}$ $r^2 = 0.99$) (línea llena). Los triángulos representan los valores observados.

La altura media mensual de la capa freática no puede ser explicada por la precipitación mensual ($r^2 = 0.022$, $gl = 182$ ns). Esto indica que la altura de la capa freática depende de otros factores además de la entrada de agua al sistema. Entre estos factores los más importantes son el balance hídrico y el nivel de la capa freática en el ciclo anterior. El balance hídrico seriado puso de manifiesto la existencia de excesos hídricos invernales prácticamente todos los años de la serie estudiada.

Los excesos invernales acumulados permitieron explicar una parte importante de la variancia de las medias mensuales máximas del año ($r^2 = 0.47$, $F_{1,14} = 12.61$ $P < 0.01$). Cuando se incluye el valor mensual mínimo previo al pico de altura de capa freática, el porcentaje de la variancia explicado aumenta al 65% ($r^2 = 0.65$). La ecuación de la superficie de respuesta ajustada es:

$$CF_{max} = 3.4 + 0.004 \text{ Exc acum} + 0.50 \cdot CF_{min}$$

en donde CF_{max} es el promedio mensual máximo de altura de capa freática, CF_{min} el mínimo previo al máximo anterior y Exc acum los excesos, calculados mediante el balance hídrico seriado, acumulados entre el valor mínimo y máximo de altura de capa freática ($F_{parcial} \text{ Exc acum}_{1,13} = 18.95$ $P < 0.01$, $F_{parcial} CF_{min}_{1,13} = 6.94$ $P < 0.025$) (Fig. 5).

Cuadro 3. Análisis de correlación entre altura de capa freática media mensual para distintos pares de localidades de la Depresión del Salado. Para cada par de estaciones se presenta el número de años considerado, el coeficiente de correlación y el valor de probabilidad asociado.

Estaciones	No Datos	r
Real Audiencia-Las Flores	39	0.529 (P < 0.01)
Chascomus-Dolores	139	0.557 (P < 0.01)
Real Audiencia-Dolores	220	0.600 (P < 0.01)

DISCUSION

Sobre la base de los resultados presentados es posible separar en la parte central de la Depresión del Salado, dos patrones de comportamiento de la capa freática. En primer lugar es posible definir un patrón cíclico de recurrencia anual, el cual presenta picos de máxima en primavera (octubre) y de mínima a fines de verano-principios de otoño (marzo-abril) (Fig. 1). Este patrón responde, pues, a un modelo de recarga otoño-invernal coincidiendo con los momentos de

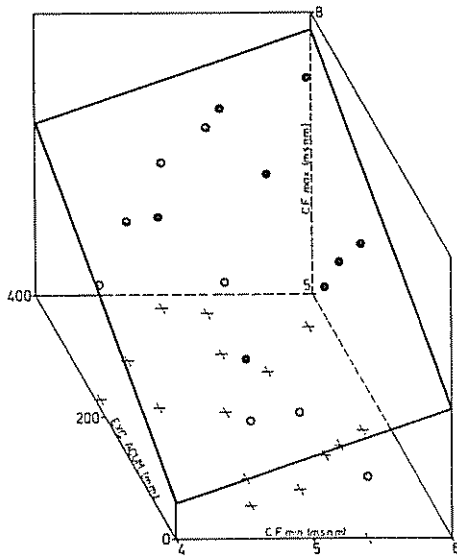


Fig 5. Altura media mensual máxima de la capa freática para los distintos años durante el periodo 1933-1948, en función de los excesos hidricos acumulados durante el invierno y la altura media mensual mínima en el ciclo anterior. Con trazo grueso se indica la superficie de respuesta ajustada (CF max = 3.4 + 0.004 Exc acum + 0.50 - CF min, r² = 0.65 p < 0.01). Los puntos llenos corresponden a los ubicados por encima de la superficie de respuesta y los grisados a los ubicados por debajo. Las cruces representan las proyecciones de los puntos en el plano definido por las variables independientes.

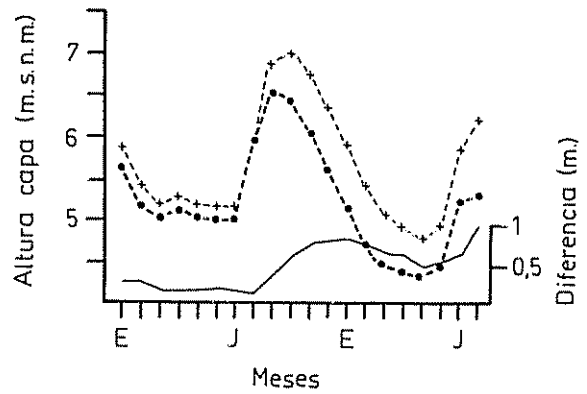


Fig 6. Comportamiento de la capa freática a lo largo tiempo para las estaciones Dolores A (●-●) y Dolores B (+-+) La línea llena corresponde a la diferencia de altura entre ambas estaciones.

excesos de agua en el balance hidrológico. Superponiéndose a este patrón, se insinúa otro responsable de los valores extremadamente altos de capa freática, el cual no muestra, como fue señalado, un comportamiento estacional, ni presenta los picos de máxima y mínima en momentos definidos del año (Fig. 2). Esto podría deberse a que responden a mecanismos distintos a los que determinan el comportamiento de ciclo anual de la capa freática. Las alturas extremas de capa freática, presentan un patrón que se superpone al patrón estacional, y cuya recurrencia no es posible establecer dado el gran intervalo entre eventos. Las inundaciones asociadas a cada uno de dichos patrones constituirían disturbios distintos y ejercerían por lo tanto distintos efectos sobre el ecosistema (14).

La extrapolación de estos resultados a otras situaciones topográficas se ve dificultada porque la capa freática no presenta un comportamiento uniforme en el espacio. El nivel de la capa freática depende del balance hidrico del suelo y del nivel previo del acuífero, tal como lo pone de relieve la relación presentada en la Fig. 5. El balance hidrico a su vez está controlado no sólo por la precipitación sino también por las características fisicoquímicas del suelo, la vegetación, la cobertura y el grado de alteración antrópica. Esto determina que la distribución de la capa freática en una determinada área presente, en los sistemas donde el movimiento vertical de agua resulta de mucha mayor importancia que el horizontal, un patrón tipo mosaico, en correspondencia con la variación espacial de los factores locales responsables de la recarga y las pérdidas (6). Para la Depresión del Salado este comportamiento puede ponerse de manifiesto al analizar la altura de la capa freática en dos estaciones muy próximas pero ubicadas en distinta posición topográfica (Dolores "A" y "B") (Fig. 6). Si bien la altura media mensual de capa freática entre las dos estaciones mostró una alta correlación (r² = 0.85, P < 0.1)

la diferencia en los promedios mensuales es grande variando entre 86 y 0.3 cm. Esto refleja la influencia tanto de factores regionales como locales, principalmente las características edáficas y topográficas.

La correlación en el comportamiento de la capa freática entre sitios distantes y pertenecientes a distintos paisajes dentro de los definidos para la región (11) (Cuadro 3) permiten extender las conclusiones respecto de la estacionalidad, momento del año en

que tienen lugar los máximos y duración, al resto de la región central de la Depresión del Salado. El patrón de variación estacional respondería a señales de grano grueso (características generales del mesoclima: precipitación y demanda atmosférica), que actuarían a una escala regional. Por otra parte, la altura alcanzada en un determinado lugar respondería, en un nivel jerárquico subordinado al anterior, a factores locales de grano fino (características edáficas y topográficas)

LITERATURA CITADA

1. BERASATEGUI, L.A.; BARBERIS, L.A. 1982. Los suelos de las comunidades vegetales de la región Castelli-Pila, Depresión del Salado (Provincia de Buenos Aires). Universidad de Buenos Aires, Revista de la Facultad de Agronomía 3:13-25
2. DEREGIBUS, V.A.; CAHUEPE, M.A. 1983. Pastizales naturales de la Depresión del Salado: Utilización basada en conceptos ecológicos. Rev. Inu. Agrop. 18(1):47-78
3. DURAN, D. 1982. La alternancia de sequías e inundaciones un problema clave en la Pampa Deprimida. Arg., Oikos. 117 p.
4. HERSHFIELD, D.M. 1981. Frequency of dry day sequences. Water Resources Bulletin 17:317-320.
5. INTA. (Arg). 1977. La Pampa Deprimida: Condiciones de drenaje de sus suelos. Centro Nacional de Investigación Agropecuaria. Departamento de Suelos. Publicación no. 154. 167 p.
6. KOVACKS, G. 1983. Particularidades hidrológicas de las grandes llanuras. In Coloquio Internacional sobre Hidrología de Grandes Llanuras (1983, Olavarría, Arg). 555p.
7. LAVADO, R.S. 1983. Occurrence of magnesium-bearing calcites in Pampean soils, Argentina. Geoderma 29:59-66
8. LAVADO, R.S.; TABOADA, M.A. 1988. Water, salt and sodium dynamics in a Natraquoll in Argentina. Catena 15:577-594.
9. LEON, R.J.C. 1975. Las comunidades herbáceas de la región Castelli-Pila. La Plata, Arg., C.I.C. Monografías 5:73-108.
10. LEON, R.J.C. s.f. Geographic limits of the region. In Natural Grasslands of South America: Temperate subhumid grasslands. Ed. by A Soriano. Also in: Ecosystems of the World; Natural Grasslands. Ed. by R.T. Coupland. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company. v. 8 (en prensa)
11. MOVIA, C. 1975. Relevamiento fisiográfico de la región Castelli-Pila. La Plata, Arg., C.I.C. Monografías 5:19-46
12. PASCALE, A.J.; DAMARIO, E.A. 1977. El balance hidrológico seriado y su utilización en estudios agroclimáticos. Rev. Fac. Agr. de La Plata 52:20-35.
13. PERELMAN, S. 1984. Modelo de circulación de agua en una comunidad de pastizal de la Depresión del Salado. La Plata, Arg., C.I.C. [Informe]
14. PICKETT, S.T.A.; WHITE, P.S. 1985. The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. Academic Press Inc. 457 p.
15. SALA, D.E.; SORIANO, A.; PERELMAN, S. 1981. Relaciones hídricas de algunos componentes de un pastizal de la Depresión del Salado. Rev. Fac. de Agronomía 2:1-10.
16. SORIANO, A. Natural Grasslands of South America: Temperate subhumid grasslands. In Ecosystems of the World; Natural Grasslands. Ed. by R.T. Coupland. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company (en prensa)
17. THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. 1955. The water balance. N.J., EE.UU., Drexel Institute of Technology. Publications in Climatology 8(1). 104 p.
18. THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. N.J., EE.UU., Drexel Institute of Technology. Publications in Climatology 10(3):185-311.
19. TRICART, J.C. 1973. Geomorfología de la Pampa Deprimida. Arg., INTA. Colección Científica XII. 202 p.
20. VERVOORST, F.B. 1967. La vegetación de la República Argentina. VII. Las comunidades vegetales de la Depresión del Salado (Prov. de Buenos Aires). INTA. Serie Fitogeográfica no. 7. 262 p.

Growth of Secondary Forest in Puerto Rico Between 1980 and 1985¹

*P.L. Weaver**, *R.A. Birdsey***

ABSTRACT

Successive inventories in Puerto Rico provided the first estimates of secondary forest growth on a regional basis. The volume of growing stock trees increased by 32%, and timber volume by nearly 36%, on all classes of forest land between 1980 and 1985. Timber volume growth rates (in $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$) varied by forest class and averaged 2.0 in young secondary forest, 6.9 in advanced secondary forest, 7.1 in abandoned coffee shade forest, and 1.2 in active coffee shade forest. Tree diameter growth rates were weakly correlated with initial tree diameter ($r^2 = 0.16$, $n = 1090$). A slight increase of valuable timber species and human intervention in more than half the forests were other trends recorded between surveys.

COMPENDIO

Inventarios sucesivos en Puerto Rico suministraron los primeros estimados de crecimiento en bosques secundarios a nivel regional. El volumen de árboles clasificados como existencias (growing stock) aumentó en 32%, y el volumen de pies maderables (madera de aserrío) en 36%, para todas las clases de terreno designado como forestal en 1980 y 1985. Las tasas de crecimiento de volumen (en $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) variaron por clase de bosque y promediaron 2.0 en bosque secundario joven, 6.9 en bosque secundario, 7.1 en sombra para café abandonada, y 1.2 en sombra para café activa. Se correlacionó levemente el crecimiento en diámetro con el diámetro inicial. Un leve aumento de especies madereras valiosas y de la intervención humana en más de la mitad de los bosques fueron otras tendencias observadas entre los inventarios.

INTRODUCTION

Migratory agriculture, logging, pasture conversion, and fuelwood harvests have caused notable reductions of tropical forests in recent years (3, 13, 19). Furthermore, the problem is most aggravated in areas of greatest need. Deforestation causes the loss of timber and its increment (16) and, depending upon its scale, the decline of flora and fauna and accelerated soil erosion. In the Amazon Basin, concern has been expressed about potential changes in the water regimen and quality (6) and possible decreases in rainfall (18) associated with deforestation. At the same time that global deforestation is underway, world use of wood and its derivatives is projected to rise 134% between 1974 and the year 2000 (17). The need to

reverse trends in deforestation is evident (9, 13, 19) so that future requirements for domestic and industrial wood supplies may be met.

One factor that counteracts deforestation is the regeneration of secondary forests on marginal and abandoned lands. Some 31 million ha in Mexico, Central America, and the Caribbean are in distinct stages of recovery after agricultural abandonment (10). This represents 40% of the forested area of the region. Moreover, 78 million ha in South America have been classified as "forest fallow" according to a regional inventory (14). This category includes the regeneration of woody vegetation after shifting cultivation in areas previously covered with closed broadleaf forest. It is probable that much of this area would be amenable to silvicultural techniques to improve species composition and growth. The forest fallow area where silviculture could be practiced is about 50 times as large as the area that was proposed for plantations in Latin America between 1980 and 1985.

Of Puerto Rico's 890 000 ha of land surface, about 96% was forested at the time of the island's discovery (20). Subsequent clearing for settlement and agriculture reduced the forested areas to 13% in the mid-1940s, half of which was actually coffee shade forests (8). At that time, < 1% of Puerto Rico's original forests remained in pristine condition (20). Beginning in the late 1940s, the growth of industry caused the

¹ Received for publication 11 May 1988

The authors are grateful to the following reviewers for their helpful comments: Ms. Barbara Cintron, Commonwealth of Puerto Rico Department of Natural Resources, San Juan, P.R.; Dr. Elvira Cuevas, Institute of Tropical Forestry, Rio Piedras, P.R.; Dr. Peter G. Murphy, Department of Botany and Plant Pathology, Michigan State University, East Lansing, MI; and Dr. Carl Jordan, Institute of Ecology, Athens, GA.

* Research Forester, Institute of Tropical Forestry, Southern Forest Experiment Station, USDA Forest Service, Call Box 25000, Rio Piedras, P.R. 00928.

** Research Forester, Forestry Science Laboratory, Southern Forest Experiment Station, USDA Forest Service, Box 906, Starkville, MS 39759.

abandonment of marginal agricultural lands. Migration from rural to urban areas followed, allowing the development of secondary forests.

Projections indicated that Puerto Rico's demand for timber products would increase five times in volume and 14 times in commercial value between 1970 and the year 2000 (22). An inventory devised to assess the island's timber resources was conducted in 1980; it showed that over 30% of the land surface was again forested, largely in coffee shade and secondary forests (1). About 130 000 ha were classified as timberland and were characterized by low volumes, poor form, and a high proportion of trees previously used in agriculture. By 1985, an update of aerial estimates showed that forest cover had further increased to 34% of the island's surface (2).

The purpose of this study was to summarize stand changes and growth that occurred in secondary and coffee shade forests between inventories. This information is required as baseline data for assessing the effectiveness of future silvicultural treatments in secondary stands.

METHODS

In the 1980 survey (1), the island was geographically partitioned to focus the inventory in regions with commercial forestry potential. Two life zones (7) of the six in Puerto Rico (5) were used along with four broad groupings of soils, based on their geological origin and depth, to stratify the island. Excluded from the field sample were the agricultural lands of the north coast and interior valleys, all of the dry south coast, and the steepest mountainous regions with excessive rainfall. The sample area was concentrated in the mountainous interior of the island.

Forest cover estimates were made by dot count on aerial photographs. Field sample plots were located at the intersections of a grid of lines spaced at 3 km intervals. These were first located on topographic maps and later transferred to the photographs. The estimated areas derived from the dot count were adjusted according to actual land use after verifying the cover on each of the plots in the field. Of the 437 ground locations that were visited, 134 were classed as forest.

Each forested location was described and permanently marked so that growth, recruitment of new trees, mortality, and tree harvest could be estimated in the future. On each plot, trees < 12.5 cm in diameter at breast height (dbh) were recorded in a circle of 40 m². Larger trees were sampled by using a basal

area prism with a factor of 2.5 m²ha⁻¹. Detailed measurements, including height, diameter, and defective portions, were made for each sample tree to determine wood volume and wood quality.

Coffee shade plots (refer to glossary for definitions) were classified as active or abandoned, and secondary forest plots were grouped as young or advanced, based on tree size and/or information provided by persons living in the vicinity. All trees were identified to species (11, 12). Fruit and fuelwood tree species usually not included in forest inventories were also measured.

The inventory update of 1985 again used aerial photographs to determine the total forested area of the island. A subsample of 52 of the original 134 forested plots, stratified by forest class, was used to estimate stand changes and growth. These plots consisted of secondary and abandoned coffee shade forests randomly selected within each group. Plots originally sampled within the limestone region were not re-measured because of logistical considerations and because they were of less interest silviculturally than plots located on the rest of the island. The 1980 field measurements were repeated, but total and commercial tree heights were measured with an optical range-finder, whereas in 1980 they had been estimated by experienced cruisers. The 1985 plots were further partitioned into those that had been disturbed between 1980 and 1985 and those that had not. These data sets were treated separately using the same analytical techniques.

Diameter growth rates of timber species were compared among species, and by crown class within species, using Duncan's new multiple range test at the 5% probability level. The computation of mean diameter increment involved weighting to account for the variable probability of selecting trees > 12.5 cm. Volume growth of individual trees was determined according to several categories by calculating the differences in total growing stock and timber volumes between inventories. Gross volume growth of sample plots included growth and ongrowth of survivor trees, ingrowth of new trees, and growth on trees that were cut or died between surveys (annual growth by species until the estimated time of cut or mortality). Mortality and cull increment were subtracted from gross growth to obtain net growth.

RESULTS

Area surveyed

Of the 108 900 ha of timberland re-surveyed in 1985, 47.9% was active or abandoned coffee shade

forest, 41.5% was secondary forest, and 10.5% had been cleared (Table 1). Fifty-seven percent of the timberland sampled was disturbed between surveys, including 36% of the secondary forest, 45% of the abandoned coffee shade forest, and all of the active

coffee shade forest and landcleared areas. Removal of trees for fenceposts and cleaning of coffee plantations in response to fluctuations in coffee market prices may explain some of the removals.

Table 1. Areas by forest class and disturbance class for re-sampled timberland in Puerto Rico, 1980-85.

Forest class	Disturbance class				Total	
	Undisturbed		Disturbed			
	Hectares	No. of plots	Hectares	No. of plots	Hectares	No. of plots
Secondary						
Young	10 829	6	8 231	4	18 520	10
Advanced	18 519	9	8 231	4	26 750	13
Coffee shade						
Abandoned	17 700	11	14 482	9	32 182	20
Active	0	0	20 000	3	20 000	3
Landclearing	0	0	11 449	6	11 449	6
Totals	47 048	26	62 393	26	108 901	52

Table 2. Stem changes in undisturbed secondary forests for major timber species.

Tree species ¹	Number of trees ha ⁻¹					1985 stand
	1980 stand	Ingrowth	Ongrowth	Mortality	Removals	
<i>Andira inermis</i>	142.9	39.3	2.0	20.5	0.0	163.7
<i>Cordia alliodora</i>	46.6	20.5	0.0	27.3	0.0	39.8
<i>Dacryodes excelsa</i>	14.1	0.0	2.5	0.0	0.0	16.6
<i>Didymopanax morototoni</i>	54.7	13.7	0.0	6.8	0.0	61.6
<i>Guarea guidonia</i>	93.1	53.3	3.2	6.8	6.8	136.0
<i>Micropholis chrysophylloides</i>	55.7	27.3	0.0	0.0	0.0	83.0
<i>Ormosia krugii</i>	27.4	0.0	4.2	0.0	0.0	31.6
<i>Spondias mombin</i>	5.4	0.0	4.6	0.0	0.0	10.0
<i>Tabebuia heterophylla</i>	191.3	70.8	8.8	41.0	0.0	229.9
<i>Sapium laurocerasus</i>	22.1	0.0	0.0	6.8	0.0	15.3
Subtotal	653.3	224.9	25.3	109.2	6.8	787.5
Other species	2 188.6	976.1	48.5	492.0	0.0	2 721.1
Grand total	2 841.9	1 201.0	73.8	601.2	6.8	3 508.6

1 Timber species listed in Wadsworth and Birdsey (23), plus addition to their list.

Changes in stem numbers

The total number of stems increased in undisturbed stands and decreased in disturbed stands between 1980 and 1985 (Tables 2-5). The proportion of timber species, however, remained the same or increased

slightly in all forest classes between surveys. In undisturbed secondary forest, the total number of stems increased by 24% (Table 2), whereas in disturbed secondary forest they declined by 1% (Table 3). Timber trees averaged about 23% of the total in both surveys in the undisturbed secondary stands, but they in-

Table 3. Stem changes in disturbed secondary forests for major timber species.

Tree species ¹	Number of trees ha ⁻¹					1985 stand
	1980 stand	Ingrowth	Ongrowth	Mortality	Removals	
<i>Andira inermis</i>	36.3	40.9	0.0	0.0	10.2	67.0
<i>Buchenavia capitata</i>	6.3	0.0	2.5	0.0	0.0	8.8
<i>Byrsonima coriacea</i>	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6
<i>Didymopanax morototoni</i>	50.9	20.5	3.6	10.2	0.0	64.8
<i>Guarea guidonia</i>	89.3	26.5	7.8	2.9	0.0	120.7
<i>Inga fagifolia</i>	66.0	0.0	0.0	10.2	0.0	55.8
<i>Ormosia krugii</i>	47.8	0.0	0.0	0.0	40.9	6.9
<i>Pouteria multiflora</i>	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4
<i>Eugenia stahlii</i>	8.3	10.2	0.0	0.0	0.0	18.5
<i>Magnolia portoricensis</i>	1.3	0.0	0.0	0.0	0.8	0.5
<i>Manilkara bidentata</i>	21.7	0.0	4.5	0.0	10.2	16.0
Subtotal	344.9	98.1	18.4	23.3	62.1	376.0
Other species	2 094.3	604.1	23.2	361.7	317.4	2 042.4
Grand total	2 439.2	702.2	41.6	385.0	379.5	2 418.4

1 Timber species listed in Wadsworth and Birdsey (23), plus addition to their list.

creased from 14 to 16% of the total in the disturbed secondary stands (Table 3).

In undisturbed coffee shade stands, the number of trees increased by 9%, while the proportion of timber trees increased from 25 to 29% of the total between surveys (Table 4). In disturbed coffee shade stands, the total number of trees declined by 19%, whereas the proportion of timber trees increased from 26 to 28% of the total between surveys (Table 5).

Diameter growth rates

When the mean annual increments in diameter (MAI) for all trees, regardless of species, were partitioned according to several forest classes, differences were apparent. MAI in abandoned coffee shade stands was significantly greater than for the remaining groups, which averaged only half to one-third as great (Table 6). When MAI was regressed on the initial stem dbh's determined in the first inventory, the relationship

Table 4. Stem changes in undisturbed coffee shade forests for major timber species.

Tree species	Number of trees ha ⁻¹					1985 stand
	1980 stand	Ingrowth	Ongrowth	Mortality	Removals	
<i>Andira inermis</i>	46.1	0.0	3.8	0.0	0.0	49.9
<i>Cordia alliodora</i>	10.1	0.0	7.5	0.0	0.0	17.6
<i>Didymopanax morototoni</i>	2.1	14.9	0.0	0.0	0.0	17.0
<i>Guarea guidonia</i>	216.9	67.0	18.5	14.9	0.0	287.5
<i>Inga fagifolia</i>	86.2	7.4	9.0	10.9	0.0	91.7
<i>Petitia dominguensis</i>	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9
<i>Tabebuia heterophylla</i>	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9
Subtotal ¹	376.2	89.3	38.8	25.8	0.0	478.5
Other species	1 124.2	284.1	32.9	275.7	7.4	1 158.0
Grand total	1 500.4	373.4	71.7	301.5	7.4	1 636.5

1 Timber species listed in Wadsworth and Birdsey (23).

Table 5. Stem changes in disturbed coffee shade forests for major timber species.

Tree species	Number of trees ha ⁻¹					1985 stand
	1980 stand	Ingrowth	Ongrowth	Mortality	Removals	
<i>Andira inermis</i>	33.7	19.5	5.7	3.9	0.0	55.0
<i>Calophyllum calaba</i>	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
<i>Didymopanax morototoni</i>	36.1	15.6	6.4	3.9	7.8	46.4
<i>Guarea guidonia</i>	165.7	37.9	13.8	3.9	61.5	152.0
<i>Inga fagifolia</i>	41.9	0.0	2.3	15.6	14.0	14.6
<i>Nectandra sintenisii</i>	42.8	7.8	0.0	0.0	38.9	11.7
Subtotal ¹	322.7	80.8	28.2	27.3	122.2	282.2
Other species	910.0	293.8	37.4	221.6	303.1	716.6
Grand total	1 232.7	374.6	65.6	248.9	425.3	998.8

¹ Timber species listed in Wadsworth and Birdsey (23)

MAI = 0.086 + 0.0164 d - 0.000107 d² was derived. The coefficient of determination (R²) was 0.16 (Table 7).

Comparison of MAI by crown class was restricted by sample sizes and was complicated by the field procedure which did not designate classes for trees < 12.5 cm in dbh (Table 8). Most of these trees were probably in the intermediate or suppressed classes. *Guarea guidonia* grew significantly faster in the dominant class than either the intermediate or non-designated class. The remaining species did not have enough replications for meaningful comparisons.

Table 6. Comparison of mean annual diameter growth (MAI) on surviving trees, by forest class without regard to species.¹

Forest class	MAI (diameter) ² (cm yr ⁻¹ ± SE) ³	Sample size (No. trees)
Secondary		
Young	0.21 ± 0.02 ^b	229
Advanced	0.19 ± 0.01 ^b	423
Coffee shade		
Active	0.21 ± 0.02 ^b	421
Abandoned	0.52 ± 0.17 ^a	22
Mean all classes ⁴	0.21 ± 0.01	1 095

¹ Minimum tree size was 2.5 cm in dbh.

² Analysis of variance showed the means to be different (P = 0.0002). Means followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test.

³ SE = standard error of mean.

⁴ Mean is weighted by sample size.

Table 7. Analysis of variance of mean annual diameter growth, by tree size class.¹

Source	DF	Sum of squares	Mean square	F value	P > F
Past diameter	1	24.31	24.31	168.6	0.0001
Square of past diameter	1	5.53	5.53	38.4	0.0001
Error	1 088	156.91	0.14		
Total	1 090	186.75			

¹ Growth = 0.086 + 0.0164 d - 0.000107 d², where d = initial diameter. The coefficient of determination (R²) is 0.16.

When commercially valuable timber species were compared without regard to crown class, considerable overlap in MAI was apparent (Table 9). *Didymopanax morototoni* grew most rapidly and *Andira inermis* grew the slowest.

Volume growth rates

The volume of growing stock increased by an average of 32% for all forest classes and disturbance classes combined between 1980 and 1985 (Table 10). The increases in young secondary forest and both classes of coffee shade forest ranged from 50 to 56%, whereas advanced secondary forest increased by only 18%. The proportion of change in disturbed forests was greater than that in undisturbed forests.

Timber volumes increased by an average of nearly 36% on all classes of timberland combined between

Table 8. Mean annual diameter growth (MAI) of timber species with ≥ 20 trees, by crown class.

Species	MAI (diameter) by crown class ^{1,2}			
	D	C	I	O
	cm yr ⁻¹ (n) ³			
<i>Andira inermis</i>	0.11(2)	0.18(9)	0.18(8)	0.15(24)
<i>Didymopanax morototoni</i>	0.58(15)	0.60(8)	0.11(2)	0.23(7)
<i>Guarea guidonia</i>	0.88(46) ^a	0.73(47) ^{ab}	0.37(16) ^{bc}	0.18(46) ^c
<i>Inga fagifolia</i>	0.36(7)	0.68(11)	0.03(4)	0.26(14)
<i>Tabebuia heterophylla</i>	0.63(11)	0.29(3)	0.05(4)	0.33(13)

1 Crown classes: D = dominant, C = codominant, I = Intermediate, and O = all trees < 12.5 cm in dbh that were not classified to crown class.

2 An analysis of variance to test the effects of crown class showed differences for *Guarea guidonia* ($P = 0.0001$). Row means followed by the same letter are not different by Duncan's multiple range test ($P = 0.05$).

3 n = number of individuals measured.

1980 and 1985 (Table 10). Secondary forests ranged from 31 to 37% and coffee shade forests from 19 to 53%. When the lands were partitioned according to disturbance classes, the proportion of change in undisturbed forests was more than twice that in disturbed forests. Excluding the landcleared areas, the undisturbed advanced secondary forest had the highest volume per hectare of growing stock and timber at the beginning of the study, and the disturbed young secondary forests had the lowest volume per hectare (Table 10).

Mean annual volume growth rates for growing stock and timber are shown in Table 11. Landcleared

Table 9. Comparison of mean annual diameter growth (MAI) on surviving timber species and other groupings with ≥ 20 trees.¹

Species or grouping	MAI (diameter) ² (cm yr ⁻¹ \pm SE) ³	Sample size (No. trees)
<i>Didymopanax morototoni</i>	0.42 \pm 0.09 ^d	32
<i>Tabebuia heterophylla</i>	0.35 \pm 0.06 ^{ab}	31
<i>Inga fagifolia</i>	0.32 \pm 0.10 ^{abc}	36
<i>Guarea guidonia</i>	0.30 \pm 0.03 ^{abcd}	121
Other timber species	0.25 \pm 0.04 ^{bcd}	99
Non-timber dicots	0.19 \pm 0.01 ^{cd}	590
<i>Andira inermis</i>	0.16 \pm 0.05 ^d	43
Total		952

1 Open grown trees and overtopped trees were excluded from the analysis. The crown classes of all trees were dominant, codominant, or intermediate.

2 Analysis of variance showed the means to be different ($P = 0.0001$). Means followed by the same letter are not different by Duncan's multiple range test ($P = 0.05$).

3 SE = Standard error.

areas had negative values in both categories. Advanced secondary forest in the disturbed category and abandoned coffee shade forest in the undisturbed category showed the most rapid increases in growing stock volumes, averaging 5.0 and 4.2 m³ ha⁻¹ yr⁻¹, respectively. When undisturbed and disturbed categories were combined by forest class, the growing stock of abandoned coffee shade forest increased most rapidly at 3.6 m³ ha⁻¹ yr⁻¹. The most rapid timber volume increases were for abandoned coffee shade forest in the undisturbed category and advanced secondary forest in the disturbed category, which averaged 9.2 and 7.9 m³ ha⁻¹ yr⁻¹, respectively. When undisturbed and disturbed categories were combined by forest class, the timber volume in abandoned coffee shade forest increased most rapidly at 7.1 m³ ha⁻¹ yr⁻¹.

Tables 12 and 13 show the components of annual change in timber volumes according to forest classes in undisturbed and disturbed timberland, respectively. In undisturbed forests, growth of survivors in young secondary forest, advanced secondary forest, and abandoned coffee shade forest was 56, 87, and 90%, respectively, of the gross volume growth (Table 12). These percentage changes were in the same order as the original stand volumes. Ingrowth, in turn at 15, 12, and 4%, respectively, was in reverse order of the initial stand volumes. In disturbed forest, increment on survivors ranged from 67 to 88%, and ingrowth ranged from 6 to 21% for all forest classes. Neither was related to initial stand volumes.

Four tree species accounted for 52% of the average net annual timber growth in volume: *Cecropia peltata*, 19.3%; *Guarea guidonia*, 13.8%; *Ormosia krugii*, 9.9%; and *Erythrina poeppigiana*, 9.0%. An

Table 10. Growing stock and timber volumes, by forest class and disturbance class, in Puerto Rico's timberland for both surveys.

Forest class	Volume (m ³ ha ⁻¹) by disturbance class						Percent change
	Undisturbed		Disturbed		Mean ¹		
	1980	1985	1980	1985	1980	1985	
Growing Stock – All Species							
Secondary							
Young	11.9	17.0	5.4	9.2	9.4	14.0	48.9
Advanced	59.2	63.3	49.1	74.2	56.1	66.0	17.6
Coffee shade							
Abandoned	37.7	58.7	27.8	42.1	33.3	51.2	53.7
Active	0	0	15.3	24.0	15.3	24.0	56.4
Land clearing	0	0	8.3	0.8	8.3	0.8	-90.4
Mean ¹	40.2	51.1	20.1	28.6	28.9	38.2	32.2
Percent change		27.1		42.3		32.2	
Timber Species							
Secondary							
Young	40.1	51.8	18.5	25.4	31.7	41.6	31.2
Advanced	92.8	132.4	91.9	114.8	92.5	127.0	37.3
Coffee shade							
Abandoned	76.8	122.9	54.4	77.4	66.7	102.4	53.4
Active	0	0	33.0	39.3	33.0	39.3	18.9
Land clearing	0	0	18.5	1.2	18.5	1.2	-93.5
Mean ¹	75.5	111.6	41.2	49.3	55.8	75.9	35.8
Percent change		47.8		19.6		35.8	

1 Means are weighted by land areas

additional 17% of growth was fairly evenly distributed among *Inga laurina*, *Didymopanax morototoni*, and *Tabebuia heterophylla*. *Cecropia*, *Didymopanax*, and *Tabebuia* are early secondary species, and *Guarea*, *Erythrina*, and *Inga* are coffee shade species. *Ormosia* is a more frequent component of secondary forests than undisturbed forests.

Three species accounted for 80.6% of the average net annual mortality: *Inga vera*, 60.2%; *Cecropia peltata* 13.6%; and *Guarea guidonia*, 6.8%. More than 60% of the mortality was attributed to disease and nearly 10% to human disturbance. The cause of the remaining mortality was less evident but appeared largely due to suppression by competing trees and growth of vines.

DISCUSSION

This study constitutes the first regional assessment of secondary forest growth rates in Puerto Rico. Several trends that might be expected in other areas

where agricultural abandonment is followed by the growth of secondary forests were previewed in this study. The first was continual human intervention in more than half of the forests surveyed, presumably to satisfy local needs for wood or to continue subsistence cropping (Table 1). Another trend was that commercially valuable timber species, which comprised 14 to 26% of the stems on all classes of forest land in the initial survey, increased slightly between surveys (Tables 2-5). This may be due to the fact that the commercially valuable trees are larger and longer lived and tend to replace other species over time. The last trend was that growth rates were satisfactory for many species and forest classes.

Diameter growth for abandoned coffee shade forest (Table 6) and for many timber species in the dominant and codominant crown classes (Table 8) was in the upper range of values reported elsewhere in Puerto Rico. Diameter growth rates for many of the timber species included in this study had been previously determined in logged-over secondary forest

Table 11. Mean annual growth in volume of growing stock and timber, by forest class and disturbance class, in Puerto Rico's timberland between surveys, 1980-85.¹

Forest class	Volume growth ($m^3 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) by disturbance class		
	Undisturbed	Disturbed	Mean ¹
Growing Stock			
Secondary			
Young	1.0	0.7	0.9
Advanced	0.6	5.0	2.0
Coffee shade			
Abandoned	4.2	2.8	3.6
Active	0	1.7	1.7
Land clearing	0	-1.5	-1.5
Mean ¹	2.1	1.7	1.9
Timber			
Secondary			
Young	2.3	1.4	2.0
Advanced	7.9	4.6	6.9
Coffee shade			
Abandoned	9.2	4.6	7.1
Active	0	1.2	1.2
Land clearing	0	-3.5	-3.5
Mean ¹	7.2	1.6	4.0

¹ Means are weighted by land areas.

of the Luquillo Mountains in northeastern Puerto Rico (4), an area not included in the inventory. In that study, *Guarea guidonia* averaged 0.80 cm/yr, *Inga fagifolia* ranged from 0.40 to 0.60 cm/yr, and *Tabebuia heterophylla* and *Didymopanax morototoni* grew from 0.30 to 0.35 cm/yr, depending on locale.

Our estimates of timber volume growth are shown in Table 11. Apparently, volume growth is satisfactory in the advanced secondary and abandoned coffee shade stands and certainly is favorable when compared to volume growth in Puerto Rico's primary forests (12, 25). Direct comparisons with secondary forest studies elsewhere are difficult, however, because of differences in sampling designs and measurements.

Numerous tree species in Puerto Rico's secondary forests have timber potential (27). The forests, however, are dominated by early secondary species of limited utility and those previously used in subsistence agriculture (26). Furthermore, they are characterized by poor tree form and low timber volumes.

A "new look" at Puerto Rico's timberland (23), using information from the 1980 inventory, indicated that there were more than 20 timber species on about 50 000 ha of forest that were adequately stocked in the poletimber and sapling size classes. The study also posed research questions related to Puerto Rico's secondary forests. One of them—"how well can secondary forests redeem investments in their production?"—is critical to future work. In adequately stocked stands, existing regeneration would preclude

Table 12. Components of annual change in volume of timber, by forest class, in Puerto Rico's undisturbed timberland, 1980-85.

Component	Landclearing	Secondary forest		Coffee shade		Total
		Young	Advanced	Abandoned	Active	
1 000 $m^3 \text{ yr}^{-1}$						
Growth:						
Survivor growth	0.0	33.6	134.2	168.4	0.0	336.2
Ingrowth	0.0	8.7	18.0	7.4	0.0	34.0
Growth on cut	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Growth on mortality	0.0	17.3	2.2	10.9	0.0	30.4
Gross growth	0.0	59.6	154.4	186.7	0.0	400.6
Mortality	0.0	-34.6	-5.5	-22.3	0.0	-62.4
Net growth	0.0	25.0	148.9	164.4	0.0	338.2
Removals	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Net change	0.0	25.0	148.9	164.4	0.0	338.2

Table 13. Components of annual change in volume of timber, by forest class, in Puerto Rico's disturbed timberland, 1980-85.

Component	Landclearing	Secondary forest		Coffee shade		Total
		Young	Advanced	Abandoned	Active	
1 000 m ³ yr ⁻¹						
Growth:						
Survivor growth	-0.5	11.2	40.0	74.1	65.0	189.9
Ingrowth	0.0	2.7	2.8	22.8	8.9	37.3
Growth on cut	0.0	0.2	0.0	7.4	0.0	7.6
Growth on mortality	-1.1	0.0	2.9	4.9	21.7	28.4
Gross growth	-1.6	14.1	45.7	109.2	95.6	263.2
Mortality	0.0	0.0	-8.8	-14.4	-67.0	-90.2
Net growth	-1.6	14.1	36.9	94.8	28.6	173.0
Removals	-39.0	-2.1	0.0	-17.7	0.0	-58.9
Net change	-40.6	12.0	36.9	77.1	28.6	114.1

the need for costly nursery facilities and planting efforts but would require management of the regeneration. Although the silvicultural techniques required to stimulate growth (26) have not been widely tested, previous studies in Puerto Rico's secondary forests provide insights for future management. Tree diameter growth on abandoned agricultural lands without silvicultural treatment was correlated with crown size (28). Another study comparing diameter growth of timber trees in thinned secondary forest with the same species in undisturbed natural forest showed that trees in the thinned forest grew more rapidly (24).

Some important economic considerations that require scrutiny are the potential utility of mixed

species in local markets; the feasibility of harvest from numerous small, scattered, and increasingly fragmented properties; and the capability of Puerto Rico's road system to handle the heavy traffic associated with logging. Other pertinent issues relate to the uniqueness of Puerto Rico in tropical America. The island is densely populated, has an increasingly affluent citizenry, and contains a limited number of natural areas in the mountainous interior for passive recreational use (15). Moreover, it has a growing need for additional water supplies for domestic and commercial use. The economic tradeoffs between a growing demand for wood products (22) and these competing uses remain to be evaluated.

GLOSSARY

Definitions of the important terms used in the text are included in this glossary.

• **Coffee shade:** A multi-story, multi-crop system used principally for the production of coffee and characterized by an upper story of shade trees. Active and abandoned categories refer to current use of the terrain.

• **Cull increment:** The net volume in trees that change from growing stock to rough or rotten, or vice-versa (i.e., because of increment on non-defective logs), during the period between inventories.

• **Disturbance class:** Undisturbed – forests not cut between inventories; disturbed – those with evidence of cutting or removal of stems.

• **Growing stock trees:** All live trees (sawtimber, poletimber, saplings, and seedlings), except rough and rotten trees.

• **Growing stock volume:** Volume of all sound wood (excluding sound cull) in the bole of growing stock trees ≥ 12.5 cm in dbh, from stump to a minimum 10 cm diameter outside bark, or to the point where the central stem breaks into limbs.

• **Ingrowth:** Number or sound volume of trees that reach the minimum diameter class of 12.5 cm in dbh during the period of measurement and that are recorded for the first time.

• **Mortality:** Number or sound volume of live trees dying from natural causes during the period between inventories.

• **Ongrowth:** Number or sound volume of trees > 12.5 cm in dbh that qualified for the new prism sample, but not the original sample, because of diameter increment. Trees that grew from < 12.5 to \geq 12.5 cm in dbh were classified as ingrowth.

• **Rough or rotten trees:** Live trees that are unmerchantable for sawlogs now, or prospectively, because of defect or rot.

• **Secondary forest:** Forests resulting from the abandonment of cropland or pasture, and forests resulting from the regeneration of previously cutover or disturbed forest land. Young secondary forest ranged in age from 0 to 20 years, and advanced sec-

ondary forest was > 20 years old, as determined in 1980. Coffee shade forest is not included in this category.

• **Timberland:** Forest land that is producing or is capable of producing timber crops and not withdrawn from timber utilization. Forest lands with higher priority uses, yet not specifically withdrawn from timber utilization, are excluded from this class of forest land. Coffee shade and secondary forests are included in this category.

• **Timber removals:** Net volume of growing stock trees removed from the inventory by harvesting or in cultural operations such as timber stand improvement, land clearing, or change in land use.

• **Timber volume:** Volume of all sound wood (including sound cull) in the bole and branches of growing stock and rough, rotten, and salvable dead trees \geq 12.5 cm in dbh, from stump to a minimum 10 cm diameter outside bark. The minimum length of any section is one meter.

LITERATURE CITED

- 1 BIRDSEY, R.A.; WEAVER, P.L. 1982. The forest resources of Puerto Rico. Southern Forest Experiment Station LA, USA. USDA Forest Service Research Bulletin SO-85. 59 p.
- 2 BIRDSEY, R.A.; WEAVER, P.L. 1987. Forest area trends in Puerto Rico. Southern Forest Experiment Station LA, USA. USDA Forest Service Research Note SO-331. 5 p.
- 3 BROWN, S.; LUGO, A.E. 1982. The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global cycle. *Biotropica* 14(3): 161-187.
- 4 CROW, T.R.; WEAVER, P.L. 1977. Tree growth in a moist tropical forest of Puerto Rico. Institute of Tropical Forestry, Rio Piedras, P.R. USDA Forest Service Research Paper ITF-11. 17 p.
- 5 EWEL, J.J.; WHITMORE, J.L. 1973. The ecological life zones of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. Institute of Tropical Forestry, Rio Piedras, P.R. Forest Service Research Paper ITF-18. 72 p.
- 6 GENTRY, A.H.; LOPEZ-PARODI, J. 1980. Deforestation and increased flooding of the upper Amazon. *Science* 210:1354-1356.
- 7 HOLDRIDGE, L.R. 1967. Life zone ecology. Ed. rev. San José, C.R., Tropical Science Center. 206 p.
- 8 KOENIG, N. 1953. A comprehensive agricultural program for Puerto Rico. Washington, D.C., USA, USDA and Commonwealth of Puerto Rico. 290 p.
- 9 LANLY, J.P.; CLEMENT, J. 1979. Present and future forest and plantation areas in the tropics. Rome, Italy, FAO. 47 p.
- 10 LANLY, J.P.; GILLIS, M. 1980. Provisional results of the FAO/UNEP tropical forest resources assessment project: Tropical America. Rome, Italy, FAO. 15 p.
- 11 LITTLE, E.L., JR.; WADSWORTH, F.H. 1964. Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Washington, D.C., USA, USDA Forest Service. Agriculture Handbook no. 249. 548 p.
- 12 LITTLE, E.L., JR.; WOODBURY, R.O.; WADSWORTH, F.H. 1974. Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands, Second Volume. Washington, D.C., USA, USDA Forest Service. 1024 p.
- 13 MYERS, N. 1981. Conversion rates in tropical moist forests: review of a recent survey. In *Tropical Forest: Utilization and Conservation*. Ed. by F. Mergen. New Haven, Conn., USA, Yale University School of Forestry and Environmental Studies. p. 46-48.

14. ORGANIZATION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION (FAO); PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). 1981 Proyecto de evaluación de los recursos forestales tropicales: Los recursos forestales de la América Tropical. Roma, Italia. FAO Informe Técnico 1. 343 p.
15. OUTDOOR RECREATION RESOURCES REVIEW COMMISSION. 1962. Outdoor recreation for America. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office
16. PETRICEKS, J. 1968. Shifting cultivations in Venezuela. Ph.D. Thesis. N.Y., Syracuse University, College of Forestry. 327 p
17. PRINGLE, S.L. 1976. Tropical moist forests in world demand, supply, and trade. *Unasylva* 28(112-113): 106-118.
18. SALATI, E.; MARQUES, J.; MILION, L.C.B. 1978. Origem e distribuição das chuvas na Amazonia. *Interciencia* 3(4):200-206.
19. SOMMER, A. 1976. Attempt at an assessment of the world's tropical forests. *Unasylva* 28(112-113): 5-25.
20. WADSWORTH, F.H. 1950. Notes on the climax forests of Puerto Rico and their destruction and conservation prior to 1900. *Caribbean Forester* 11(1): 38-47
21. WADSWORTH, F.H. 1957. Tropical rain forest. In *FAO Forestry and Forest Products Studies no. 13: Tropical Silviculture*. Rome, Italy. p. 13-23.
22. WADSWORTH, F.H. 1971. Import substitution: forestry. *Industrial Puerto Rico* 8(4):22025, 54-55.
23. WADSWORTH, F.H.; BIRDSEY, R.A. 1985. A new look at the forests of Puerto Rico. *Turrialba* 35 (1):11-17.
24. WEAVER, P.L. 1983. Tree growth and stand changes in the subtropical life zones of the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Southern Forest Experiment Station. LA, USA. USDA Forest Service Research Paper SO-190. 24 p
25. WEAVER, P.L. 1986. Hurricane damage and recovery in the montane forests of Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science* 22(1-2):53-70.
26. WEAVER, P.L.; BIRDSEY, R.A. 1982. Bosques secundarios como fuente de madera: técnicas de evaluación y manejo. In *Curso de Capacitación de Personal del Proyecto MAB-UNESCO: Apoyo a Comunidades Nativas*. Lima, Perú. p. 32-53.
27. WEAVER, P.L.; BIRDSEY, R.A. 1986. Tree succession and management opportunities in coffee shade stands. *Turrialba* 36(1):47-58
28. WEAVER, P.L.; POOL, D.J. 1979. Correlation of crown features to growth rates in natural forest of Puerto Rico. *Turrialba* 29:53-58.

Evaluación de Herbicidas en Arroz de Secano¹

L. C. Salazar*

ABSTRACT

In the Experimental Station of the Faculty of Agronomy, University of Panama, Chiriqui province, Panama, a study was conducted to evaluate rates and application times of six herbicides on the weed control, particularly grass weeds, in upland rice. The weed densities were high and reduced 96.7% of grain yield. It was found that mixture of pendimethalin + propanil at rate of 0.83 + 3.0 kg a.i./ha applied at 12 and 30 days respectively; propanil/propanil at 3.0/3.0 kg a.i./ha also applied at the same time; and oxadiazon 1.0 kg a.i./ha in preemergence followed by propanil at 4.0 kg a.i./ha in postemergence 23 days were the best treatments, not only for weed control but also in grain yield increase and cost-benefit results.

INTRODUCCION

El cultivo del arroz es uno de los más importantes a nivel mundial y las pérdidas ocasionadas por las malezas han sido estimadas en cifras considerables por aquellos países productores del grano (12). Esto hace necesario buscar alternativas para el control de las malas hierbas que garanticen un aumento en los rendimientos, una obtención de mejor calidad del grano y, finalmente, una reducción significativa en los costos de producción.

En Panamá se llevó a cabo un estudio para caracterizar los factores limitantes de la producción de arroz en cada zona arrocería del país, el cual señaló que existían dos factores que eran limitantes comunes en todas las áreas de producción: la falta de una variedad adecuada y el control eficiente de las malezas (8). También en dicho estudio se determinó que los costos más altos en la fitoprotección del cultivo (control de insectos, enfermedades y malezas) correspondía

¹ Recibido para publicación el 21 de agosto 1987

Se agradece al Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) por sus recursos financieros a través del contrato Universidad-IDIAP, intitulado Investigaciones Complementarias en Control de Malezas en Areas Agrícolas. También a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá por su apoyo logístico en la realización del estudio

* Profesor-Investigador. Depto. de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá Rep. de Panamá

COMPENDIO

En la Estación Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá, localizada en la provincia de Chiriqui, República de Panamá, se realizó un estudio para evaluar dosis y épocas de aplicación de seis herbicidas en el control de malezas; principalmente del grupo de las gramíneas, en arroz de secano. Las densidades de malezas fueron altas y produjeron una reducción en los rendimientos en grano de 96.7%. Se encontró que la mezcla de pendimethalin + propanil a dosis de 0.83 + 3.0 kg i.a./ha respectivamente aplicada 12 y 30 días; propanil/propanil a 3.0/3.0 kg i.a./ha también a la misma época; y oxadiazón a 1.0 kg i.a./ha en preemergencia seguido de propanil a 4.0 kg i.a./ha en postemergencia 23 días; resultaron ser los mejores tratamientos, tanto para el control de las malezas como en el incremento en los rendimientos en grano de arroz y en una buena relación costo-beneficio.

precisamente al control de malezas. Del complejo de malezas presentes en los campos de producción de arroz, el grupo de las gramíneas y ciperáceas registran el mayor número de especies de importancia económica (10).

De las prácticas de control de malezas empleadas en el país, el control químico (herbicidas) es uno de los más populares y casi todas las áreas de producción de arroz comercial son tratadas con herbicidas. La integración de métodos para el control de malezas en arrozales de secano es un enfoque deseable para resolver satisfactoriamente todos los problemas de malezas, no obstante, los herbicidas son y continuarán siendo el elemento clave de los sistemas de manejo integrado de malezas (3).

Los objetivos de este estudio fueron determinar las dosis óptimas y las mejores épocas de aplicación de los herbicidas de uso actual en el mercado local, y establecer criterios para fijar la rentabilidad en el uso de estos agroquímicos.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo de campo se realizó en la Estación Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, localizada en la provincia de Chiriqui, a una latitud de 8° 23' 57' Norte y a una

longitud de 8° 20' 24" Oeste, altitud de 25 metros sobre el nivel del mar; durante el periodo comprendido entre el 20 de agosto y el 15 de diciembre de 1986. El lote utilizado se encontraba altamente infestado de malezas gramíneas en menor escala, de malezas dicotiledóneas.

Se empleó el diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones; las unidades experimentales la constituyeron parcelas de 5 m de largo y 2.8 m de ancho, eliminando el efecto de borde y obteniendo una parcela útil de 11 m². El suelo donde se realizó la investigación era de textura franco arcillosa limosa, pH de 5.5 y un contenido de materia orgánica de 3.5%.

La variedad de arroz fue Orizica, sembrada manualmente a una densidad de 182 kg/ha; las hileras estuvieron distanciadas a 20 cm. Al momento de la siembra se aplicó 273 kg/ha de abono completo 12-24-12. Posteriormente se hicieron aplicaciones de nitrógeno a razón de 42 kg N/ha a los 30, 49 y 64 días después de siembra. A los 30 y 37 días después de sembrado el arroz se hizo una aplicación del fungicida Kasugamicina (Kasumin 2%) a razón de 40 cc del producto comercial/galón de agua, para el control de la enfermedad causada por *Pyricularia oryzae*. Los datos de rendimiento en grano por parcela útil fueron ajustados y reportados al 14% de humedad.

Los herbicidas utilizados en el experimento fueron: propanil (Propasint 48%), bentiocarbo (Bolero 48%), pendimetalin (Prowl 33%), oxadiazón (Ronstar 25%), piperofox + dimetametrina (Avirosan 50%).

Los tratamientos contemplados en la investigación se indican en el Cuadro 1; entre éstos se incluyó un testigo manual (desmalezado todo el ciclo) y uno absoluto (enmalezado todo el ciclo). Al momento de realizarse las aplicaciones de los herbicidas, se registraron los estados vegetativos tanto del cultivo como de las malezas, para determinar el grado de susceptibilidad de las malezas en relación con su estado de crecimiento y la tolerancia del cultivo a los herbicidas.

La aplicación de los herbicidas se realizó mediante el uso de una aspersora manual, provista de un aguilón de cuatro boquillas Tee-Jet 8003, a una presión manual promedio de 2.11 kg/cm². Se evaluó el efecto de las dosis de los herbicidas sobre el control de cada maleza en particular utilizando una escala estimativa visual de 0 = ningún control, a 100 = control total (1).

Durante la ejecución del ensayo se realizaron estimaciones porcentuales visuales del control de cada una de las malezas presentes a diferentes etapas de crecimiento del cultivo, las cuales tomaron lugar a los 37, 44, 58 y 96 días después de la siembra (dds). Los datos de porcentaje fueron convertidos a grados mediante la transformación arcoseno o angular para poder analizar los porcentajes de control estadísticamente (9).

La precipitación pluvial fue muy favorable para el normal desarrollo de las plantas de arroz, la cual fue bien distribuida durante todo el ciclo vegetativo del cultivo, con 451, 342, 721, 164 y 29 mm de lluvia

Cuadro 1. Dosis, épocas de aplicación de los herbicidas y estados vegetativos de las malezas gramíneas, dicotiledóneas y del cultivo de arroz al momento de la aplicación. Estación Experimental, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Chiriquí, Panamá, 1986.

Tratamientos	Dosis/hectárea*	
	kg i.a.	l PC
A Piperofox + Dimetametrina + Propanil	0.5 + 2.0/0.2 + 0.8 + 3.84	5.0/2.0 + 8.0
B Piperofox + Dimetametrina + Propanil	0.3 + 1.2 + 3.0	3.0 + 6.2
C Oxadiazón/Propanil	1.0/4.0	4.0/8.4
D Oxadiazón + Propanil	0.5 + 2.16	2.0 + 4.5
E Pendimetalin + Propanil/Pendimetalin + propanil	0.83 + 3.0/0.83 + 3.0	2.5 + 6.2/2.5 + 6.2
F Bentiocarbo/Bentiocarbo + Propanil	2.88/1.92 + 1.92	6.0/4.0 + 4.0
G Propanil/Propanil	3.0/3.0	6.2/6.2
H Testigo manual		
I Testigo absoluto		

Continuación del Cuadro 1.

Tratamientos	Epoca de aplicación**	Estados vegetativos***		
		Malezas		Arroz
		Gramíneas	Dicotiledóneas	
A Piperofox + Dimetametrina + Propanil	Pre/Post 23 días	/2-4h	/3-4h	/3-4h 2 mac.
B Piperofox + Dimetametrina + Propanil	Post 15 días	2-5h	4-6h	3h
C Oxadiazón/Propanil	Pre/Post 23 días	/2-4h	/3-4h	/3-4h 2 mac.
D Oxadiazón + Propanil	Post 12 días	2-4h	2-4h	3h
E Pendimetalin + Propanil/ Pendimetalin + propanil	Post 12/30 días	2-4h/2-3h	4-6h/4-5h	3h/3-4h 3 mac.
F Bentiocarbo/Benñiocarbo + Propanil	Pre/Post 23 días	/2-4h	/3-4h	/3-4h 2 mac.
G Propanil/Propanil	Post 12/30 días	2-4h/2-4h	4-6h/ 4-5h	3h/3-4h 3 mac.
H Testigo manual				
I Testigo absoluto				

* kg i a = kilogramos del ingrediente activo

l PC = litros del producto comercial

** Pre = preemergente

Post = postemergente

días = aplicación realizada días después de la siembra

*** h = hojas

mac = macollos

durante los meses de agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

La distribución de las malezas en las parcelas experimentales fue bastante uniforme, lo cual permitió una evaluación representativa de todos los tratamientos químicos. Las malezas predominantes en el lote experimental y a densidades altas fueron las siguientes: *Rottboellia cochinchinensis* (Lour), Clayton (manisuris, tuquito), *Eleusine indica* (L.) Gaertn (pata de gallina), *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. (paja blanca). En menor escala *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (Hierba fina) y la maleza dicotiledónea *Elipta alba* (L.) Hassk (botoncillo).

Las evaluaciones del control visual de las malezas se realizó tipificando cada una de las especies presentes en el estudio. Estas estimaciones porcentuales son reportadas en el Cuadro 2. La doble aplicación de propanil y también la de pendimetalin + propanil mostraron un buen control de *R. cochinchinensis* lo cual fue notable aun a los 96 días. Los otros tratamientos dieron controles aceptables de esta maleza

solamente hasta los primeros 60 días, a excepción del bentiocarbo que registró un periodo de tiempo mucho menor.

En términos generales, todos los tratamientos fueron efectivos en el control de *E. indica*, aun en estados avanzados de crecimiento de las plantas de arroz esta situación fue valedera. Lo mismo se podría decir en relación al control de la especie *D. sanguinalis*. Es generalmente conocido que herbicidas como el propanil, oxadiazón y pendimetalin tienen un amplio espectro para el combate de malezas gramíneas (6).

Todos los tratamientos lograron resultados aceptables en cuanto al control de *C. dactylon*, aunque se recalca que su población era mucho más baja que las otras especies, lo que indica que evaluaciones futuras de estos tratamientos químicos serán necesarias para ampliar y complementar la información en relación a esta especie nociva. A excepción del tratamiento oxadiazón/propanil, todos los tratamientos dieron controles efectivos de *E. alba* durante casi todo el ciclo vegetativo del arroz.

Cuadro 2. Evaluación visual del porcentaje de control de malezas^a en arroz de secano y la transformación angular o arcoseno. Estación Experimental, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Chiriquí, Panamá, 1986.

Tratamientos*	<i>R. cochinchinensis</i>				<i>E. indica</i>				<i>D. sanguinalis</i>				<i>C. dactylon</i>		<i>E. alba</i>			
	Días después de siembra				Días después de siembra				Días después de siembra				Días después de siembra de siembra		Días después de siembra			
	37	44	58	96	37	44	58	96	37	44	58	96	37	44	37	44	58	96
	%				%				%				%		%			
A	81b	74b	65b	51d	88b	86b	74b	55b	90a	90a	87a	75de	67bc	67bc	90a	90a	90a	82ab
B	80b	75b	69b	57d	90a	90a	88a	76a	90a	90a	88a	76de	72bc	72bc	90a	90a	86ab	80abc
C	79b	75b	70b	56cd	90a	90a	85a	64b	90a	90a	90a	81bcd	64c	64c	90a	90a	73c	62d
D	77b	74b	69b	55d	90a	90a	88a	76a	90a	90a	90a	73e	68b	68b	90a	90a	75c	69cd
E	90a	87a	87a	78ab	90a	90a	90a	76a	90a	90a	90a	85ab	75b	75b	90a	90a	90a	90a
F	73b	70b	59b	41d	90a	90a	88a	79a	90a	90a	90a	77cde	71bc	71bc	90a	90a	83b	76bc
G	90a	88a	83a	72bc	90a	90a	87a	74a	90a	90a	90a	83bc	71bc	71bc	90a	90a	90a	87ab
H	90a	90a	90a	90a	90a	90a	90a	90a	90a	90a	90a	90a	90a	90a	90a	90a	90a	90a
I	0c	0c	0c	0c	0c	0c	0c	0c	0b	0b	0b	0f	0d	0d	0b	0b	0b	0d

a Promedio de cuatro lecturas.

Escala estimativa visual: 0 = ningún control; 100 = Excelente control

Todos los datos de % de control visual fueron transformados a grados (transformación angular o arcoseno).

Las medias seguidas por la misma letra en cada columna no difieren entre sí al 5% de probabilidades según la prueba de comparaciones múltiples de Duncan.

* La identificación de los tratamientos, dosis y épocas corresponden a la información que aparece en el Cuadro 1.

Cuadro 3. Efecto de los herbicidas en el rendimiento en grano de arroz variedad Orizica expresado en kilogramos por hectárea al 14% de humedad. Estación Experimental, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Chiriquí, Panamá, 1986.

Tratamientos	Dosis (kg i.a./ha)	Epoca de aplicación*	Rendimiento** (kg/ha)
Testigo manual			4 064 a
Pendimetalin + Propanil/Pendimetalin + Propanil	0.83 + 3.0/0.83 + 3.0	Post 12/30 días	3 834 a
Propanil/Propanil	3.0/3.0	Post 12/30 días	3 790 ab
Oxadiazón/Propanil	1.0/4.0	Pre/Post 23 días	3 376 bc
Piperofox + Dimetametrina + Propanil	0.3 + 1.2 + 3.0	Post 15 días	3 078 c
Piperofox + Piperofox + + Dimetametrina + Dimetametrina Propanil	0.5 + 2.0/0.2 + 0.8 + 3.84	Pre/Post 23 días	3 061 c
Oxadiazón + Propanil	0.5 + 2.16	Post 12 días	3 010 c
Bentocarbo/Bentocarbo + Propanil	2.88/1.92 + 1.92	Pre/Post 23 días	2 998 c
Testigo absoluto			135 d
			C.V. = 9.7%

* Pre = preemergente
Post = postemergente
días = días después de siembra

** Promedio de cuatro réplicas. Las medias de rendimiento seguidas por la misma letra no difieren entre sí al 5% de probabilidades según la prueba de Comparaciones Múltiples de Duncan.

C.V. = Coeficiente de Variación

La mezcla de oxadiazón + propanil aplicada 12 días produjo un efecto fitotóxico (quemazón) marcado en el follaje de las plantas de arroz, de un valor de 3-4 dentro de una escala de 0 = ningún daño, 10 = muerte total; no obstante, ya a los 13 días siguientes de la aplicación, las plantas estaban bien recuperadas. Espinosa *et al.* (5) también reportan efectos fitotóxicos marcados de oxadiazón + propanil en postemergencia a dosis de 0.5 + 2.0 kg i.a./ha respectivamente, con valores de ocho y nueve dentro de la escala antes mencionada, con mermas en la población de plantas de arroz, pero recuperándose posteriormente y arrojando rendimientos aceptables. González (7), encontró un valor de cinco con dosis de 0.5 + 1.5 kg i.a./ha de la misma mezcla de herbicidas y dicho valor aumentó a nueve conforme aumentó la dosis de propanil a 3.0 kg i.a./ha.

El piperofox + dimetametrina + propanil aplicado 15 días también produjo efectos fitotóxicos en el follaje de las plantas, con valores de dos a tres dentro de la escala antes mencionada; posteriormente se recuperaron las plantas. Efectos fitotóxicos de piperofox + dimetametrina + propanil con valores de cuatro también fueron registrados por Espinosa *et al.* (4) y de siete y ocho por González (7).

La influencia de los tratamientos químicos en el rendimiento en grano de arroz, se muestra en el Cuadro 3. Con estos datos de rendimiento, se evidencia que las poblaciones de malezas fueron abundantes, tal como lo refleja la gran merma en rendimiento que se observa en el tratamiento enmalezado todo el ciclo (testigo absoluto), cuando éste es comparado con cualquiera de los tratamientos químicos.

Entre los tratamientos que más sobresalen en cuanto al incremento en el rendimiento y que se comparan al tratamiento desmalezado todo el ciclo (testigo manual), fueron la doble aplicación de pendimetalin + propanil a dosis de 0.83 + 3.0 kg i.a./ha respectivamente, realizada a los 12 y 30 días. Estos resultados son similares con aquellos reportados por Salazar y Castillo (11), González (7), quienes evaluaban el combate *R. cochinchinensis*. Generalmente, una combinación de herbicidas ofrece un mayor espectro del control de malezas cuando es comparada con una aplicación individual de los herbicidas (2).

Muy cerca le sigue la doble aplicación de propanil a dosis de 3.0 y 3.0 kg i.a./ha, también realizada a la misma época que el tratamiento anterior. En este mismo orden le sigue el oxadiazón (1.0 kg i.a./ha) en preemergencia reforzado con propanil en postemergencia (4.0 kg i.a./ha). El resto de los tratamientos químicos resultaron comparables entre sí.

Los tratamientos químicos que mejor incrementaron los rendimientos también arrojaron la mejor relación costo-beneficio, tal como se presenta en el Cuadro 4.

CONCLUSIONES PRELIMINARES

La doble aplicación de pendimetalin + propanil (0.83 + 3.0 kg i.a./ha respectivamente) y de propanil/propanil (3.0/3.0 kg i.a./ha) mostraron un buen control de *Rottboellia cochinchinensis*, aun a los 96 días. Esto, aparte de aumentar los rendimientos, es provechoso para evitar la formación y diseminación de semillas de esta especie pernicioso e incrementar

Cuadro 4. Relación costo-beneficio de las aplicaciones pre y postemergente de los herbicidas y sus efectos en el rendimiento en grano de la variedad de arroz Orizica. Estación Experimental, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Chiriquí, Panamá, 1986.

Tratamientos	Dosis/ha* (1 PC)	Rendimiento (kg/ha)	Incremento/testigo absoluto (kg/ha)	Valor del aumento** (S)
Testigo manual		4 064		
Pendimetalin + Propanil/				
Pendimetalin + Propanil	2.5 + 6.2/2.5 + 6.2	3 834	3 699	832.27
Propanil/Propanil	6.2/6.2	3 790	3 655	822.37
Oxadiazón/Propanil	1.0/4.0	3 376	3 241	729.22
Piperofox + Dimetametrina +				
Propanil	3.0 + 6.2	3 078	2 943	662.17
Piperofox +				
Piperofox +				
Dimetametrina +				
Propanil	5.0/2.0 + 8.0	3 061	2 926	658.35
Oxadiazón + Propanil	2.0 + 4.5	3 310	2 875	646.87
Bentioacarbo/Bentioacarbo +				
Propanil	6.0/4.0 + 4.0	2 998	2 863	644.17
Testigo absoluto		135		

Continuación del Cuadro 4.

Tratamientos	Costo del tratamiento/ha*** (S)	Aplicación del tratamiento/ha*** (S)	Beneficio/ha (S)
Testigo manual			
Pendimetalin + Propanil/Pendimetalin + Propanil	90.02	26.00	716.25
Propanil/Propanil	42.53	26.00	753.84
Oxadiazón/Propanil	29.97	26.00	673.25
Piperotox + Dimetametrina + Propanil	61.17	13.00	587.40
Piperofox + + Dimetametrina + Dimetametrina Propanil	122.44	26.00	509.91
Oxadiazón + Propanil	47.93	13.00	585.94
Bentiocarbo/Bentiocarbo + Propanil	79.72	26.00	538.45
Testigo absoluto			

* 1 PC = Litros del producto comercial

** Precio promedio del arroz en cáscara = \$ 0.225 el kilogramo

*** Precio de los herbicidas en \$ el litro

Propanil (Propasint) = 3.43

Bentiocarbo (Bolero) = 6.60

Pendimetalin (Prowl) = 9.50

Oxadiazón (Ronstar) = 16.25

Piperotox + (Avirosan) = 13.50

Dimetametrina

**** Aplicación terrestre (aspersora de tractor) = \$ 13.00

la calidad del grano de arroz. Todos los tratamientos químicos fueron efectivos para el control de las gramíneas *Eleusine indica*, *Digitaria sanguinalis* y la dicotiledónea *Eclipta alba*.

La mezcla de oxadiazón + propanil (0.5 + 2.16 kg i.a./ha) en postemergencia 12 días produjo una quemadura notoria en el follaje de las plantas, las cuales se recuperaron a las dos semanas después de la aplicación. La mezcla de piperofox + dimetametrina + propanil en postemergencia 15 días, también causó fitotoxicidad (quemazón) al follaje de las plantas de arroz, recuperándose eventualmente

Asumiendo que el rendimiento en grano de arroz del testigo desmalezado (manual) representa el 100%, el rendimiento del testigo enmalezado (absoluto)

fue de 3.3% y, por ende, la merma en rendimiento fue de 96.7%, lo que corrobora y evidencia el daño que ocasionan las malezas en este cultivo.

Los tratamientos químicos que dieron mayor incremento en rendimiento fueron: la doble aplicación en postemergencia de pendimetalin + propanil (0.83 + 3.0 kg i.a./ha respectivamente); propanil/propanil (3.0 + 3.0 kg i.a./ha) también en postemergencia reforzada; y el oxadiazón (1.0 kg i.a./ha) en preemergencia reforzada con propanil (4.0 kg i.a./ha) en postemergencia. Estos mismos tres tratamientos presentaron la mejor relación costo-beneficio en relación a su empleo en el cultivo de arroz. Los otros cuatro tratamientos químicos restantes fueron inferiores y muy comparables entre sí, tanto en incremento en rendimiento, como en la relación costo-beneficio en relación a su empleo en el cultivo de arroz.

LITERATURA CITADA

1. BURRILL, L.C.; CARDENAS, J.; LOCATELLI, E. 1977. Manual de campo para investigación en control de malezas. Corvallis, Oregon., Oregon State University. International Plant Protection Center p. 33-40.
2. DE DATTA, S.K.; LLAGAS, M.A. 1984. Weed problems and control in upland rice in tropical Asia. In An Overview of Upland Rice Research. (1982, Bovake, Ivory Coast., Africa) Proceedings. Los Baños, Philippines., International Rice Research Institute p. 321-341.
3. DE DATTA, S.K.; MOODY, K.; SANKARAN, S. 1986. Integrated weed management practices for upland rice. In Progress in Upland Rice Research. Los Baños, Philippines, International Rice Research Institute. p. 447-460.
4. ESPINOSA, E.; LOPEZ, L.; ESPINOSA, W. 1983. Control químico de malezas en arroz de secano. In Reunión Anual del PCCMCA (19, 1983, Panamá, Pan.). Memorias. Tomo 5, s.p.
5. ESPINOSA, E.; REYES, C.E.; FERNANDEZ, C.; GONZALEZ, A. 1978. Pruebas extensivas con herbicidas selectivos para el arroz. In Investigaciones Agropecuarias 1976-1977. Pan., Universidad de Panamá. Facultad de Agronomía. p. 189-197.
6. GONZALEZ, F.J. 1985. Manejo de malezas en arrozales, In Arroz: Investigación y Producción Ed. por E. Tascón, E. García. CIAT p. 445-458.
7. GONZALEZ, R. 1983. Selectividad y control del zacate invasor (*Rottboellia exaltata*) logrado mediante la acción de varios herbicidas aplicados sobre arroz variedad CR-1113. In Reunión Anual del PCCMA (19, 1983, Panamá, Pan.) Memorias. Tomo 5, s.p.
8. IDIAP SENEAGRO FAC. CIENCIAS AGROPECUARIAS CIAT 1987. Plan nacional para mejorar el cultivo de arroz. p. 15, 20.
9. LITTLE, T.M.; HILLS, F.J. 1978. Agricultural Experimentation: Design and Analysis John Wiley & Sons Inc. p. 159-162.
10. SALAZAR, L.C. 1987. Reconocimiento de malezas en arrozales de secano en Panamá. Manejo Integrado de Plagas. no. 6. p. 16-19.
11. SALAZAR, L.C.; CASTILLO, J. 1987. Efectividad del propanil y pendimetalin para el combate de *Rottboellia exaltata* en arroz de secano. Turrialba 37(3):253-259.
12. SMITH, R.J. Jr. 1983. Weeds of major economic importance in rice and yield losses due to weed competition. In Proceedings of FAO/IWSS expert consultation on improving weed management in developing countries. Ed. by FAO. Roma p. 5.17.

Propagation of West Indies Mahogany, *Swietenia mahagoni*, by Cuttings¹

F. W. Howard*, S. D. Verkade*, J. V. DeFilippis*

ABSTRACT

Results of an experiment to determine an effective method of vegetative propagation of West Indies mahogany, *Swietenia mahagoni* (L.) Jacquin, are reported. Two of seven cuttings of the current year's growth with a 5 to 10 mm section of the previous year's growth intact and dipped in 0.17% Rootone F powder kept under intermittent mist produced roots within 72 days. Five of seven cuttings similarly treated but with no Rootone F produced callus in the same period. Smaller percentages of cuttings without 5-10 mm sections of the previous year's growth under intermittent mist also produced callus. Neither callus nor roots were produced on cuttings placed in 90% rh fog.

INTRODUCTION

Native to tropical America and considered the most valuable timber tree of this region, mahoganies are now grown in both the Old and New World Tropics. West Indies mahogany, *Swietenia mahagoni* (L.) Jacquin, the original premier cabinet-wood, has been largely supplanted in the timber trade by the more widespread Honduran, or big-leaf mahogany, *S. macrophylla* King (4). West Indies mahogany remains an important urban shade tree in southern Florida and the Caribbean region, and has excellent qualities for reforestation programs in the Caribbean

Tropical foresters have stressed the need for tree improvement to develop mahoganies with superior growth rate, form, and wood qualities (2, 4, 5, 10). We became interested in the possibility of managing insect pests of mahoganies through host plant resistance. Seedling mahoganies are highly variable. We needed a method of vegetative propagation. In 1949, Chinte (1) reported that 17-36% of cuttings of

COMPENDIO

Se presentan los resultados de un experimento para determinar un método efectivo de propagación vegetativa de la caoba antillana, *Swietenia mahagoni* (L.) Jacquin. Dos de siete esquejes del crecimiento del año actual con una sección de 5 - 10 mm del crecimiento del año anterior metidos en polvo de 0.17% Rootone F y mantenidos debajo neblina intermitente produjeron raíces dentro de 72 días. Cinco de siete esquejes tratados igual sino sin Rootone F produjeron callo en el mismo período. Esquejes sin las secciones de 5 - 10 mm debajo neblina intermitente también produjeron callo, pero el porcentaje era menos. Los esquejes debajo neblina de 90% humedad relativa no produjeron ni raíces ni callo.

Honduran mahoganies survived after 2-1/2 months, but gave no information on his methods. We made numerous attempts to propagate mahoganies from cuttings and air layering, had limited success with the former method, and through trial and error have improved upon our earlier techniques.

In this paper, we report the results of an experiment to determine the most effective means of propagation by cuttings for West Indies mahogany.

MATERIALS AND METHODS

A five-year-old West Indies mahogany was severely pruned in March 1987 to stimulate a spring growth flush, and cuttings from this tree, approximately 20 cm long and trimmed of all but five leaves, were made on May 12, 1987. Four treatments were planned with seven cuttings per treatment (Table 1). Fourteen cuttings were made from the basal end of the current season's growth and included a 0.5-1.0 cm section of the past season's wood (Fig. 1). An additional fourteen cuttings were made from the proximal ends of the current season's wood with the tender tip removed. Cuttings made by each technique were either dipped in 0.17% Rootone-F powder (Union Carbide Agricultural Products Company, Inc.) or left untreated. Cuttings were stuck in a mix of perlite/sphagnum/peat moss (1:1, V/v). Cuttings from each treatment were placed under intermittent mist (8 sec/18 min) or fog at 90% relative humidity (rh). After 72 days, the cuttings were removed from the medium and examined for callus, number of roots and root weight.

¹ Received for publication 22 July 1988

We wish to thank Dr. Frank Wadsworth, U.S. Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Rio Piedras, Puerto Rico; Dr. Susan Kossuth, Principal Plant Physiologist, U.S. Forest Service, Olustee, Florida; and Dr. Julia Morton, Morton Collectanea, University of Miami, Coral Gables, Florida, for reviewing the manuscript. Florida Agricultural Experiment Station Journal Series No. 8540.

* University of Florida, Fort Lauderdale Research and Education Center 3205 College Avenue, Fort Lauderdale, Florida 33314.

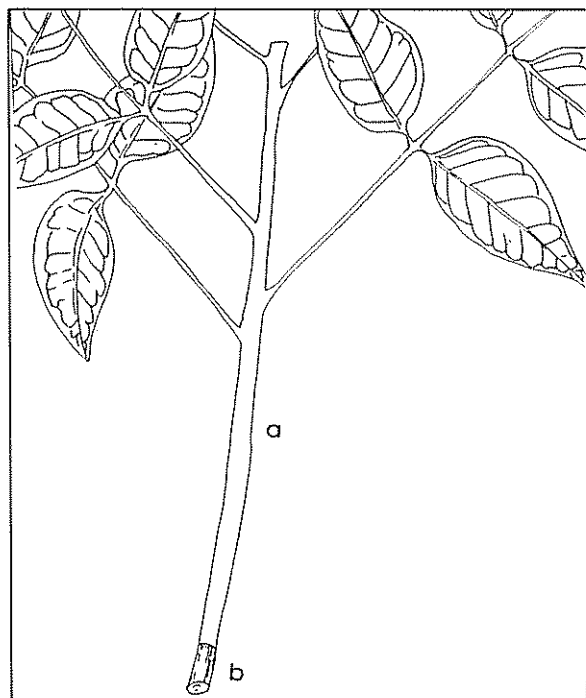


Fig. 1. Sketch of mahogany cutting with growing tip pruned and current season's (a) and previous year's (b) growth.

RESULTS

Some cuttings in all treatments under intermittent mist produced root callus or roots, while no cuttings in 90% rh produced callus or roots. There were no statistically significant differences among treatments under intermittent mist in the production of callus (χ^2 test). However, from the observed results it appears that making the cutting below a 0.5 to 1.0 cm section of the previous year's growth enhanced root production, possibly by making available a greater supply of carbohydrates.

Of the cuttings of this type treated with Rootone, 57.1% produced callus, two of which (50%) had produced roots during the 72-day period. Of the cuttings of this type not treated with Rootone, 71.4% produced callus. This type of cutting was also the most successful in our preliminary trials. Our results indicate that Rootone may have accelerated root growth, but did not appear to increase the percentage of cuttings that produced callus.

DISCUSSION

Although the percentage of cuttings that sprouted roots in the most successful treatment reported here was within the range of percentages of germination reported for West Indies mahogany (6), less labor is

Table 1. Percentages of cuttings of West Indies mahogany, *Swietenia mahagoni* (L.) Jacquin, that grew root callus or roots after 72 days in eight different treatments.

Technique	% cuttings with callus/roots ¹	
	90% rh fog	Intermittent mist 8 sec/18 min
a Shoots of current season's growth with bases dipped in Rootone F powder (0.17%)	0/0	28.5/0
b As above but no Rootone F	0/0	42.9/0
c Shoots of current season's growth with a 0.5-1.0 cm section of the previous year's growth intact, dipped in Rootone F powder (0.17%)	0/0	57.1/28.5
d As above, but no Rootone F	0/0	71.4/0

1 Seven cuttings per treatment

required to propagate stock from seed than from cuttings. Also seed propagation results in planting stock of relatively greater genetic variability, which has the disadvantage that some trees will be of poor quality, but which is an important mechanism for adaptability and survival of a species. Seed propagation will likely continue to be the principal means of propagating mahoganies, even if vegetative methods are improved. Preferred types with characteristics such as fast growth, good form, insect and disease resistance, etc., may be propagated vegetatively on a limited basis so as to eventually produce clones. These would have the advantages of elite material, but the disadvantages of a narrow gene base. Vegetative propagation of mahoganies will make certain lines of investigation possible. For example, in Florida we have observed that mahogany webworm, *Macalla thyrsisalis* Walker, a lepidopterous defoliator (7), consistently infests certain trees more heavily than others nearby. By growing cuttings from infested and uninfested trees, it can be determined whether the apparent attractiveness of some mahogany trees to these pests is related to site or to inherent resistance in individual trees.

We have attempted to propagate West Indies mahoganies by marcottage and Honduran mahoganies from cuttings, but have not yet been successful. Other species of Meliaceae, including Spanish-cedar, *Cedrela odorata* L., and Chinaberry, *Melia azedarach* L., are propagated by cuttings (3).

In poplars (*Populus* spp.), rooting ability of cuttings is related to species, clones, and provenances (9). Age of the parent tree may also be a factor, as is the case with European ash, *Fraxinus excelsior*

L. (8). Such factors will be considered in attempting to improve vegetative propagation techniques for mahoganies.

LITERATURE CITED

- 1 CHINTE, F.O. 1949. Trial planting of large leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). Philippine J. Forestry 6:313-327
- 2 GEARY, T.F.; NOBLES, R.W.; BRISCOL, C.B. 1972. Hybrid mahogany. Forest Serv. Res. Pap. IF 15. 4 p.
- 3 HORTUS THIRD. 1976. Comp. by L.H. Bailey. Hortorium New York, MacMillan. 1290 p.
- 4 LAMB, F.B. 1966. Mahogany of Tropical America. Ann Arbor, Univ. of Michigan Press. 220 p.
- 5 LIU, C.P. 1970. The genetic improvement of Honduras mahogany. I. The studies on natural variation and individual selection. Quart. J. Chinese Forest 3:41-56
- 6 MARRERO, J. 1949. Tree seed data from Puerto Rico. Carib. Forester 10:11-30.
- 7 REINERI, J.A.; HOWARD, F.W. 1982. Susceptibility of the mahogany webworm to insecticides. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 95:288-289.
- 8 STUTZ, H.P.; HOCEVAR, M.; BURKART, A. 1983. Vegetive Vermehrung der Esche mit Grunstecklingen. Forstwissenschaftliches Centralblatt 102: 336-343
- 9 TEISSIER DU CROS, E. 1984. Breeding strategies of poplars in Europe. Forest Ecology and Management 8:23-39
- 10 WHITMORE, J.L.; HINOJOSA, G. 1977. Mahogany (*Swietenia*) Hybrids. For. Serv. Res. Pap. ITF 23L. 8 p.

Seleção de Estirpes de *Rhizobium* para o Feijoeiro. II. Senescência Tardia dos Nódulos¹

L.H. Boddey*, M. Hungria**

ABSTRACT

One of the main limitations of biological nitrogen fixation in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) is the early senescence of nodules, which begins just after flowering. Consequently, we have tried to identify, in three experiments performed under glasshouse conditions, some *Rhizobium* strains with delayed nodule senescence which maintain nitrogenase activity through a longer period during reproductive plant growth. Harvests were performed at 35, 45 and 55 days after emergence (DAE). Twenty-four *Rhizobium* strains were investigated, and in five of them (H-20, H-41, CNPAF 119, CNPAF 233 and CNPAF 234) rates of acetylene reduction activity doubled between 35 DAE (flowering) and 45 DAE (beginning of pod filling). These strains showed not only good nodulation, with a high nodule dry weight, but also a higher percentage of active pink nodules during the reproductive period. However, after 45 days, there was a drastic drop in all parameters related to N₂ fixation although in the five best strains the drop in nitrogenase activity and the grade of nodule senescence was less drastic. The best strains accumulated in shoots, at 55 DAE (mid-pod fill stage) between 229 and 290 mg of N per plant. Results showed that it is possible to select *Rhizobium* strains for beans that show late nodule senescence.

INTRODUÇÃO

O processo de fixação biológica do nitrogênio em leguminosas apresenta uma demanda energética elevada, dependendo diretamente do fornecimento de fotossintatos pela planta hospedeira. Existe, então, uma interação entre a fotossíntese e a fixação biológica do nitrogênio: a planta fornece fontes de C para os nódulos, que passam a enviar de N para a leguminosa hospedeira. Consequentemente, a variação estacional da fixação do N₂ sempre foi vista como um problema de nutrição de C para os nódulos (16, 17).

¹ Recebido para publicação em 14 de abril 1988

Ao Eng. Agrônomo Carlos Antônio A. Barradas, pelo auxílio na condução dos experimentos. Ao CNPq, pela bolsa concedida à Lucia H. Boddey e à FINEP, pelo financiamento parcial desta pesquisa. Gostaríamos de agradecer também à Srta. Miriam pela datilografia do trabalho e ao Sr. Jair pelas ilustrações.

* Bióloga, Bolsista do CNPq

** Enga. Agra., Dra., EMBRAPA, Unidade de Apoio ao Programa Nacional de Pesquisa em Biologia do Solo (UAPNPBS), Km 47, Cep. 23851, Rio de Janeiro.

RESUMO

A fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tem, como uma de suas principais limitações, a senescência precoce dos nódulos, que inicia logo após o florescimento. Por isso, procurou-se identificar, em três experimentos conduzidos sob condições de casa-de-vegetação, algumas estirpes de *Rhizobium* que apresentassem senescência tardia dos nódulos, mantendo a atividade da nitrogenase por um período mais longo no ciclo reprodutivo. As coletas foram realizadas aos 35, 45 e 55 dias após a emergência (DAE). Das 24 estirpes de *Rhizobium* investigadas, em cinco delas (H-20, H-41, CNPAF 119, CNPAF 233 e CNPAF 234) as taxas de redução do acetileno chegaram a dobrar entre os 35 DAE (florescimento) e os 45 DAE (período inicial de enchimento dos grãos). Essas estirpes não só apresentaram uma boa nodulação, com um peso seco de nódulos alto, como também apresentaram maior porcentagem de nódulos ativos, com coloração interna rósea, durante todo o período reprodutivo. Após os 45 dias, porém, houve um declínio acentuado em todos os parâmetros de fixação do N₂ avaliados, embora nas 5 estirpes que se destacaram o declínio na atividade da nitrogenase e no grau de senescência dos nódulos tenha sido menos acentuado. As melhores estirpes acumularam, aos 55 DAE (período médio de enchimento dos grãos), entre 229 e 290 mg de N pro planta na parte aérea. Os resultados obtidos mostram que é possível selecionar estirpes de *Rhizobium* para o feijoeiro que apresentem senescência tardia dos nódulos.

Assim, logo após o florescimento, pode ter início um declínio acentuado na atividade da nitrogenase, que ocorre devido a uma aceleração no processo de senescência dos nódulos, o que já foi constatado, sob condições de campo, para o feijoeiro (3, 5), e que tem sido atribuído à competição por C entre os nódulos e os órgãos reprodutivos em desenvolvimento (13, 14) ou a algum "fator fisiológico", provavelmente de origem hormonal, que seria transmitido aos nódulos e resultaria na perda de sua eficiência (20). A senescência precoce dos nódulos é limitante à otimização da fixação do N₂ em leguminosas, afetando diretamente a produtividade, particularmente no caso de culturas de ciclo curto, como o feijoeiro.

Não há dúvidas de que os fatores ambientais são muito importantes no controle da senescência dos nódulos (21) e, sob condições tropicais, as temperaturas elevadas e deficiências hídricas devem representar um papel relevante nesse processo. Contudo, a senescência precoce pode ocorrer mesmo sob condições ambien-

tais controladas de casa-de-vegetação (8) Muito embora os efeitos das estirpes de *Rhizobium* na longevidade dos nódulos não tenham sido adequadamente caracterizados, há indicações de que diferentes estirpes inoculadas na mesma planta hospedeira podem diferir na taxa de senescência dos nódulos em trevo (18) e feijoeiro (7)

Nesse contexto, este trabalho procurou estudar alguns parâmetros relacionados com a senescência dos nódulos de feijoeiro inoculado com 8 diferentes estirpes de *Rhizobium*.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos três experimentos, sob condições de casa-de-vegetação, com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Negro Angel O delineamento experimental, crescimento das estirpes, inoculação, semeadura, desbaste e fornecimento de solução nutritiva foram descritos na primeira parte deste trabalho (1). As estirpes, escolhidas entre material já seleccionado e promissor foram: experimento 1 (estirpes provenientes da EMBRAPA-CPAC): H-20, H-24, H-37, H-39, H-40, H-41 e V-23; experimento 2 (provenientes da EMBRAPA-CNPAF): CNPAF 100, 109, 111, 112, 125, 126, 192 e 512; experimento 3 (provenientes da EMBRAPA-CPAC e CNPAF): H-3, H-4, CNPAF 103, 105, 107, 119, 233 e 234 As coletas foram realizadas aos 35, 45 e 55 dias após a emergência (DAE).

A atividade da nitrogenase foi avaliada usando-se raízes destacadas noduladas, conforme descrito na primeira parte deste trabalho (1).

Após a determinação da atividade da nitrogenase as raízes foram lavadas, secas em papel absorvente e

os nódulos foram destacados. Os nódulos foram então cortados para o exame da coloração interna, sendo classificados em um dos seguintes grupos: róseos (nódulos ativos), em senescência (início da senescência, com mudança de coloração de rósea para esverdeada), completamente senescidos e nódulos brancos (ineficientes). Após a classificação os nódulos foram colocados para secar em estufa a 50-60°C até atingirem peso constante determinando-se, então, o peso de matéria seca A parte aérea também foi colocada para secagem em estufa, determinando-se o peso de matéria seca e o N total (1).

RESULTADOS

No primeiro experimento houve um incremento na atividade da nitrogenase logo após o florescimento, aos 35 dias após a emergência (DAE), atingindo o pico de atividade no período médio de enchimento de grãos, aos 45 DAE (Tabela 1). Em alguns casos como o das estirpes H-20, H-39 e H-41, a atividade da nitrogenase duplicou nesse período de início de estabelecimento e enchimento das vagens (Tabela 1), o que pode ter também ocorrido devido ao grande aumento no peso seco de nódulos (Tabela 2) Nos 10 dias que se seguiram aos 45 DAE, porém, teve início uma queda drástica na atividade da nitrogenase e somente as plantas inoculadas com a estirpe H-41 ainda mantiveram uma taxa razoável de redução do acetileno. De um modo geral, as estirpes H-20 e H-41, seguidas pelas H-24 e H-38, foram as que apresentaram maior atividade da nitrogenase durante o ciclo reprodutivo (Tabela 1), apresentando também uma excelente nodulação (Tabela 2).

A distribuição percentual das classes de nódulos durante o período reprodutivo mostrou também que as estirpes H-20, H-24 e H-41 foram as que conseguiram

Tabela 1. Efeito de 8 estirpes de *Rhizobium*, provenientes da EMBRAPA-CPAC, na atividade da nitrogenase, avaliada pelo método da redução do acetileno ($\mu\text{moles C}_2\text{H}_4 \cdot \text{pl}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), de feijão cv. Negro Argel aos 35, 45 e 55 dias após a emergência (DAE). Médias de 3 repetições. Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ($P = 0.05$).

Estirpe de <i>Rhizobium</i>	Atividade da nitrogenase		
	35	45	55
H-20	21.80 bcdef	58.01 a	3.68 ef
H-24	21.30 bcdef	36.80 abc	1.80 f
H-37	17.85 bcdef	33.10 bcd	1.03 f
H-38	24.43 bcdef	31.03 bcde	3.70 ef
H-39	12.88 cdef	28.40 bcdef	3.35 ef
H-40	5.98 def	5.80 def	9.80 cdef
H-41	17.73 bcdef	40.63 a	15.05 bcdef
V-23	5.50 ef	6.18 def	3.78 ef
CV (%)	81.59		

Tabela 2. Efeito de 8 estirpes de *Rhizobium*, provenientes da EMBRAPA-CPAC, no peso seco de nódulos ($\text{mg} \cdot \text{pl}^{-1}$) e N total ($\text{mg} \cdot \text{pl}^{-1}$) da parte aérea de feijão, cv. Negro Argel, durante o período reprodutivo. Médias de 3 repetições. Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ($P = 0.05$).

Estirpe de <i>Rhizobium</i>	Peso Seco de Nódulos			N total	
	35 DAE*	45 DAE	55 DAE	35 DAE	55 DAE
H-20	340 abc	570 ab	590 a	124.60 a	236.27 a
H-24	440 a	640 a	640 a	153.50 a	194.90 ab
H-37	290 abcd	490 ab	400 a	121.00 ab	129.87 b
H-38	390 ab	690 a	400 a	132.83 a	159.00 ab
H-39	240 bcd	400 ab	390 a	78.27 bc	115.87 b
H-40	140 d	280 b	400 a	58.50 c	168.53 ab
H-41	280 abcd	520 ab	670 a	108.50 ab	229.33 a
V-23	160 cd	410 ab	410 a	55.80 c	141.17 ab
CV (%)	68.80	51.10	43.28	22.83	28.96

* DAE = dias após a emergência

ram manter maior porcentagem de seus nódulos ativos, com coloração interna rósea (Fig 1). Logo após os 45 DAE, houve uma aceleração no processo senescência dos nódulos, mas que foi mais acentuada em algumas estirpes como a V-23, H-37, H-39 e H-40. As plantas inoculadas com a estirpe H-40 também apresentaram maior porcentagem de nódulos brancos ineficientes.

A maior porcentagem de nódulos róseos e ativos, que resultaram em maior atividade da nitrogenase. Levou ao maior acúmulo de N total na parte aérea (Tabela 2). Entre os 35 e os 55 DAE, as taxas de fixação de N_2 proporcionadas por algumas estirpes foram bastante elevadas, como de $5.58 \text{ mg N pl}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ nas plantas inoculadas com a estirpe H-20 e de $6.04 \text{ mg N pl}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ nas plantas inoculadas com H-41 (Tabela 2). Essas duas estirpes foram as mais promissoras desse primeiro experimento, mantendo a fixação de N_2 por mais tempo.

As estirpes empregadas no segundo experimento, apesar de já terem passado por testes de seleção na EMBRAPA-CNPAF, apresentaram o perfil típico de queda na atividade da nitrogenase que ocorre em feijoeiro, caindo acentuadamente logo após o florescimento (Tabela 3). Essa queda chegou a ser linear e foi ainda mais acentuada para as estirpes CNPAF 112, 125, 126 e 512, o que fica evidente ao se analisar o coeficiente "b" de regressão linear para a atividade da nitrogenase (Tabela 4). Ao contrário do primeiro experimento, porém, o peso seco de nódulos praticamente não aumentou após o florescimento (Tabela 5). A classificação dos nódulos foi realizada somente para a coleta aos 55 DAE (Fig. 2) e refletiu diretamente os dados de atividade da nitrogenase nessa coleta (Tabela 3). Assim, as estirpes CNPAF 100, 109 e 125, que mantiveram maior % de nódulos róseos ativos no período de encimento dos grãos, foram também as que apresentaram maior atividade da ni-

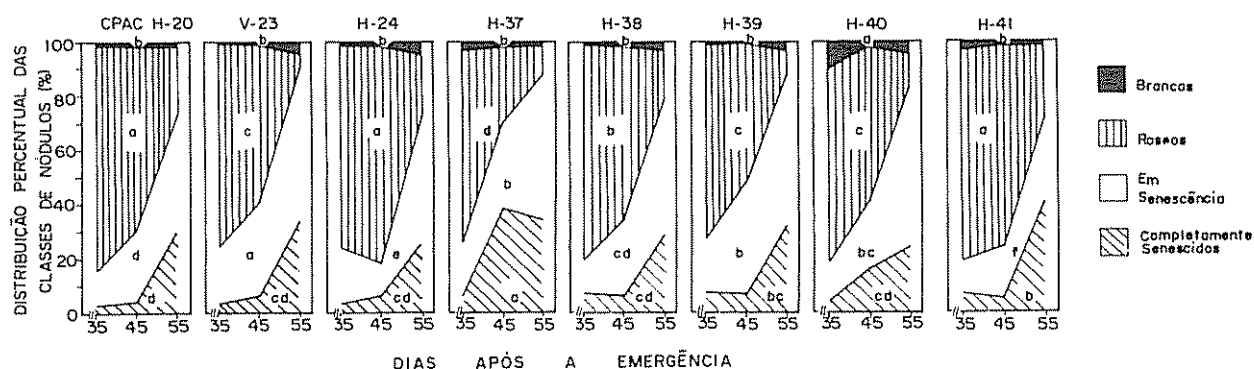


Fig. 1. Efeito de oito estirpes de *Rhizobium*, da EMBRAPA-CPAC na distribuição percentual das classes de nódulos segundo seu grau de senescência. Coletas realizadas após o florescimento e os valores representam médias de três repetições. Letras iguais indicam que os valores não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ($P = 0.05$) para cada classe.

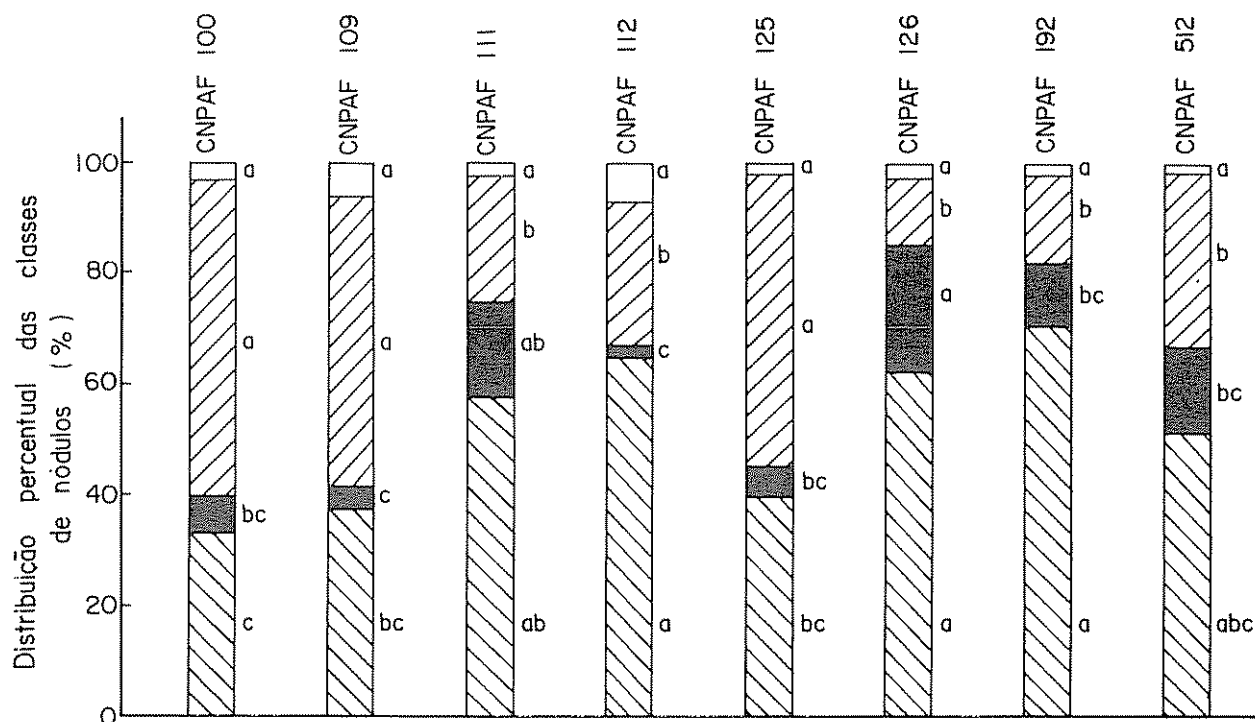


Fig 2 Efeito de oito estirpes de *Rhizobium*, da EMBRAPA - CNPAF, na distribuição percentual das classes de nódulos segundo o grau de senescência dos mesmos. Coleta realizada aos 55 DAE e os valores representam médias de três repetições. Letras iguais indicam que os valores não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ($P = 0.05$) para cada classe: completamente senescentes; róseos; brancos

trogenase nessa mesma época. Apesar do declínio precoce na atividade da nitrogenase, apresentando taxas muito baixas de redução do acetileno aos 55 DAE (Tabela 3) as estirpes CNPAF 111 e 112 apresentaram excelente nodulação e acumularam teores elevados de N total na parte aérea aos 55 DAE (Tabela 5).

Os dados relativos ao terceiro experimento podem ser vistos na tabela 6. As estirpes apresentaram exce-

lente nodulação, com exceção das estirpes H-3, H-4 e CNPAF 103. Após o florescimento houve um incremento no peso seco de nódulos para todas as estirpes.

As taxas de redução do acetileno no florescimento foram elevadas nas plantas inoculadas com as estirpes CNPAF 119 e CNPAF 234, provavelmente refletindo a boa nodulação dessas plantas. Após o florescimento, houve um incremento na atividade da nitrogenase, atingindo picos elevados para todas as estirpes,

Tabela 3. Efeito de 8 estirpes de *Rhizobium*, provenientes da EMBRAPA-CNPAF, na atividade da nitrogenase, avaliada pelo método da redução do acetileno ($\mu\text{moles C}_2\text{H}_4 \cdot \text{pl}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) de feijão, cv. Negro Argel, aos 35, 45 e 55 dias após a emergência (DAE). Médias de 3 repetições. Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ($P = 0.05$).

Estirpes de <i>Rhizobium</i>	Atividade da nitrogenase		
	35 DAE	45 DAE	55 DAE
100	16.27 abcdef	14.09 defghi	4.68 hij
109	22.58 abcd	15.00 cdefgh	5.59 ghij
111	19.68 abcde	15.50 bcdefg	1.09 j
112	25.63 ab	13.85 defghi	1.60 j
125	25.24 abc	5.68 ghij	4.09 ij
126	26.08 a	3.53 ij	1.74 j
192	5.35 ghij	2.20 j	1.19 j
512	18.43 abede	6.20 lghij	1.09 j
CV (%)		56.60	

Tabela 4. Efeito de 8 estirpes de *Rhizobium*, provenientes da EMBRAPA-CNPAF, no peso seco de nódulos ($\text{mg} \cdot \text{pl}^{-1}$) e N total ($\text{mg} \cdot \text{N} \cdot \text{pl}^{-1}$) da parte aérea de feijão, cv. Negro Argel, aos 35, 45 e 55 dias após a emergência (DAE). Médias de 3 repetições. Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ($P = 0.05$).

Estirpe de <i>Rhizobium</i>	Peso seco de nódulos			N Total	
	35	45	55	35	55
100	430 cde	580 a	520 a	106.47 bc	187.20 b
109	890 a	750 a	430 a	133.63 b	156.40 b
111	740 abc	830 a	320 a	118.43 b	212.86 ab
112	810 ab	870 a	300 a	176.57 a	263.50 a
125	340 de	380 ab	460 a	51.67 de	59.90 c
126	620 abcd	680 a	440 a	120.00 b	164.90 b
192	130 e	170 b	200 a	39.00 e	39.90 c
512	480 bcde	620 a	410 a	77.10 cd	81.57 c
CV (%)	35.62	51.49	51.26	19.07	28.20

exceto H-3, H-4 e CNPAF 103. Na coleta seguinte, porém, realizada apenas após 10 dias, a atividade da nitrogenase caiu drasticamente, chegando a apresentar uma redução de cerca de 30 vezes na estirpe CNPAF 105. Somente as estirpes CNPAF 119, CNPAF 233 e 234 ainda apresentaram alguma atividade aos 55 DAE (Tabela 6)

As estirpes CNPAF 119, 233 e 234 acumularam teores elevados de N total na parte aérea aos 55 DAE, destacando-se como estirpes muito eficientes. Essas três estirpes também foram as que apresentaram maior porcentagem de nódulos róseos ativos durante o ciclo reprodutivo (dados não mostrados)

DISCUSSÃO

Durante o florescimento do feijão ocorre um estímulo, provavelmente de origem hormonal, que estimula a fixação do N_2 (6). Logo após o florescimento, porém, foi constatado, sob condições de campo, que ocorre um declínio acentuado na atividade da nitrogenase (3, 5). Posteriormente, com obtenção de cultivares de feijão e estirpes de *Rhizobium* com maior potencial de fixação de N_2 foi demonstrado que, pelo menos sob condições de casa-de-vegetação, é possível obter altas taxas de fixação do N_2 durante o período de enchimento dos grãos (8, 10). Isso também ficou evidente no primeiro e terceiro experimentos deste trabalho, onde algumas estirpes chegaram a dobrar a atividade da nitrogenase logo após o florescimento.

O declínio na atividade da nitrogenase e a aceleração na senescência dos nódulos têm sido geralmente atribuídos a algum fator relacionado com a planta hospedeira. Dentre esses fatores, poderiam ser citados os de menor disponibilidade de fotossintatos para os nódulos, devido à competição com as vagens em crescimento (13, 14). Entretanto, a senescência dos nódulos em caupi (19) e feijão (8) pode ocorrer muito antes dos frutos representarem uma fonte importante de competição pelo carbono. A retirada das flores em feijão pode, inclusive, acelerar a senescência dos nódulos (9), provavelmente porque, sem as vagens, diminui a demanda por N. A senescência pode ser então controlada por algum fator fisiológico, provavelmente de origem hormonal, que seria enviado aos nódulos após o florescimento (15, 21). Os resultados mostrados neste trabalho, porém, deixam claro que a estirpe de *Rhizobium* também pode afetar a taxa de senescência dos nódulos. Embora todas as estirpes tivessem sido inoculadas na mesma planta hospedeira, algumas delas conseguiram manter uma maior porcentagem de seus nódulos ativos no períodos reprodutivo e apresentar um menor declínio na atividade da nitrogenase. Esses dados confirmam, portanto, resultados encontrados em 1940, que mostraram senescência prematura em estirpes inefetivas (2). As estir-

Tabela 5. Parâmetros da regressão linear, para 8 estirpes de *Rhizobium*, onde X = dias de coleta (35, 45 e 55 dias após a emergência) e Y = taxa de redução do acetileno. Os dados representam médias de 3 repetições em cada coleta. Valores do coeficiente b seguidos pela mesma letra não diferem pelo teste de Duncan ($P = 0.05$).

Estirpes de <i>Rhizobium</i>	r	a	b
CNPAF 100	-0.941**	37.76	-0.580 c
109	-0.998**	52.62	-0.850 bc
111	-0.953**	53.92	-0.929 ab
112	-1.000**	67.76	-1.202 a
125	-0.899**	59.26	-1.058 ab
126	-0.897**	65.22	-1.217 a
192	-0.959**	12.27	-0.208 d
512	-0.973**	47.59	-0.867 bc

dulos em caupi (19) e feijão (8) pode ocorrer muito antes dos frutos representarem uma fonte importante de competição pelo carbono. A retirada das flores em feijão pode, inclusive, acelerar a senescência dos nódulos (9), provavelmente porque, sem as vagens, diminui a demanda por N. A senescência pode ser então controlada por algum fator fisiológico, provavelmente de origem hormonal, que seria enviado aos nódulos após o florescimento (15, 21). Os resultados mostrados neste trabalho, porém, deixam claro que a estirpe de *Rhizobium* também pode afetar a taxa de senescência dos nódulos. Embora todas as estirpes tivessem sido inoculadas na mesma planta hospedeira, algumas delas conseguiram manter uma maior porcentagem de seus nódulos ativos no períodos reprodutivo e apresentar um menor declínio na atividade da nitrogenase. Esses dados confirmam, portanto, resultados encontrados em 1940, que mostraram senescência prematura em estirpes inefetivas (2). As estir-

Tabela 6. Efeito de 8 estirpes de *Rhizobium*, provenientes da EMBRAPA-CPAC e CNPAF, no peso de nódulos ($\text{mg} \cdot \text{pl}^{-1}$), na atividade da nitrogenase ($\mu\text{moles } \text{C}_2\text{H}_4 \cdot \text{pl}^{-1}$) e no N total acumulado na parte aérea ($\text{mg} \cdot \text{pl}^{-1}$) de feijão cv. Negro Argel. Médias de 3 repetições e valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste de Duncan ($P = 0.05$).

Estirpe de <i>Rhizobium</i>	Peso seco de nódulos			Atividade da nitrogenase			N total
	35	45	55	35	45	55	55
H-3	104 c	266 c	270 c	7.21 efg	11.29 defg	0.82 g	84.90 c
H-4	75 c	120 c	75 d	2.28 efg	17.6 cdefg	1.14 fg	111.78 c
CNPAF 103	133 c	190 c	169 cd	10.15 defg	17.40 cdefg	1.86 efg	90.12 c
105	583 ab	704 a	580 b	16.90 cdefg	34.65 abcd	1.16 fg	208.12 b
107	478 ab	510 b	450 b	20.26 cdefg	27.52 bcdef	1.42 fg	198.15 b
119	729 a	807 a	850 a	57.02 a	38.30 abc	4.86 efg	290.15 a
233	416 b	491 b	500 b	28.03 bcde	46.15 ab	4.82 efg	240.05 ab
234	708 a	840 a	880 a	38.48 abc	38.78 abc	4.49 efg	250.12 ab
CV (%)	33.26	27.00	33.97	—	74.72	—	25.20

pes talvez possam influenciar a senescência dos nódulos pela produção de diversas substâncias de crescimento, compostos nitrogenados, polissacarídeos, etc, que seriam transportados para a célula hospedeira (21). Também é possível que as estirpes afetem a senescência alterando a disponibilidade de oxigênio para os nódulos, devido a algum efeito na barreira de oxigênio (20, 22).

Entretanto, algumas estirpes como as H-20 e H-41 (experimento 1), CNPAF 119, CNPAF 233 e CNPAF 234 (experimento 3), que se mostraram precoces em relação à nodulação e fixação do N_2 (1) também apresentaram senescência tardia dos nódulos devendo, portanto, ser recomendadas, uma vez que apresentam um período ativo de fixação do N_2 mais prolongado

Todavia, após o período médio de enchimento dos grãos, aos 45 DAE, houve um declínio acentuado na atividade da nitrogenase mesmo com as estirpes mais promissoras para a senescência tardia dos nódulos. Inicialmente, foi demonstrado, em feijoeiro, que o pico da atividade da nitrato redutase ocorria após o declínio na atividade da nitrogenase, sugerindo que a complementação com fertilizante nitrogenado após o florescimento beneficiaria a produtividade (5). A utilização de cultivares e estirpes mais responsivas à fixação do N_2 , porém, não confirmou, em casa-de-

vegetação, essas curvas de atividade da nitrogenase e da nitrato redutase (10) obtidas para o feijoeiro. Além disso, a aplicação de N mineral nessa época pode implicar no acúmulo de N nos órgãos vegetativos e não nos órgãos reprodutivos. Estudos recentes conduzidos com soja (12) e feijão (4, 11) têm mostrado que o N proveniente da fixação, durante o ciclo reprodutivo, vai diretamente para os grãos, ao contrário do N mineral. Também foi constatado que o N proveniente da fixação acumulado nas folhas e caule é mais facilmente remobilizado para os grãos do que o N mineral (8, 11)

Neste trabalho, pode-se confirmar que as estirpes de *Rhizobium* podem influenciar a senescência dos nódulos. Algumas estirpes promissoras para a senescência tardia, como a H-20, H-41, CNPAF 119, CNPAF 233 e CNPAF 234 já foram identificadas e acumularam na parte aérea, aos 55 DAE, valores superiores a $220 \text{ mg N planta}^{-1}$. Visto que o N mineral aplicado após o florescimento pode acelerar a senescência dos nódulos (21) e que a sua aplicação não implica necessariamente em maior teor de N nos grãos, talvez o melhor caminho a ser seguido seja o de continuar a selecionar estirpes de *Rhizobium* que apresentem um maior período ativo de fixação do N_2 no feijoeiro

LITERATURA CITADA

- BARRADAS, C. A. A.; HUNGRIA, M. 1989. Seleção de estirpes de *Rhizobium* para o feijoeiro. I. Precocidade para nodulação e fixação do nitrogênio. Turrialba 39(2):236-242.
- CHEN, H. K.; THORNTON, H. G. 1940. The structure of "ineffective" nodules and its influence on nitrogen fixation. Proceedings of the Royal Society 129:208-229.
- CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO. 1984. Relatório Científico. p. 313-332.
- DUBOIS, D. B.; BURRIS, R. H. 1986. Comparative study of N uptake and distribution in three lines of com-

- mon bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at early pod filling stage. *Plant and Soil* 93:79-86.
5. FRANCO, A.A.; PEREIRA, J.C.; NEYRA, C.A. 1979. Seasonal patterns of nitrate reductase and nitrogenase activities in *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiology* 63:421-424.
 6. GRAHAM, P.H.; HALLIDAY, J. 1977. Inoculation and nitrogen fixation in the genus *Phaseolus*. In *Exploiting the legume - Rhizobium symbiosis in tropical agriculture*. Ed by J.M. Vincent. Hawaii, College of Tropical Agriculture. Miscellany Publications 145. p. 313-334.
 7. HUNGRIA, M.; FRANCO, A.A. s.f. Nodule senescence in *Phaseolus vulgaris*. *Tropical Agriculture* (in press).
 8. HUNGRIA, M.; NEVES, M.C.P. 1986. Ontogenia da fixação biológica do nitrogênio em *Phaseolus vulgaris*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 21:715-730.
 9. HUNGRIA, M.; NEVES, M.C.P. 1986. Efeito da manipulação de fotossintatos na fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 21:9-24.
 10. HUNGRIA, M.; NEVES, M.C.P.; VICTORIA, R.L. 1985. Assimilação do nitrogênio em feijoeiro. I Atividade da nitrogenase, da nitrato redutase e transporte de N na seiva do xilema. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 9:193-200.
 11. HUNGRIA, M.; NEVES, M.C.P.; VICTORIA, R.L. 1985. Assimilação do nitrogênio em feijoeiro. II Absorção e translocação do N mineral e do N₂ fixado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 9:201-209.
 12. IMSANDE, J. 1986. Ineffective utilization of nitrate by soybean during pod fill. *Physiologia Plantarum* 68:689-694.
 13. LAWN, R.J.; BRUN, W.A. 1974. Symbiotic nitrogen fixation in soybeans. I Effect of photosynthetic source-sink manipulation. *Crop Science* 14:11-16.
 14. LAWRIE, A.C.; WHEELER, C.T. 1974. The effects of flowering and fruit formation on the supply of photosynthetic assimilates to the nodules of *Pisum sativum* L. *New Phytologist* 73:1119-1127.
 15. MALIK, N.S.A. 1983. Grafting experiments on the nature of the decline in N₂ fixation during fruit development in soybeans. *Physiologia Plantarum* 57:561-564.
 16. MINCHIN, F.R.; SUMMERFIELD, R.J.; HADLEY, P.; ROBERTS, E.H.; RAWSTHORNE, S. 1981. Carbon and nitrogen nutrition of nodulated roots of grain legumes. *Plant, Cell and Environment* 4:5-26.
 17. NEVES, M.C.P.; HUNGRIA, M. 1987. The physiology of nitrogen fixation in tropical grain legumes. *CRC Critical Reviews in Plant Sciences* 6:267-321.
 18. PANKURST, C.E.; GIBSON, A.H. 1973. *Rhizobium* strain influence on disruption of clover nodule development at high root temperature. *Journal of General Microbiology* 74:219-231.
 19. PEOPLES, M.B.; PATE, J.S.; ATKINS, C.A. 1983. Mobilization of nitrogen in fruiting plants of a cultivar of cowpea. *Journal of Experimental Botany* 34:563-578.
 20. SHEEHY, J.E. 1983. Relationships between senescence, photosynthesis, nitrogen fixation and seed filling in soya bean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Annals of Botany* 51:679-682.
 21. SUTTON, W.D. 1983. Nodule development and senescence. In *Nitrogen fixation*. Ed. by W.J. Broughton. Oxford, Clarendon Press. v.3, p. 144-212.
 22. WITTY, J.F.; MINCHIN, F.R.; SHEEHY, J.E.; INES MINGUES, M. s.f. Acetylene-induced changes in the oxygen diffusion resistance and nitrogenase activity of legume root nodules. *Annals of Botany* 53:13-20.

Studies on the Ecology and Behaviour of the Larvae *Plutella Xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae). III. Effects of Size and Shape of the Host Plant Leaves¹

P.J. Salinas*

ABSTRACT

Experiments were carried out in controlled temperature rooms ($20 \pm 1^\circ\text{C}$); 16 hours of light per day; 44-52% relative humidity, with recently hatched larvae of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) placed at different densities (1; 2; 4; 8 and 32) on rectangles of tender leaves of young cabbage, of sizes varying from 1.25 x 0.5 cm to 5.0 x 2.0 cm. The larvae reared singly did not show noticeable differences in behaviour from single larvae reared on whole leaves (4). The larvae reared in pairs did not show any detectable differences from those of similar number per whole leaf. At four larvae/rectangle the larvae became more active in making holes (10 times more than at one or two larvae/rectangle). At all densities, the smaller the rectangle the more feeding places were found. The developmental time was lowest (11.6 days) at four larvae/rectangle and highest (16.8 days) at eight larvae/rectangle. Mortality was lowest (14.3%) at two larvae/rectangle and highest (92.9%) at 32 larvae/rectangle. The pupae were longer (6.2 mm) at two larvae/rectangle and shorter at 32 larvae/rectangle; and were heavier (5.9 mg) at one larvae/rectangle and lighter (4.0 mg) at two larvae/rectangle. The adults were heavier (4.0 mg) at two larvae/rectangle and lighter at 32 larvae/rectangle. The size and weight of the pupae are positively correlated in both sexes (Females: $Y = 2.6625x - 9.56$; Males: $Y = 2.3274x - 8.02$). As fecundity is positively correlated with the weight, the pupae size or weight can be used as an index of fecundity. Any increase in fecundity combined with a shorter period of development is probably of importance in the preservation of this species.

INTRODUCTION

The importance of *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) as a serious pest of cruciferous crops has been described elsewhere by Salinas (5). The world distribution and the description of the immature stages (egg, larval instars, prepupa and pupa) have also been given earlier (2, 3).

¹ Received for publication 7 November 1988

I should like to thank Prof. T.R.F. Southwood for granting facilities at Imperial College Field Station; to Prof. M.J. Way for his supervision, and criticism of the manuscript, and to all those who collaborated in the conclusion of the present work. The financial support by the Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, the Universidad de Los Andes and the CDCH-UJA, is gratefully acknowledged.

* Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

COMPENDIO

Se hicieron experimentos en cuartos con temperatura controlada ($20 \pm 1^\circ\text{C}$); 16 horas por día de luz, 44-52% humedad relativa, con larvas recién eclosionadas de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) colocadas a diferentes densidades (1; 2; 4; 8 y 32) en rectángulos de hojas tiernas de repollo joven, de varios tamaños, desde 1.25 x 0.5 cm hasta 5.0 x 2.0 cm. Las larvas criadas solitarias no mostraron diferencias notables en comportamiento con las larvas solitarias criadas en hojas completas. Las larvas criadas en pares no mostraron ninguna diferencia notable con aquellas en números similares en hojas completas. A cuatro larvas/rectángulo las larvas estuvieron más activas en hacer huecos (10 veces más que una o dos larvas/rectángulo). En todas las densidades, cuanto más pequeño el rectángulo se encontraron más orificios de alimentación. El tiempo de desarrollo fue más bajo (11.6 días) a cuatro larvas/rectángulo y más alto (16.8 días) a ocho larvas/rectángulo. La mortalidad fue más baja (14.3%) a dos larvas/rectángulo y más alta (92.9%) a 32 larvas/rectángulo. Las pupas fueron más largas (6.2 mm) a dos larvas/rectángulo y más cortas (5.3 mm) a 32 larvas/rectángulo, y más pesadas (5.9 mg) a una larva/rectángulo y más livianas (4.0 mg) a dos larvas/rectángulo. Los adultos fueron más pesados (4.0 mg) a dos larvas/rectángulo y más livianos a 32 larvas/rectángulo. El tamaño y el peso de las pupas están correlacionadas positivamente en ambos sexos (hembras: $Y = 2.6625x - 9.56$; machos: $Y = 2.3274x - 8.02$). Como la fecundidad está correlacionada positivamente con el peso, el tamaño o el peso de las pupas puede ser usado como un índice de fecundidad. Cualquier incremento en fecundidad combinado con un periodo más corto de desarrollo es probablemente de importancia en la preservación de esta especie.

This paper describes the results of experiments that were carried out in order to determine the effects of the size and shape of the leaf on the behaviour, dispersion and survival of the larvae, especially young ones, at different densities, and on the size and weight of pupae and weight of adults. Comparisons were made between those larvae kept on whole plants and on leaf discs.

MATERIALS AND METHODS

The experiments were carried out in controlled environment rooms at $20 \pm 1^\circ\text{C}$, hours of light per day and 44-52% relative humidity, as already described (4).

Rectangles of the following dimensions were cut from tender leaves of young cabbage plants: 5.0 x 2.0 cm; 5.0 x 1.0 cm; 5.0 x 0.5 cm; 2.5 x 1.0 cm; 2.5 x 0.5 cm; 1.25 x 1.0 cm; 1.25 x 0.5 cm.

The rectangles were placed in circular plastic cages (10.0 cm diameter x 4.5 cm height), already described (4). The part corresponding to the bottom of the leaf was inserted about 1 to 2 mm in the wet sand to provide a constant flow of water inside the leaf tissue.

Recently hatched larvae were placed in the centre of each leaf rectangle at the following densities: one, two, four, eight and 32 larvae per rectangle.

RESULTS AND DISCUSSION

Effects on larval behaviour, development, and mortality

Gallery-making stages

Experiments at densities of one, two and four larvae per rectangle.

One larva per rectangle: The larvae reared singly in the different rectangles did not show any noticeable difference from single larva on leaf discs or on whole leaves. The larva followed the general pattern of behaviour already described (4), which includes wandering, spinning, "sensing", and biting the leaf surface, until it made a hole and eventually a gallery. Consistent with previous observations, the larva avoided eating completely through thick veins, the borders of the rectangles, and its own previously made galleries. In the 0.5 cm wide rectangles, the galleries were obviously more irregular in their directions because of the reduced distance between the edges of the rectangle and the larva was compelled to turn its gallery more often.

Two larvae per rectangle: The larvae reared in pairs per rectangle did not show any detectable difference from those of a similar number per leaf disc or per

whole leaf. The galleries in the 0.5 cm wide rectangles were more irregular than those in 1.0 cm wide rectangles because of the reduced distance between the edges. In the narrow rectangles the results are a series of irregularly directed mines very often shorter than normal (Fig. 1). Also, if a thick vein crosses the leaf rectangle the larvae will most probably make all the galleries on only one sector of the rectangle, avoiding crossing the vein (Fig. 1).

Four larvae per rectangle: When the density was increased to four larvae/rectangle the behaviour of the larvae changed visibly. They became more active in making holes. Only 15 hours after hatching the mean number of holes increased from the usual one gallery per larva, which is expected under low density, to over ten galleries/larvae in the smallest rectangles (Table 1). This increase in the number of galleries is probably due to mutual disturbance during the critical stage of starting the galleries and perhaps after gallery formation. In the smallest rectangles most of the feeding places were punctures and very few were true galleries.

Developmental time (including pre-pupation)

Table 2 indicates that at densities of one and two larvae per rectangle the times taken by the larvae to develop were 14.8 and 14.2 days respectively. When the density was increased to four larvae per rectangle the developmental time was reduced to only 11.6 days. Although no statistical analysis was carried out, it would appear that the reduction in the period of development could be regarded as beneficial for the

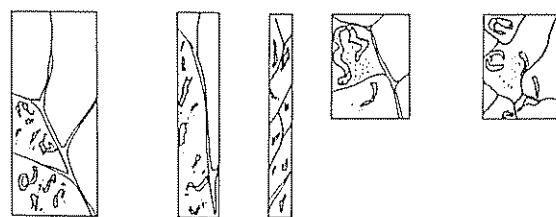


Fig. 1 Larvae feeding on one side of leaf, avoiding thick veins.

Table 1. Mean number of feeding places per larvae, 15-18 hours from time of hatching.

Larvae/rectangle	Size of leaf rectangle (cm)						
	5 x 2.0	5 x 1.0	5 x 0.5	2.5 x 1.0	2.5 x 0.5	1.25 x 1.0	1.25 x 0.5
1	1.0	1.0	1.0	2.0	3.0	1.0	1.0
2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	4.3	5.0	3.8	3.8	6.3	10.8	10.0

Table 2. Larval developmental times (days) and mortalities (%).

	Number of larvae per rectangle				
	1	2	4	8	32
Mean number of days	14.8	14.2	11.6	16.8	16.3
Mortality of larvae (%)	28.6	14.3	50.0	91.1	92.9

insect since it can reach the pupal stage in a shorter period of time if food is in short supply.

The figures in Table 2 indicate that the times for the larval stage increased to 16.8 and 16.3 days at densities of eight and 32 larvae per rectangle. This could be interpreted in terms of optimum density of larvae per unit of available space or habitat. In other words it appears that the larvae may require a certain stimulus which is provided by the presence or contact with other larvae, but which has a limit, and when that limit is exceeded the effect is detrimental to the development of the larvae. Densities of one or two larvae per rectangle may be inadequate for optimum stimulation. At four larvae per rectangle the rate of development appeared to be optimum, and increases above those densities caused the development period to be prolonged.

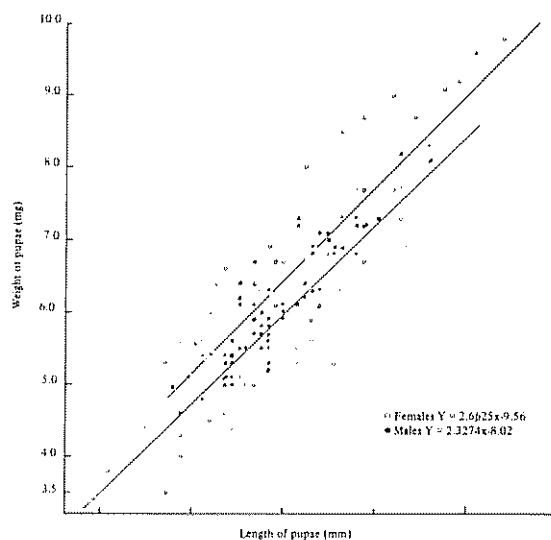


Fig. 2 Correlations of weight and length of pupae
 (○ Females $Y = 2.6625x - 9.65$;
 ● Males $Y = 2.3274x - 8.02$)

Larval mortality

Despite the lack of statistical analysis, Table 2 indicates that the mortality of the larvae was higher at the density of one larva per rectangle (28.5%) than with that of two larvae per rectangle (14.3%). This may be insignificant but may also be a consequence of a mutual beneficial stimulus provided by the larvae. In this case the stimulus may be necessary from the beginning of the larval life, since the mortality of the isolated larvae occurred during the first instar.

When the density was increased to more than two larvae per rectangle the mortality increased rapidly. Less than 10% of the larvae survived at the higher densities.

Effects on size and weight of pupae and weight of adults

The figures in Table 3 indicate that the density of the larvae had a great effect on the size and weight of the pupae and adults. The mean size of the pupae from larvae reared at low densities was greater but the pupae and adults reared singly were a little smaller than those reared at two larvae/rectangle. This would appear to support the suggestion made above that the larvae need the presence of other larvae for optimum development.

The density of four larvae/rectangle could be considered to have a negative effect when the number of feeding places of early stages are counted and also when the mortality is calculated; however it had a favourable effect on the pupal size and weight and also on the adult weight (Table 3), when compared with the density of 32 larvae/rectangle. This would support the results obtained for developmental time and suggests that at low density the larvae tend not only to feed more quickly, but to make better use of

Table 3. Length (mm) and weight (mg) of pupae, and weight (mg) of adults.

	Number of larvae per rectangle			
	1	2	4	32
Mean pupal length (mm)	6.0	6.2	5.9	5.3
Mean pupal weight (mg)	5.9	4.0	5.6	4.9
Mean adult weight (mg)	3.5	4.0	3.4	2.7

the food consumed, which eventually results in larger size and higher weight of the pupae and adults. However there was a nullifying effect in terms of mortality with the increase in density.

The size and weight of the pupae are positively correlated in both sexes as shown in Fig. 2. In all cases there was a high significance ($P = 0.01$) of the

regression coefficients (Females: $Y = 2.6625x - 9.56$; Males $Y = 2.3274x - 8.02$)

The fecundity of the adults is also positively correlated with the weight (1), therefore the pupal size or weight can be used as an index to fecundity.

Finally it can be said that any increase in fecundity combined with a shorter period of development is probably of importance in the preservation of this species.

LITERATURE CITED

- 1 HILLYER, R.J.; THORSTEINSON, A.J. 1969. The influence of the host plant or males on ovarian development or oviposition in the diamondback moth *Plutella maculipennis* (Curt.) Canadian Journal of Zoology (47):805-816
- 2 SALINAS, P.J. 1972. Studies on the ecology and behaviour of the larvae of *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae). Ph.D. Thesis. University of London. Unpublished.
- 3 SALINAS, P.J. 1977. Studies on the ecology of the diamond-back moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). 1. Distribution and description of the different stages. Acta Biológica Venezuelica (9):271-282.
- 4 SALINAS, P.J. 1984. Studies on the behaviour of the larvae of *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae), a world pest of cruciferous crops. Normal and "spacing" behaviour. Turrialba 34:77-84.
- 5 SALINAS, P.J. 1986. Studies on diamondback moth in Venezuela with reference to other Latin American countries. Diamondback Moth Management. International Workshop (1985, Tainan, Taiwan) Proceedings Tainan, Taiwan p 17-24

Características Tecnológicas y Nutricionales de 20 Cultivares de Frijol Común (*Phaseolus vulgaris*). II. Características Químicas y Nutricionales del Grano¹

C. Mendoza de Bosque*, S. Linares B.*, L. G. Elías**, R. Bressani***

ABSTRACT

Chemical and nutritional characteristics of 20 varieties of common beans (*Phaseolus vulgaris*) were studied. Chemical parameters measured for each variety were: proteins, trypsin inhibitors, lignified protein, tannins, amylose, total starch, methionine and tryptophan in raw flours, and tannins, amylose and damaged starch in cooked flours. Nutritional parameters were also measured: true protein digestibility, dry matter digestibility, and NPR. Findings revealed great variability in the different protein parameters, especially in lysine and tryptophan content. "Detectable" tannin content measured by the method applied decreased during cooking. From the nutritional point of view, greater digestibility and greater median NPR were found in white beans. Analysis of color determined that red beans form a specific population with their own chemical and nutritional characteristics. Results suggest the need to interrelate these parameters with previously evaluated parameters to ascertain the optimum nutritional and technological characteristics of common beans (*P. vulgaris*).

INTRODUCCION

El frijol común (*Phaseolus vulgaris*) es una de las fuentes principales de proteína en la dieta de grandes grupos de población en diferentes partes del mundo, y contribuye además con un 15 a 25% de la ingestión diaria de calorías y proteínas y otros elementos nutritivos (2, 5, 7). Sin embargo, existen factores que afectan su consumo, como por ejemplo su baja producción y disponibilidad, calidad del grano, hábitos dietéticos, patrones culturales y costo (5).

1 Recibido para publicación el 21 de junio 1988

* Este trabajo se basa en parte en la tesis de graduación de Sonia Linares B., y Concepción M. de Bosque, previo a optar al Título de Magister Scientifiae en Ciencia y Tecnología de Alimentos, (INCAP/CESNA), Guatemala, C.A., 1979.

Este trabajo se llevó a cabo con fondos provenientes del Título XII-Bean/Cowpea Collaborative Research Support Program.

** Científico y Director del Curso de Postgrado en Ciencias y Tecnología de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Guatemala, C.A.

*** Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP

COMPENDIO

Se estudiaron las características químicas y nutricionales de 20 variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*). En cada variedad se midieron los parámetros químicos: proteína, inhibidores de tripsina, proteína lignificada, taninos, amilosa, almidón total, lisina, metionina y triptófano en la harina cruda, y en la harina cocida se determinaron taninos, amilosa y almidón dañado. También se evaluaron parámetros nutricionales: digestibilidad verdadera de proteína, digestibilidad de materia seca y NPR. Se encontró gran variabilidad en los diferentes parámetros, especialmente en el contenido de lisina y triptófano en la proteína. Durante el proceso de cocción, el contenido de taninos "detectables" por el método empleado disminuyó. Desde el punto de vista nutricional, la mayor digestibilidad y el mayor valor de NPR promedio lo presentan los frijoles blancos. El análisis por color establece que los frijoles rojos forman una población específica con características químicas y nutricionales propias. Los resultados sugieren la necesidad de interrelacionar estos parámetros con los parámetros físicos anteriormente evaluados con el fin de conocer las características nutricionales y tecnológicas óptimas del frijol común (*P. vulgaris*).

Desde el punto de vista nutricional, ya se conoce su alto contenido en lisina, su bajo contenido de aminoácidos azufrados y la presencia de factores anti-fisiológicos (6, 23, 35). Sin embargo, es importante indicar la gran variabilidad en el contenido de estos compuestos, como también de proteína entre especies, entre variedades de una misma especie e incluso en frijoles de un mismo color. Asimismo, se ha observado variabilidad en valor biológico y digestibilidad en variedades de una misma especie (12).

La calidad proteínica, además de los factores antes mencionados, puede ser afectada por otros factores, tales como el almacenamiento y procesamiento (19, 30).

Se podría lograr un mejoramiento nutricional a través de medios genéticos, tanto para aumentar el contenido total de proteína, como para mejorar su calidad proteínica y digestibilidad (26, 33). El presente trabajo se llevó a cabo con el propósito de estimar el posible efecto que la variedad ejerce sobre las características químicas y nutricionales. La caracterización física de estas variedades ya fue publicada (28).

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron 20 variedades promisorias de frijol común (*P. vulgaris*) (10 negras, 4 rojas, 3 cafés, 3 blancas) (Cuadro 1). Estas muestras eran provenientes originalmente del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), y fueron sembradas en la Finca Experimental del INCAP, en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones (parcelas de 25 metros cuadrados). Se cosechó un total de 80 muestras, las que se pesaron para evaluar su rendimiento, y almacenaron a 4° C en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) hasta el momento en que se sometieron a los diferentes análisis.

Las 80 muestras de frijol crudo se sometieron a los tratamientos que muestra la Fig. 1

Análisis de muestras

En la harina cruda de las 80 muestras se realizaron las siguientes determinaciones: proteína cruda, según el método de la AOAC (2); proteína lignificada, según el método de Goering y Van Soest (17); taninos expresado como catequina, con el método propuesto por Price, Van Scoyoc y Butler (32); lisina por electroforesis en papel a bajo voltaje (18); metionina y triptofano por ensayos microbiológicos utilizando una cepa de *Leuconostoc mesenteroides* (10), y una cepa de *Lactobacillus arabinosus* (22); inhibidores de tripsina, empleando Benzoil DL-arginil P-nitroamilida-HCl como sustrato de acuerdo al método de Kakade y

Evans (24); amilosa por el método de Williams, Kuzina y Eynon (36) y almidón total siguiendo el método de Lane-Eynon descrito por la AOAC (2).

Para la obtención de la harina cocida (Fig. 1), se utilizó una mezcla de las cuatro réplicas cultivadas de cada variedad, realizando en ellas los ensayos biológicos y los siguientes análisis químicos: amilosa (36), almidón dañado (15), taninos (32)

Evaluación biológica

A cada una de las 20 variedades se le determinó la razón proteínica neta (NPR). Esta determinación se hizo con ocho animales (cuatro machos y cuatro hembras) usando ratas raza Wistar de 22 días de nacidas de la colonia animal del INCAP. Las dietas fueron elaboradas al 10% de proteína; además se preparó una dieta libre de nitrógeno y como control una dieta a base de caseína. Al término de 10 días las ratas se pesaron, y se determinó la ingesta proteínica (31).

La digestibilidad de la proteína y de la materia seca se determinó en los cuatros días adicionales al experimento del NPR. Se emplearon las mismas ratas, se recolectaron las heces y se llevó un control del consumo de alimento. Las heces se deshidrataron a 60°C, se pesaron y luego se molieron para la determinación de nitrógeno fecal.

La digestibilidad verdadera de la proteína se calculó con base en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ digestibilidad verdadera} = \frac{NI - (NF - NE)}{NI} \times 100$$

NI = Nitrógeno ingerido total

NF = Nitrógeno fecal

NE = Nitrógeno endógeno

La digestibilidad de materia seca se calculó con base en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ digestibilidad de materia seca} = \frac{MSI - MSE}{MSI} \times 100$$

MSI = Materia seca ingerida

MSE = Materia seca excretada

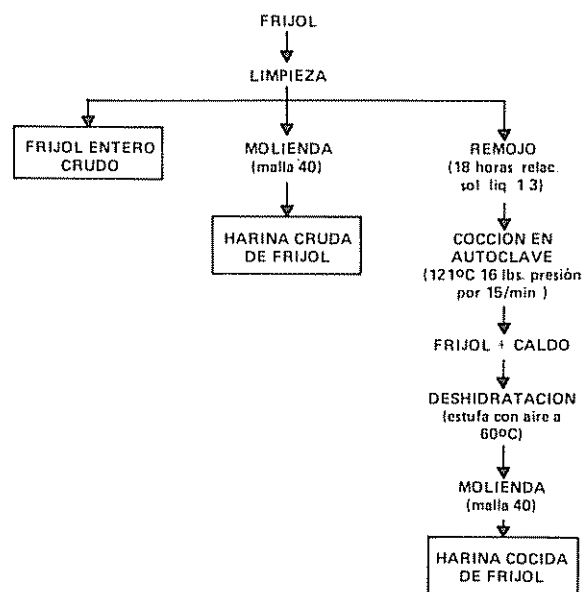


Fig. 1. Tratamiento de las muestras

Incap 88-145

Cuadro 1. Identificación original y algunas características de las 20 variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Variedad No.	Identificación CIAI	Nombre de la variedad	Hábito de crecimiento*	Color	Brillo**	Rendimiento t/ha $\bar{X} \pm DE^{***}$
1	P-757	Porrillo 1	II	Negro	B	1.34 \pm 0.24
2	P-459	Jamapa	II	Negro	B	1.58 \pm 0.11
3	P-302	PI-309-804	II	Negro	B	1.43 \pm 0.30
4	P-458	Ica Tui	II	Negro	B	1.38 \pm 0.16
5	P-566	Porrillo Sintético	II	Negro	O	1.58 \pm 0.23
6	P-498	Puebla 152	III	Negro	B	1.62 \pm 0.15
7	P-560	51051	II	Negro	O	1.58 \pm 0.08
8	P-675	Ica Pijao	II	Negro	O	1.72 \pm 0.33
9	P-539	Venezuela 2	II	Negro	O	1.32 \pm 0.09
10	P-512	S-166 A-N	II	Negro	O	1.23 \pm 0.14
11	P-402	Brasil 2	I	Caté	O	1.47 \pm 0.09
12	P-524	S-630 BC-63	II	Caté	O	1.41 \pm 0.10
13	P-758	Puebla 152	III	Caté	MB	1.65 \pm 0.49
14	P-637	Línea 17	I	Rojo	B	0.49 \pm 0.15
15	P-692	Calima	I	Rojo	B	0.35 \pm 0.19
16	P-759	Redcloud	I	Rojo	MB	0.53 \pm 0.13
17	P-755	Pompadour	II	Rojo	O	0.92 \pm 0.16
18	P-392	Sanilac	I	Blanco	MB	0.69 \pm 0.22
19	P-756	Ex-Rico	II	Blanco	I	1.25 \pm 0.23
20	P-643	Nep-2	II	Blanco	O	1.08 \pm 0.47

* I - Indeterminado II - Indeterminado erecto III - Indeterminado postrado

** MB - Muy brillante B - Brillante I - Intermedio O - Opaco.

*** Promedio de cuatro parcelas por variedad

RESULTADOS

Características químicas

El Cuadro 2 presenta el porcentaje de proteína y el contenido de los aminoácidos metionina, lisina y triptofano expresados en g/16 g N de las 20 variedades agrupadas por color.

El contenido de proteína cruda de las 20 variedades independientemente del color varió entre 23.7 y

27.4%. Por color, en promedio, las variedades rojas presentaron un valor de 27.4%, seguida de los blancos y negros con 26.7% y 25.5%, respectivamente, y por último los cafés con un contenido promedio de 23.7%.

El análisis de variancia demostró diferencias significativas en el porcentaje de proteína ($P < 0.05$) entre color, encontrándose que los rojos y blancos son iguales entre sí; y superiores que los negros y

Cuadro 2. Contenido promedio de proteína en g/100 g, y los aminoácidos metionina, lisina y triptofano de las 20 variedades de frijol expresado en g/16 gN.

Color	Proteína g/100 g % $\bar{X} \pm E.E.^{**}$	Metionina (g/16 gN) $\bar{X} \pm E.E.^{**}$	Lisina (g/16 gN) $\bar{X} \pm E.E.^{**}$	Triptofano (g/16 gN) $\bar{X} \pm E.E.^{**}$
Negro	25.54 \pm 0.39	0.82 \pm 0.02	7.09 \pm 0.19	1.20 \pm 0.04
Rojo	27.36 \pm 0.41	0.77 \pm 0.03	6.02 \pm 0.23	1.15 \pm 0.03
Café	23.73 \pm 0.81	0.89 \pm 0.03	7.06 \pm 0.22	1.23 \pm 0.04
Blanco	26.67 \pm 0.65	0.82 \pm 0.02	6.68 \pm 0.34	1.02 \pm 0.06

* Cada variedad comprende cuatro réplicas.

** Promedio de los promedios de las cuatro réplicas por variedad.

Cuadro 3. Algunas características químicas de las 20 variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*) agrupadas por color.

Color	No. de variedades	Taninos g cateq./ 100 g $\bar{X} \pm E.E.**$	Inhibidores de tripsina UIT/ml $\bar{X} \pm E.E.**$	Proteína lignificada g % $\bar{X} \pm E.E.**$	Amilosa % $\bar{X} \pm E.E.**$	Almidón total % $\bar{X} \pm E.E.**$
Negro	10	0.20 \pm 0.14	13.33 \pm 0.48	1.22 \pm 0.12	18.52 \pm 0.32	65.48 \pm 0.47
Rojo	4	0.64 \pm 0.30	14.69 \pm 0.70	1.15 \pm 0.21	18.41 \pm 0.65	64.45 \pm 0.54
Café	3	0.92 \pm 0.50	12.13 \pm 0.71	0.94 \pm 0.28	20.05 \pm 0.82	68.31 \pm 0.89
Blanco	3	0.02 \pm 0.06	12.39 \pm 0.82	1.06 \pm 0.23	20.17 \pm 0.51	64.70 \pm 0.62

* Cada variedad comprende cuatro réplicas.

** Promedio de los promedios de cuatro réplicas por variedad.

café, los cuales fueron diferentes entre sí. En lo que a la composición de aminoácidos se refiere las variedades café alcanzaron, en promedio, los datos más altos de metionina y triptofano e igual que las negras en lisina. El Cuadro 3 presenta los datos del contenido de taninos, inhibidores de tripsina, proteína lignificada, amilosa, y almidón total de la harina cruda de frijol.

El contenido de taninos en la harina cruda presentó un amplio rango de variación entre las variedades agrupadas por color que oscila desde 0.02 hasta 0.92 g catequina/100 g de muestra.

En promedio las variedades café arrojaron el mayor valor seguidas de las rojas, negras, y blancas que mostraron el menor promedio; el análisis estadístico determinó diferencias significativas por color.

El contenido de inhibidores de tripsina varió en promedio entre 12.13 a 14.69 UIT/ml. No se encontraron diferencias significativas entre color. La proteína lignificada presentó un rango de porcentaje promedio entre 0.94 a 1.22%; se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los frijoles café y el resto de colores.

El contenido de amilosa y almidón total, expresado en porcentaje, se encontró similar entre las variedades, independientemente del color en estos dos parámetros. El rango de variación para la amilosa y el almidón total en promedio fue de 18.41 a 20.17 y de 64.45 a 68.31%, respectivamente.

En el Cuadro 4 se detallan los datos de algunas características químicas de la harina cocida de frijol de las 20 variedades agrupadas por color. Con respecto al contenido de taninos las variedades de color café presentaron el mayor promedio con un valor de 0.038 g catequina/100 g y fueron estadísticamente diferentes.

En relación con el contenido de amilosa los resultados fueron similares en la harina de frijol cocido de diferente color, comprobado con el análisis estadístico; mientras que el porcentaje de almidón dañado fue más alto en las harinas de frijol blanco, seguido de los negros y por último por los frijoles café y rojos, los que presentaron valores similares; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre ellos.

Calidad nutricional

Los valores de NPR, digestibilidad de proteína y digestibilidad de materia seca obtenidos en las diferentes variedades de frijol, agrupadas por color, se presentan en el Cuadro 5.

Las variedades blancas presentaron el mayor promedio de NPR con un valor de 2.51, y un rango de variación entre 1.60 y 3.60, seguidas por las variedades de color rojo y café. Las variedades negras presentaron el promedio más bajo cuyo NPR fue de 1.84. Se encontró que los frijoles blancos son superiores y difieren significativamente ($P < 0.01$) de los frijoles rojos, café y negros, resultando ser estos últimos iguales entre sí.

La mayor digestibilidad verdadera de proteína la presentaron las variedades de frijol de color blanco con un valor promedio de 79.51%, seguida de los rojos (76.10%); los café (73.87%) y los negros (72.44%). Las variedades de frijol blanco resultaron ser superiores y estadísticamente diferentes a las demás.

En lo que respecta a la digestibilidad de materia seca, se encontró que las variedades de frijol blanco, rojo y negro difieren entre sí y que son superiores a las variedades de color café.

Cuadro 4. Determinaciones químicas realizadas en la harina cocida de las 20 variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) agrupadas por color.

Color	No. variedades [#]	I anings g cateq/100 g X ± E.E.**	Amilosa (%) X ± E.E.**	Almidón dañado (%) X ± E.E.**
Negro	10	0.024 ± 0.03	6.37 ± 0.29	22.65 ± 0.65
Rojo	4	0.012 ± 0.04	6.24 ± 0.29	20.65 ± 0.71
Café	3	0.038 ± 0.07	6.38 ± 0.49	20.23 ± 1.35
Blanco	3	0.012 ± 0.06	6.80 ± 0.62	24.80 ± 1.11

* Cada variedad comprende la mezcla de las cuatro réplicas.

** Promedio de los promedios de la mezcla de las cuatro réplicas por variedad

DISCUSION

Con respecto a las características químicas de las 20 variedades de frijol estudiadas, los resultados indican que el contenido de proteína cruda alcanzó valores entre 23.73 y 27.36 g/100 g (Cuadro 2). La literatura (3, 10, 11) señala límites de variación que concuerdan con los encontrados en el presente estudio.

Los frijoles rojos y blancos arrojaron el mayor porcentaje de proteína seguidos de los negros y por último los cafés.

En relación con el contenido de aminoácidos (Cuadro 2): cuando se compara con el patrón de referencia de la FAO (16) se observa que la metionina es el primer aminoácido limitante, mientras que la lisina sobrepasa el nivel establecido por la proteína patrón; estos datos coinciden con los reportados en la literatura (8, 10, 21, 27). Las variedades presentaron prácticamente el mismo contenido de metionina en promedio. Por otro lado, la proteína de las variedades cafés y negras, son las mejores con respecto a contenido de lisina y triptofano. Los aminoácidos lisina y triptofano fueron los que presentaron el mayor rango de variación (7). Tandon *et al.* (35) encontraron esa misma variabilidad indicando que en lo que respecta al triptofano se debe a diferencias genéticas. Ocurre lo contrario en el contenido de lisina, en donde la interacción entre cultivares y localidad es una importante fuente de variación en el contenido de este aminoácido.

El contenido de inhibidores de tripsina (Cuadro 3) varió en promedio entre 12.13 a 14.69 UIT/ml. Los datos del presente estudio están dentro de los rangos reportados en la literatura (11). El análisis por color del contenido de inhibidores de tripsina, clasifica los frijoles en forma descendente en rojos, negros y por último cafés y blancos. Esto concuerda con los

hallazgos de otros autores (14, 19). Elias *et al.* (13) en un estudio con frijoles negros, rojos y blancos indicaron que la actividad triptica estuvo influida por un factor termolabil (verdadero inhibidor de tripsina) y un factor termoestable (taninos). El factor termolabil o verdadero inhibidor de tripsina se encontró en mayor proporción en los cotiledones que en la cáscara, mientras que el factor termolabil se encontró en concentraciones más altas en la cáscara, especialmente en las variedades de frijol rojo y negro.

El contenido de proteína lignificada alcanzó valores entre 0.94 y 1.22%. Las variedades cafés, mostraron el menor porcentaje en promedio y se diferenciaron estadísticamente de las variedades negras, rojas y blancas; resultando ser estas últimas iguales entre sí. La variación en el contenido de proteína lignificada puede ser importante, dado que se ha informado una posible relación entre el contenido en el grano y el desarrollo de dureza durante el almacenamiento (1).

El rango promedio de amilosa obtenido en este estudio coincide por los informados en la literatura (25). La amilosa parece jugar un papel importante en la dureza de cocción por lixiviación de la amilosa a través de la pared celular durante la cocción, y en la dureza del grano medida por penetrometría siendo quizá la estructura helicoidal de la amilosa la responsable de dicha dureza (25).

Con respecto al contenido de taninos en la harina cruda expresados como catequina, se encontraron los valores más altos en los frijoles cafés y rojos, seguidos de los negros y por último los blancos. Estos datos corroboran los encontrados por otros autores (11, 13, 14), a pesar de que el método empleado en el presente estudio fue diferente, ya que los valores encontrados representan los taninos condensados que son sólo una fracción de los taninos totales y que, según la literatu-

Cuadro 5. Evaluaciones nutricionales de las 20 variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) agrupadas por color.

Color	No. variedades*	NPR $\bar{X} \pm E.E.**$	Min - Max	Digestb. de Protein (%) $\bar{X} \pm E.E.**$	Min - Max	Digestb. M.S. 1/(%) $\bar{X} \pm E.E.**$	Min - Max
Negro	10	1.84 ± 0.18	1.29 - 2.73	72.44 ± 0.60	64.99 - 83.35	90.73 ± 0.35	87.27 - 94.51
Rojo	4	2.06 ± 0.40	1.32 - 3.16	76.10 ± 1.16	58.51 - 86.32	91.30 ± 0.66	85.39 - 93.87
Café	3	1.94 ± 0.43	1.14 - 2.88	73.87 ± 1.26	65.45 - 82.78	89.23 ± 1.19	70.51 - 93.76
Blanco	3	2.51 ± 0.44	1.60 - 3.60	79.51 ± 1.00	73.01 - 88.22	91.84 ± 0.53	90.53 - 94.08

* Cada variedad comprende la mezcla de las cuatro réplicas.

** Promedio de los promedios de ocho ratas por variedad.

1 M S Materia seca.

ra (20, 34), son los que se encuentran en mayor proporción. Por otro lado, al observar el contenido de taninos en la harina cruda y cocida (Cuadro 4) hubo una disminución considerable de este compuesto en esta última, siendo mucho mayor en los frijoles rojos. El proceso de cocción indudablemente fue responsable de esta disminución, pero no se debe desechar la posibilidad de que los taninos durante el proceso puedan reaccionar con otras sustancias del grano, por ejemplo la proteína (29) formando complejos no detectables por el método empleado.

Por otro lado, los coeficientes de digestibilidad de proteína promedio en el presente estudio clasifican los frijoles por color en forma ascendente como: negros, cafés, rojos y blancos (Cuadro 5). Estos datos no concuerdan con algunos valores informados en la literatura, especialmente para el frijol rojo (11) en los cuales los frijoles rojos presentaron la menor digestibilidad comparado con los negros y blancos. Es de hacer notar, sin embargo, que los frijoles rojos presentan el mayor rango de variación (Cuadro 5) en donde se pueden encontrar valores tan bajos como 58.51% o tan altos como 86.32%. Es decir, es una población que presenta gran variabilidad en sus características, y la definición clara de ellas requiere el análisis de un número elevado de muestras.

En lo que se refiere a la calidad de la proteína, los resultados del NPR (Cuadro 5) clasificaron las variedades por color, en el siguiente orden de menor a mayor calidad: negras, cafés, rojas y blancas. Las variedades blancas fueron las únicas estadísticamente superiores al resto del grupo. Estos datos coinciden con la literatura (9, 11). Resalta el hecho de que la clasificación por color en los resultados obtenidos por NPR coinciden con la clasificación para digestibilidad verdadera de la proteína; sin embargo, una mejor digestibilidad no necesariamente se traduce en mejor calidad proteínica debido a la deficiencia de aminoácidos azufrados (9). Lo ideal sería poder obtener un frijol que tuviese alto contenido de aminoácidos azufrados y mejor digestibilidad.

Para poder definir con mayor certeza las características químicas del frijol común (*P. vulgaris*) se requiere de un mayor número de muestras por color. Sin embargo, son pocos los estudios que se han realizado con materiales que cuentan con características agronómicas, físicas (28), químicas y nutricionales como en el presente estudio. Por ello es importante poder interrelacionar la información obtenida para seleccionar parámetros que predigan mejor y más fácilmente las características óptimas del frijol común (*P. vulgaris*). Dicha interrelación entre características se presentará en el número III de esta serie.

LITERATURA CITADA

- AGUILERA, J.M.; STANLEY, D.W. 1985. A review of textual defects in cooked reconstituted legumes: The influence of storage and processing. *Journal of Food Processing and Preservation* 9(3):145-169.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1970. *Official Methods of Analysis of the AOAC* 11 ed. Washington, D.C., EE.UU.
- AYKROYD, W.C.; DOUGHTY, J. 1964. Legumes in human nutrition. Rome, Italy, FAO. *Nutritional Studies* no. 19. 135 p.
- BARNES, R.M.; KWONG, E. 1965. Effect of soybean trypsin inhibitor and penicillin on cystine biosynthesis in the pancreas and its transport as exocrine protein secretion in the intestinal tract of the rat. *Journal of Nutrition* 86:245-242.

5. BRESSANI, R. 1973. Legumes in human diets and how they might be improved. In Symposium: Nutritional Improvement of Food Legumes by Breeding. (1972, Rome, Italy) [Proceedings]. N.Y., EE UU., Protein Advisory Group of the United Nations System. p. 15-42.
6. BRESSANI, R. 1970. Variación en el contenido de nitrógeno, metionina, cistina y lisina de selecciones de frijol. In Reunión Anual Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios: Frijol (1970, Guatemala). IICA-OEA, Dirección General para la Zona Norte. p. 5-7
7. BRESSANI, R.; ELIAS, L.G. 1974. Legume foods. In New Protein Foods Technology. Ed. by A.M. Altschuld. Academic Press. v. 1A, p. 230-297
8. BRESSANI, R.; ELIAS, L.G. 1980. Nutritional value of legume crops for humans and animals. In Advances in Legume Science. Ed. by R.J. Summerfield; A.H. Bunting. p. 135-155
9. BRESSANI, R.; ELIAS, L.G. 1984. Relaciones entre la digestibilidad y el valor proteínico del frijol común (*Phaseolus vulgaris*). Archivos Latinoamericanos de Nutrición 34(1):189-197
10. BRESSANI, R.; ELIAS, L.G.; NAVARRETE, D.A. 1961. Nutritive value of Central American beans. IV. The essential amino acid content of samples of black beans, red beans, rice beans, and cowpeas of Guatemala. Journal of Food Science 26(5):525-528.
11. BRESSANI, R.; ELIAS, L.G.; DE ESPAÑA, M.E. 1981. Posibles relaciones entre medidas físicas, químicas y nutricionales en frijol común (*Phaseolus vulgaris*). Archivos Latinoamericanos de Nutrición 31(3): 550-570
12. BRESSANI, R.; FLORES, M.; ELIAS, L.G. 1975. Aceptabilidad y valor nutricional de las plantas leguminosas de grano en la dieta humana. In Seminario sobre el potencial del frijol y de otras leguminosas de grano comestible en América Latina. (1973, Cali, Col.) Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Serie 5-2, p. 17-48.
13. ELIAS, L.G.; GONZALEZ DE FERNANDEZ, D.; BRESSANI, R. 1979. Possible effect of seed coat polyphenolics on the nutritional quality of bean protein. Journal of Food Science 44(2):524-527.
14. ESPIGARES FONG DE ESPAÑA, M.I. 1977. Estudio de las posibles relaciones entre parámetros físicos, químicos y nutricionales en *Phaseolus vulgaris*. Tesis. Químico-Farmacéutico. Guat., Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 41
15. FERRAND, E.A. 1964. Flour properties in relation to the modern bread processes in the United Kingdom, with special reference to alpha-amylase and starch damage. Cereal Chemistry 41:98-110
16. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1973. Energy and Protein Requirements Committee Report. Geneva, WHO, p. 63. (Technical Report Series no. 522; Nutrition Meeting Report Series no. 52)
17. GOERING, H.K.; SOEST, P.J. 1970. Forage fiber analysis, apparatus, reagents, procedures, and some applications. In Agriculture Handbook 379. Washington, D.C., Department of Agriculture. p. 387-598.
18. GOMEZ-BRENES, R.A.; ELIAS, L.G.; NAVARRETE, D.; BRESSANI, R. 1974. Desarrollo y uso de un instrumento de laboratorio para medir la dureza. In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA) (20., 1974, Guat.) Guat., INCAP (mimeografiado)
19. GONZALEZ DE FERNANDEZ, D. 1975. Estudio sobre las posibles relaciones entre los pigmentos presentes en la cáscara de frijol y el valor nutritivo de este. Tesis. Mas Sc Guat., Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 28.
20. HASLAM, E. 1966. Chemistry of Vegetable Tannins. N.Y., USA, Academic Press
21. HINIZ, H.F.; HOUGE, D.E.; KROOK, L. 1967. Toxicity of red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*) in the rat. Journal of Nutrition 93:77-86.
22. INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA. 1964. Métodos de laboratorio. Análisis de Alimentos. Guat. 94 p.
23. JAFFE, W.G. 1959. El valor biológico comparativo de algunas leguminosas de importancia en la alimentación venezolana. Archivos Venezolanos de Nutrición 1:107-126.
24. KAKADE, M.L.; EVANS, R.J. 1966. Growth inhibition of rats fed raw navy beans (*Phaseolus vulgaris*). Journal of Nutrition 90:191-198.
25. LAI, C.C.; VARRIANO-MARSTONE E. 1979. Studies on the characteristics of black bean starch. Journal of Food Science 44(2):528-544.
26. LAM-SANCHEZ, A. 1971. Variabilidad genética y/o ambiental en el contenido de proteína y aminoácidos en leguminosas. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 27(2):118-121.
27. LEVY, B.A.; SIEIN, R.I. DE; MARQUEZ, C.G.; JAFFE, W.G. 1985. El valor bioquímico y nutricional de las semillas del haba lima (*Phaseolus lunatus*) en comparación con las del frijol común (*Phaseolus vulgaris*). Archivos Latinoamericanos de Nutrición 35(1):70-79.
28. LINARES, S.; DE BOSQUE C.M.; ELIAS, L.G.; BRESSANI, R. 1981. Características tecnológicas y nutricionales de 20 cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) I. Características físicas del grano. Turrialba 31(1):1-10.
29. MIJAVILA, S.; CARRERA, G.; DERACHE, R.; BONAS, M.T. 1971. Effect of tannic acid on body

- growth; composition and biological utilization of foods in rats. Annual Nutritional Alimentation 24(4):297-300.
30. MORRIS, H.J.; WOOD, E.R. 1956. Influence of moisture content on keeping quality of dry beans. Food and Technology 10:225-229.
31. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1963. Evaluation of protein quality. Report of an international conference. Washington, D.C., National Academy of Science. National Research Council. Publication 1100. p. 23-27.
32. PRICE, M.I.; VAN SCOYOC, S.; BUTTLER, L.G. 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. Journal of Agricultural and Food Chemistry 26(5):1 214-1 218.
33. RUTGER, I.N. 1971. Variation in protein content and its relation to other characters in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) In Report of the Tenth Dry Bean Research Conference. Washington, D.C., Agr. Res. Serv. Dept. of Agriculture. p. 59-69.
34. SWAIN, T. 1966. Comparative Phytochemistry. N.Y., USA, Academic Press. p. 360.
35. TANDON, O.B.; BRESSANI, R.; SCRIMSHAW, N.S.; LEBEAU, F. 1957. Nutrient value of beans: Nutrients in Central American beans. Journal of Agricultural and Food Chemistry 5(2):137-142.
36. WILLIAMS, P.C.; KUZINA, F.D.; HLYNKA, I. 1970. A rapid calorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. Cereal Chemistry 47(4):411-420.

Anthesis and Pollen Germination in *Hevea brasiliensis* Muell. Arg.¹

C.K. Saraswathyamma*, A.O.N. Panikkar*

ABSTRACT

Anthesis, pollen germination and tube growth of RR11 33, a clone of *Hevea brasiliensis*, were investigated. Anthesis of male flowers takes place between 1:30 and 1:45 pm and that of female flowers between 3:15 and 4:00 pm. Pollen stainability was 94.7% and pollen size ranged from 35 μ m to 45 μ m. Pollen grains recorded high germination and tube growth in the medium comprising 20% sucrose with 100 ppm each of calcium, boron, magnesium and potassium.

INTRODUCTION

Mature trees of *Hevea brasiliensis* undergo wintering, refoliation and flowering during the period December-February. In some trees there is occasionally off-seasonal flowering during September-October. A knowledge of anthesis and germination potential of pollen grains is an essential pre-requisite in breeding programmes. However, work on this aspect is only fragmentary. Dijkman (2) gave a

COMPENDIO

Se estudió la anthesis, la germinación del polen y el crecimiento del tubo germinativo del clon RR11 33 de *Hevea brasiliensis*. La anthesis de las flores masculinas se lleva a cabo entre las 13:30 y 13:45 horas, mientras que las flores femeninas lo hacen entre las 15:15 y las 16:00 horas. La tinción del polen fue de 94.7% y el tamaño varió de 35 μ m a 45 μ m. La germinación del polen y el crecimiento del tubo germinativo fueron altas en medio conteniendo 20% de sacarosa con 100 ppm de cada uno de los elementos calcio, boro, magnesio y potasio.

general account of floral biology and generative selection in *Hevea*. Germination of pollen grains and anthesis of a few clones of *Hevea* were also reported (4, 6, 7, 8). In the present investigation an attempt is made to study the anthesis, germination of pollen grains and effect of calcium, boron, magnesium and potassium on pollen germination and tube growth with respect to one clone of this species.

MATERIALS AND METHODS

The clone used for the study was RR11 33, an ortet selection of *Hevea brasiliensis* Muell. Arg, made by the Rubber Research Institute of India. The clone has been found to be a modest seeder. Five trees of the clone were selected, and from each tree five branches were selected at random for regular observation of

¹ Received for publication 27 March 1986.

The authors thank Dr. M.R. Sethuraj, Director, Rubber Research Institute of India and Shri P.N. Radhakrishna Pillai, Joint Director of Research, for their critical comments on the manuscript. Thanks also go to Shri. G. Subbarayalu, Statistician, for the analysis of the data

* Division of Botany, Rubber Research Institute of India Kottayam 686009, Kerala, India

anthesis. Male flowers just prior to anthesis were collected for pollen studies. Pollen grains were dusted in 1:1 acetocarmine-glycerol mixture and stainability was assessed after one hour. Pollen morphology was studied by acetolysis (3). Measurements of 50 pollen grains were taken for the observations. Germination was studied by dusting pollen to a drop of the medium on a glass slide and the slides were inserted in a Petri dish containing two glass rods. The Petri dishes were lined with moist filter paper. Different concentrations of sucrose (10, 15, 20 and 25%) were employed for a preliminary assessment of pollen germination. Based on the observations, a 20% sucrose medium was chosen for further study, with the following treatments:

1. 20% sucrose with 100 ppm of Ca
2. 20% sucrose with 100 ppm of B
3. 20% sucrose with 100 ppm each of B and Ca
4. 20% sucrose with 100 ppm of Mg.
5. 20% sucrose with 100 ppm of K.
6. 20% sucrose with 100 ppm each of Ca, B, Mg, and K.

Each treatment consisted of a minimum of five replicates and the average values were calculated. The data were subjected to statistical analysis. The growth of the pollen tube could be studied only with treatments one, two, three and six as the percentage of germination was very poor in treatment four and five. Fifty germinated pollen grains were chosen randomly to ascertain the tube length, which was measured after 3 h.

RESULTS

The clone RRII 33 is a complete wintering type whose refoliation starts after wintering by the middle of January. Anthesis of the male flower takes place between 1:15 pm and 1:45 pm. The anthesis of the female flower takes place between 3:15 pm and 4:00 pm. The stainability of pollen grains in acetocarmine-glycerol mixture was 94.7%. The pollen grains are 3-zonicolporate. They showed a size ranging from 35-45 μm . Among the four treatments of different concentrations of sucrose alone, the medium containing 20% recorded the maximum pollen germination (35%), whereas the medium containing 25% sucrose showed 15% germination, and 15% sucrose produced 10% germination. There was no pollen germination in the 10% sucrose solution. Based on this, Ca, B, Mg, and K alone and in combinations were incorporated into a 20% sucrose basal medium. The results are summarized in Table 1. There is significant variation in the germination percentage between the treatments. The highest percentage of pollen germination (86.44%) was recorded in the

Table 1. Germinación of pollen grains.

Treatment No.	Medium	Percentage pollen germination. Mean
1.	20% sucrose with 100 ppm of Ca.	39.95 (41.26)
2.	20% sucrose with 100 ppm each of B + Ca	60.33 (75.28)
3.	20% sucrose with 100 ppm of B	63.06 (79.28)
4.	20% sucrose with 100 ppm of Mg.	13.98 (5.88)
5.	20% sucrose with 100 ppm of K.	11.71 (4.38)
6.	20% sucrose with 100 ppm each of Ca, B, Mg and K	68.41 (86.44)

S.E. = 1.41

C.D. = 4.12

Note: 1. S.E. and C.D. are for angles obtained using arc sine transformation

2. The figures within brackets indicate respective germination percentage.

medium containing 100 ppm each of Ca, B, Mg and K in addition to 20% sucrose. This was followed, in order, by 20% sucrose with 100 ppm boron alone (79.28%) and 20% sucrose with 100 ppm each of boron and calcium (75.28%)

Observations on the growth of the pollen tube, measured in terms of tube length after three hours of treatment, are given in Table 2. Among the five treatments, highest tube growth (294 μm) was recorded in the treatment containing 100 ppm each of Ca, B, Mg and K in addition to sucrose. The medium with 100 ppm Ca alone, in addition to sucrose, recorded the lowest tube growth (138 μm), while the other two treatments were in between.

DISCUSSION

Among the different concentrations of sucrose solution tried, 20% solution was found to be the optimum for pollen grain germination. The germination of pollen grains as well as the growth of pollen tubes were high in the medium comprising 20% sucrose with 100 ppm of Ca, B, Mg and K. In

the presence of boron, the germination was accelerated, whereas the tube growth was greater in the presence of Ca and B compared to B alone. Media with K and Mg showed only low percentages of germination. But traces of these chemicals along with B and Ca in the medium appeared to enhance germination and tube growth. Some chemicals stimulating pollen germination as well as tube growth, e.g. boron, calcium and magnesium, were first noted in the stigmatic fluid in which the pollen naturally germinates (11). Importance of Ca and B for germination and tube growth had been investigated by Vasil (12) and Johri and Vasil (5). The role of calcium ions in pollen tube growth was reported by Brewbaker and Kwack (1). Ground nut pollen showed high germination and tube growth in a basal medium comprising Ca, Mg, K and B (10).

Pollen grains are considered to constitute one of the central units in the biological cycle of plants. Information pertaining to pollen viability is essential to attempt a generative improvement programme in any crop. Ramaer (9) indicated that *Hevea* pollen will not germinate in aqueous sucrose or glucose, but Majumder (6) had shown a fairly high percentage of germination in the same medium. Majumder (6) and Samaranyake *et al.* (8) showed that the percentage of sucrose solution required for germination was 15%. Markose and Bhaskaran Nair (7) reported that a 20% sucrose solution gave better germination. In

the present investigation, it was observed that very good germination and tube growth was obtained in a 20% sucrose solution. However, it appears probable that the optimum requirement of sucrose concentration in the medium may vary depending on the genotype. This has also been indicated by Markose and Bhaskaran Nair (7). The pollen collected late in the season as well as that from flowers infected by *Cidium* gave poor germination and also showed short tube length compared to those from healthy flowers. Though the clone studied is a modest seeder, the present studies indicate that pollen sterility is not the cause.

Table 2. Pollen tube growth.

Treatment No.	Medium	Mean tube length (μm)
1	20% sucrose with 100 ppm of Ca	138.20 \pm 8.86
2	20% sucrose with 100 ppm of B	208.60 \pm 9.01
3	20% sucrose with 100 ppm each of B and Ca	234.30 \pm 8.14
4	20% sucrose with 100 ppm each of Ca, B, Mg and K	294.17 \pm 12.56

Literature cited

- BREWBAKER, J.L.; KWACK, B.H. 1968. The essential role of calcium ions in pollen germination and pollen tube growth. *American Journal of Botany* 50:859-865.
- DIJKMAN, M.J. 1951. *Hevea*: Thirty years of research in the Far East. University of Miami Press. p. 178-180.
- ERDTMAN, G. 1952. *Pollen Morphology and Plant Taxonomy: Angiosperms*. Waltham, Mass. USA.
- GEORGE, P.J.; PANIKKAR, A.O.N.; NAIR, V.K.B. 1966. Observation on the floral biology and fruit set in *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. *Rubber Board Bulletin* 9:18-27.
- JOHRI, B.M.; VASIL, I.K. 1962. Physiology of pollen. *Botanical Review* 27:325.
- MAJUMDER, S.K. 1964. Studies on the germination of pollen of *Hevea brasiliensis* in vivo and an artificial media. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia* 18:185-193.
- MARKOSE, V.C.; BHASKARAN NAIR, V.K. 1970. Studies on the pollen of *Hevea*. *Rubber Board Bulletin* 11:24-28.
- SAMARANAYAKE, P.; RUPATUNGA, K.W.; FERNANDO, D.M.; JAYASEKERA, N.E.M. 1979. *In vitro* germination of pollen and pollen tube growth of *Hevea brasiliensis* in the presence of calcium and boron. *Journal of the Rubber Research Institute of Sri Lanka* 56:29-33.
- RAMAER, H. 1932. Germination of *Hevea* pollen. *Arch. Rubber Cult.* 16:328.
- MALIK, C.P. 1978. *Physiology of Sexual Reproduction in Flowering Plants*. New Delhi, India., Kalyani Publishers. p. 31-38.
- STANLEY, R.G.; LINSKENS, H.F. 1974. *Pollen-biology Biochemistry and Management*. Berlin, Springer-Verlag. p. 67-70.
- VASIL, I.K. 1960. Studies on pollen germination of certain cucurbitaceae. *American Journal of Botany* 47:239-247.

Contribución Relativa de los Grupos Arcillosos en la Predicción de Capacidad de Intercambio Catiónico de Suelos Pampeanos (Argentina)¹

M. C. Camilión*

ABSTRACT

Multiple regression analyses for cation exchange capacity with organic matter, fine silt and clay groups were established for soils —mostly Argiudolls— from two geomorphological units of the pampa plain (Argentina). The effectiveness of cation exchange capacity prediction increases significantly when the mineralogical composition is involved. It decreases if the samples are grouped as only one population. It is assumed that this decrease is due to the different participation of irregular mixed-layer minerals —not measured by diffractometry— that occur in the clay fraction, or different clay particle sizes which can affect the exchange capacity of broken bonds. The results point out the limitations of regional prediction, even for similar taxa, with four formation factors in common.

INTRODUCCION

Diversos autores, para evitar errores experimentales, adoptaron métodos de predicción de capacidad de intercambio catiónico, mediante ecuaciones de regresión múltiple estimando las contribuciones relativas de la arcilla y la materia orgánica (7, 11). Aplicables en zonas laterales y verticalmente uniformes (1) resultados satisfactorios que involucran distintos tipos de suelos, fueron obtenidos (10) con lo cual se llegó a la predicción general. Mayores coeficientes de correlación se obtuvieron al considerar la superficie específica (4, 5) por reflejar la naturaleza de los filosilicatos.

Se consideró oportuno aplicar ecuaciones de regresión múltiple, considerando los porcentajes relativos de los minerales arcillosos y siguiendo el criterio de Laverdiere (8) a los suelos de la llanura pampeana, denominada por Molisoles.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron perfiles completos e incompletos de suelos de la llanura pampeana (Fig. 1) desarrollados sobre sedimentos loésicos, pertenecientes a dos de las unidades geomorfológicas reconocidas en ella. La

COMPENDIO

Ecuaciones de regresión múltiple que consideran el tenor de materia orgánica, limo fino y los grupos arcillosos se establecieron para suelos de dos unidades geomorfológicas de la llanura pampeana (Argentina), principalmente Argiudoles. La eficacia predictiva de capacidad de intercambio catiónico aumenta significativamente al tomarse en cuenta la composición mineralógica, pero la misma se pierde al considerarse la totalidad de las muestras como población única. Esta disminución se atribuye a participación diferencial de interstratificados irregulares no mensurables, por difracción o diferencias en el tamaño de las partículas de arcilla, que afectarían la capacidad de cambio generada en enlaces rotos. Se señala la limitación de las predicciones regionales aún en taxones similares con cuatro factores de formación en común, al menos en el área estudiada.

unidad denominada Pampa Interserrana, caracterizada por un relieve suavemente ondulado y loess franco presenta argiudoles típicos, Argiudoles líticos, Hapludoles típicos y líticos. La unidad denominada Pampa Deprimida, de relieve plano y loess limo limo arcilloso, involucra Argiudoles típicos y vérticos, Natralboles, Natracualf y Vertisoles.

Homogéneos composicionalmente presentan en la fracción arcilla, ilita, esmectitas y muy escasa caolinita (9). Variaciones porcentuales en sentido vertical en cada perfil y para cada una de las unidades analizadas han sido señaladas (3).

La cuantificación de los grupos minerales, efectuada acorde a Biscaye (2) fue recalculada al total de arcilla presente y consideradas variables independientes.

Se utilizaron programas estadísticos DMDP (6) sobre 40 muestras. Se establecieron ecuaciones de correlación múltiple para cada área y como población unificada. Asimismo se realiza una ecuación de regresión establecida paso a paso para las variables de mayor peso.

RESULTADOS Y DISCUSION

La ecuación múltiple entre tenor de arcilla, materia orgánica y limo fino arroja un coeficiente de 0.73 significativo al 1% para la unidad Pampa Interserrana

¹ Recibido para publicación el 6 de enero 1988

* Investigador C.O.N.I.C.E.T Instituto Geomorfología y Suelos U.N.L.P. 532 - 949 (1900) La Plata-Argentina

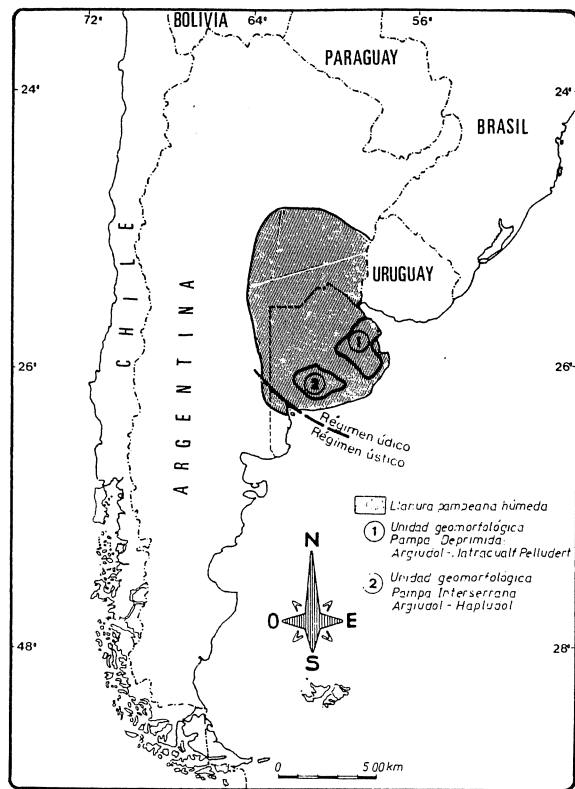


Fig. 1. Ubicación de la llanura pampeana argentina.

haciendo relevante el coeficiente parcial del tenor de arcilla (Cuadro 1). En el 53% de los casos la misma aportaría 26 cmol/kg.

En la unidad Pampa Deprimida el coeficiente de correlación alcanza el valor de 0.88, estimándose un aporte de 49 cmol/kg de la arcilla en el 77% de los casos. Este resultado es concordante con la mayor participación de esmectitas en esta área.

Cuadro 1. Correlación múltiple entre la capacidad de intercambio catiónico del suelo (Y) y el tenor de arcilla (x1), materia orgánica (x2) y limo fino (x3).

Unidad geomorfológica	Ecuación de regresión	R	Error std.	F	t1	t2	t3
Pampa Interserrana	$Y = 8.78 + 0.26 x_1 + 0.39 x_2 + 0.07 x_3$	0.73	5.28	5.23*	3.49*	0.82	0.45
Pampa Deprimida	$Y = 8.03 + 0.49 x_1 + 0.42 x_2 + 0.17 x_3$	0.88	4.35	9.26*	3.89*	0.50	0.95

F: valor Fisher

t1, t2, t3: valor t de Student de x1, x2 y x3 respectivamente.

* significativo al nivel del 1%.

Considerando como variables independientes, además de la materia orgánica, al limo fino y a los grupos arcillosos se alcanzan los coeficientes de determinación más altos: del 71% en la Pampa Interserrana y del 81% en la Pampa Deprimida (Cuadro 2). La variación restante estaría respondiendo a interacciones de los complejos arcillohúmicos —de escaso efecto según Yuan *et al.* (12) y la inexactitud de la cuantificación mineral o a deficiencias de los análisis físico-químicos (granulometría, capacidad de intercambio).

En la presunción de ser válida la unificación de las muestras de ambas unidades geomorfológicas, por responder los suelos a los mismos factores formacionales —a excepción del relieve— se resolvió encontrar una ecuación de predicción general establecida paso a paso para detectar el peso relativo de cada una de ellas (Cuadro 2). El coeficiente de correlación mostró variaciones ante la inclusión de las esmectitas y la materia orgánica, no así ante el limo y la caolinita. El máximo R encontrado fue de 0.73 que evidencia la pérdida de la eficiencia obtenida al incluir la composición mineral. Este resultado se reitera cuando se consideran todas las variables unificando ambas unidades como población única (Cuadro 3). La sobredimensión de R en cada área no explicaría por sí sola tal disminución en la predicción, de acuerdo a los valores R corregidos obtenidos: 0.84 en la Pampa Deprimida y 0.81 en la Pampa Interserrana.

De acuerdo a estas ecuaciones solo en el 61% de los casos la variación de la capacidad de intercambio catiónico se debería al tenor de materia orgánica, limo fino y tenor y composición de la fracción arcilla.

Si bien el número de muestras es limitado, estos resultados indican la desventaja de aplicar ecuaciones de predicción regional aún en taxones similares con cuatro de los factores de formación compartidos. En el caso particular estudiado, si bien los patrones difractométricos de la fracción arcilla en ambas áreas

son muy similares, en ellos se advierten reflexiones aperiódicas correspondientes a interestratificados no mensurables por su falta de definición e irregularidad: diferencias en su composición o grado de interestrati-

ficación podrían ser responsables de la disminución encontrada; asimismo diferencias posibles en el tamaño de las partículas arcillosas podrían estar afectando la capacidad de cambio generada en enlaces rotos.

Cuadro 2. Correlación múltiple entre la C.I.C. del suelo y los tenores de materia orgánica (x1), ilita (x2), esmectitas (x3), caolinita (x4) y limo fino (x5).

Unidad geomorfológica	Ecuación de regresión	R	F	Error std.	t1	t2	t3	t4	t5
Pampa Interserrana	$Y = 5.88 + 1.39x_1 + 0.13x_2 + 0.64x_3 - 3.93x_4 + 0.14x_5$	0.84	6.51*	4.46	2.42**	1.58	4.77*	-1.33	0.99
Pampa Deprimida	$Y = 16.38 - 1.52x_1 + 0.37x_2 + 0.93x_3 - 1.06x_4 + 0.09x_5$	0.90	6.39*	3.37	-0.89	2.81*	2.08	-0.51	1.33

*F valor Fisher significativo al nivel del 1%

t1, t2, t3, t4 y t5: valores t de Student de x1, x2, x3, x4 y x5 respectivamente

Cuadro 3. Correlación múltiple paso a paso C.I.C. suelo-ilita, esmectitas, materia orgánica.

PASO 1 C.I.C. suelo-ilita	$Y = 20.679 + 0.29x_1$ r: 0.48 error coef b: 0.089 F: 11.20							error st: 6.41 t1: 3.35
PASO 2 C.I.C. suelo-ilita y esmectitas	$Y = 18.080 + 0.25x_1 + 0.28x_2$ R: 0.60 error coef b1: 0.08 error coef b2: 0.10 F: 10.17							error st: 5.94 t1: 3.01 t2: 2.70
PASO 3 C.I.C. suelo-ilita, esmectitas y materia orgánica	$Y = 16.973 + 0.09x_1 + 0.39x_2 + 1.159x_3$ R: 0.73 error coef b1: 0.08 error coef b2: 0.09 error coef b3: 0.305 F: 14.07							error st: 5.09 t1: 1.165 t2: 4.200 t3: 3.802
PASO 4 C.I.C. suelo-ilita, esmectitas, materia orgánica y caolinita	$Y = 17.395 + 0.115x_1 + 0.409x_2 + 1.167x_3 - 1.36x_4$ R: 0.74 error coef b1: 0.08 error coef b2: 0.09 error coef b3: 0.305 error coef b4: 1.527 F: 10.69**							error st: 5.10 t1: 1.34 t2: 4.28 t3: 3.81 t4: -0.89

Cuadro 4. Correlación múltiple para suelos de la llanura pampeana (población unificada).

Ecuación de regresión	R	error	F	t1	t2	t3	t4	t5
$Y = 8.91 + 0.27 x_1 + 0.75 x_2 - 0.02 x_3$	0.75	5.40	11.20*	5.18*	2.11**	-0.22		
x1: % arcilla x2: % materia orgánica x3: % limo fino								
$Y = 6.94 + 1.27 x_1 + 0.17 x_2 + 0.48 x_3 - 1.50 x_4 + 0.04 x_5$	0.78	4.75	8.70*	3.12*	2.12**	4.32*	-1.0	0.40
x1: materia orgánica x4: caolinita x2: illita x5: limo fino x3: esmectita								

* significativo al nivel del 1%

** significativo al nivel del 5%

LITERATURA CITADA

1. ARNAULD, R.J.; SEPHTON, G.A. s.f. Contribution of clay and organic matter to C.I.C. of chernozemic soils. Canadian Journal of Soil Science 1:124-126.
2. BISOAYE, P.E. 1965 Mineralogy and sea sedimentation of recent deep sea clay in the Atlantic ocean and adjacent areas, seas and oceans. Geological Society of American Bulletin 76:803-932.
3. CAMILION, M.C. 1985 Relación entre la composición mineralógica y la capacidad de intercambio catiónico de suelos de la llanura pampeana. Tesis Doctoral. Arg., Universidad Nacional de la Plata. 164 p.
4. CURTIN, D.; SMILLIE, G.W. 1976 Estimation of components of soil cation exchange capacity from measurements of specific surface and organic matter. Soil Science Society of America Journal 40:461-462.
5. DE KIMPE, G.R.; LAVERDIERE, M.R.; MARTEL, Y.A. 1979. Surface area and exchange capacity of clay in relation to the mineralogical composition of gleysolic soils. Canadian Journal of Soil Science 59:341-347.
6. DIXON, W.J. 1975. Biomedical computer programs DMDP. University of California Press. 890 p.
7. HALLSWORTH, E.C.; WILKINSON, G.K. 1958. The contribution of clay and organic matter to the CIC of the soil. Journal of Agricultural Science 1(3).
8. LAVERDIERE, M.R. 1978. Cation exchange capacity of clay-rich soils in relation to organic matter, mineral composition and surface area. Soil Science Society of America Journal 42:763-764.
9. SCOPPA, C.O. La mineralogía de los suelos de la llanura pampeana en la interpretación de su génesis y distribución. Actas Reunión Argentina Cs. Suelo, IDIA 7(Supl 33):659-673.
10. SYERS, R.; VAMPBELL, A.S.; WALKER, T.W. 1970. The contribution of organic carbon and clay to CIC in a chronosequence of sandy soils. Plant and Soil 33:104-121.
11. WRIGHT, W.R.; FOSS, J.E. 1972. Contribution of clay and organic matter to CIC of Maryland soils. Soil Science Society of America Proceedings 36:115-118.
12. YUAN, T.L.; NATHAN CAMMON (Jr); LEIGHTY, R.G. 1967. Relative contribution of organic and clay fractions to cation exchange capacity of sandy soils from several soil groups. Soil Science 104:123-127.

Effect of Stalk Section, Coverage Depth and Date of First Irrigation on Seedcane Germination of Two Commercial Sugarcane Cultivars in Nigeria¹

Y.A. Abayomi*, E.O. Etejere**, O. Fadayomi*

ABSTRACT

Pot experiments were carried out in a screen house at the University of Ilorin, Nigeria, to study the influence of different sections of matured stalks, coverage depth and date of first irrigation after planting on seedcane germination of two commercial sugarcane cultivars. Top sections of matured cane stalks, when used as setts (cuttings with single bud) gave the fastest and the best germination. This pattern was the same for all coverage depths and dates of first irrigation tested. Similarly, date of first irrigation after planting significantly affected germination percentage irrespective of stalk sections and depth of coverage. Faster and higher germination were obtained when setts were irrigated at planting. Delaying first irrigation until five days after planting reduced germination by 24 percent. On the contrary, depth of coverage did not significantly influence the final germination percentage. Also, the interactions between date of first irrigation, coverage depth and sections of the stalk were not significant.

INTRODUCTION

Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) is commercially propagated by cuttings of mature stalks with one or more buds. The basis of a good crop is considered to be good bud development on planted cuttings, followed by satisfactory tillering, as this provides the appropriate number of stalks required for good yield (11). However, optimum germination and early shoot vigour result when both the internal and external factors are optimal (5).

Among the external factors that have been reported to affect germination of sugarcane setts are temperature (8, 12), age of the bud/section of the stalk (3, 4, 7), and depth of coverage (1, 5, 10). Soil factors, particularly compactness and moisture, have been indicated to affect germination of cane (9). The amount of nutrients and reducing sugars present in the setts have been identified as two internal factors affecting cane germination (7).

COMPENDIO

Se estudió la germinación de dos variedades de caña de azúcar y el efecto que sobre la misma tienen la sección usada de la caña madura, la profundidad de siembra y la fecha del primer riego. Los experimentos se hicieron en macetas y bajo invernadero en la Universidad de Ilorin, Nigeria. La mejor y más rápida germinación se obtuvo con estacas de un nudo y de la sección superior de la caña. Esto fue cierto para todas las profundidades de siembra y fechas de riego. De la misma manera la fecha del primer riego afectó el porcentaje de germinación sin importar la sección de la cual se tomó la estaca o la profundidad de la siembra. La más rápida y alta germinación se obtuvo cuando las estacas fueron regadas en el momento de la siembra. El retrasar el riego hasta cinco días después de la siembra, redujo la germinación en 24 por ciento. Por el contrario, la profundidad de siembra no afectó significativamente el porcentaje final de germinación. La interacción entre las tres variables estudiadas no fue significativa.

Sugarcane is the main source of sugar production in Nigeria. The land area under cane cultivation is very low (about 7 000 ha) and as such it has not been possible to set out an area for seed cane production. Thus, part of the mature cane stalks for crushing are used for planting. However, there have been reports of undesirable gaps in the field resulting from poor germination of setts (6). Replanting of such gaps is usually undertaken; however, this gives rise to canes of different physiological ages at harvesting, thereby reducing total sugar output. There have been no reports of factors affecting cane germination.

The objective of the present study was to evaluate the effects of stalk sections (age of buds), coverage depth and date of first irrigation after planting, on germination of the two commercial cane cultivars, Co 957 and Co 1 001.

MATERIALS AND METHODS

The study was carried out in a screen house at the University of Ilorin, Nigeria, using groups of 10-litre plastic pots, filled with sandy loam top soil (pH 4.4, OM 2.2% - 2.20%, CEC - 16.17). Two com-

¹ Received for publication 4 September 1986

* Sugar Research Institute, University of Ilorin, Nigeria.

** Department of Biological Sciences, University of Ilorin, Nigeria

mercial cultivars (Co 957 and Co 1 001), which together account for more than 60% of the total areas in sugarcane estates in Nigeria, were used in the study.

The study was designed as a factorial experiment of: a) section of stalk; b) coverage depth; and c) date of first irrigation after planting. There were three levels of each factor and two replications. Details of the various treatments of each factor are as follows:

a) Section of the stalk used as planting material

For the purpose of the present study, short single-budded setts were used. Whole stalks of mature cane (12 month-old) were cut into setts of single bud. The setts were classified as top, middle and bottom. Setts coming from the first metre of the stalk from ground level were classified as the bottom setts, the next metre up constituted the middle setts, while the remainder were classified as the top setts.

b) Coverage depth

- buds covered with 5 cm soil layer
- buds covered with 10 cm soil layer
- buds covered with 15 cm soil layer

c) Date of first irrigation after planting

- setts irrigated immediately after planting
- delaying first irrigation of setts until three days after planting
- delaying first irrigation of setts until five days after planting

In all cases the soil was irrigated to saturation at the first irrigation, and this was maintained by subsequent irrigation on alternate days until the study was terminated. For each factorial combination of the above factors, five setts were planted per pot, and each treatment combination was replicated twice. Termination percentages were estimated from emergence counts of seedlings undertaken from day seven to day 21 after planting, when the study was terminated.

All data collected were subjected to variance analysis, and treatment means were tested with least significance difference (LSD) at the 5% level.

RESULTS AND DISCUSSION

Variance analysis shows that two of the three main effects, section of stalk and date of first irrigation, are significant for Co 1 001. However, for Co 957, the significance of these two main effects was qualified by a significant interaction between them. For the two

cultivars, the effect of date of first irrigation after planting was highly significant (at 1% level). While the significant effect of section of stalk was high (at 1% level) with Co 957, it was slight (at 5% level) in the case of Co 1 001. In both cultivars, the effect of coverage depth on the final germination percentages was not significant.

The significant interaction involving the section of stalk and date of first irrigation after planting in Co 1 001 implies that the reactions of setts to delayed irrigation depends on the section of the stalk. This explains why delayed irrigation, even for five days after planting, did not significantly affect the final germination percentage of top section, while the same treatment significantly affected the germination of both the middle and bottom sections. The three-way interactions involving section, depth and date of first irrigation were not significant for the two cultivars.

Germination was fastest and best with the top section cuttings of both cultivars at all dates of first irrigation (Fig. 1). A 100% germination of the top cuttings was obtained by the 13th and 17th day after planting for Co 1 001 and Co 957 respectively, when the cuttings were irrigated at planting. However, for the same periods and the same irrigation date, germination percentages of 90 (middle section) and 70 (bottom); 90 (middle) and 86.7 (bottom) were ob-

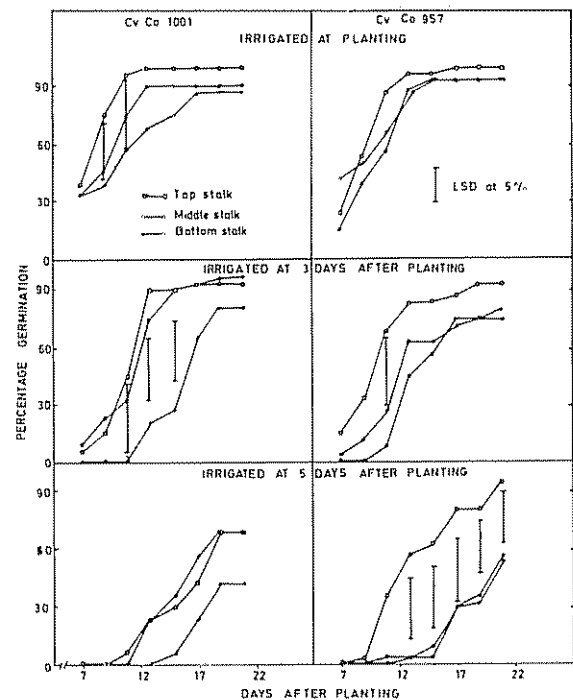


Fig. 1. Effect of part of stalk on germination percentage at different irrigation dates of all coverage depth.

tained for Co 1 001 and Co 957 respectively. These germination percentages were, however, not significantly different, except for the bottom section of Co 1 001 (7%) which was significantly different from the top and middle sections at $P = 0.05$

The top sections were neither significantly affected by the differential date of first irrigation after planting, nor by the coverage depth. However, the middle and the bottom sections were significantly affected by the differential date of irrigation after planting but not by coverage depth. Over all, the effect of delayed irrigation was most severe on the bottom sections of both cultivars. For example, germination percentages of 43.3 and 53.3 were recorded for the bottom sections of Co 1 001 and Co 957 respectively, when irrigation was delayed for five days after planting as against 70 and 86.7% germination respectively, for the cultivars when the same section was irrigated at planting

The superiority of the top section in germinability has been reported earlier. Clements (3) observed that top cuttings from the upper section of mature stalk germinated faster and with a higher percentage than did cuttings from the older basal portions of the stalks. Similarly, Das (4) reported that setts graded in order of ageing of buds showed gradual decline in germination percentages with an increase in age. The reports of these authors further showed that the differences in germinability due to age of buds were statistically significant. This was also true for the present study, where germination percentages of the top and bottom setts were significantly different at $P = 0.05$

It has been observed that the transition from the dormant into germinating stage of the buds is characterized by changes in the food constituents and sugars which are triggered by moisture (5). Similarly, the importance of sucrose inversion into glucose on germination has been clearly demonstrated by Singh and Ali (9). However, in studying the effect of reducing sugars on germination of cane setts, Plana and Alvarez (7) observed that top sections of mature stalks have a higher level of reducing sugars than the bottom section and hence showed better germination. This explains the superiority of the top section in germination, as demonstrated in this study

Fig. 2 shows that irrigation immediately after planting gave the best germination of setts from the three sections. The final germination percentage observed for the top sections of the two cultivars were 100, 93 and 83 for setts irrigated at planting, three and five days after planting respectively. However, the results of the same treatments for the middle and bottom sections respectively were 91.5, 86.3 and

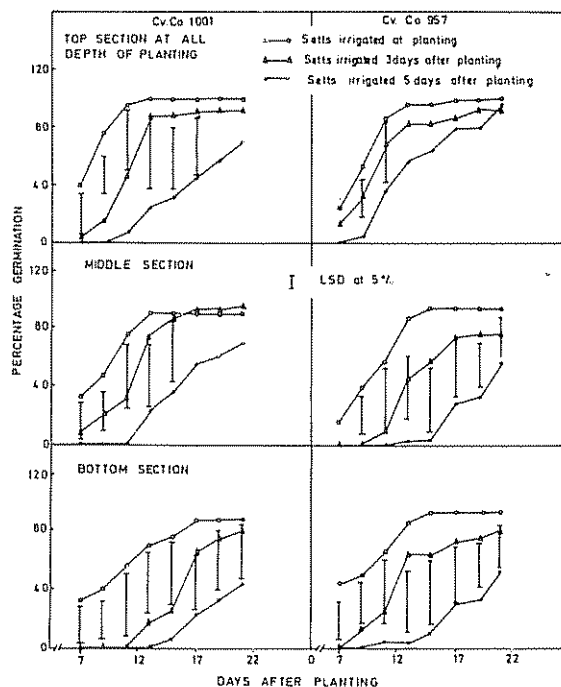


Fig 2 Effect of date of first irrigation after planting on the germination of sugarcane setts from three sections of matured stalk.

63.5; 90, 81.5 and 46.5 for setts irrigated at zero, three and five days after planting, in that order. Setts irrigated at planting achieved maximum germination percentage by the 15th day after planting, while those in which the first irrigation was delayed for three or five days after planting reached peak germination in 19 and 21 days respectively. Overall, all setts irrigated at five days after planting gave significantly poorer germination for all the three sections, while those irrigated at planting and three days after were not significantly different.

Superior germinability of cane irrigated at planting and loss of germinability with delayed irrigation has been reported in Hawaii (5). Similarly, Choudry (2) at Pusa, Bihar found in a pot experiment that well-watered setts germinated at about twice the rate of unwatered setts. The need for moisture to trigger the shift of the bud from dormancy to activity (5) could explain why setts irrigated at planting on the one hand germinated fastest and had the highest germination percentages, and why delayed irrigation, on the other hand, resulted in a slow rate of germination and probable failure of germination

Transition from the dormant into the germinating stage of the buds is characterized by changes in food constituents and sugars (5), and sucrose inversion into glucose is an important factor in germination (9). All

these are triggered by moisture (5). The importance of moisture in sucrose inversion and hence in germination was thus clearly demonstrated by the severe effect of delayed irrigation on the bottom sections (Figs. 1, 2) which had been shown to have low concentrations of reducing sugars (7). For instance, the bottom sections of Co 1 001 in which irrigation was delayed for three or five days after planting, recorded no germination 11 days after planting, while the same setts irrigated at planting recorded about 57% germination at the same period. Similarly, Co 957 recorded germination percentages of 67, 27, and 3.3 for bottom setts first irrigated at planting, three and five days after planting respectively. Therefore, if it is important to irrigate young seed cane at planting or shortly thereafter, it will be even more important to irrigate the field immediately after planting when more mature stalks are being used as planting material. However, in sugar estates in Nigeria, canes of 12 months or more in age are usually planted and irrigation is usually delayed for more than three days after planting, resulting in loss of germination and undesirable gaps in the plantation.

Analysis of variance (Table 1) showed that the effects of the date of first irrigation and section of stalks were significant at the termination of the study. However, Fig. 2 shows that moisture effect was significant for the top sections only for the first 15 days, while it was significant for the middle and bottom sections throughout the study period. Hence, the significant date of first irrigation and section of stalk interaction obtained with Co 957.

All the coverage depths (5, and 15 cm) considered in this study did not significantly affect the final ger-

mination percentage of all sections and at each irrigation date (Fig. 3). However, the shallowest depth (5 cm) gave the fastest emergence which was significantly better ($P = 0.05$) than the deepest depth (15 cm), up to eleven days after planting for both cultivars. Eleven days after planting the germination percentages recorded for Co 1 001 were 90, 90 and 50 for the 5, 10, and 15 cm coverage depth respectively, when setts were irrigated at planting.

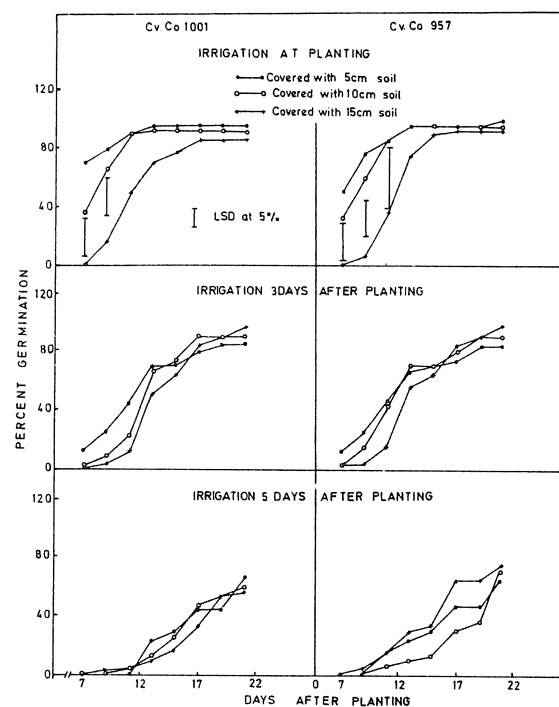


Fig. 3. Effect of coverage depth on germination of sugar cane setts at different periods of first irrigation after planting.

Table 1. ANOVA table showing the effects of main treatments and their interactions on germination (21 days after planting).

Sources of variation	Co 957				Co 1 001		
	Degree of freedom	Sum of squares	Mean squares	F	Sum of squares	Mean squares	F
Total	53	22 437.04			31 533.33		
Replication	1	362.96			66.6		
Treatments	26	17 037.04	655.27	3.38**	22 533.33	866.67	2.52*
Irrigation date (I)	2	6 414.82	3 207.41	16.55**	10 844.44	5 422.22	15.78**
Section of stalk (S)	2	5 348.07	2 674.07	13.80**	3 377.77	1 688.88	4.91*
Coverage Depth (D)	2	637.04	318.52	1.64	44.44	22.22	0.06
IS	4	2 740.74	685.18	3.54*	977.78	244.44	0.71
ID	4	118.52	29.63	0.15	2 177.79	544.45	1.58
ISD	8	1 125.92	140.74	0.73	4 000.00	500.00	1.45
Error	26	5 037.01	193.73	8.0	8 933.34	343.59	

* - Sig. at 5%

** - Sig. at 1%

CONCLUSION

From the foregoing, it is certain that cane seed germination and the consequent crop establishment are largely affected by the physiological age of the setts used as planting materials, and irrigation management. Top and middle sections of matured stalks germinated better than the bottom setts which are physiologically more mature. Therefore, younger cane (about six – eight months) will make the best planting material. Alternatively, the last 10 – 12 internodes of millable canes can be used with good results. Delaying first irrigation after planting for more than three days will result in poor germination and unsatisfactory crop stands. It is, however, advisable to irrigate immediately after planting for best crop establishment.

These results are in accordance with those obtained by Borden (1) who reported that deeper coverage delayed emergence and later resulted in seed mortality. In his study with buds covered with 2.5, 7.5 and 12.5 cm of Hawaiian soil, he found that 12.5 cm were usually unsatisfactory. However, Humbert (5) noted that the depth of soil used in covering seeds not only influences the germination and establishment of the stand, but also the early development of the cane stool. He thus warned that with shallow planting, care must be taken to keep soil moist by frequent light irrigation. This view was supported by this study when the shallowest depth (5 cm) recorded the poorest (not significant) germination percentage at delayed irrigation periods.

LITERATURE CITED

- 1 BORDEN, R.J. 1943. Depth of planting canes affects germination. *Hawaiian Planters' Record* 47:75-79.
- 2 CHOUDHRY, J.K. 1960. Effect of irrigation with ammonium sulphate on the growth, yield and quality of sugar cane (Co 453). *Indian Agriculturist* 4:33-43.
- 3 CHEMENTS, H.F. 1940. Factors affecting germination of sugarcane. *Hawaiian Planters' Record*.
- 4 DAS, S.R. 1981. Influence of ageing of seed canes on germinability and vigour and growth of seedlings of sugarcane. *Seed Research (India)* 9(2):162-166.
- 5 HUMBERT, R.P. 1968. *The Growing of Sugarcane*. Amsterdam, Elsevier Publishing Company.
- 6 ODOFIN, J.A. 1981. *The Nigerian Sugar Company Field Tech Annual Report 1980*.
- 7 PLANA, R.; ALVAREZ, F. 1982. Study on the influence of different stalk sections on budding, cane and sugar yield in C 187 – 68 and MY – 5 723 cultivars. *Cultivos Tropicales* 4(1):21-30.
- 8 RANDE, R.D.; DOPP, E. 1938. *Phthium* root rot of sugarcane. U.S. Dept. Agric. Tech. Bull. 666:95.
- 9 SINGH, R.G.; ALI, S.A. 1983. Studies on factors affecting germination in sugarcane. *Indian Sugar Crops Journal* 9(1):1-4.
- 10 VALDES, M.S.; ITHERT, G.R.; BARANOV, V.D. 1982. Effect of planting depths on the production of sugarcane grown on poorly drained land. *Ciencias de la Agricultura* 12:99-107.
- 11 VAN DILLEWIJN, C. 1952. Botany of sugarcane. *Chronica Botanica* v 14.
- 12 VLRREI, J.A. 1927. The effect of heat on germination of sugarcane cuttings. *Hawaiian Planters' Record* 31:112-115.

Les Jardins-Vergers Familiaux d'Amazonie Centrale: un Exemple d'Utilisation de l'Espace¹

J.-L. Guillaumet, P. Grenand*, S. Bahri*, F. Grenand*, M. Lourd*, A.A. dos Santos**, A. Gély****

ABSTRACT

Structural, floristic, sanitary and socio-cultural analyses of three polyspecific orchards of the Central Brazilian Amazon (Manaus area) are presented. The installation of orchards with produce destined for home consumption and eventual sale, as currently practiced in the region, is a phase following the itinerant farming of cassava. In the lowlands (várzeas), such farming can be understood as a recreation of the previous arboreal system. The species planted are of diverse origins, although mostly Amazonian (40 of a total of 60 species surveyed). Those aspects of Amazonian arboriculture of relevance to agroforestry have been neglected in the past and should, due to their particular characteristics and current conditions, be encouraged in the future.

RÉSUMÉ

Analyse structurale, floristique, sanitaire et socio-culturelle de trois vergers polyspécifiques d'Amazonie centrale brésilienne (environs de Manaus). L'installation de vergers destinés à la consommation familiale et éventuellement à la vente est une pratique courante dans cette région, elle succède à la culture du manioc sur brûlis. Dans la plaine alluviale, de tels vergers peuvent être une reconversion de systèmes arborés antérieurs. Les espèces utilisées sont d'origines diverses, les amazoniennes étant prédominantes: 40 sur un total de 60 espèces recensées. Longtemps ignorée, l'arboriculture amazonienne, aménagement relevant de l'agroforesterie, devrait être, en raison de ses caractéristiques et dans les conditions actuelles, encouragée.

INTRODUCTION

Depuis les années 60, une littérature scientifique de plus en plus abondante s'est constituée autour des systèmes d'exploitation traditionnelle des basses terres d'Amérique tropicale pour répondre aux questions soulevées par les choix de stratégies de développement. Cette littérature entraîne un renouvellement rapide de nos connaissances ethnoscience et écologiques sur la région néotropicale.

Le débat a d'abord longtemps porté sur la validité de l'agriculture sur brûlis, sa richesse et sa diversité, ses limites et ses capacités d'adaptation à une économie de marché. Récemment, on a pris conscience de l'existence en Amérique méridionale de systèmes culturels où l'arbre tenait une place dominante et que

l'on a englobé très vite, à la suite des exemples africains et asiatiques, sous le qualificatif d'agro-forestiers.

L'un de ces systèmes, constitué par un ensemble d'espèces ligneuses fruitières ou à usage technique, est particulièrement fréquent en Amazonie centrale. Essentiellement axé sur l'autoconsommation familiale, cet espace d'apparence forestière abrite les habitations et des plantes d'importance secondaire. Le terme régional de "sitio" englobe ces différents éléments que nous pouvons résumer en français par l'expression "jardins-vergers familiaux", comme il nous l'a été suggéré par le Comité de lecture de Turrialba, que nous remercions bien volontiers ici

L'observation montre que ces jardins-vergers ont des compositions, des structures, des histoires différentes selon leur localisation et l'origine de leurs propriétaires. En fonction de ces éléments, trois exemples ont été retenus que l'analyse permet de replacer dans un cadre plus général

Cet article présente les résultats de l'étude de trois jardins-vergers familiaux réalisée en Amazonie centrale par des chercheurs de plusieurs disciplines, anthropologie, botanique, écologie, ethnobotanique et phytopathologie.

¹ Reçu le 7 novembre 1988.

Accord CNPq/INPA (Brésil)-ORSTOM/CNRS (France). Nous remercions Mme Onésia Macedo, Mr. Carlinho da Silva et Mme Raimunda Ayres da Sylva, Mr. Adriano do Carmo Cruz et leurs familles, pour leur accueil et les nombreuses informations qu'ils nous ont fournies avec tant de bonne volonté durant de nombreuses heures d'entretien, ainsi que Mr. José de Jesus Antunes Palheta de l'INPA pour son aide sur le terrain et sa connaissance du milieu amazonien

* Antenne ORSTOM auprès de l'INPA. Dpt de Ecologia, C.P. 478, 69 011, Manaus, Am., Brésil.

** INPA. Dpt. de Ecologia. C.P. 478, 69 000, Manaus, Am., Brésil.

*** MPEG. Dpt. de Botânica. C.P. 399, 66 000, Belém, Pa., Brésil

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les trois cas étudiés se trouvent en Amazonie centrale: sur le Rio Cuieiras, affluent du bas Rio Negro, au lac de Beruri sur le Rio Purus, affluent du cours supérieur de l'Amazone, et dans l'île de Careiro, à proximité de Manaus (Fig. 1). Ils ont été retenus pour les raisons suivantes:

Situation géographique. Cuieiras et Purus sont situés sur la terre ferme, Joánico dans une île de "várzea", système alluvial de l'Amazone

Origine des propriétaires. Amérindienne pour les exploitations du Cuieiras (Tucano) et du Purus (Ticuna), métis amazoniens, "caboclos", à Joánico, le père de famille est originaire de l'Etat du Pará, son épouse de celui d'Amazonas.

Situation économique. Cuieiras et Purus échappent presque totalement à l'influence de la ville de Manaus. Les deux exploitations sont essentiellement consacrées à l'alimentation familiale, seules quelques productions excédentaires et de conservation facile font l'objet de ventes ou d'échanges avec les commerçants ambulants. La situation de Careiro est tout à fait différente: la proximité du marché de Manaus et la fertilité des sols alluvionnaires incitent les agriculteurs, malgré les con-

traintes naturelles dues à l'inondation saisonnière, à se tourner vers la production et la vente de légumes et fruits frais. Le manque de moyens de transport ainsi que les fluctuations de la demande du marché ne permettent pas la commercialisation totale des produits du verger. Cependant l'apport monétaire fourni par les seuls fruits, accru par la vente du latex d'hévéa, revêt une importance certaine dans les budgets familiaux

Historique. Le site du Cuieiras date de 1978; il a été établi en 1975, par défrichement d'une forêt secondaire. Les propriétaires, venus du haut Rio Negro, s'étaient d'abord fixés quelques années près de Manaus où résident encore une partie de la famille avec laquelle les relations continuent. Le verger du Purus date d'environ 25 ans et existait déjà à l'arrivée des actuels propriétaires. Etroitement liés au marché de Manaus, les jardins-vergers familiaux de Careiro semblent résulter d'un réaménagement des plantations antérieures

Stade de développement. Le verger du Cuieiras est jeune, son évolution a été suivie régulièrement. Celui du Purus a l'avantage de présenter une juxtaposition des différentes étapes du processus de mise en place. L'un et l'autre sont isolés et leur progression n'est pas

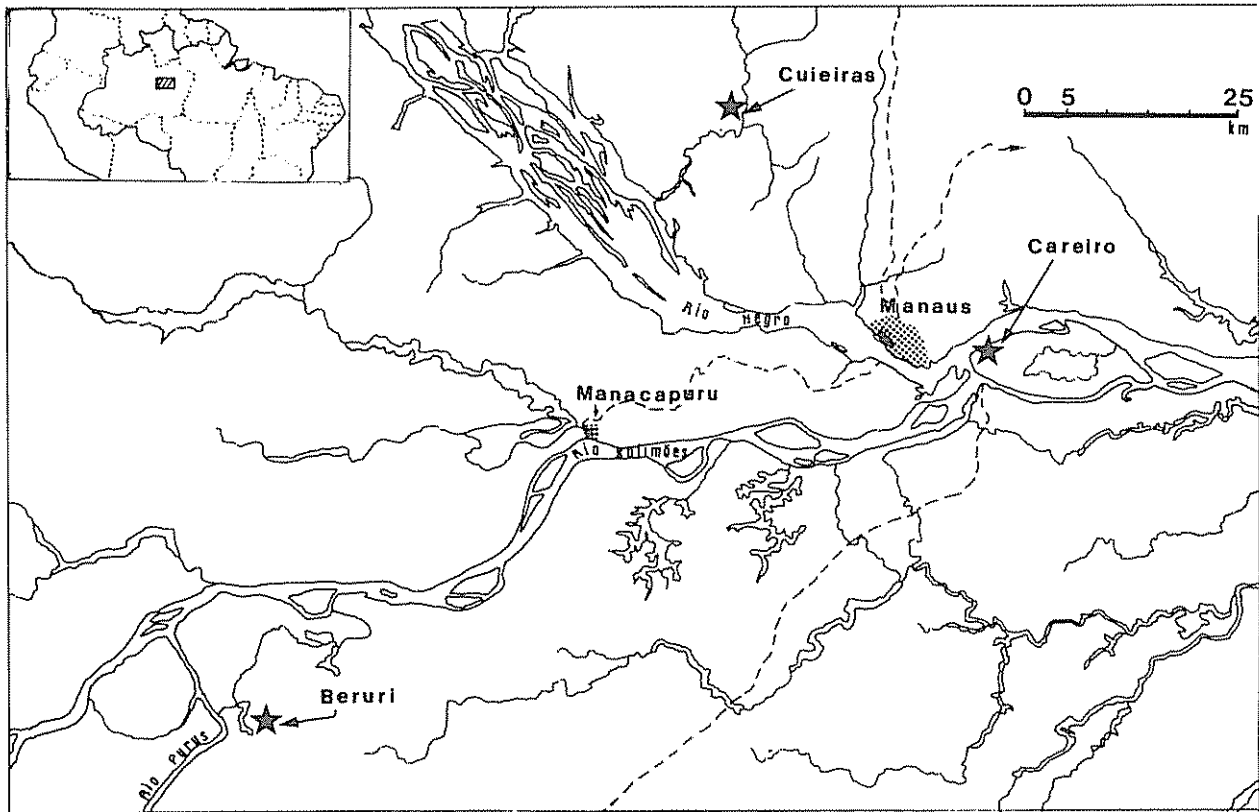


Fig. 1 Situation des vergers étudiés

limitée dans l'espace. L'exploitation de Joanico est incluse dans la bande arborée installée sur le bourrelet alluvial de l'île de Careiro. Son extension est limitée, d'une part, par le fleuve et la dépression interne impropre à l'arboriculture, d'autre part, par les propriétés voisines compte tenu de la forte densité de population.

Dans les trois situations, tous les individus, jeunes et adultes, de chaque espèce ont été dénombrés. La mise en place et l'évolution actuelle ont été suivies très précisément dans le verger du Cuieiras, plus succinctement dans les deux autres. Les techniques de traitement, la présence de maladies et de ravageurs ont été notées.

Dans chaque verger, à titre d'illustration et pour mieux en approcher la structure et les tendances évolutives, un relevé d'une bande d'une largeur de 10 mètres et d'une longueur définie par la structure générale de la plantation a été exécuté. Son emplacement a été choisi afin de recouper le maximum de la variation reconnue sur le terrain, comme on peut le constater en comparant avec les plans d'ensemble. Toutes les espèces ont été répertoriées et leurs positions relevées, avec les hauteurs et le diamètre de la couronne pour les arbres. L'ensemble de ces données est représenté sous forme graphique volontairement schématisée: plans figurant la situation des arbres et la projection des cimes et profils structuraux.

Enfin le cadre socio-culturel dans lequel s'incrinvent ces pratiques agricoles a été analysé et permettra de discuter leur place dans l'Amazonie contemporaine.

RÉSULTATS

Composition générale des jardins-vergers

Dans l'ensemble des trois cas étudiés, 61 espèces sont représentées, parmi lesquelles 37 arbres fruitiers, 11 palmiers, également cultivés pour leurs fruits sauf une à usage technique, et 13 arbustes à usages divers y compris décoratif (Tab. 1)

Les espèces se répartissent en trois groupes. Selon leur origine (Tab. 2): a) espèces étrangères introduites en Amazonie: 15 dont 11 fruitières; b) espèces d'origine américaine, toutes largement diffusées dans le monde intertropical: 7 dont 5 arbres fruitiers; et c) espèces originaires d'Amazonie: 39 parmi lesquelles 31, dont 9 palmiers, sont cultivées pour leurs fruits ou leurs graines comestibles. Certaines, tel *Theobroma speciosum* au Purus, sont plus protégées que réellement cultivées, elles existaient avant la création du verger et n'ont été que conservées lors de son installation.

A cette richesse spécifique vient s'ajouter une relative diversité intraspécifique: 3 "variétés" de *Persea americana*, 2 de *Psidium guayava*, 2 de *Bactris gasipaes*, 2 de *Mangifera indica* pour le seul verger du Cuieiras.

Analyse des transects

Le Cuieiras (Figs 2, 3, 4 et Tab. 3)

On note un certain regroupement par espèce, et une évidente stratification. Le recouvrement total au sol avoisine 90% de la surface totale du transect.

On observe trois strates: une strate d'émergents constituée par les 9 individus adultes de *Bactris gasipaes* — une strate moyenne, niveau supérieur entre 5 et 8 m, constituée de *Pouteria caimito* (12 ind.), *Inga edulis* (7), *Rollinia mucosa* (6), *Poraqueiba paraensis* (6), *Pourouma cecropiaefolia* (1). *Pourouma cecropiaefolia* et *Inga edulis* représentent plus de 50% du recouvrement — une strate inférieure à *Theobroma grandiflorum*, *Coffea arabica* et jeunes sujets des espèces citées ci-dessus.

Cette plantation est jeune, *Persea americana*, *Eugenia malaccensis*, *Artocarpus incisa*, *Mangifera indica* n'ont pas atteint leurs tailles maximales. Les palmiers, *Astrocaryum tucuma*, *Euterpe oleracea* et *Oenocarpus bacaba*, sont essentiellement représentés par de jeunes individus.

A brève échéance *Pourouma cecropiaefolia* et les espèces de *Inga*, plantes à durée de vie limitée, strictement héliophiles, seront surcimées par les espèces citées au paragraphe précédent et disparaîtront.

Le Purus

Ce verger associé à des plantations de manioc est très étendu et montre le mécanisme progressif de mise en place: à la "roça", culture sur brûlis établie au détriment de la forêt, succède une culture intensive d'ananas (formes épineuse et non épineuse) et d'arbres fruitiers dont les premiers sont mis en place avant la récolte du manioc. La progression se fait le long des sentiers (Fig. 5). Les trois transects étudiés montrent l'évolution dans le temps:

Transect I (Fig. 6 et Tab. 3)

Les palmiers, 5 espèces et 13 individus, prédominent. Les trois grands *Astrocaryum tucuma* devaient exister avant la mise en culture. Les 16 individus (6

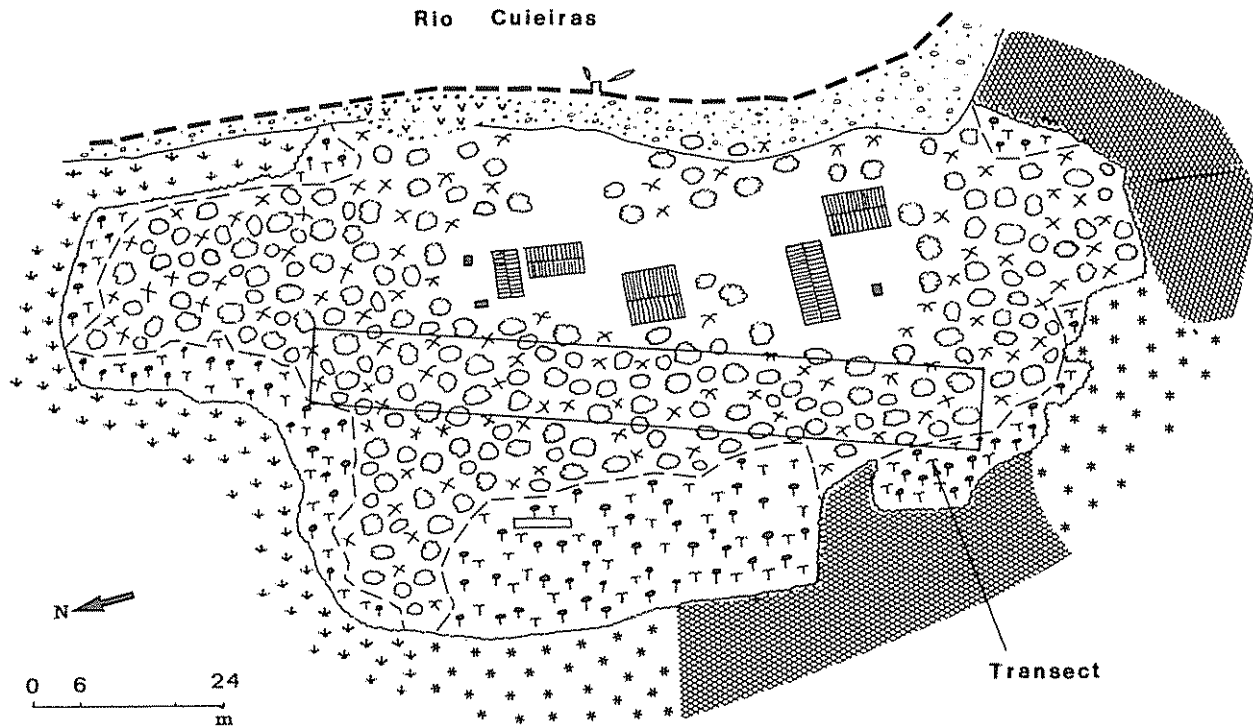


Fig 2 Le verger du Cuieiras

verger en production agé		végétation herbacée-arbustive ripicole	
verger en production jeune		végétation flottante	
verger en cours d'installation		friche herbacée	
jeune recrû forestier		forêt	
plantation de manioc		clôture	
cultures potagères diverses		limite de propriété	

espèces) d'arbres fruitiers sont de jeunes sujets improductifs (1 *Citrus aurantifolia*, 1 *Mangifera indica*, 2 *Persea americana* et 1 *Pouteria caimito*) ou de jeunes adultes productifs (6 *Inga edulis* et 4 *Pourouma cecropiaefolia*). Les touffes d'ananas sont nombreuses et étendues.

Transect II (Fig. 7 et Tab. 3)

Comme dans le premier transect, de nombreuses touffes d'ananas recouvrent une portion importante du sol. Les arbres et palmiers sont plus hauts et plus

nombreux en espèces. Les 4 espèces de palmiers, (*Euterpe oleracea* n'était pas présente dans le transect I) sont représentées par 65 individus, et les 11 espèces d'arbres fruitiers par 49 individus. Les espèces nouvelles par rapport au transect précédent sont *Anacardium occidentale*, *Coffea arabica*, *Psidium guajava*, *Rollinia mucosa* et *Theobroma grandiflorum*. Ce sont encore des espèces strictement héliophiles à l'exclusion de *Theobroma grandiflorum* et de *Coffea arabica* (deux et trois jeunes sujets). On voit, localement, s'organiser une certaine stratification.

Tableau 1. Liste générale des espèces rencontrées dans les trois vergers étudiés.

Espèces	Familles	Noms brésiliens	Partie utilisée	Usage
1 <i>Ambelania acida</i> Aubl.	Apocynaceae	pepino-do-mato	fruit	alimentaire
2 <i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	cajueiro	fruit	alimentaire
3 <i>Annona muricata</i> L.	Annonaceae	grafioleiro	fruit	alimentaire
4 <i>Arrabidaea chica</i> Verl.	Bignoniaceae	crajiru	feuille	médicinal
5 <i>Artocarpus integrifolia</i> L.f.	Moraceae	fruteira-pão	fruit	alimentaire
6 <i>Astrocaryum tucuma</i> Mart.	Palmaceae	tucumazeiro	fruit	alimentaire
7 <i>Attalea</i> sp.	Palmaceae	palha preta	feuille	technique
8 <i>Bactris gasipaes</i> HBK.	Palmaceae	pupunheira	fruit	alimentaire
9 <i>Bertholletia excelsa</i> Humb & Bompl.	Lecythidaceae	castanheira	graine	alimentaire
10 <i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	urucuzeiro	fruit	technique
11 <i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth.	Malpighiaceae	muricizeiro	fruit	alimentaire
12 <i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers	Caryocaraceae	piquizeiro	graine	alimentaire
13 <i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swingle	Rutaceae	limoeiro	fruit	alimentaire
14 <i>C. aurantium</i> L.	Rutaceae	Laranjeira da terra	fruit	alimentaire
15 <i>C. nobilis</i> L.	Rutaceae	tangerineira	fruit	alimentaire
16 <i>C. sinensis</i> Osbeck	Rutaceae	laranjeira	fruit	alimentaire
17 <i>Cocos nucifera</i> L.	Palmaceae	Coqueiro	graine	alimentaire
18 <i>Coffea arabica</i> L.	Rubiaceae	cafeeiro	graine	alimentaire
19 <i>Couma guianensis</i> Aubl.	Apocynaceae	sorveira	fruit	alimentaire
20 <i>Crescentia cujete</i> L.	Bignoniaceae	cujeira	fruit	technique
21 <i>Elaeis oleifera</i> (HBK.) Cortés	Palmaceae	caiaué	fruit	alimentaire
22 <i>Erythroxylum coca</i> Lam var. <i>ipadu</i> Plowman	Erythroxylaceae	ipadu	feuille	stimulant
23 <i>Eugenia cumini</i> (L.) Druce	Myrtaceae	azeitona	fruit	alimentaire
24 <i>E. malaccensis</i> L.	Myrtaceae	jambeiro vermelho	fruit	alimentaire
25 <i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Palmaceae	acaizeiro	fruit	alimentaire
26 <i>Ficus anthelmintica</i> Mart.	Moraceae	caxinguba	écorce	médicinal
27 <i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	jenipapeiro	fruit	alimentaire
28 <i>Gossypium barbadense</i> L.	Malvaceae	algodoeiro	fruit	technique
29 <i>Herrania mariaae</i> (Mart.) Decaisne ex Goudot	Sterculiaceae	cacau-jacaré	fruit	alimentaire- ornemental
30 <i>Hevea brasiliensis</i> Müll, Agr	Euphorbiaceae	seringueira	latex	technique
31 <i>Inga cinnamomea</i> Spruce ex Benth	Mimosaceae	inga-açú	fruit	alimentaire
32 <i>I. edulis</i> Mart	Mimosaceae	inga-cipó	fruit	alimentaire
33 <i>I. falcistipulata</i> Ducke.	Mimosaceae	inga	fruit	alimentaire
34 <i>I. nitida</i> Willd.	Mimosaceae	inga-peua	fruit	alimentaire
35 <i>Inga</i> sp.	Mimosaceae	inga	fruit	alimentaire
36 <i>Jatropha curcas</i> L.	Euphorbiaceae	pinhão		magique
37 <i>J. gossypifolia</i> L.	Euphorbiaceae	pinhão-roxo		magique
38 <i>Lecythis usitata</i> Miers var. <i>paraensis</i> (Ducke) Knuth	Lecythidaceae	castanheira-de-macaco	graine	alimentaire
39 <i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	mangueira	fruit	alimentaire
40 <i>Mauritia flexuosa</i> L.	Palmaceae	buritizeiro	fruit	alimentaire
41 <i>Maximiliana regia</i> Mart.	Palmaceae	inajá	fruit	alimentaire
42 <i>Musa cvs.</i>	Musaceae	bananeira	fruit	alimentaire
43 <i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	Palmaceae	bacabá-bacabeira	fruit	alimentaire
44 <i>O. mapora</i> Karst	Palmaceae	bacabinha	fruit	alimentaire
45 <i>Orbignya speciosa</i> (Mart.) Barb. Rodr.	Palmaceae	babaçu	graine	alimentaire
46 <i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	abacateiro	fruit	alimentaire
47 <i>Poraqueiba paraensis</i> Ducke (1)	Icacinaceae	umarizeiro	fruit	alimentaire
48 <i>Pourouma cecropiaefolia</i> Mart.	Moraceae	mapatí	fruit	alimentaire
49 <i>Pouteria caimito</i> (Ruiz et Pav.) Radlk.	Sapotaceae	abieiro	fruit	alimentaire
50 <i>Psidium guayava</i> L.	Myrtaceae	goiabera	fruit	alimentaire
51 <i>P. guianensis</i> Swartz	Myrtaceae	araçazeiro	fruit	alimentaire
52 <i>Rheedia acuminata</i> Pl et Tr.	Guttiferae	bacuri	fruit	alimentaire
53 <i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	Annonaceae	biribazeiro	fruit	alimentaire
54 <i>Sambucus</i> sp.	Caprifoliaceae	sabugueiro		ornemental
55 <i>Spondias lutea</i> L.	Anacardiaceae	taperebá	fruit	alimentaire
56 <i>Tabernaemontana</i> sp.	Apocynaceae			ornemental
57 <i>Talisia esculenta</i> (St Hil.) Radlk	Sapindaceae	pitombeira	fruit	alimentaire
58 <i>Theobroma cacao</i> L.	Sterculiaceae	cacaueiro	fruit	alimentaire
59 <i>T. grandiflorum</i> (Willd ex Spreng.) Schum.	Sterculiaceae	cupuaqueiro	fruit	alimentaire
60 <i>T. speciosum</i> Willd.	Sterculiaceae	cacau-do-mato	fruit	alimentaire
61 Indéterminé		tinta-rana	écorce	tinctotial

Les noms brésiliens ont été empruntés à Pimentel Gomes (1987), au "Novo Dicionário Aurélio" (1986), à P B Cavalcante (1976 et 1979) ou à l'usage régional.

(1) Il est probable que les deux espèces, *P. paraensis* Ducke et *P. sericea* Tul, sont cultivées au Cuieiras.

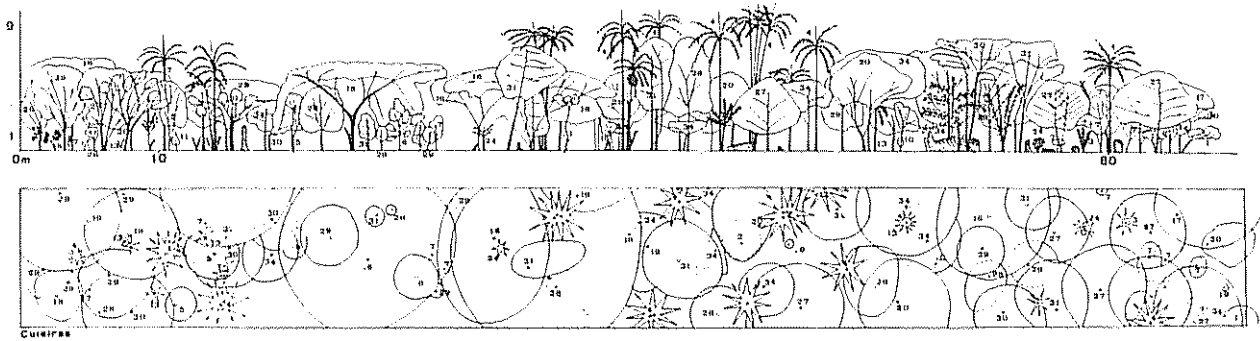


Fig. 3 Transect du verger du Cuieiras (voir légende Fig. 6)

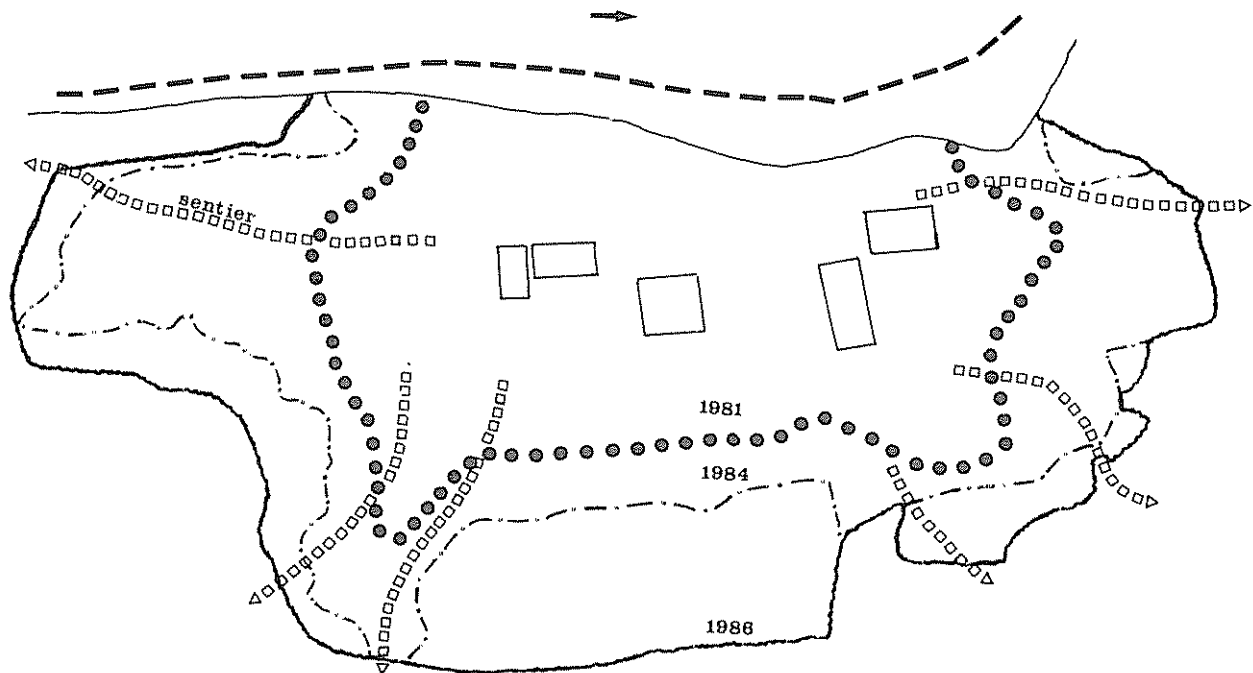


Fig. 4. Extension du verger du Cuieiras

Transect III (Fig. 8 et Tab. 3)

Ce transect représente certainement l'état de maturité du verger. Il est dominé par quelques grands arbres (*Mangifera indica*, *Hevea brasiliensis*) et de rares palmiers (*Astrocaryum tucuma*), atteignant jusqu'à 20 m de hauteur et surcimant une véritable voûte constituée de *Mangifera indica* plus jeunes, *Oenocarpus bacaba*, *O. mapora* et divers représentants de la flore spontanée, culminant à une douzaine de mètres; cette voûte abrite un sous-bois à *Theobroma grandiflorum* et *Coffea arabica*, particulièrement dense au-dessous de 6 m.

Les palmiers sont représentés par 6 espèces; les arbres cultivés par 10 espèces dont *Coffea arabica* et

Herrania mariaae (proche des *Theobroma* et conservé à titre ornemental). Les espèces héliophiles sont remplacées par des espèces sciaphiles: *Coffea arabica*, *Oenocarpus mapora* et *Theobroma grandiflorum*. On ne note plus que 7 individus héliophiles (*Cecropia sciadophylla*, *Jacaranda* spp.) ou sciaphylles (*Cordia* spp., *Geonoma* spp. et *Annonaceae* spp.) de la flore spontanée et d'assez nombreux arbres morts sur pied ou déjà tombés.

L'évolution floristique apparaît dans la comparaison des transects (Fig. 6, 7 et 8):

- accroissement du nombre de *Coffea arabica*, *Theobroma grandiflorum* et *Oenocarpus mapora*, plantes d'ombre, et de *Mangifera indica* à croissance lente;

Tableau 2. Composition quantitative des vergers étudiés.

Liste des espèces	Cuieiras			Purus			Joanico		
	Juv.	Adu.	Total	Juv.	Adu.	Total	Juv.	Adu.	Total
I Espèces étrangères (15)									
<i>Artocarpus integrifolia</i> L.f.	—	1	1	—	—	—	—	3	3
<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swingle	3	6	9	11	2	13	1	3	4
<i>C. aurantium</i> L.	—	1	1	—	—	—	—	—	—
<i>C. nobilis</i> Lour.	—	1	1	—	1	1	—	—	—
<i>C. sinensis</i> Osbeck	3	12	15	—	3	3	6	6	12
<i>Cocos nucifera</i> L.	—	2	2	2	—	2	—	1	1
<i>Coffea arabica</i> L.	15	112	127	98	89	187	—	—	—
<i>Eugenia cumini</i> (L.) Druce	—	1	1	—	—	—	1	—	1
<i>E. malaccensis</i> L.	—	1	1	—	3	3	22	6	28
<i>Jatropha curcas</i> * L.	—	4	4	—	—	—	—	1	1
<i>J. gossypifolia</i> L.	—	—	—	—	—	—	—	1	1
<i>Mangifera indica</i> L.	2	7	9	5	14	19	122	36	158
<i>Musa cvs</i>	1	5	6	—	—	—	25	25	50
<i>Sambucus</i> * sp.	1	—	1	—	—	—	—	—	—
<i>Tabernaemontana coronaria</i> *	—	1	1	—	1	1	—	—	—
Total des individus	25	154	179	116	113	229	177	82	259
Total des espèces	14			8			10		
II Espèces américaines (6)									
<i>Annona muricata</i> L.	1	1	2	—	—	—	—	6	6
<i>Crescentia cujete</i> * L.	—	—	—	—	2	2	10	38	48
<i>Gossypium barbadense</i> * L.	—	1	1	—	—	—	—	—	—
<i>Persea americana</i> Mill.	2	8	10	37	21	58	3	—	3
<i>Psidium guayava</i> L.	7	19	26	9	7	16	8	37	45
<i>Spondias lutea</i> L.	1	—	1	—	1	1	8	1	9
Total des individus	11	29	40	46	31	77	29	82	111
Total des espèces	5			4			5		
III. Espèces amazoniennes (40)									
<i>Ambelania acida</i> Aubl.	—	2	2	7	3	10	—	—	—
<i>Anacardium occidentale</i> L.	3	34	37	18	7	25	1	16	17
<i>Arrabidaea chica</i> * Verl.	—	—	—	—	—	—	2	—	2
<i>Astrocaryum tucuma</i> Mart	8	14	22	10	12	22	—	—	—
<i>Attalea</i> * sp	—	—	—	—	—	—	1	—	1
<i>Bactris gasipaes</i> HBK.	7	41	48	38	28	66	1	—	1
<i>Bertholletia excelsa</i> Humb. & Bompl	—	—	—	6	—	6	—	—	—
<i>Bixa orellana</i> * L.	—	5	5	—	4	4	—	—	—
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	1	—	1	1	—	1	—	—	—
<i>Couma guianensis</i> Aubl.	—	—	—	—	1	1	—	—	—
<i>Elaeis oleifera</i> (HBK.) Cortés	—	—	—	1	1	2	2	—	2
<i>Erythroxylum coca</i> * Lam. var. ipadu Plowman	—	1	1	—	—	—	—	—	—
<i>Euterpe oleracea</i> * Mart	14	12	26	39	27	66	30	12	42
<i>Ficus anthelmintica</i> * Mart.	—	—	—	—	—	—	1	—	1
<i>Genipa americana</i> L.	—	—	—	1	1	2	1	3	4
<i>Herrania mariae</i> * (Mart.) Decaisne ex Goudot	—	—	—	1	2	3	—	—	—
<i>Hevea brasiliensis</i> * Müll. Arg.	—	—	—	6	1	7	42	46	88
<i>Inga cinnamomea</i> Spruce ex Benth	—	—	—	—	—	—	11	3	14
<i>I. edulis</i> Mart.	11	23	34	14	37	51	12	12	24
<i>I. falcistipulata</i> Ducke	1	—	1	—	—	—	3	4	7
<i>I. nitida</i> Willd.	—	1	1	—	—	—	—	—	—
<i>Inga</i> sp.	—	—	—	1	4	5	2	—	2
<i>Lecythis usitata</i> Miers var. <i>paraensis</i> (Ducke) Knuth	—	—	—	—	—	—	12	1	13
<i>Mauritia flexuosa</i> L.	2	—	2	5	4	9	—	—	—

(à suivre)

Tableau 2 (Cont)

<i>Maximiliana regia</i> Mart.	—	—	—	6	3	9	—	—	—
<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	5	1	6	9	4	13	—	—	—
<i>O. mapora</i> Karst.	—	—	—	29	59	88	8	2	10
<i>Orbignya speciosa</i> (Mart.) Barb. Rodr.	—	—	—	—	2	2	—	—	—
<i>Poraquiba paraensis</i> Ducke	—	51	51	1	1	2	—	—	—
<i>Pourouma cecropiaefolia</i> Mart.	—	5	5	14	27	41	—	—	—
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz et Pav.) Radlk.	2	36	38	12	10	22	—	—	—
<i>Psidium guianensis</i> Swartz	—	1	1	—	—	—	—	—	—
<i>Rheedia acuminata</i> Pl. et Tr.	—	—	—	—	—	—	2	—	2
<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	8	16	24	1	1	2	—	—	—
<i>Talisia esculenta</i> (St. Hil.) Radlk.	—	—	—	—	—	—	2	1	3
<i>Theobroma cacao</i> L.	—	—	—	—	—	—	20	166	186
<i>T. grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) Schum.	11	32	43	17	32	49	2	—	2
<i>T. speciosum</i> Willd.	—	—	—	2	6	8	—	—	—
indéterminée*	—	—	—	—	—	—	1	—	1
Total des individus	73	275	348	239	277	516	156	266	422
Total des espèces			20			26			20
Total des individus de chaque verger	109	458	567	401	660	1 061	362	430	792

* Espèces à usages autres qu'alimentaires

— disparition dans le transect III des espèces héliophiles, *Anacardium occidentale*, *Pouteria caimito*, *Psidium guayava*, *Rollinia mucosa*, *Astrocaryum tucuma* et *Bactris gasipaes*, qui sont favorisées en II.

Le recouvrement moyen passe de 5 à 10% dans le transect I à 25 à 30% dans le second et environ 90% dans le dernier. La hauteur maximale potentielle n'est pas atteinte.

La plantation du transect I, âgée de 2 à 3 ans, a succédé à la culture de manioc initiale; celle du second transect a 5 ou 6 ans. La partie la plus ancienne, transect III, était déjà plantée en verger à l'arrivée des actuels propriétaires, et doit être âgée d'environ 25 ans.

Joanico — île de Careiro (Figs. 9, 10 et Tab. 3)

Le verger étudié à l'île de Careiro est relativement pauvre: 13 espèces (9 arbres fruitiers, 2 palmiers et 2 plantes à usages technologiques) *Theobroma cacao* et *Mangifera indica* représentent plus de la moitié du peuplement général. L'ensemble est composé de deux strates: une première située entre 15 et 23 m (*Mangifera indica*, *Spondias lutea* et *Hevea brasiliensis*) et une seconde de 4 à 6 m (essentiellement constituée de *Theobroma cacao*). Il y a peu de jeunes sujets. Cet espace est un jardin-verger habité, parcouru par les

petits animaux domestiques (volailles et porcs), et très entretenu.

Les soins apportés aux jardins-vergers

Au Cuieiras et à Careiro, le sous-bois est nettoyé soigneusement de toutes les plantes inutilisées. Les arbres, peu productifs, ou mal plantés sont éliminés d'un simple coup de machette ou, quand leurs dimensions sont importantes, tués sur pied par écorçage annulaire afin d'éviter les dégâts dus à leur chute brutale.

Cendres, résidus, feuilles sèches, vieilles cabosses, etc., sont accumulés au pied des arbres proches de la maison. Entailles dans l'écorce et implantations de clous dans le tronc éviteraient la chute précoce des fruits de *Mangifera indica*, *Persea americana*, *Theobroma grandiflorum* et, plus rarement, des *Citrus*.

Au Purus, les soins dépendent de l'âge de la plantation:

- au début (transect I), ils consistent en un désherbage périodique afin d'éviter l'envahissement par le recrû qui cerne complètement la partie cultivée.
- dans le transect II, l'entretien est réduit au minimum et 21 plantes appartiennent à la flore spontanée des formations secondaires: *Phenakosper-*

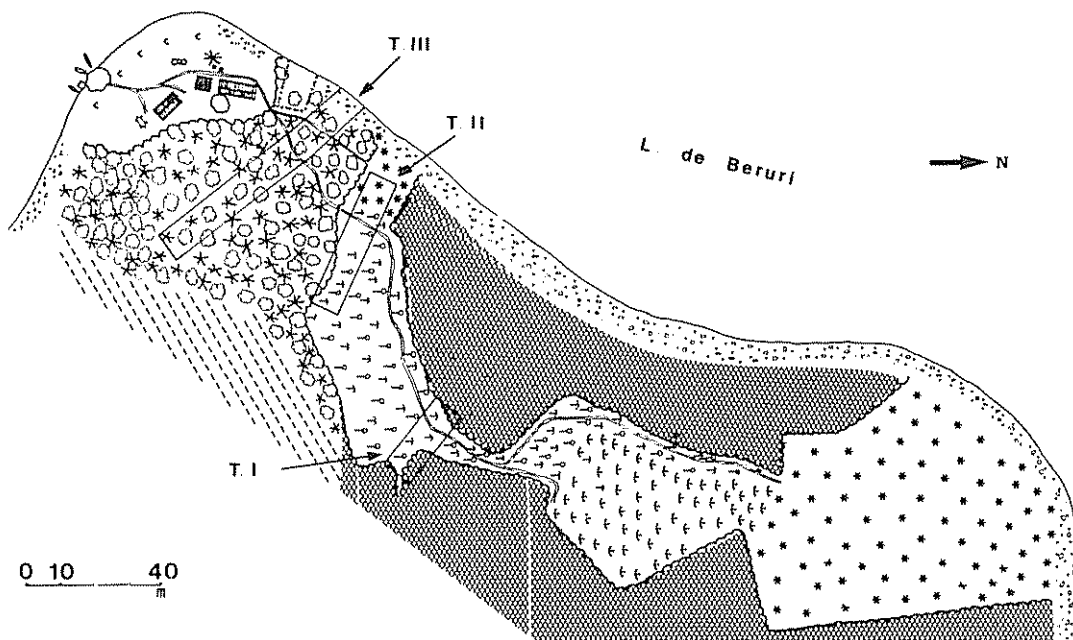


Fig 5. Le verger du Purus (voir légende Fig 2)

mum guyanense, *Trema* spp., *Vismia* spp., *Jacaranda* spp.

- il n’y a pratiquement plus d’entretien dans le dernier transect, et les plantes se reproduisent naturellement, tout particulièrement *Coffea arabica* et les deux *Oenocarpus*.

Aux arbres, sont souvent associées des espèces herbacées ou sous-arbustives:

- espèces de cycle court en fin d’exploitation qui survivront longtemps dans le jeune verger, *Dioscorea trifida*, *Solanum sessiliflorum*, *Xanthosoma* spp. et même parfois *Manihot esculenta* ainsi que nous l’avons observé au Cuieiras et au Purus;
- espèces associées aux premières phases de développement du verger et à son extension, tel l’ananas au Purus et au Cuieiras;
- plantes condimentaires et médicinales (*Capsicum frutescens* et *C. annum*, *Chenopodium ambrosioides*, *Cymbopogon citratus*, *Kalanchoe pinnata*, *Petiveria alliacea*, *Caladium* sp, *Ocimum micranthum*, *Spilanthes acmella*). Cet usage n’est cependant pas la règle dans la région où il est plus fréquent de rencontrer ces mêmes espèces, ainsi que *Eryngium foetidum*, *Allium fistulosum* cultivées hors du verger près des habitations, en pleine terre

ou dans des “canteiros”, sortes de plate-formes suspendues hors de la portée des animaux domestiques; et

- notons enfin, au Cuieiras, la culture de *Zingiber officinale* et de *Eryngium foetidum* à l’ombre des arbres fruitiers où ils semblent prospérer parfaitement.

La mise en place du jardin-verger du Cuieiras

Une enquête précise nous a permis de reconstituer la création et la mise en place du verger du Rio Cuieiras:

1977: choix de l’emplacement actuel du “sitio”, sur une forêt secondaire haute, résultant d’une brève occupation humaine en 1975.

Fin 1977: abattage de la forêt secondaire, plantation de manioc, construction des deux maisons de la famille.

Fin 1978: le terrain entourant les habitations est planté en arbres fruitiers au fur et à mesure de la récolte du manioc.

Fin 1981: une couverture arborée basse et relativement dense entoure les habitations sur un front de quelques 60 m et une profondeur d’une trentaine.

Tableau 3. Composition floristique des transects.

Liste des espèces	Localisations Superficie en m ²	Cui 850	Pu 1 200	Pu 2 450	Pu 3 660	Joa 450
<i>Anacardium occidentale</i> L.		1	—	4	—	2
<i>Artocarpus incisa</i> L.		1	—	—	—	—
<i>Astrocaryum tucuma</i> Mart.		2	4	15	4	—
<i>Bactis gasipaes</i> HBK.		9	5	17	—	—
<i>Citrus aurantifolia</i> (Chrism) Swingle		2	1	1	2	—
<i>C. aurantium</i> L.		1	—	—	—	—
<i>Coffea arabica</i> L.		12	—	3	108	—
<i>Crescentia cujete</i> L.		—	—	—	—	4
<i>Elaeis oleifera</i> (HBK.) Cortés		—	—	—	1	2
<i>Erythroxylum coca</i> Lam. var ipadu Plowman		1	—	—	—	—
<i>Eugenia cumini</i> (L.) Druce		2	—	—	—	—
<i>E. malaccensis</i> L.		—	—	—	—	3
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.		8	—	31	32	3
<i>Herrania mariae</i> (Mart) Decaisne ex Goudot.		—	—	—	1	—
<i>Hevea brasiliensis</i> Müll. Arg.		—	—	—	3	3
<i>Inga edulis</i> Mart.		7	6	2	5	2
<i>I. falcistipulata</i> Ducke		1	—	—	—	—
<i>I. nitida</i> Willd.		1	—	—	—	—
<i>Jatropha curcas</i> L.		2	—	—	—	—
<i>Mangifera indica</i> L.		2	1	2	10	15
<i>Mauritia flexuosa</i> L.		1	1	—	1	—
<i>Maximiliana regia</i> Mart.		1	1	—	1	—
<i>Musa cvs</i>		—	—	—	—	7
<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.		3	2	2	2	—
<i>O. mapora</i> Karst		—	—	—	29	—
<i>Persea americana</i> Mill.		4	2	19	6	—
<i>Poraqueiba paraensis</i> Ducke.		6	—	—	—	—
<i>Pourouma cecropiaefolia</i> Mart.		1	4	2	2	—
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz et Pav) Radlk.		12	1	5	—	—
<i>Psidium guayava</i> L.		4	—	5	—	5
<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq) Baill.		7	—	4	—	—
<i>Spondias lutea</i> L.		—	—	—	—	3
<i>Theobroma cacao</i> L.		—	—	—	—	26
<i>T. grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng) Schum.		10	—	2	15	1
Divers arbres non cultivés		—	—	21	7	—
Total espèces cultivées		25	11	15	16	13
Total individus		101	28	114	229	76
Total nombre d'espèces d'arbres fruitiers (23)		17	6	11	7	9
de palmiers (8)		6	5	4	6	2
autres usages (5)		2	—	—	2	2
Ananas (présence-absence)		—	+	+	+	—

1984: le verger s'étend sur 120 m avec une largeur maximale de 50 m; sa progression se fait le long des cinq sentiers conduisant aux plantations de manioc et à la forêt. Les espèces constitutives proviennent de la précédente exploitation ou ont été obtenues des voisins sous forme de semences, de boutures et de jeunes plants (Tab. 4).

De 1984 à 1986: la zone plantée continue à s'accroître, les temps d'arrêt étant dus uniquement à des avatars d'ordre familial.

En conclusion, une famille étendue, de cinq adultes et trois personnes âgées, a donc mis en place,

en sept ans, un verger de 6 800 m² comprenant 458 arbres productifs et 109 jeunes sujets

L'état sanitaire

L'état sanitaire des trois jardins-vergers étudiés est tout à fait satisfaisant. La très grande diversité spécifique et la superficie réduite des surfaces plantées limitent les risques d'épidémie dus à la rupture brutale des équilibres hôtes-pathogènes. La situation épidémiologique est caractérisée par l'endémisme d'un certain nombre de maladies particulières à l'Amazonie dont la présence est constante sur l'ensemble du bassin (10).

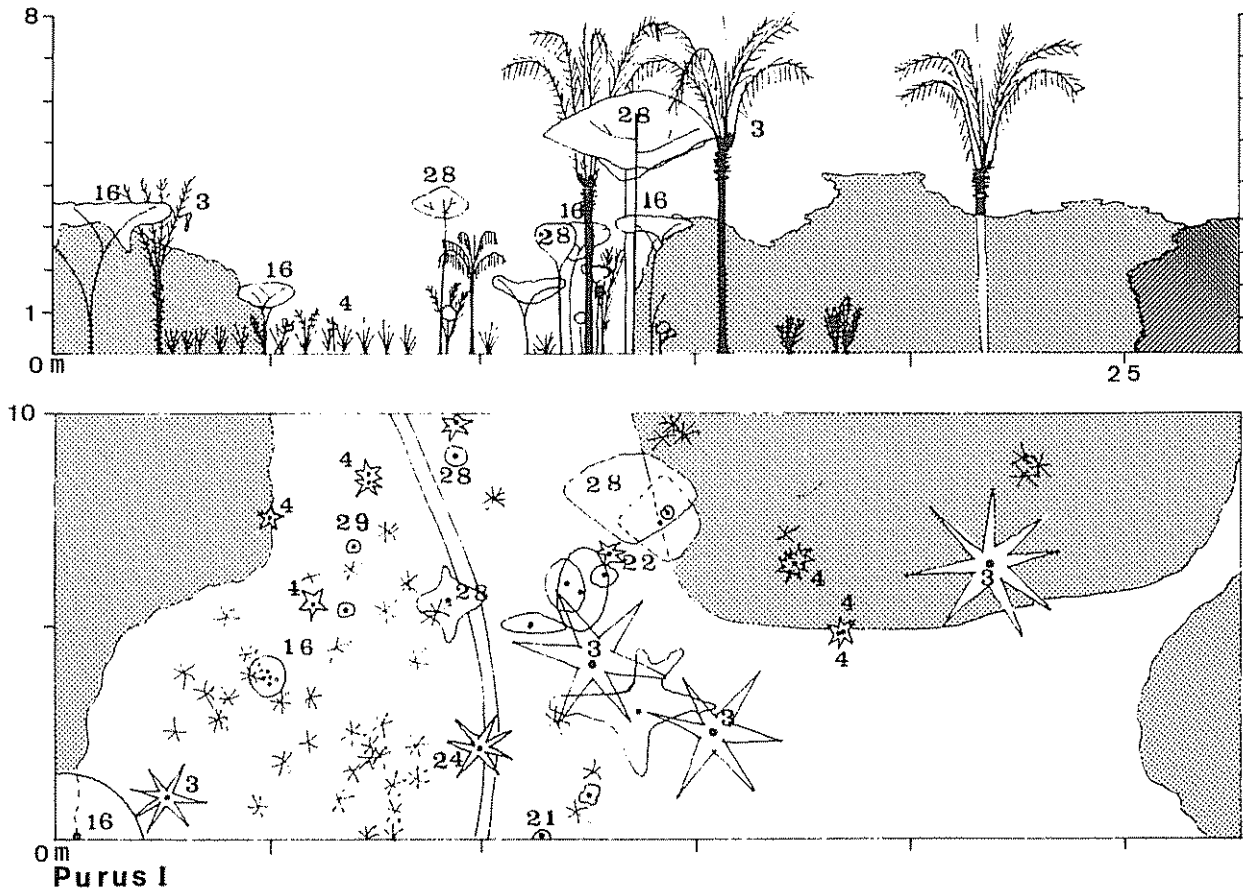


Fig. 6 Transect I du verger du Purus

Numérotation des espèces dans les Figs 3, 6, 7, 8 et 10:

- | | |
|---|---|
| 1. <i>Anacardium occidentale</i> L. | 19. <i>Jatropha curcas</i> L. |
| 2. <i>Artocarpus incisa</i> L. | 20. <i>Mangifera indica</i> L. |
| 3. <i>Astrocaryum tucuma</i> Mart. | 21. <i>Mauritia flexuosa</i> L. |
| 4. <i>Bactris gasipaes</i> HBK. | 22. <i>Maximiliana regia</i> Mart. |
| 5. <i>Citrus aurantifolia</i> (Chrism.) Swingle | 23. <i>Musa cvs</i> |
| 6. <i>C. aurantium</i> L. | 24. <i>Oenocarpus bacaba</i> Mart. |
| 7. <i>Coffea arabica</i> L. | 25. <i>O. mapora</i> Karst. |
| 8. <i>Crescentia cujete</i> L. | 26. <i>Persea americana</i> Mill. |
| 9. <i>Elaeis oleifera</i> (HBK) Cortés. | 27. <i>Poraqueiba paraensis</i> Ducke |
| 10. <i>Erythroxylum coca</i> Lam. var. <i>ipadu</i> Plowman | 28. <i>Pourouma cecropiaefolia</i> Mart. |
| 11. <i>Eugenia cuminii</i> (L.) Druce | 29. <i>Pouteria caimito</i> (Ruiz et Pav.) Radlk. |
| 12. <i>E. malaccensis</i> L. | 30. <i>Psidium guayava</i> L. |
| 13. <i>Euterpe oleracea</i> Mart. | 31. <i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill. |
| 14. <i>Herrania mariaae</i> (Mart.) Decaisne ex Goudot. | 32. <i>Spondias lutea</i> L. |
| 15. <i>Hevea brasiliensis</i> Müll. Arg. | 33. <i>Theobroma cacao</i> L. |
| 16. <i>Inga edulis</i> Mart. | 34. <i>T. grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) Schum. |
| 17. <i>I. falcistipulata</i> Ducke | |
| 18. <i>I. nitida</i> Willd. | Arbres spontanés |

Les deux principales sont, sans conteste, la maladie des feuilles de l'hévéa due à un Ascomycète (*Microcyclus ulei*) et la maladie du balai de sorcière des espèces du genre *Theobroma*, provoquée par un Basidiomycète (*Crinipellis perniciosus*). Ces deux maladies existent naturellement sur les espèces sylvestres qui constituent des foyers d'infection permanents, au contact immédiat des parcelles cultivées. Dans le cas de l'hévéa (Careiro), la maladie reste d'un niveau très modéré et ne semble pas altérer profondément la croissance des arbres. La diversité génétique des plants, issus de graines, les bonnes conditions de croissance liées à la fertilité du sol et la dispersion des individus dans un ensemble arboré composite contribuent au maintien d'un équilibre satisfaisant entre la plante et le pathogène.

Dans le cas de la maladie du balai de sorcière, la situation apparaît plus critique. Qu'il s'agisse de *Theobroma cacao* (Careiro), de *T. grandiflorum* (Rio Cuieiras et bas Purus) ou de l'espèce affine, *Herrania maria* (Rio Purus), les taux d'infestation sont élevés

et la quasi-totalité des plantes, malgré leur diversité génétique évidente, est atteinte par le parasite. On peut considérer qu'il s'agit d'une maladie qui, bien qu'endémique du fait de sa permanence dans le temps et l'espace, atteint les proportions d'une réelle épidémie. Elle constitue effectivement un facteur limitant de la culture et une menace constante pour la production: à Careiro, près de 50% des cabosses d'une récolte étaient pourries par suite des attaques du *Crinipellis*. Très conscients du problème, sans toutefois en réaliser clairement la cause, les paysans restent désarmés car il n'existe pour l'instant aucune méthode rationnelle de lutte contre le parasite. La haute valeur commerciale du fruit de *Theobroma grandiflorum* et la tradition de culture de *T. cacao* à Careiro suffisent à maintenir l'intérêt pour ces deux productions malgré la forte contrainte sanitaire à laquelle elles sont soumises.

En ce qui concerne les insectes ravageurs, la situation d'ensemble est tout à fait comparable. D'une manière générale, il n'y a pas de pullulations d'insec-

Tableau 4. Les techniques de plantation au verger du Cuieiras.

Espèces	Organes	Méthodes
<i>Anacardium occidentale</i> L.	semence	en place
<i>Artocarpus incisa</i> L.	semence	
<i>Astrocaryum tucuma</i> Mart.	semence	en place
<i>Bactris gasipaes</i> HBK.	semence	pépinière
<i>Bixa orellana</i> L.	semence	
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth.	semence	
<i>Citrus</i> spp.	semence	pépinière
	plants	
<i>Cocos nucifera</i> L.	plants	
<i>Coffea arabica</i> L.	plants	
<i>Erythroxylum coca</i> Lam. var. <i>ipadu</i> Plowman	boutures	
<i>Eugenia cumini</i> (L.) Druce	plants	
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	semence	en place et pépinière
<i>Inga</i> spp.	semence	pépinière
<i>Jatropha curcas</i> L.	semence	pépinière
<i>Mangifera indica</i> L.	semence	
<i>Mauritia flexuosa</i> L.	semence	
<i>Maximiliana regia</i> Mart.	semence	
<i>Musa</i> cvs.	rejets	
<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	semence	
<i>Persea americana</i> Mill.	semence	en place et pépinière
<i>Poraqueiba paraensis</i> Ducke	semence	en place
<i>Pourouma cecropiaefolia</i> Mart.	semence	en place
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz et Pav.) Radlk.	semence	
	plants	
<i>Psidium</i> spp.	semence	en place
<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	semence	en place
<i>Sambucus</i> sp.	boutures	
<i>Spondias lutea</i> L.	semence	
<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) Schum.	semence	pépinière

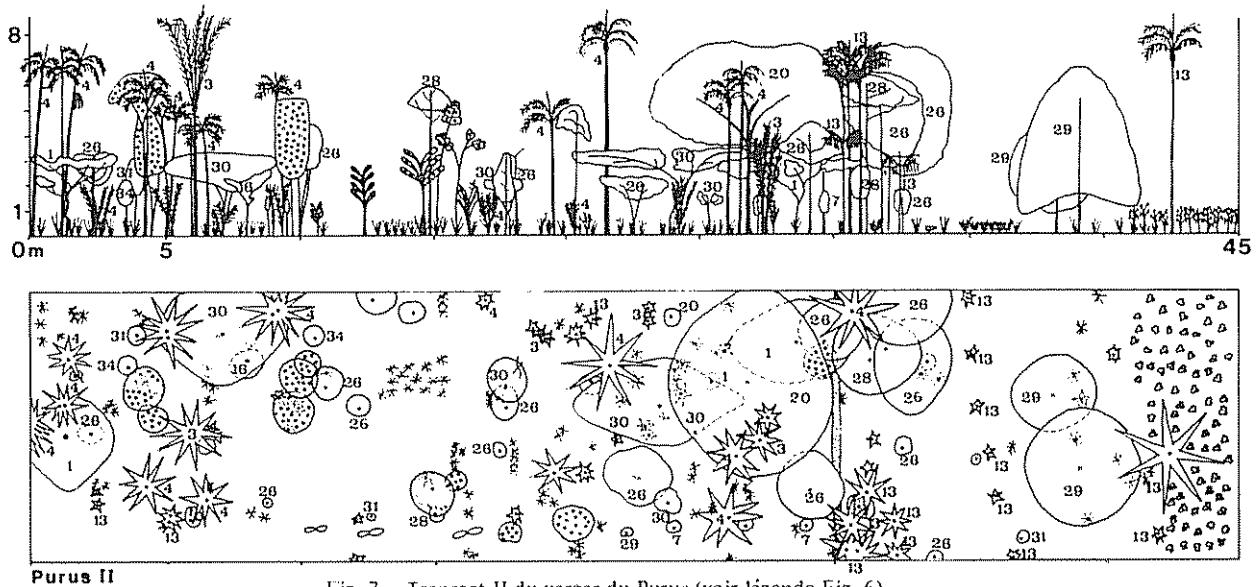


Fig. 7. Transect II du verger du Purus (voir légende Fig. 6).

tes, comme il est fréquent d'en observer dans les plantations monoculturelles. La mouche des fruits du goyavier (*Anastrepha striata*) et le foreur des tiges du bananier (*Cosmopolites sordidus*) sont assez fréquents et préoccupent à juste titre les paysans, mais on n'observe jamais de véritables pullulations. Des méthodes de contrôle traditionnelles, fumigation ou piégeage, permettent d'en limiter tant bien que mal la multiplication. Une exception cependant: le foreur de tige de *Annona muricata*, Curculionidé du genre *Cratosoma*, dont les dégâts sont si importants que la culture de cet arbre est devenue pratiquement impossible dans la région. Même les arbres isolés sont attaqués et rien dans nos connaissances actuelles ne permet de déterminer le ou les paramètres déterminant la pression constante de cet insecte sur son hôte.

Les problèmes phytosanitaires affectant les jardins-vergers étudiés présentent donc un double aspect: globalement, ils ne constituent pas une contrainte majeure dans ces systèmes culturels et ne justifient pas l'utilisation de méthodes de contrôle sophistiquées. Cependant, dans quelques cas bien précis comme celui des *Theobroma* ou celui de *Annona muricata*, les dégâts dus aux maladies et ravageurs sont de première importance et condamnent ces cultures à une sous-exploitation extrêmement préjudiciable au plan économique.

Il est regrettable de constater que les paysans, faute d'un encadrement technique minimum, font preuve d'un fatalisme certain face à ces problèmes. Des méthodes aussi simples que l'élimination des déchets de récolte ou la taille sanitaire des arbres sont le plus souvent ignorées. Si les paysans possèdent une connaissance précise de la biologie d'un certain nom-

bre d'insectes ravageurs, comme les fourmis champignonistes du genre *Atta*, dont ils savent se protéger, ils ne font pas de relations entre les symptômes et l'agent responsable quand celui-ci est un organisme microscopique. D'où les erreurs fréquentes dans les pratiques culturales telles que l'accumulation des feuilles mortes ou des vieilles cabosses au pied des arbres, pratiques favorisant le maintien d'un taux élevé d'inoculum dans les plantations.

Comparaison entre les trois jardins-vergers

Soixante et une espèces ont été répertoriées dans l'ensemble des trois vergers, mais la composition floristique est bien différente de l'un à l'autre (Tab. 5).

5 espèces étrangères:

- Citrus aurantifolia*
- C. sinensis*
- Cocos nucifera*
- Eugenia malaccensis*
- Mangifera indica*

3 espèces américaines:

- Persea americana*
- Psidium guayava*
- Spondias lutea*

5 espèces amazoniennes:

- Anacardium occidentale*
- Bactris gasipaes*
- Euterpe oleracea*
- Inga edulis*
- Theobroma grandiflorum*

Treize espèces seulement sont communes aux trois sites étudiés, avec des chiffres très variables d'un lieu à l'autre:

19 espèces sont communes aux trois localités, 26 au Cuieiras et au Purus.

Plusieurs raisons peuvent être invoquées pour expliquer ces différences:

D'ordre agronomique. *Persea americana*, *Bactris gasipaes*, *Astrocaryum tucuma* et *Theobroma grandiflorum* sont faiblement représentées à Careiro; ces espèces sont très sensibles à l'inondation et ne supportent pas un mauvais drainage, les conditions hydriques des sols de "várzea" ne leur sont que rarement favorable. Au contraire, *Theobroma cacao*, si abondant dans cette région malgré la présence générale de l'agent responsable du balai de sorcière, ne réussit pas du tout en terre ferme: toutes les tentatives d'introduction au verger du Cuieiras échouèrent.

D'ordre botanique. Le verger du Purus est situé dans l'aire naturelle de *Bertholletia excelsa*. *Rheedia acuminata*, *Inga falcistipulata*, *Ficus anthelminthica*, présents à Joanico, font partie de la végétation naturelle de la "várzea"

D'ordre culturel. Certains arbres, estimés par une population ou par une personne, sont négligés par d'autres. Le meilleur exemple en est le "umarizeiro": le fruit oléagineux de cet arbre, bien représenté au Cuieiras (peut-être sous les deux espèces *Poraqueiba paraensis* ou *P. sericea*, voir note tableau 1), peu au Purus et absent du verger de Careiro, est surtout ap-

précié des populations de l'intérieur. L'existence de *Erythroxylon coca* var. *ipadu* au Cuieiras est due au fait que le chef de famille était un chamane tucano.

D'ordre économique. La présence de *Hevea brasiliensis* et *Theobroma cacao* à Careiro provient des incitations de culture planifiée du début de ce siècle. Latex et cabosses font toujours l'objet de demandes. Quelques productions du Cuieiras et du Purus sont vendues aux commerçants itinérants.

Cette comparaison floristique en terme de présence-absence doit être pondérée par les abondances relatives de chaque espèce (Fig 11). Là encore, les sites étudiés au Cuieiras et au Purus, malgré leurs différences, sont plus proches l'un de l'autre qu'ils ne le sont de celui de Careiro.

Il est évident que le verger du Cuieiras est un verger d'avenir. Avec 39 espèces cultivées dont 28 arbres fruitiers, 6 palmiers et 5 plantes réservées à d'autres usages, il offre un éventail de ressources importantes comme une utilisation optimale de l'espace et de la succession dans le temps. Dans quelques années, le centre en sera essentiellement constitué de grands arbres, *Mangifera indica*, *Persea americana*, *Pouteria caimito*, et de palmiers, surcimant *Theobroma grandiflorum* et *Coffea arabica*. Les espèces héliophiles se situeront à la périphérie, comme c'est déjà le cas. Il n'y a pas encore de restriction de l'espace et l'agrandissement est de type centrifuge.

La situation est identique dans l'exemple du Purus où l'on peut considérer le transect III comme terme ultime de l'évolution. Mais ce verger, par rapport à celui du Cuieiras, n'est pas entretenu: la proportion

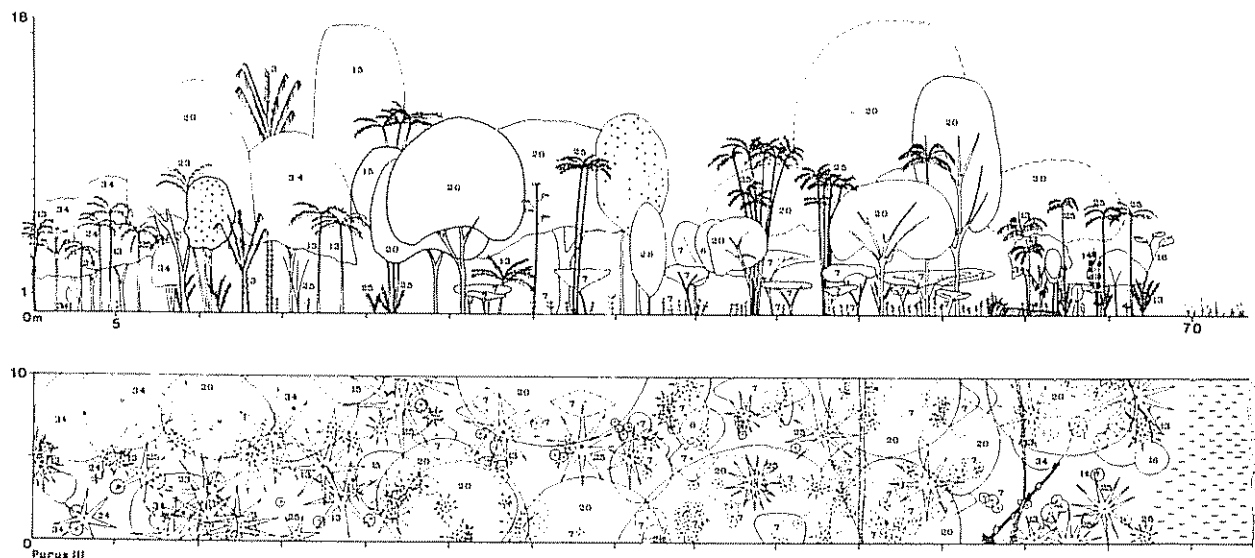


Fig. 8. Transect III du verger du Purus (voir légende Fig 6)

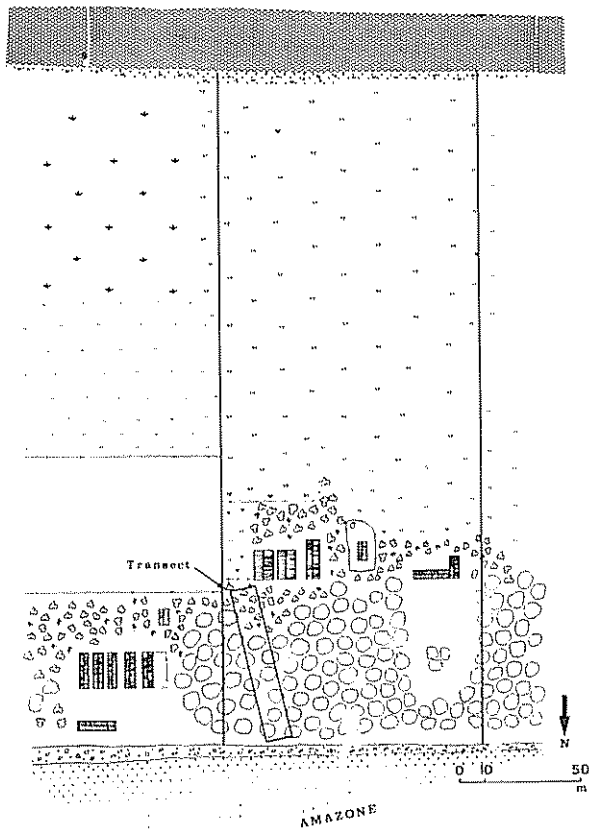


Fig. 9 Le verger de Careiro (voir légende Fig. 2).

de jeunes individus, non productifs, est excessive. Son accroissement n'est pas limité, la terre semble largement disponible.

Le jardin-verger de Careiro, le moins diversifié des trois, est marqué par la dominance de *Mangifera indica* et *Theobroma cacao*. Il ne représente certainement qu'une variante de l'arboriculture de "várzea", puisqu'il résulte de la reconversion d'anciennes plantations de *Hevea brasiliensis* et *Theobroma cacao*. Des cacaoyères sont attestées déjà en 1851 (15), dans les années 1886-87 (16), la culture de l'hévéa fut encouragée au début du siècle (11). Aujourd'hui, latex et fèves de cacao sont considérés comme moins rentable que le maraîchage, la production de cacao est lourdement handicapée par la présence du *Crinipellis perniciosus*, et l'on a transformé les plantations en véritable espaces de vie en les enrichissant en espèces utiles. Les possibilités d'extension sont limitées sinon inexistantes; les éventuelles modifications ne pourront se faire que par remaniement interne.

Discussion: l'agroforesterie amazonienne, une redécouverte

Jusqu'à une date toute récente, en Amazonie, l'arbre a fondamentalement été considéré comme sauvage, même si le thème du fruit, élément symbolique du paradis tropical, est abordé par tous les voyageurs et écrivains (18). Dans les ouvrages de base tels que "Geografia do Brasil" (9) ou "Man in the Amazon" (18), l'arboriculture est ignorée et les peuplements de *Hevea brasiliensis* ou de *Bertholletia excelsa* ne sont jamais considérés autrement que comme des peuplements naturels.

Tout se passe comme si ces paysages arborés aménagés par l'homme occupant l'Amazonie et ses tributaires et décrits récemment par divers scientifiques (4, 8) étaient subitement au cours des deux dernières décennies.

Bien évidemment il n'en est rien et cette ignorance ou même cette cécité, indiquent que l'arboriculture a toujours été considérée avec une grande ambiguïté. Ainsi dès 1639, le Père Acuña, après avoir affirmé que le cacao est abondant tout le long de l'Amazonie, affirme "et l'on voit bien qu'avec un peu de travail on cultive ces arbres dans ce fleuve puisque sans effort de l'art, seule la nature les emplit de fruits abondants". Cette association entre aisance de culture et oeuvre propre de la nature est probablement à la base du malentendu plus que tri-séculaire qui en découle. Les grandes similitudes entre l'organisation du milieu naturel amazonien et les aménagements humains qui lui sont juxtaposés ont fait le reste. Des travaux aussi récents que ceux de Posey (12) ou de Vickers (17) nous convient à observer l'univers amazonien dans ce sens.

Les exemples décrits dans le présent article et dans les travaux évoqués précédemment, montrent que nous sommes face à des systèmes complexes, bien adaptés aux conditions du milieu naturel. Il nous reste cependant à examiner si les exemples choisis ici sont, historiquement et par leur distribution, caractéristiques de l'Amazonie centrale et occidentale.

La composition floristique, avec dominance de plantes amazoniennes auxquelles s'ajoutent quelques espèces panaméricaines, confère un cachet proprement indigène aux trois vergers. La même tendance ayant été observée par Raposo (14) dans la région de Manacapuru (Rio Solimões) et par Denevan *et al.* (4) chez les Bora du Pérou, l'évidence d'un héritage indigène prend corps.

Pourtant il n'est pas certain que les systèmes agroforestiers soient partout en Amazonie centrale et

Tableau 5. Données floristiques comparatives entre les trois vergers étudiés.

	Total des espèces	Espèces propre à chaque verger	Espèces communes			
			Cui-Pur	Pur-Joa	Cui-Joa	Cui-Pur-Joa
Cuieiras	39	5	26	—	—	—
Purus	38	6	—	19	19	13
Joanico	35	10	—	—	—	—
Total	61					
			Cuieiras	Purus	Joanico	
Arbres fruitiers			28	23	22	
Autres arbres			5	5	7	
Palmiers fruitiers			6	10	5	
Autres palmiers			—	—	1	
Exotiques			14	8	10	
Américaines			5	4	5	
Amazoniennes			20	26	20	

occidentale le résultat d'une occupation humaine et d'un aménagement continus. L'étude de l'occupation humaine de la "várzea" de l'Etat d'Amazonas réalisée par deux d'entre nous (6) permet de constater en effet qu'il n'y a pas eu de peuplement constant dans la majeure partie de cette région entre le XVII^{ème} et le XX^{ème} siècle. A une occupation harmonieuse du territoire par les Amérindiens au début du XVII^{ème} siècle succède une occupation ponctiforme autour de missions religieuses qui dure jusqu'au milieu du XIX^{ème}, celles-ci devenant postérieurement les noyaux urbains contemporains. Ce n'est qu'après l'échec du "boom" du caoutchouc qu'un habitat dispersé va peu à peu renaître.

Face à une telle évolution du peuplement, il faut bien admettre que les systèmes agroforestiers préexistants, dont la nature réelle est en fait mal connue, durent connaître un net repli, les forêts riveraines étant aux XVII^{ème} et XIX^{ème} siècles des vergers abandonnés. En contrepartie, dans les régions de terre ferme qui restèrent peuplées par des populations indigènes, les systèmes d'exploitation furent, sans doute, peu altérés.

Ces remarques historiques nous amènent à envisager sous un jour différent la structure, pour ainsi dire "profonde", des jardins-vergers étudiés.

Ceux du Cuieiras et du Purus sont établis en terre ferme et jouissent d'une possibilité d'extension limitée uniquement par la capacité d'effort des hommes qui les ont plantés. Ils représentent par ailleurs

une phase évolutive systématisée de la "roça" dominée par le manioc. Les mêmes observations ont été faites par Denevan *et al.* (4), Hiraoka (8) et d'une façon moins analytique par Gasché (5) et Hildebrand (7) en Colombie et au Pérou. L'immensité des terres disponibles et la faible densité humaine favorisent indubitablement cette stratégie d'occupation, tandis que la dispersion des espèces utiles en forêt de terre ferme encourage les hommes à les concentrer dans un rayon de facile accessibilité. En définitive, il est probable que ce type de verger polyspécifique soit l'aboutissement d'un continuum historique stable, directement hérité des Amérindiens même s'il s'adapte parfois aujourd'hui à une demande du marché comme le montre Hiraoka (8) pour la région d'Iquitos.

Pour le verger de Joanico, les connaissances, même fragmentaires, que nous possédons sur l'arboriculture en "várzea", nous laissent entrevoir un scénario évolutif bien différent, même si le résultat final ne diffère pas profondément du modèle pratiqué en terre ferme. L'agroforesterie observée à Joanico occupe, comme partout en "várzea", les cordons alluvionnaires élevés dont la surface est toujours très limitée. A l'état naturel, ils sont couverts par une forêt dont la richesse n'est que toute relative (13). Si le site de Joanico, où persistent quelques représentants de la flore indigène, est particulier puisqu'il résulte d'une transformation d'une plantation commerciale, les observations faites en d'autres points de la "várzea" (Careiro, bas Rio Purus), comme celles de Raposo (14) à Manacapuru, indiquent partout la

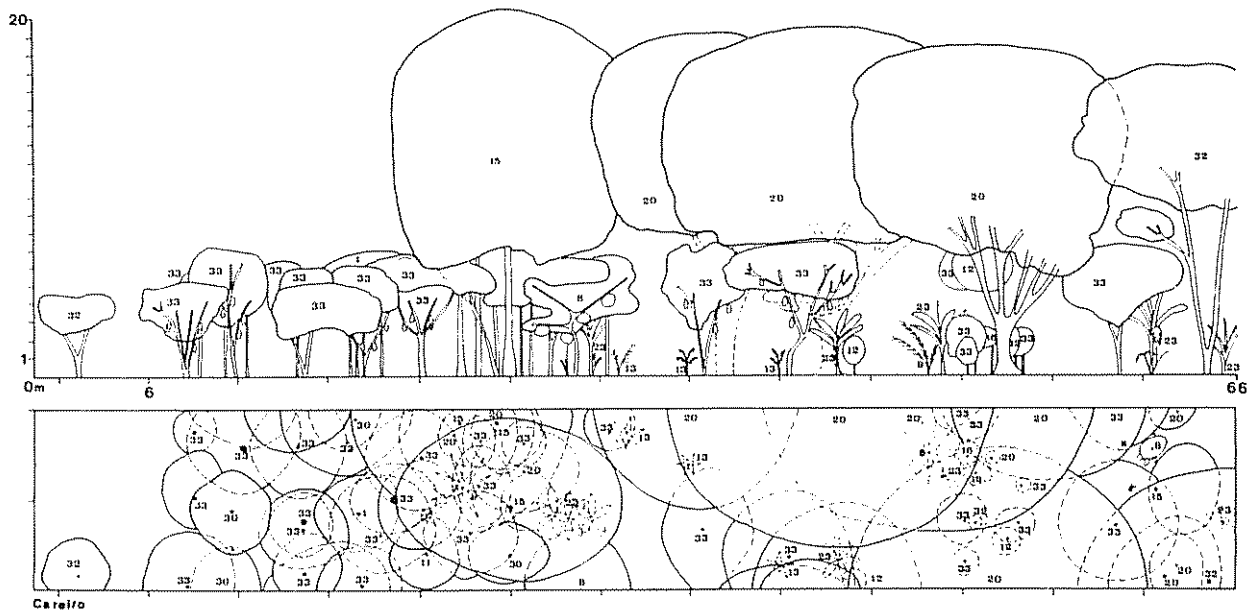


Fig 10. Transect du verger de Careiro (voir légende Fig 6)

même dominante hévéa et/ou cacaoyer, les manguiers étant la troisième composante essentielle mais introduite. D'où nous pouvons aisément postuler que l'agroforesterie de "várzea" est plus un aménagement progressif d'une forêt préexistante qu'une reconstitution d'une couverture arborée totalement nouvelle. C'est ainsi que dans la "várzea" affectée par les marées du bas Amazone, Anderson et Gély (2) montrent comment les hommes aménagent de manière optimale un milieu à hautes contraintes.

Les seules différences importantes sont conditionnées par la hauteur, au dessus du niveau maximum des crues, du cordon alluvionnaire qui permet ou non l'introduction d'espèces sensibles à l'hydromorphie: absence ou quasi-absence de *Bactris gasipaes* et *Theobroma grandiflorum* à Joanico, présence à Manacapurú et à Terra Nova (3, 14)

En définitive, en dépit de la cassure historique observée dans le moyen Amazone et le Solimões, on constate que l'agroforesterie de "várzea", modèle totalement étranger aux projets de colonisation qu'a connus l'Amazonie depuis le XIX^{ème} siècle, y est partout enracinée. Bien qu'elle ne soit pas de filiation indigène directe, il serait essentiel de savoir si elle a ou non été influencée par le modèle de la terre ferme ou si elle représente une réadaptation totale face aux contraintes économiques difficiles survenues à partir de la fin du XIX^{ème} siècle

CONCLUSION

Ces trois exemples de jardins-vergers d'Amazonie

centrale, choisis parce que représentatifs de trois situations communes dans la région, montrent le double intérêt écologique et agronomique de ce type d'utilisation de la terre. Au-delà des particularités dues à leur localisation, leur origine et leur histoire, le trait commun et fondamental est l'utilisation consciente de la diversité, tant spécifique que structurale, qui entraîne: a) une occupation maximale de l'espace: avec 72 individus adultes, c'est-à-dire productifs, le transect étudié au Cuieiras aurait une densité de quelques 850 arbres à l'hectare, densité bien supérieure à tout ce que l'on connaît en arboriculture monospécifique; et b) une utilisation optimale du cycle saisonnier: échelonnement de la production tout au long de l'année.

Il est probable que cette diversité contrarie la prolifération des ravageurs et des maladies, même si tout cet aspect des équilibres hôtes-parasites dans les cultures polyspécifiques arborées est encore méconnu. Enfin il est hors de doute que les conséquences écologiques, dues à la disparition d'un écosystème diversifié et complexe comme l'est la forêt humide intertropicale, sont ici réduites au minimum, puisqu'à une forêt naturelle succède une forêt, aménagée certes, mais où l'homme s'efforce de reconstituer diversité et complexité

Economiquement, la production de tels systèmes, toujours associés à des cultures vivrières, est un appoint conséquent et permet, dans une certaine mesure, l'autosubsistance familiale, d'autant qu'elle ne fait pas appel à une main d'oeuvre salariée. Les surplus, sou-

vents importants, peuvent être une source non négligeable de revenus

Ce jardin-verger se présente comme un espace de production, mais aussi comme un espace habité, sans cesse en évolution et en mutation. C'est bien sous ces

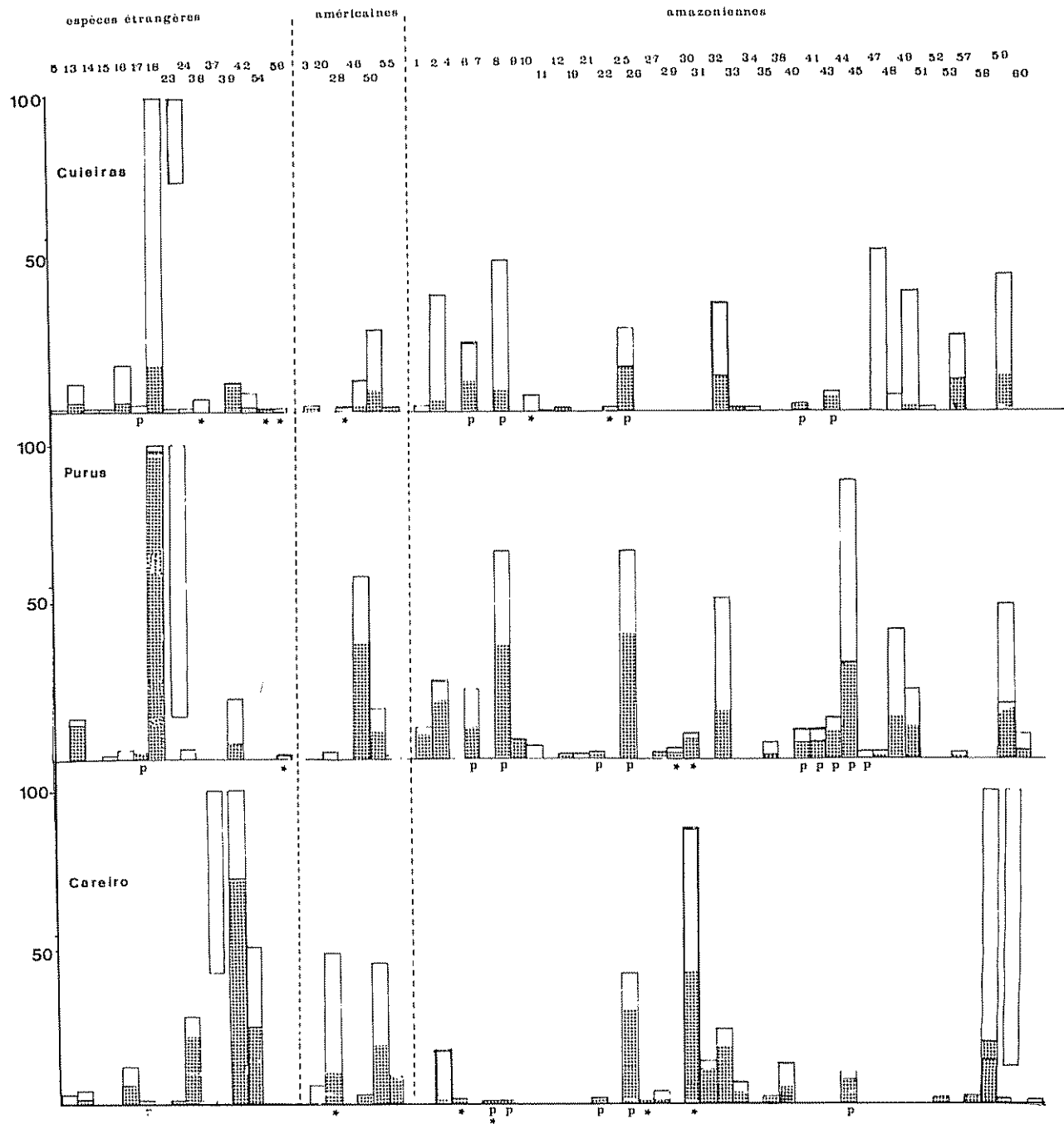


Fig 11. Composition comparée des trois vergers

Légende:

nombre d'individus jeunes: ▨
adultes: □

palmiers: P

plantes à usage autre qu'alimentaire: *

la numérotation utilisée est celle du tableau 1

deux aspects qu'il est perçu par les habitants de la région: il n'est que de voir l'importance de ce qu'il reste de cette pratique dans les quartiers populaires de Manaus ou dans les résidences de fin de semaine des environs de la ville.

Cet aménagement de l'espace représente une forme spécifiquement amazonienne de ce qu'il est coutume d'appeler depuis quelques années l'agroforesterie et dont il serait nécessaire de décrire et analyser les différentes étapes qui vont de la forêt naturelle au couvert forestier complètement aménagé. Fondée sur la

reconstitution d'un couvert arboré à partir de plantes essentiellement indigènes, il est le cadre d'un processus de domestication d'espèces fruitières parmi lesquelles les palmiers ont une grande importance. Ce processus initié depuis des époques très anciennes est toujours actif. C'est sous ces deux facettes, en tant que système écologique adapté et productif et en tant que réservoir de plantes utiles en voie plus ou moins avancée de domestication, que le jardin-verger familial doit être étudié, en même temps qu'il doit, au moins dans les conditions actuelles, être privilégié comme type d'aménagement possible pour l'Amazonie

LITTÉRATURE CITÉE

- 1 ACUÑA, C. DE. 1986. Nuevo descubrimiento del Gran Rio das Amazonas en el año 1663. In *Informes de Jesuistas en el Amazonas, 1660-1694*. Iquitos. Monumento Amazónica. p. 25-107
- 2 ANDERSON, A.B.; GÉLY, A. 1985. Um sistema agroflorestal na várzea do estuário amazônico (Ilhas das Onças, Município de Barcarena, Estado do Pará). *Acta Amazonica* 15(1-2):195-224.
- 3 BAHRI, S. 1988. Les systèmes agroforestiers. In *Conditions écologiques et économiques de la production d'une île de várzea: l'île de Careiro*. ORSTOM, INPA, CEE. p. 336-347
- 4 DENEVAN, W.M.; TREACY, J.M.; ALCORN, J.B.; PADOCK, C.; DENSLow, J.; FLORES PAITAN, S. 1984. Indigenous agroforestry in the Peruvian Amazon: Bora Indian management of swidden fallows. *Interciência* 9:346-357
- 5 GASCHÉ, J. 1975. Le système cultural witoto. In *Culture sur brûlis et évolution du milieu forestier en Amazonie du Nord-Ouest*. p. 111-128.
- 6 GREHAND, P.; GREHAND, F. 1988. Histoire du peuplement et des systèmes d'exploitation. In *Conditions écologiques et économiques de la production d'une île de várzea: l'île de Careiro*. ORSTOM, INPA, CEE. p. 229-248
- 7 HILDEBRAND, P. VON. 1975. Observaciones preliminares sobre utilización de tierras y fauna por los indígenas del Rio Miriti Parana. *Revista Colombiana de Antropología* 18:183-292
- 8 HIRAOKA, M. 1986. Zonation of mestizo riverine farming systems in northeast Peru. *National Geographic Research* 2(3):354-371
- 9 IBGE. 1977. *Geografia do Brasil Região Norte Rio de Janeiro v.1*, 462 p.
- 10 LOURD, M. 1988. Pathologie des plantes cultivées sur l'île de Careiro. In *Conditions écologiques et économiques de la production d'une île de várzea: l'île de Careiro*. ORSTOM, INPA, CEE. p. 348-360.
- 11 LOUREIRO, A.J.S. 1986. *A grande crise (1906-1916)*. T. Loureiro & Cia. 282 p.
- 12 POSEY, D.A. 1982. The keepers of the forest. *Garden* 6:18-24
- 13 RANKIN DE MÉRONA, J.; MÉRONA, B. DE. 1988. Les relations poissons-forêt. In *Conditions écologiques et économiques de la production d'une île de várzea: l'île de Careiro*. ORSTOM, INPA, CEE. p. 202-228.
- 14 RAPOSO, N.D. DE M. 1986. Etude d'un système agroforestier d'une région de "várzea" "Sitio Pequim" Manacapuru Montpellier. Univ. des Sciences et Techniques du Languedoc.
- 15 SPRUCE, R. 1970. *Notes of a Botanist on the Amazon and Andes*. New York, London. 2 v., p. 518:541
- 16 STERNBERG, H.O.R. 1956. A água e o homem na várzea do Careiro. *Rio de Janeiro, Bra* 229 p.
- 17 VICKERS, W.T. 1983. Tropical forest mimicry in swiddens: a reassessment mimicry of Geertz' model with Amazonian data. *Human Ecology* 11:35-45
- 18 WAGLEY, C. (ed) 1974. *Man in the Amazon*. Univ. of Florida, Center for Latin American Studies.

Enraizamiento *in vitro* del Portainjerto Colt¹

C. Arjona*, E. Welkerling de Tacchini*, G.A. Rosell**

ABSTRACT

The rooting effects of: a) different auxins, concentrations and exposure periods; b) supporting systems; c) dark treatment; and d) duration of rooting stage were evaluated. Shoots of the sixth and seventh subculture *in vitro* were used. Indolebutyric acid (IBA), indoleacetic acid (IAA) and naphthaleneacetic acid (NAA) allowed to achieve 90-100% of rooted shoots. Even when seven days of exposure to NAA, followed by the culture on a free auxin medium, resulted in the best radical system, it was also possible to obtain good rooting by means of permanent exposure to 0.5 mg l⁻¹ of NAA, since neither root nor shoot growth was inhibited. Agar at four or seven g l⁻¹ proved to be better than liquid media or those with vermiculite. Darkness induced less root growth with abundant proliferation of callus. Extending the rooting stage from 26 to 34 and 42 days augmented root length, without showing visible increase in the amount of callus. One thousand plants, produced according to the outcome of this work, could be successfully acclimatized. They had a survival higher than 95% under polyethylene tunnel without mist.

COMPENDIO

A partir de brotes provenientes del sexto y séptimo subcultivo *in vitro* del portainjerto Colt, se analizaron los efectos sobre el enraizamiento de los siguientes factores: a) diferentes auxinas, concentraciones y tiempos de exposición; b) sistemas de soporte; c) exposición a la oscuridad y d) duración de la etapa de enraizamiento. IBA, IAA y ANA permitieron obtener 90-100% de brotes enraizados. Si bien en siete días de exposición al ANA, seguido del cultivo en medio libre de auxina, se produjo el mejor sistema radical, fue posible obtener un muy buen enraizamiento por la presencia permanente de 0.5 mg l⁻¹ de ANA, ya que esta última no inhibió el crecimiento de las raíces ni de los brotes. El agar a cuatro o siete g l⁻¹ resultó superior a los medios líquido o con vermiculita. La oscuridad indujo menor crecimiento de las raíces, con abundante formación de callo. Al extender la duración del enraizamiento de 26 a 34 y 42 días se incrementó la longitud de las raíces sin un aumento aparente en la cantidad de callo. Fue posible la aclimatación de 1 000 plantas producidas según las condiciones resultantes de este trabajo, con una sobrevivencia superior al 95% bajo un túnel de polietileno y sin necesidad de nebulización.

INTRODUCCION

Colt es un portainjerto semiestándar para cerezo y guindo, con resistencia al cancro bacteriano algo mayor que el F 12/1

Por su origen híbrido (*Prunus avium* x *Prunus pseudocerasus*), se hace necesaria la propagación agámica. La micropropagación ha sido estudiada por Wilkins y Dodds (10) y por Ochatt y Caso (6). Los dos primeros autores observaron un escaso crecimiento de los vástagos cuando el enraizamiento *in vitro* se producía en presencia de medios ricos en auxinas, mientras que en medios ricos en citocininas se obtenía un vigoroso enraizamiento luego de seis a diez semanas. Ochatt y Caso (6) consideraron conflictivos estos resultados, señalando que los brotes continúan su crecimiento aún en el medio de enraizamiento con auxina. No obstante ellos tuvieron que usar la laborio-

sa técnica del enraizamiento en medio líquido sobre puente de papel para superar el 70% de enraizamiento.

El objetivo del presente trabajo es evaluar algunas de las condiciones que regulan las características del enraizamiento *in vitro* de Colt, con el fin de obtener una forma de producción masiva de plantas micropropagadas con un sistema radical que facilite la aclimatación post-trasplante.

MATERIALES Y METODOS

Como material se emplearon brotes elongados de tres o cuatro nudos del portainjerto Colt, provenientes del sexto y séptimo subcultivo *in vitro*, siguiendo las condiciones descritas por Ochatt y Caso (6), excepto en el último subcultivo donde la densidad de flujo de fotones fotosintéticos fue de 45 μ moles m⁻² s⁻¹.

Todos los ensayos se llevaron a cabo en el medio de Murashige y Skoog (5), pero con las sales mine-

1 Recibido para publicación el 21 de octubre de 1988.

* Cátedra Fruticultura-Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Cuyo.

** Gerente Técnico-GARBI Biotecnología

rales a la mitad de su concentración. Se adicionaron 20 g l⁻¹ de sacarosa y varias auxinas en concentraciones variables desde 0.1 hasta 10 mg l⁻¹. El pH se ajustó a 5.7 antes de la esterilización.

Se utilizaron recipientes de vidrio de 150 ml de capacidad con 50 ml de medio, excepto para los medios líquidos en que se agregaron 6 ml de medio por tubo de ensayo de 90 mm x 20 mm, esterilizándose en autoclave a una presión de 0.101 MPa durante 20 minutos.

Excepto mención específica de lo contrario, se usaron medios solidificados con 4 g l⁻¹ de agar y con una concentración de ácido naftalenacético (ANA) de 0.5 mg l⁻¹. Las condiciones de cultivo fueron: 16 h luz/8 h oscuridad, con una densidad de flujo de fotones fotosintéticos de 140 μ moles m⁻² s⁻¹ y a una temperatura de 25°C. Los ensayos tuvieron una duración de 26 días.

Ensayo 1. Selección de la auxina

Se probó el efecto del ácido indolacético (AIA), ácido naftalenacético (ANA) y ácido indolbutírico (AIB), a las concentraciones de 0.1, 0.5 y 1.0 mg l⁻¹, con el fin de seleccionar la auxina a utilizar en los ensayos 2 a 5.

Ensayo 2. Sistema de soporte

Se ensayaron cuatro alternativas:

- 4 g l⁻¹ de agar Sigma
- 7 g l⁻¹ de agar Sigma
- Vermiculita
- Medio líquido sin puente de papel

Sólo para el tratamiento d) cada brote se colocó en un tubo de ensayo, quedando su porción basal inmersa en el medio.

Ensayo 3. Efecto de la oscuridad

Al inicio de la fase de enraizamiento se sometieron los cultivos a cero, tres y siete días de oscuridad. Luego se mantuvieron en las condiciones de cultivo antes señaladas hasta completar 26 días.

Ensayo 4. Duración de la etapa de enraizamiento

Los brotes fueron comparativamente cultivados durante 26, 34 y 42 días.

Ensayo 5. Concentraciones y tiempos de exposición al ANA

Se utilizaron las combinaciones que se detallan en el Cuadro 1.

En el ensayo 1 se tuvo en cuenta el porcentaje de brotes enraizados y en los ensayos 2 a 5 se determinaron las siguientes variables:

- Porcentaje de brotes enraizados
- Número de raíces por brote enraizado
- Sumatoria de las longitudes de las raíces por brote enraizado
- Pesos secos del vástago y de la raíz. (Se calculó la relación vástago/raíz)
- Número de días para alcanzar el 50% de brotes enraizados
- Presencia de callo y de raíces secundarias

La unidad experimental consistió en cuatro brotes por frasco, utilizándose seis repeticiones por tratamiento. Los resultados fueron sometidos al análisis de la variancia y el test de Duncan.

RESULTADOS

Ensayo 1. El efecto de las auxinas sobre el porcentaje de brotes enraizados (90-100%) fue el mismo en las tres concentraciones probadas.

Sobre la base de estos resultados y de los obtenidos por Ochatt y Caso (6) se seleccionó para los restantes ensayos el ANA.

Cuadro 1. Tiempos de exposición y concentraciones de ANA seleccionadas.

Concentración (mg l ⁻¹)	Tiempos de exposición a la auxina			
	1 hora	3 días	7 días	26 días
0.1				X
0.5	X	X	X	X
1.0				X
10.0	X			

Los tratamientos de 1 hora, 3 días y 7 días se transfirieron posteriormente a medios sin auxina hasta completar los 26 días.

Cuadro 2. Efecto del sistema de soporte sobre el enraizamiento del portainjerto Colt.

Soporte	Enraizamiento (%)	Raíces		Vástago/Raíz (peso seco)	Callo	Raíces secundarias
		Número	Σ longitud (cm)			
P*	5%	5%	1%	1%		
Agar 4 g l ⁻¹	100 a	12 a	84 a	0.93 a	+	°
Agar 7 g l ⁻¹	100 a	12 a	78 a	1.02 a	+	°
Vermiculita	75 a	7 a	11 b	2.83 b	++	-
Líquido	79 a	12 a	22 b	3.90 b	++	-

* Valores de una columna acompañados por las mismas letras no difieren entre si para P = 0.05 y 0.01

Callo: + Escaso; ++ Moderado

Raíces secundarias: ° presencia; - ausencia

Ensayo 2. El sistema de soporte no ejerció influencia sobre el porcentaje de enraizamiento y el número de raíces/planta (Cuadro 2). No obstante, los medios solidificados con agar tuvieron mayor crecimiento de las raíces, presencia de raíces secundarias, escasa cantidad de callo y una menor relación vástago/raíz que los medios al estado líquido o con vermiculita. Las plantas obtenidas en medios líquidos presentaron severos síntomas de vitescencia.

Ensayo 3. No hubo diferencias en el porcentaje de enraizamiento, número de raíces/planta y relación vástago/raíz, entre los tratamientos de cero, tres y siete días de oscuridad (Cuadro 3). La exposición a la oscuridad por tres y siete días produjo una reducción en la sumatoria de la longitud de las raíces, con una abundante formación de callo. En todos los casos hubo presencia de raíces secundarias.

Ensayo 4. No se presentaron diferencias en el porcentaje de enraizamiento, ni en el número de raíces, entre los 26, 34 y 42 días de duración de la etapa de enraizamiento (Cuadro 4).

Al prolongar la fase de enraizamiento a 34 y 42 días se produjo una tendencia a incrementar el tamaño de las raíces y a disminuir la relación vástago/raíz, sin un aumento aparente en la cantidad de callo.

Ensayo 5. Todas las combinaciones de tiempos y concentraciones de ANA ensayadas resultaron en un elevado porcentaje de enraizamiento (88-100%), sin diferencias significativas entre ellas.

La exposición por 26 días a concentraciones de 0.1 hasta 1.0 mg l⁻¹ de ANA no alteró la longitud total de las raíces (Cuadro 5). Si bien 1 mg l⁻¹ de

Cuadro 3. Efecto de diferentes tiempos de exposición a la oscuridad sobre el enraizamiento del portainjerto Colt.

Días en oscuridad	Enraizamiento (%)	Raíces		Vástago/Raíz (peso seco)	Callo	Raíces secundarias
		Número	Σ longitud (cm)			
P*	5%	5%	1%	5%		
0	100 a	12 a	84 a	0.93 a	+	°
3	96 a	11 a	49 b	1.21 a	+++	°
7	100 a	10 a	46 b	1.68 a	+++	°

* Valores de una columna acompañados por las mismas letras no difieren entre si para P = 0.05 y 0.01.

Callo: + Escaso; +++ Abundante

Raíces secundarias: ° presencia

ANA incrementó el número de raíces por planta, con una baja relación vástago/raíz, estas resultaron sumamente quebradizas y con mayor cantidad de callo.

Aunque 0.1 y 0.5 mg l⁻¹ de ANA generalmente no presentaron diferencias significativas entre sí, esta última concentración tendió a manifestar un mayor crecimiento del sistema radical y fue la única en la que se observaron raíces secundarias.

Cuando se expusieron los brotes a 0.5 mg l⁻¹ de ANA durante diferentes tiempos (Cuadro 6), se observó que el tratamiento por siete días resultó en un mayor número de raíces que los tratamientos de tres y 26 días y con una elevada sumatoria de la longitud de las raíces/planta. Los menores números de raíces y sumatoria de la longitud de las raíces y la mayor relación vástago/raíz, correspondieron al tratamiento de una hora. El incremento de la concentración de ANA a 10 mg l⁻¹ durante una hora, permitió revertir estos últimos valores (Cuadro 7). En los menores tiempos de exposición a la auxina no se formó callo.

DISCUSION

En nuestros ensayos fue posible obtener de un 90 a un 100% de enraizamiento de brotes en una amplia variedad de condiciones. Esto contrasta con lo citado por Ochatt y Caso (6), aún cuando para el establecimiento y la multiplicación del material se emplearon los medios de cultivo descritos por ellos. Dichas diferencias podrían atribuirse a condiciones fisiológicas distintas en los brotes utilizados para las pruebas de enraizamiento, posiblemente asociadas a diferencias en el número de subcultivos y a los niveles de iluminación. El efecto de las condiciones previas al

enraizamiento sobre la tasa de enraizamiento y calidad de las raíces ha sido señalado para *P. avium*, *P. cerasus* y portainjertos enanizantes para el cerezo (2).

Varios trabajos señalan que la exposición a la oscuridad al inicio de la etapa de enraizamiento mejora el porcentaje de enraizamiento y/o el número de raíces por planta, en numerosas especies frutales de difícil enraizamiento *in vitro* (1, 2, 3, 4, 7, 8, 11). Sin embargo en nuestros ensayos se alcanzó el 100% de enraizamiento sin la exposición a la oscuridad, mientras que los tratamientos de tres o siete días en oscuridad resultaron detrimentales ya que no se aumentó el número de raíces/planta, se redujo el crecimiento de las raíces y hubo formación de abundante callo en la base de las estacas. De forma similar, Druart (2) para cerezos y guindos, señaló que en presencia de riboflavina y por acción de la luz, las raíces se alargan y el callo friable de la base de las estacas es fuertemente limitado.

De los sistemas de soporte ensayados, el agar resultó ser el más efectivo y el de más fácil manipulación. Los medios líquidos y con vermiculita presentaron un muy reducido crecimiento de las raíces. Esto, sumado al aspecto vítreo de las plantas provenientes de medio líquido, dificultó mucho la aclimatación.

ANA, AIB y AIA resultaron igualmente efectivas para la promoción del enraizamiento.

En todas las experiencias con ANA se obtuvo similar porcentaje de enraizamiento pero con importantes diferencias en la calidad del sistema radical. Alrededor de los nueve días, todos los tratamientos alcanzaron

Cuadro 4. Efecto de la duración de la etapa de enraizamiento sobre el enraizamiento del portainjerto Colt.

Tiempo (días)	Enraizamiento (%)	Raíces		Vástago/Raíz (peso seco)		Callo	Raíces secundarias
		Número	Σ longitud (cm)	5%	1%		
P*	5%	5%	1%	5%	1%		
26	100 a	12 a	84 a	0.93 a	a	+	°
34	100 a	13 a	177 b	0.77 ab	a	+	°
42	96 a	14 a	222 b	0.68 b	a	+	°

* Valores de una columna acompañados por las mismas letras no difieren entre sí para P = 0.05 y 0.01.

Callo: + Escaso

Raíces secundarias: ° presencia

Cuadro 5. Efecto de la exposición durante 26 días a distintas concentraciones de ANA sobre el enraizamiento del portainjerto Colt.

Concentraciones (mg l ⁻¹)	Enraizamiento (%)	Raíces		Vástago/Raíz (peso seco)	Callo	Raíces secundarias
		Número	Σ longitud (cm)			
P*	5%	1%	5%	1%		
0.1	88 a	10 a	64 a	1.57 a	-	-
0.5	100 a	12 a	84 a	0.93 b	+	°
1.0	100 a	18 b	71 a	0.64 b	++	-

* Valores de una columna acompañados por las mismas letras no difieren entre sí para P = 0.05 y 0.01

Callo: - Nulo; + Escaso; ++ Moderado

Raíces secundarias: - ausencia; ° presencia

el 50% de brotes enraizados, notándose la reactivación del crecimiento de los brotes a los 15 días de puestos en cultivo. Este crecimiento en presencia de auxina, coincide con lo publicado por Ochatt y Caso (6) pero difiere de lo observado en Colt por Wilkins y Dodds (10) y por Snir (9) en guindos.

Con 1 mg l⁻¹ de ANA permanente en el medio se observó una inhibición parcial del crecimiento de las raíces. Además, éstas resultaron muy frágiles para su manejo durante el trasplante. Con 0.5 mg l⁻¹ no hubo inhibición aparente del crecimiento de las raíces, ya que la longitud media de cada raíz (sumatoria de la longitud de las raíces/número de raíces) fue similar a la obtenida por la exposición permanente a una menor concentración de ANA (Cuadro 7) y a las exposiciones a 0.5 y 10 mg l⁻¹ de ANA durante una hora a siete días (Cuadros 6 y 7). Es más, cuando se

prolongó la duración de la etapa de enraizamiento, las raíces continuaron su crecimiento (Cuadro 4). Por ello y por la presencia de raíces secundarias se consideró que para las exposiciones permanentes, 0.5 mg l⁻¹ fue la concentración de ANA más apropiada, coincidiendo con los resultados obtenidos por otros autores (6, 9).

Si bien la exposición a la auxina durante siete días produjo el mejor sistema radical, cabe destacar que esta práctica es costosa en mano de obra y medios de cultivo. Teniendo en cuenta los resultados precedentes, se considera que es posible obtener a menores costos un muy buen crecimiento *in vitro* del sistema radical, por la presencia permanente de la auxina en el medio de cultivo a concentraciones relativamente bajas

Cuadro 6. Efecto de diferentes tiempos de exposición a una concentración de 0.5 mg l⁻¹ de ANA sobre el enraizamiento del portainjerto Colt.

Tiempo	Enraizamiento (%)	Raíces				Vástago/Raíz (peso seco)	Callo	Raíces secundarias
		Número		Σ longitud (cm)				
P*	5%	5%	1%	5%	1%	1%		
1 hora	100 a	8 a	a	49 a	a	3.23 a	-	°
3 días	100 a	13 b	a	96 bc	b	1.21 b	-	°
7 días	96 a	19 c	b	111 c	b	1.09 b	+	°
26 días	100 a	12 b	a	84 b	b	0.93 b	+	°

* Valores de una columna acompañados por las mismas letras no difieren entre sí para P = 0.05 y 0.01.

Callo: - Nulo; + Escaso.

Raíces secundarias: ° presencia.

Fue posible la aclimatación de 1 000 plantas producidas según las condiciones resultantes de este trabajo, con un porcentaje de sobrevivencia superior al

95% , bajo un tunel de polietileno y sin necesidad de nebulización.

Cuadro 7. Efecto de la exposición durante una hora a dos concentraciones de ANA sobre el enraizamiento del portainjerto Colt.

Concentra- ciones (mg l ⁻¹)	Enraiza- miento (%)	Raíces				Vástago/ Raíz (peso seco)	Callo	Raíces secundarias
		Número		Σ longitud (cm)				
P*	5%	5%	1%	5%	1%	1%		
0.5	100 a	8 a	a	49 a	a	3.23 a	—	°
10.0	95 a	12 b	a	75 b	a	1.69 b	—	°

* Valores de una columna acompañados por las mismas letras no difieren entre sí para P = 0.05 y 0.01

Callo: — Nulo

Raíces secundarias: ° presencia

LITERATURA CITADA

- DRUART, P.; KEVERS, C.; BOXUS, P.; GASPAR, T. 1982. *In vitro* promotion of root formation by apple shoots through darkness effect on endogenous phenols and peroxydases. *Zeitschrift Pflanzenphysiologie* 108:129-436.
- DRUART, P. 1985. Multiplication conforme de sujets portegreffé et de variétés de cérisiers para la culture *in vitro*. *Acta Horti* 169:319-328.
- HAMMERSCHLAG, F. 1982. Factors influencing *in vitro* multiplication and rooting of the plum rootstock Myrobalan (*Prunus cerasifera* Ehrh.) *Journal of the American Society for Horticultural Science* 107(1):44-47.
- JAMES, D. I. 1983. Adventitious root formation *in vitro* in apple rootstocks (*Malus pumila*) I. Factors affecting the length of the auxin-sensitive phase in M 9. *Physiologia Plantarum* 57:149-153.
- MURASHIGE, T.; SKOOG, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15:473-497.
- OCHATT, S. J.; CASO, O. H. 1984. Cultivo *in vitro* de ápices caulinares de portainjertos de frutales leñosos (Rosaceae). I. Micropropagación de cerezos cv Colt y el F 12/1. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (Arg.)* 19(2):241-250.
- REEVES, D. W.; COUVILLON, G. A.; HORTON, B. D. 1985. Effect of gibberellic acid (GA₃) on elongation and rooting of "St Julien A" rootstock *in vitro*. *Scientia Horticulturae* 26:253-259.
- RUGINI, E.; VERMA, D. C. 1982/83. Micropropagation of difficult-to-propagate almond (*Prunus amygdalus*, Bastch) cultivar. *Plant Science Letters* 28:273-281.
- SNIR, I. 1983. A micropropagation system for sour cherry. *Scientia Horticulturae* 19:85-90.
- WILKINS, C. P.; DODDS, J. H. 1982/83. Effect of various growth regulators on growth *in vitro* of cherry shoot tips. *Plant Growth Regulation* 1(3): 209-216.
- ZIMMERMAN, R. H. 1984. Rooting apple cultivars *in vitro*: interaction among light, temperature, phloroglucinol and auxin. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 3:301-311.

Rendimento de Grãos e Conteúdo de Clorofilas nas Folhas de Cultivares de Soja em Diferentes Estágios de Desenvolvimento¹

C. Costa*, J.A. Costa**, I. Anghinoni**

ABSTRACT

A field trial with and without maintenance fertilization was conducted at Guaíba, Rio Grande do Sul State, Brazil, to evaluate the chlorophyll content and grain yield of five soybean cultivars: Década, Ivorá, BR-4, BR-1 and Cobb. The chlorophyll content was evaluated at five growth stages, from R₂ to R₆, and reached the highest values at R₃, R₄ and R₅. For these stages, Década, BR-1 and BR-4 showed the highest content of chlorophyll a and total chlorophyll (expressed in mg/cm⁻² of leaf area). The method used to analyse the chlorophyll content was accurate enough to establish actual differences among cultivars. There were no differences among cultivars in relation to chlorophyll content in grain yield with or without maintenance fertilization.

RESUMO

Foi conduzido em Guaíba (RS) um ensaio de campo com e sem adubação de manutenção, para avaliar o conteúdo de clorofilas e rendimento de grãos das cultivares de soja Década, Ivorá, BR-4, BR-1 e Cobb. O conteúdo de clorofilas foi determinado em cinco estágios de desenvolvimento (R₂ a R₆), tendo sido maior em R₃, R₄ e R₅. Nestes, Década, BR-1 e BR-4 apresentaram as maiores quantidades de clorofilas a e total (expressas em mg/cm⁻² de área de folha). O método utilizado na análise de clorofilas mostrou-se eficaz na determinação das diferenças existentes entre cultivares. As cultivares mostraram-se semelhantes com relação ao conteúdo de clorofilas nas folhas e rendimento de grãos, independentemente do emprego ou não da adubação de manutenção.

INTRODUÇÃO

Muitos estudos têm mostrado que os conteúdos de clorofilas nas folhas das plantas estão associados à taxa fotossintética. Correlações positivas entre a quantidade de clorofilas e a taxa fotossintética foram relatadas para soja (3), milho e beterraba (20) e para coníferas e macieiras (26). Não obstante essas evidências, alguns aspectos dessa relação têm sido objeto de opiniões controversas. Baixo conteúdo de clorofilas em folhas de algodão, ervilha, amendoim, soja e fumo foi relacionado a altas taxas fotossintéticas. Além disso, a variação da taxa fotossintética entre espécies não está necessariamente relacionada ao conteúdo de clorofilas (8).

Por outro lado, deve-se considerar que muitos trabalhos antigos concernentes à relação clorofila-taxa

fotossintética apresentam defeitos básicos comuns, tais como a medição da fotossíntese em condições impróprias, principalmente em baixas densidades de fluxo luminoso, não levando em consideração a idade e o tipo de folha, se mutante ou planta normal (20).

De qualquer modo, há duas idéias básicas sob as quais parece assentar-se toda a problemática da associação entre clorofilas e fotossíntese. A primeira delas sugere que durante o desenvolvimento da folha, deve ser considerado que, a razão entre a clorofila ativa e a inativa varia e que a taxa fotossintética é proporcional apenas à quantidade de clorofila ativa, que decresce com a idade da folha. De fato, a quantidade, bem como a característica da relação clorofila-taxa fotossintética, dependem da idade da folha (19). Sing e Lal (23), em estudos com plantas de linho, trigo e cana-de-açúcar, também constataram alta taxa fotossintética em folhas jovens, valores médios em folhas maduras e baixos em folhas velhas. Estes autores não avaliaram a quantidade de clorofilas nas folhas. Entretanto, Sesták e Catský (21) observaram taxa fotossintética alta e conteúdos altos de clorofilas em folhas jovens de *Nicotiana glauca* Hort. Sprague e Curtis (24), utilizando linhagens e híbridos de milho, observaram maior quantidade de clorofilas em folhas jovens do que naquelas mais velhas. Esse padrão de variação é comum nas dicotiledôneas, como foi cons-

¹ Recebido para publicação em 7 de janeiro 1988

Parte da tese apresentada pelo primeiro autor para obtenção do grau de mestre em Fitotecnia, curso de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

* Eng. Agr., Av. João Pessoa, 41/304, CEP 90040 Porto Alegre, RS.

** Professores Adjuntos, Dep. Fitotecnia e de Solos, respectivamente, da Fac. de Agron. da Univ. Fed. do Rio Grande do Sul, Cx P. 776, CEP 90001, Porto Alegre, RS. Bolsistas do CNPq.

tatado em fumo (9). Uma outra hipótese sustenta que durante o desenvolvimento da folha o aparato de enzimas do cloroplasto é degradado e deste modo a energia captada pela clorofila não é utilizada pela fotossíntese (21)

A importância da clorofila a na relação clorofila e taxa fotossintética foi enfatizada por alguns autores. Sesták (20) obteve coeficiente de correlação mais alto quando relacionou a taxa fotossintética com a clorofila a. Tal fato, segundo o autor, pode ser explicado, em parte, pela alta precisão na estimativa da clorofila a, o que não acontece com a clorofila b quando são usados os dois comprimentos de onda no método espectrofotométrico

Uma análise dos resultados de Sesták e Catský (21) mostra que o conteúdo de clorofila aumenta na primeira fase do desenvolvimento da folha, até atingir um máximo. Esse ponto foi chamado de "maturidade fotossintética", que, segundo os autores, não corresponde exatamente ao tamanho máximo da folha. Daí, há um decréscimo gradual de clorofilas.

No entanto, as espécies, ou mesmo as cultivares de uma mesma espécie, podem diferir amplamente quanto ao padrão de variação do conteúdo de clorofilas com a idade da planta. O presente trabalho foi realizado com o objetivo de: a) avaliar se as cultivares estudadas diferem quanto ao conteúdo de clorofilas nas folhas e se isto afeta a produtividade; b) verificar se o conteúdo de clorofilas varia com os estágios de desenvolvimento e c) se isto pode determinar o melhor estágio para a identificação de cultivares de soja com maior potencial produtivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica (EEA) da UFRGS, em solo Pod-

zólico Vermelho-Escuro (Paleudult). As amostras do solo revelaram, após a análise, a seguinte composição: pH = 5,7; matéria orgânica = 2,9%; P e K (Mehlich) 19,2 e 66 mg·kg⁻¹, respectivamente; e Ca e Mg trocáveis 4,2 e 2,1 me·dL⁻¹, respectivamente (15)

A área vinha sendo cultivada com soja na estação quente e com um cereal de estação fria (trigo ou aveia) em sucessão, por três anos consecutivos, antes da instalação deste experimento. Foram estabelecidos, de início, dois sistemas de manejo da fertilidade do solo com e sem adubação de manutenção para a soja, esquema mantido até então. O cereal de inverno era sempre adubado conforme a recomendação.

O preparo do solo consistiu de uma aração profunda e duas gradagens. Em virtude de deficiência hídrica prolongada, foi feita uma rega por aspersão na área experimental, de modo a permitir o preparo da área e a incorporação do adubo. Como adubação de manutenção foram aplicados 70 kg·ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples e 30 kg de K₂O·ha⁻¹ na forma de cloreto de potássio.

Os tratamentos consistiram de cinco cultivares de soja recomendadas para o Rio Grande do Sul: Década (precoce, indeterminada); Ivorá (precoce, determinada); BR-4 (média, determinada); BR-1 (semitardia, determinada) e Cobb (tardia, determinada), sob duas condições de manejo de fertilidade de solo, que representam dois ensaios, com e sem adubação de manutenção, para a soja.

Foram utilizados blocos completos casualizados com quatro repetições, e os tratamentos foram arranjados em parcelas subdivididas. A adubação de manutenção para a soja foi estabelecida na parcela principal, nas subparcelas as cultivares. Os folíolos para análise de clorofilas foram coletados em cinco estágios de desenvolvimento, que originaram as subsubparcelas.

Tabela 1. Conteúdo de clorofila a (mg cm⁻²) média dos dois ensaios, de cinco cultivares de soja por estágio de desenvolvimento, EEA/UFRGS, Guaíba, RS, 1984/85.

Cultivar	Estágios de desenvolvimento					Média
	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	
Década	c 0.012 B	b 0.013 B	a 0.027 A	a 0.028 A	b 0.016 A	0.019
Ivorá	c 0.010 B	c 0.008 D	a 0.012 AB	a 0.023 B	b 0.016 A	0.016
BR-4	ab 0.018 A	c 0.012 C	a 0.021 BC	a 0.020 B	b 0.016 A	0.017
BR-1	c 0.013 B	a 0.021 A	a 0.020 C	a 0.019 B	b 0.016 A	0.018
Cobb	c 0.011 B	a 0.020 A	ab 0.019 C	ab 0.017 C	c 0.014 B	0.016
Média	0.013	0.015	0.022	0.022	0.016	

Médias antecedidas de mesma letra minúscula na linha e precedidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de DUNCAN ao nível de 5%.

A semeadura foi realizada no dia 5 de dezembro de 1984, fora da época recomendada para a região, que é em novembro, em razão das condições climáticas desfavoráveis que ocorreram nesse período. As sementes foram previamente inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* e tratadas com Captan-moly, na dose recomendada de 1 g kg^{-1} de sementes. Utilizou-se uma semeadeira manual "Planet Jr.", de uma linha, com regulagem para liberar 35 a 40 sementes por metro. O desbaste foi realizado manualmente quando as plantas apresentavam as folhas unifolioladas desenroladas, deixando-se 20 plantas por metro na linha, de modo a ter-se a densidade populacional de 40 plantas por m^2 .

Para minimizar os efeitos de períodos com deficiência hídrica foram efetivadas regas por aspersão a partir do início do florescimento. O controle de plantas invasoras foi realizado com a aplicação de 2.430 g ha^{-1} do herbicida Metalachlor, em pré-emergência. Para o controle de insetos e pragas, foram feitas três aplicações de inseticidas.

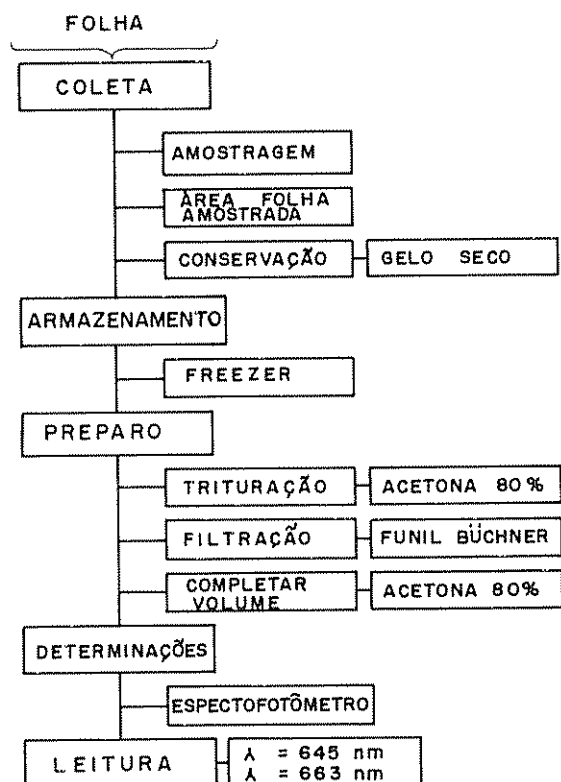


Fig 1 Diagrama das principais etapas da análise de clorofilas conforme procedimento adotado neste trabalho.

As análises de clorofilas foram realizadas pelos métodos propostos por Comar e Zscheile (4), Bruinsma (2) e Sesták *et al* (22), conforme mostrado na Fig 1, e constaram das seguintes etapas:

Coleta — A coleta de material foi efetuada em cinco estágios de desenvolvimento (R_2 a R_6). Cada amostra consistiu de cinco folíolos, um de cada planta, retirados ao acaso, dentro das duas fileiras da área útil da subparcela. Foi coletado o folíolo central da segunda folha completamente desenvolvida, a partir do ápice do caule. Antes de se destacar os folíolos da planta, tomou-se a medida da área foliar dos mesmos, desenhando-se os contornos de cada folíolo em papel. Em laboratório, estes desenhos foram recortados e suas áreas determinadas em um integrador de área foliar (modelo L 1 3 000), considerando-se a soma das mesmas como "área de folíolos amostrados (afa)".

Os folíolos foram destacados sem os peciólulos e imediatamente colocados em um saco preto de polietileno e armazenados em recipientes de isopor com gelo seco. Como o conteúdo de clorofilas nas folhas varia nas vinte e quatro horas do dia, (16) as coletas de folíolos para a análise de clorofilas foram efetuadas sistematicamente entre as 10 e as 13 horas, em dias claros e sem chuva.

Armazenamento e preparo de amostras — Como não era possível processar as amostras no mesmo dia da coleta, estas eram retiradas do recipiente de isopor e armazenadas em um freezer com temperatura média entre -18 e -21°C até o dia seguinte.

Os folíolos foram inicialmente cortados em pedaços e colocados em um frasco de vidro de boca larga, envolto em saco de polietileno preto. Na trituração utilizaram-se 60 ml de acetona e outros 30 ml para limpeza do triturador e do filtro. A trituração do material foi feita com um aparelho manual "BROWN MINIPIMER 2", por três minutos. Após, foi realizada a filtração, colocando-se o material triturado em um funil de "Büchner" ajustado a um kitasato. Este, também envolto em polietileno preto, e em um isopor com gelo comum, ligado a uma bomba de vácuo, recebia o filtrado. O resíduo do funil foi triturado uma segunda vez com 40 ml de acetona, por dois minutos. Mais 20 ml de acetona foram gastos para limpeza do triturador e do filtro.

Determinações — Utilizou-se um espectrofotômetro modelo "VARIAN TECNOTRON 634" e cubetas de 1 cm, e a leitura das absorvâncias feitas em dois comprimentos de onda, $\lambda = 645$ e 633 (2, 22).

A calibração do aparelho foi feita com acetona 80%, que também foi utilizada para diluir as amostras, obtendo-se um fator de diluição igual a 6.

Com o valor das absorvâncias (A), lidas no espectrofotômetro, foi feito o cálculo da concentração de clorofilas a, b, total e da relação clorofilas a/b, utilizando-se equações propostas por Bruinsma (2).

$$Ca_1 = (12.7A_{663} - 2.7A_{645}) \times fd = \text{mg} \cdot \ell^{-1}$$

$$Cb_1 = (22.9A_{645} - 4.7A_{663}) \times fd = \text{mg} \cdot \ell^{-1}$$

$$C_{tot1} = Ca_1 + Cb_1 = \text{mg} \cdot \ell^{-1}$$

$$\text{Relação clorofilas a/b} = Ca_1 / Cb_1$$

$$Ca_2 = (Ca_1 \times fc) / afa = \text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$Cb_2 = (Cb_1 \times fc) / afa = \text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$C_{tot2} = (Ca_2 + Cb_2) \text{ O } \text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

onde: A – absorvância no comprimento de onda λ (645 ou 663); afa – área de folíolos amostrados, em cm^2 ; Ca_1 e Cb_1 clorofilas a e b em $\text{mg} \cdot \ell^{-1}$; Ca_2 e Cb_2 – clorofilas a e b em $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$; C_{tot1} e C_{tot2} , clorofila total em $\text{mg} \cdot \ell^{-1}$ e $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$, respectivamente; fc = fator de correção = 0.15, para transformar concentrações de clorofilas calculadas para 1 litro de extrato ($\text{mg} \cdot \ell^{-1}$) para as quantidades em mg em 150 ml de volume final de extrato utilizado; fd – fator de diluição das amostras.

No final do experimento foram colhidas e trilhadas as plantas da área útil da subparcela. Após a determinação da umidade de grãos em um medidor “Universal”, o peso destes foi uniformizado à umidade padrão de 13%.

RESULTADOS

Como não houve significância para os níveis de adubação, os resultados apresentados referem-se aos da média dos dois ensaios. Houve diferença para cultivares, estágios e para interação estágio e cultivar.

De um modo geral, Década e BR-1 apresentaram maior conteúdo de clorofila a (Tabela 1). Contudo, no estágio R_2 a BR-4 apresentou conteúdo superior às demais; em R_3 as maiores quantidades de clorofila a referem-se àquelas das cultivares BR-1 e Cobb. Cabe ressaltar que houve diferença entre cultivares em todos os estágios de desenvolvimento considerados. Tais diferenças foram, no entanto, mais acentuadas em R_3 (início de formação de legumes) e variaram de 5 a 62%, tendo sido menores em R_6 (máximo volume de grãos), situando-se no máximo em 13%. deve-se destacar o fato de as cultivares terem apresentado diferenças da ordem de 16% na média do experimento.

Dentre os estágios de desenvolvimento, R_4 e R_5 foram aqueles em que as cultivares apresentaram maiores conteúdos de clorofila a. Por outro lado, verificou-se que todas as cultivares apresentaram diferenças na quantidade de clorofila a entre os estágios de desenvolvimento.

Da observação da Tabela 2 verifica-se que houve diferença nos conteúdos de clorofila b entre cultivares dentro de estágios de desenvolvimento. Com relação aos resultados médios do experimento, não foram detectadas tais diferenças, apesar de as cultivares terem apresentado variações na quantidade de clorofila b da ordem de 20%.

Na análise de estágios para uma mesma cultivar, foram constatadas diferenças com relação à quantidade de clorofila b entre os estágios de desenvolvimento. De um modo geral, as cultivares apresentaram conteúdos mais altos de clorofila b em R_4 e R_5 . A análise dos resultados destes dois estágios permitiu constatar que em R_5 as diferenças nos conteúdos de clorofila b entre cultivares foram menores (17%), do que aqueles em R_4 , cujas diferenças atingiram 29% (Tabela 2).

A relação clorofilas a/b variou amplamente entre cultivares (Tabela 3). A análise de variância revelou diferença para a cultivar, estágio e para interação estágio e cultivar.

Os maiores valores dessa relação foram obtidos em R_3 e R_4 , nos quais as cultivares apresentaram variações de 29% e 22%, respectivamente. Excetuando-se Cobb, que apresentou o menor valor da relação clorofila a/b, as demais apresentaram valores semelhantes.

As quantidades de clorofila total (Tabela 4) variaram de acordo com a cultivar, o estágio de desenvolvimento e a interação estágio – cultivar. Desse modo, à exceção do estágio R_6 (máximo volume de grãos), no qual as cultivares apresentaram conteúdos semelhantes de clorofila total, nos demais foram observadas diferenças entre as cultivares. Além disso, as maiores variações entre cultivares ocorreram nos dois primeiros estágios, que foram 40 e 58% em R_2 e R_3 , respectivamente. Os valores médios encontrados demonstraram a superioridade das cultivares Década, BR-1 e BR-4, sendo que a média situou-se em 0.022 $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ (Tabela 4).

No que se refere ao rendimento de grãos, os resultados obtidos mostraram que não houve diferença entre os dois ensaios. Os rendimentos foram de 3 062 e 3 157 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ nos ensaios com e sem adubação de manutenção, respectivamente. Considerando-se a média do experimento, a cultivar BR-4 foi a que apresentou maior rendimento (Fig. 2).

Tabela 2. Conteúdo de clorofila b (mg cm^{-2}), média dos dois ensaios, de cinco cultivares de soja por estágio de desenvolvimento. EEA/UFGRS, Guaíba, RS, 1984/85.

Cultivar	Estágios de desenvolvimento					Média
	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	
Década	c 0.003 B	b 0.004 B	a 0.007 A	a 0.006 A	b 0.005 B	0.005
Ivorá	b 0.004 AB	c 0.002 C	a 0.006 AB	a 0.005 AB	b 0.004 B	0.004
BR-4	b 0.005 A	c 0.003 C	a 0.006 AB	ab 0.006 AB	b 0.005 A	0.005
BR-1	c 0.004 AB	ab 0.005 AB	ab 0.005 B	a 0.006 A	a 0.005 A	0.005
Cobb	b 0.004 AB	a 0.006 A	ab 0.005 B	ab 0.005 B	ab 0.005 A	0.005
Média	0.004	0.004	0.006	0.006	0.005	

Médias antecedidas de mesma letra minúscula na linha e precedidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de DUNCAN ao nível de 5%

DISCUSSÃO

Em relação à clorofila a, observa-se que houve uma variabilidade expressiva entre cultivares, que apresentaram de média quantidades que oscilaram de 0.016 a 0.019 $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ (1.6 a 1.9 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2}$) (Tabela 1). Os resultados referidos na literatura são muito variáveis. Ramanujam e Jos (18) encontraram em cultivares de mandioca quantidades de até 3.85 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2}$

A cultivar Década apresentou, de um modo geral, o maior conteúdo de clorofila a. Uma hipótese para interpretar essa superioridade da Década é que esta pode ter maior espessura de folhas ou maior número de cloroplastos por folha, aspectos intimamente rela-

cionados aos conteúdos de clorofila na folha (7) e à taxa fotossintética (14).

A menor variação da clorofila b observada entre cultivares e entre os estágios de desenvolvimento (Tabela 2) confirma a observação de que a clorofila b é mais estável do que a clorofila a (7).

As relações médias de clorofilas a/b observadas neste trabalho variaram entre 3.2 e 3.8 (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados em folhas de *Negundo*, *Acer negundo variegatum* Jacq. (10), e em cotilédones de rabanete (17). Tais valores confirmam, também, a observação de que a relação clorofilas a/b é normalmente superior a 1, freqüentemente maior do que tres e muitas vezes situa-se entre cinco e seis (13).

O conteúdo de clorofilas nas folhas depende do estágio de desenvolvimento da planta (Tabelas 1 e 4). Em geral, a quantidade de clorofilas tem um máximo em folhas completamente expandidas e decresce gradualmente até a senescência (6, 22, 27). Este fato também foi observado no presente trabalho, em relação à variação de clorofilas ao longo dos cinco estágios de desenvolvimento.

De um modo geral, as cultivares apresentaram de média quantidades máximas de clorofila a em R₄ e R₅ (Tabela 1), estágios caracterizados por uma grande demanda por fotoassimilados devido à presença simultânea de flores, legumes e grãos em diversas fases de desenvolvimento, o que eleva o nível da demanda que, para ser satisfeita, exige aumento da capacidade da fonte.

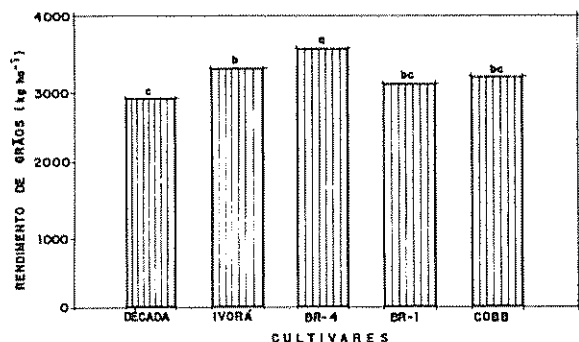


Fig. 2. Rendimento de grãos de cinco cultivares de soja, média dos ensaios com e sem adubação de manutenção. EEA/UFGRS, Guaíba, RS, 1984/85.

Tabela 3. Relação clorofilas a/b, média dos dois ensaios, de cinco cultivares de soja por estágio de desenvolvimento. EEA/UFRGS, Guaíba, RS, 1984/85.

Cultivar	Estágios de desenvolvimento					Média
	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	
Década	a 3.70 A	a 3.80 A	a 3.87 B	a 4.12 A	a 3.43 A	3.78
Ivorá	b 2.66 B	b 2.94 B	a 4.69 A	b 3.72 AB	a 3.69 AB	3.54
BR-4	a 3.66 A	a 4.13 A	a 3.43 A	a 3.67 AB	a 2.76 C	3.53
BR-1	a 3.48 A	a 4.12 A	a 3.67 A	a 3.47 B	a 3.11 ABC	3.57
Cobb	d 2.55 B	a 3.42 B	a 3.71 B	b 3.38 B	c 3.14 ABC	3.24
Média	3.21	3.68	3.87	3.67	3.23	

Médias antecedidas de mesma letra minúscula na linha e precedidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de DUNCAN ao nível de 5%

As maiores diferenças entre cultivares também foram observadas nesses estágios de desenvolvimento. Tal constatação sugere que as plantas podem ter vários períodos em que o conteúdo de clorofilas atinge valores máximos, de tal modo que isso deve estar associado a outros fatores internos e/ou externos a elas. Um desses fatores internos parece resultar do balanço entre a fonte e a demanda; a primeira é representada pelas folhas completamente expandidas e partes verdes da planta. Estas, no entanto, contribuem muito pouco para a fotossíntese e conseqüentemente como fonte (27). Por outro lado, a demanda é representada pelos pontos de crescimento vegetativo, número de flores, legumes, grãos, folhas em desenvolvimento e raízes.

Um fato importante é a coincidência observada entre os períodos máximos de conteúdos de clorofila e os de maior demanda da planta de soja. Assim, o estágio R₃ é caracterizado como o de início de formação de legumes. Isto é, quando as observações são feitas no caule como preconiza a metodologia da escala fenométrica. Contudo, nesse mesmo estágio, além de legumes, também podem ser observadas até 14 flores no caule (12), não incluindo aquelas nos ramos, que seriam em número ainda maior. Dall'Agnol (5) fez estudos com cinco cultivares de soja de hábito determinado e constatou 73% das flores nos ramos, sendo que as tardias desenvolveram maior número de flores do que as precoces. Marchezan & Costa (12) observaram, em três cultivares de soja, 54 a 65% de flores fixadas nos ramos.

No presente trabalho, chama-se a atenção para o fato de que a semeadura foi efetuada fora da época preferencial recomendada. A maior parte dos legumes das cultivares de hábito determinado é formada nos ramos, ao contrário das indeterminadas, que emitem poucos ramos, fazendo a compensação pela formação

de maior número de nós no caule e, conseqüentemente, formando maior número de legumes nesta parte da planta. Como o atraso na época de semeadura causa diminuição no número de ramos formados, é provável que isto tenha ocasionado maior redução no número de legumes das cultivares de hábito determinado, à exceção da Década, que é de hábito indeterminado. Como conseqüência, pode-se admitir que tenha havido uma diminuição na demanda por fotoassimilados naquelas cultivares, sendo mais alta na cultivar Década. Esta talvez seja uma das razões por que a Década apresentou maior conteúdo de clorofilas em relação às outras.

Das observações anteriores pode-se admitir que nos estágios R₃, R₄ e R₅, a taxa fotossintética é, provavelmente, aumentada e com ela os níveis de clorofila, de modo a prover a planta de fotoassimilados nesse período caracterizado por alta demanda. Até porque uma relação que vem sendo reconhecida por vários pesquisadores é de que a atividade da demanda pode ter influência na taxa de fotossíntese nas folhas (1).

As cultivares testadas tiveram de média teores de clorofila total entre 0.020 e 0.025 mg cm⁻² (2.0 a 2.5 mg dm⁻²), o que representou uma variação de até 20% (Tabela 4). Resultados semelhantes foram encontrados em estudos com folhas de *Nicotiana glauca* Hort (21) de soja (3) e de mandioca (18).

Um outro aspecto é que grande parte dessa variabilidade, no que se refere à clorofila total, é devida principalmente à clorofila a, na medida em que as cultivares foram muito semelhantes com relação à clorofila b.

Além dessas diferenças entre cultivares comentadas anteriormente, houve, também, diferenças com relação aos conteúdos médios de clorofila total de es-

Tabela 4. Conteúdo de clorofila total (mg cm^{-2}), média dos dois ensaios, de cinco cultivares de soja por estágio de desenvolvimento. EEA/UFRGS, Guaíba, RS, 1984/85.

Cultivar	Estágios de desenvolvimento					Média
	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	
Década	b 0.015 B	ab 0.021 B	a 0.034 A	a 0.032 A	ab 0.021	0.025
Ivorá	bc 0.014 B	c 0.011 C	a 0.029 B	ab 0.027 B	abc 0.020	0.020
BR-4	a 0.023 A	a 0.015 C	a 0.027 BC	a 0.026 B	a 0.023	0.023
BR-1	a 0.017 B	a 0.026 A	a 0.025 C	a 0.027 B	a 0.021	0.023
Cobb	a 0.015 B	a 0.026 A	a 0.024 C	a 0.022 C	a 0.019	0.021
Média	0.017	0.020	0.028	0.027	0.021	

Médias antecedidas de mesma letra minúscula na linha e precedidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de DUNCAN ao nível de 5%

tágios para uma mesma cultivar, como pode ser verificado pela significância da interação cultivar e estágio (Tabela 4)

As cultivares BR-1 e Década foram as que renderam menos (Fig. 1). No entanto, a Década apresentou, de maneira geral, variações significativas de clorofila total entre os estágios de desenvolvimento. Como resultado dessas variações, não houve correlação entre o conteúdo de clorofila e o rendimento de grãos. Chama-se a atenção para o fato de que os rendimentos de grãos de todas as cultivares foram elevados.

As cultivares testadas têm genealogias semelhantes. Assim, pode-se supor que se não fosse por isso, as diferenças observadas entre elas quanto ao conteúdo de clorofilas teriam sido, provavelmente, maiores. Para muitas espécies, inclusive para a soja maiores ganhos em produtividade e maior variabilidade podem ser alcançados. De certo modo, isto implicaria o emprego de genótipos com uma base genética mais ampla, nos programas de melhoramento de plantas. Baseado em resultados obtidos com soja, alguns autores (Buttery

e Buzzell (3) sugerem que a seleção inicial de progênies para alta taxa fotossintética poderia ser feita medindo-se o conteúdo de clorofila, desde que se empregue um método rápido de determinação. Então, ter-se-ia uma população reduzida, na qual a taxa fotossintética poderia ser medida com maior precisão.

CONCLUSÕES

- As cultivares comportaram-se de forma semelhante com relação aos conteúdos de clorofilas nas folhas e rendimento de grãos;
- não houve correlação entre os parâmetros estudados relativos à clorofila e ao rendimento de grãos;
- a clorofila b variou muito pouco entre cultivares e com os estágios de desenvolvimento quando comparada à clorofila a;
- os conteúdos de clorofila nas folhas variaram com os estágios de desenvolvimento das plantas, tendo sido maiores em R₃, R₄ e R₅.

LITERATURA CITADA

1. BEEVERS, H. Metabolic sinks. 1969. In *Physiological Aspects of Crop Yield*. Ed by J.F. Eastin; F.A. Haskins; C.Y. Sullivan; C.H.M. Van Bavel. Madison, Wisconsin, Crop Science Society of America. p. 169-184
2. BRUINSMA, J. 1963. The quantitative analysis of chlorophylls a and b in plant extracts. *Photochemistry and Photobiology* 2:241-249.
3. BUTTARY, B.R.; BUZZELL, R.I. 1977. The relationship between chlorophyll content and rate of photosynthesis in soybeans. *Canadian Journal of Plant Science* 57(1):1-5
4. COMAR, C.L.; ZSCHEILE, F.P. 1942. Analysis of plant extracts for chlorophylls a and b by a photoelectric spectrophotometric method. *Plant Physiology* 17:198-209

- 5 DALL'AGNOL, A. 1980. Flowering and fruiting pattern of five determinate soybean cultivars. Ph.D. Thesis. Gainesville, Florida, University of Florida. 89 p.
6. GAPONENKO, V.I.; STAZHETSKH, V. 1969. Change in the rate of photosynthesis and chlorophyll content in duck weed in connection with age and conditions of illumination. *Soviet Plant Physiology* 16(6):823-825
- 7 GRIFFITH, R.B.; VALLUAM, W.D.; JEFFREY, R.N. 1984. Chlorophyll and carotene content of eighteen tobacco varieties. *Plant Physiology* 19:689-693
8. HESKETH, J.D. 1963. Limitations to photosynthesis responsible for differences among species. *Crop Science* 3:493-496
9. JEFFREY, R.N.; GRIFFITH, R.B. 1947. Changes in chlorophyll and carotene contents of curing burley tobacco cut at different stages of maturity. *Plant Physiology* 22:34-41.
10. KUSHNIRENKO, M.D.; MEDVEDEVA, T.N. Influence of wilting on the pigment system and development of water-retaining forces of the leaves. *Soviet Plant Physiology* 16(3):440-444.
- 11 MACKINLEY, G. 1935. Development of the chlorophyll and carotenoid pigments in barley seedlings. *Plant Physiology* 10(2):365-373.
- 12 MARCHEZAN, E.; COSTA, J.A. 1983. Produção e fixação de flores e legumes, em três cultivares de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 18:129-136
13. MARGALEF, R. 1977. Production primaria. In *Ecologic*. Barcelona, España, Omega. 4 parte; Cap. 13 p. 435-472
14. McCLENDON, J.H. 1962. The relationship between the thickness of deciduous leaves and their maximum photosynthetic rate. *American Journal of Botany* 49:320-322
15. MIELNICZUK, J.; LUDWIG, A.; BOHNEN, H. 1969. Recomendações de adubo e calcário para os solos do Rio Grande do Sul. UFRGS, Porto Alegre, Bra., Faculdade de Agronomia. *Boletim Técnico* 2. 38 p.
16. PARSHINA, ZS.; NAZARENKO, S.D. 1969. Diurnal variation in plastid pigment content in wheat leaves. *Soviet Plant Physiology* 16(3):346-351
17. PETERS, J.A. 1975. Efeito da cinetina e da radiação gama sobre a síntese de clorofila e crescimento de cotilédones isolados de rabanete (*Raphanus sativus* L.) Tese Mestría Botânica São Paulo, Bra., Universidade de São Paulo.
18. RAMANUJAM, I.; JOS, J.S. 1984. Influence of light intensity on chlorophyll distribution and anatomical characters of cassava leaves. *Turrialba* 34(4): 467-471
19. ŠESTÁK, Z. 1963. Changes in the chlorophyll content as related to photosynthetic activity and age of leaves. *Photochemistry and Photobiology* 2:101-110.
20. ŠESTÁK, Z. 1966. Limitations for finding a linear relationship between chlorophyll content and photosynthetic activity. *Biologia Plantarum* 8(5):336-346
21. ŠESTÁK, Z.; CATSKÝ, J. 1962. Intensity of photosynthesis and chlorophyll content as related to leaf age in *Nicotiana glauca* Hort. *Biologie Plantarum* 4(2):131-140
22. ŠESTÁK, Z.; CATSKÝ, J.; JARVIS, P.G. 1971. Determination of chlorophyll a and b. In *Photosynthetic Production: Manual of Methods*. Ed. by N.V. Junk. The Hague. p. 672-701.
23. SHING, B.N.; LAL, K.N. Investigation of the effect of age on assimilation of leaves. *Annals of Botany* 49:291-307
24. SPRAGUE, H.B.; CURTIS, N. 1933. Chlorophyll content as an index of the productive capacity of selfed lines of corn and their hybrids. *Journal of the American Society of Agronomy* 25:709-724.
25. UNVIN, G.B. 1934. Chlorophyll production under various environmental conditions. *Plant Physiology* 9(1):59-81.
26. VERDUIN, J. 1959. Photosynthesis in conifers computed per unit leaf dry weight, volume, chlorophyll content and respiratory rate. *Ecology* 40(4):738.
27. WHIGHAM, D.K. 1983. Soybean. In *Symposium on Potential Productivity of Field Crops Under Different Environments*. International Rice Research Institute p. 205-225.

Influencia del Fotoperíodo en el Crecimiento y Formación de Tubérculos de Ulluco (*Ullucus tuberosus*, Basellaceae), Oca (*Oxalis tuberosa*, Oxalidaceae) y Añu (*Tropaeolum tuberosum*, Tropaeolaceae)¹

R. Kalliola*, P. Jokela*, L. Pietilä*, A. Rousi*, J. Salo*, M. Yli-Rekola*

ABSTRACT

The influence of day length on the growth and tuberization of three Andean tuber crops ulluco, oca and añu was analysed in different light regimes. Ulluco forms aerial stolons in short days (SD) (≤ 12 h), and individuals developed in SD are also shorter, form more shoots (a higher number of shoot apices), have larger leaves and tend to be more trailing than those grown in long days (LD) (> 12 h). Flowering seems to be inhibited in SD. Some clones of ulluco showed promise for tuber production in LD; height of the plant, number of shoot apices, luxuriance and both length and width of the leaves correlated positively with tuberization in LD. In oca, the leaves are longer in SD than in LD plants, but none of the aerial shoot characters studied in añu showed reactions to different light regimes. SD tuberization was satisfactory in all species.

INTRODUCCION

Ulluco (*Ullucus tuberosus* Loz), oca (*Oxalis tuberosa* Mol) y añu (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav) son plantas tuberosas andinas relativamente poco conocidas. Estas especies han sido cultivadas desde la antigüedad en la región andina; y se conocen algunas variedades de las mismas (6, 12, 13, 14, 15, 21, 22, 39). Estas plantas se han cultivado con éxito en otras áreas del mundo de allí la importancia de los estudios básicos sobre su variabilidad y biología en general.

Actualmente, el ulluco es cultivado desde el norte de Argentina hasta Colombia (42) y Venezuela (5). Por su parte, la oca se cultiva desde el norte de Argentina y Chile hasta Venezuela (23, 28, 40), en algu-

COMPENDIO

Se analizó la influencia del fotoperíodo en el crecimiento y formación de tubérculos de las plantas andinas ulluco, oca y añu, al cultivar estas especies bajo diversas proporciones de luz y oscuridad. Las plantas de ulluco sometidas a las condiciones de día corto (SD) (≤ 12 h) desarrollan estolones aéreos, hojas más largas, anchas y gruesas, un mayor número de ápices vegetativos; pero vástagos más bajos y decumbentes, con respecto a las plantas cultivadas bajo condiciones de día largo (LD) (> 12 h). Algunos clones de ulluco en LD presentaron un gran desarrollo de tubérculos, lo cual se correlacionó positivamente con la longitud del vástago, exuberancia, así como longitud y ancho de las hojas. La floración de las plantas en SD parece estar inhibida. La oca presenta una mayor longitud de las hojas bajo condiciones de SD. En cambio en el añu, el fotoperíodo no influye en las características del vástago estudiadas. Todas las especies desarrollaron un mayor número de tubérculos bajo las condiciones SD. La variación entre los clones cultivados fue mayor en el ulluco que en las otras dos especies.

nas zonas de México (8), sur de Europa y Nueva Zelandia (22, 23). La región del cultivo de añu se extiende desde el norte de Argentina ($23^{\circ}30'$) hasta Colombia y Ecuador (10). Esta planta también se cultiva en México (43).

La domesticación de las especies mencionadas no se conoce exactamente, pero se supone que tienen su origen en la región del Altiplano de Perú y Bolivia (14, 15). El ancestro del ulluco es *Ullucus aborigineus* Brück (5), el cual crece en Bolivia, Argentina y Perú. En la región del Altiplano se encuentran ullucos silvestres (7, 21, 24) posiblemente pertenecientes a la misma especie, aunque en su mayoría podrían ser plantas provenientes de cultivos. El origen del añu es la variedad silvestre, que crece en Ecuador, Perú y Bolivia (17, 20). Aún cuando el origen exacto de la oca se desconoce (8, 11), Macbride (25) menciona sobre su recolección en regiones de origen, sin embargo éstas podrían ser solamente plantas provenientes de cultivos.

El origen del ulluco, la oca y el añu se ha establecido en regiones cercanas al Ecuador, lo que indica que estas especies están adaptadas a condiciones de

¹ Recibido para publicación el 15 de marzo 1988. Agradecemos a A. Kasvi por su ayuda en el trabajo de cultivo; a J. Rosales y I. de la Rosa por la revisión del manuscrito. El estudio fue financiado por la Academia de Finlandia y el Fondo de la Universidad de Turku. La traducción del finlandés al español fue realizada por M. Gradistanac.

* Departamento de Biología Universidad de Turku SF-20500 Turku Finlandia.

crecimiento de día corto (SD = "short day"; ≤ 12 h); por ello se puede presumir que estas plantas presenten características excepcionales en su crecimiento, bajo condiciones de días más largos (LD = "long day"; > 12 h).

Los cultivos experimentales del ulluco bajo condiciones LD, realizadas en algunos países europeos, han producido bajos rendimientos y los tubérculos se forman en el último período del verano (18, 41, 44). Lo mismo ocurre con el cultivo de la oca (8), aunque Herklots (12) menciona que ésta ha producido cantidades apreciables de tubérculos en invernaderos en Inglaterra; también se dice que la planta produce tubérculos en Nueva Zelanda. Herklots señala de la misma manera, que el año produce tubérculos en Inglaterra, en donde la especie tiene un uso ornamental. Sin embargo, ninguna de las tres especies ha sido exitosa en cultivos permanentes fuera de su región de origen.

Los cultivos bajo condiciones LD producen pocos tubérculos, pues la producción depende del fotoperiodo. El ulluco está adaptado a un período de 10 horas de luz, condición necesaria para una producción óptima de tubérculos (22, 33). Kay (18) menciona que la oca requiere un período de luz de nueve horas para la formación óptima de tubérculos, mientras que en el año este período de luz es de 10-12 horas (18, 33). El ulluco requiere de un período de cultivo de cuatro a seis; la oca de ocho meses y el año siete meses (18).

En el presente estudio se describe el crecimiento y la formación de los tubérculos de ulluco, oca y año en cultivos bajo condiciones SD y LD. Esta última condición, resulta de cultivar las plantas bajo el régimen de luz natural presente en el ambiente. El estudio es parte de un extenso programa de la Universidad de Turku, cuyo objetivo principal es investigar la biología básica de estas plantas (29, 34, 35, 36). El objetivo de nuestros estudios posteriores será la investigación de los factores que intervienen tanto en la floración y formación del fruto del ulluco, así como la variabilidad de la oca y el año bajo diferentes condiciones de crecimiento.

MATERIALES Y METODOS

El material estudiado proviene de las localidades peruanas Puno, Juliaca y Cuzco y crece en alturas que se ubican entre los 3 000 y 4 000 metros sobre el nivel del mar. Ante el período de cultivo se extiende de seis a siete meses (7, 22). El material está representado por 17 grupos de origen con caracterís-

ticas diferentes (34, 36). Cada grupo incluye varios clones pertenecientes probablemente a un mismo cultivo; se enumeraron un total de 288 clones.

Los tubérculos se cultivaron en el jardín botánico de la Universidad de Turku (Fig. 1). La temperatura promedio diaria en Turku alcanza valores mayores a 10°C aprox. durante cuatro meses del año (2), período óptimo para el cultivo y crecimiento de las plantas (período de cultivo). Sin embargo, este período óptimo de cultivo, ha sido alargado mediante la utilización de dos tipos de invernadero, uno con luz artificial controlada (Philips floralux 40 W) y otro en condiciones no controladas.

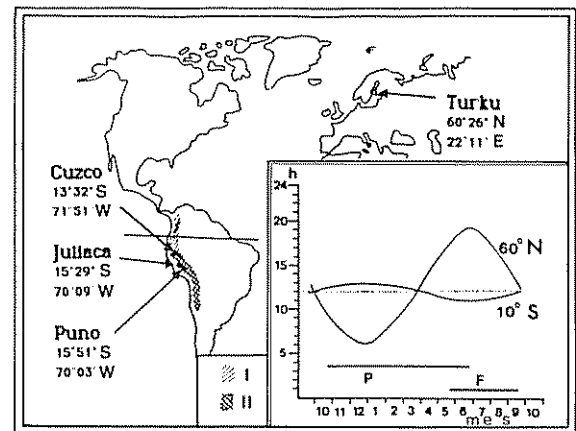


Fig. 1 Lugares de origen del material de estudio y ubicación de la ciudad de Turku. I = región de cultivos de ulluco, oca y año; II = región de cultivo de ulluco y oca. La figura también muestra la duración de la luz solar (h/día) en latitudes 10°S y 60°N (I), y los períodos de cultivo en Perú (P) y Finlandia (F).

En varios experimentos las plantas fueron pre-cultivadas en pequeñas macetas de plástico o barro, luego fueron transplantadas al suelo en el invernadero no controlado o en campo. El suelo utilizado es de tipo arcilloso (Cuadro 1) y su composición química es más fértil que en la región de origen.

En el tratamiento de SD se cubrieron las plantas con un plástico negro, lo cual produjo un incremento en la temperatura interior de $4-5^{\circ}\text{C}$ con respecto al exterior. El tratamiento LD consistió en someter a las plantas bajo condiciones naturales de luz (14-20 horas de luz).

Experimentos

Experimento 1: Influencia del tratamiento de SD sobre los vástagos y la formación de tubérculos. Se

Cuadro 1. Análisis químico del suelo en los experimentos y en un campo de ulluco en Perú (Huasac, Departamento Cuzco, 13° 30'S, 71° 40'W). n = número de muestras.

Experim.	n	Conductividad	pH	Ca'	K'	P''	Mg'	N
		10 x mS/cm		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1	3	3.0-4.2	7.5-7.6	5500-6000	280-490	45-60	255-270	20-56
2	1	6.0	5.2	2000	520	16	290	145
4	1	4.8	6.5	2300	325	17	285	85
Perú	7	0.9-3.7	4.8-5.3	350-1250	70-380	2-7	40-215	?

' intercambiable.

'' soluble

precultivaron durante dos meses los clones de los diversos grupos de origen (10 a 30 clones por cada grupo de origen, y una a dos plantas por clon); y posteriormente se transplantaron al invernadero no controlado donde recibieron el tratamiento SD a los 15 meses del trasplante. Se evaluaron dos veces las características del vástago: al iniciarse el tratamiento ("LD") y un mes después de su aplicación ("SD"). Los tubérculos se colectaron a los seis meses de iniciarse el cultivo.

Experimento 2: Cultivo en el campo bajo el régimen natural de luz (LD). Los tubérculos fueron cultivados bajo condiciones naturales; las características del vástago se evaluaron a los dos meses y los tubérculos se cosecharon a los cuatro meses.

Experimento 3: Influencia de la duración del tratamiento SD sobre formación de tubérculos. El tratamiento SD (invernadero no controlado) se aplicó en ullucos del clon Juliaca-0317, durante 1.5; 2.5 y 3.5 meses. En cada grupo los tubérculos se colectaron a los cuatro meses de iniciarse el cultivo.

Experimento 4: Influencia del fotoperíodo en algunos clones de ulluco. Estacas de cuatro clones de ulluco (20 estacas por clon) fueron precultivadas y transplantadas a un suelo arenoso en el invernadero no controlado. Las plantas experimentales recibieron al cabo de 15 meses el tratamiento SD; se comparan las características del vástago y la tuberización con plantas control no sometidas al tratamiento.

Las observaciones sobre la influencia del fotoperíodo en el vástago están basadas en evaluaciones cuantitativas y cualitativas (Cuadro 2) realizadas durante la estación de crecimiento. Las informaciones sobre las hojas están basadas en medidas de las tres hojas más grandes cada planta. Las pruebas estadísticas utilizadas incluyen análisis de variancia (Anova; 1 vía), prueba de Kruskal-Wallis y correlación de Spearman y se realizaron a través de los programas del paquete estadístico BMDP (9).

RESULTADOS

Ulluco

En el Cuadro 3 se comparan las características del vástago de ullucos cultivados en el invernadero bajo condiciones SD y LD. Los resultados demuestran que los vástagos en SD son más bajos, pero el número de ápices es mayor; las hojas son más anchas, largas y gruesas. La relación entre el largo y el ancho de éstas permanece constante.

Comparando las características de los vástagos en el experimento 1 antes del tratamiento de SD con aquéllas un mes después, y con el experimento 2, se demuestra que los vástagos en SD presentan una mayor decumbencia y numerosos estolones aéreos (Cuadro 4). Las hojas en SD son de mayor tamaño, aunque en el campo, éstas eran más largas que en SD.

Los ullucos desarrollan muchas flores bajo LD, tanto en el campo como en el invernadero. En el ex-

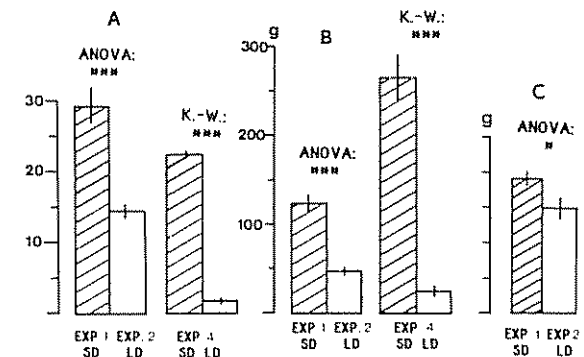


Fig. 2. Ulluco, producción de tubérculos en tratamientos de SD y LD de los experimentos 1 (SD, invernadero no controlado, N = 88), 2 (LD, en el campo, N = 76) y 4 (SD y LD, invernadero no controlado, N = 66). A = número de tubérculos; B = peso total de los tubérculos; C = peso promedio de los tubérculos.

Cuadro 2. Clasificación de las características de los vástagos en las diferentes especies.

Característica	Ulluco	Oca	Añu
Exhuberancia	1-3 (todas las especies: poco desarrollo-bien desarrollado)	1-3	1-3
Grado de decumbencia	1-4 (recto-rastrero)	-	-
Forma de la planta	- (de crecimiento bajo-erecto)	1-3	-
Color del tallo	1-3 (claro-rojo)	1-5 (verde-rojo oscuro)	1-4 (verde-negro)
Papiloidad del tallo	1-5 (ausente-abundante)	-	-
Cantidad de estolones aéreas	1-5 (ausente-abundante)	-	-
Presencia de tallos fasciculados	- (ausente-abundante)	1-3	-
Pubescencia del tallo	- (ausente-abundante)	1-3	-
Pubescencia de las hojas	- (ausente-abundante)	1-3	-
Rugosidad de las hojas	1-3 (lisa-rugosa)	-	-
Color de la cara superior de las hojas	-	1-3 (amarillento-rosado)	1-3 (amarillento-rosado)
Presencia de manchas en las hojas*	1-2 (ausentes-manchadas)	-	-
Color de la cara inferior de las hojas	1-6 (todas las especies: verde-violeta)	1-3	1-3

* Infección por virus?

perimento 1 las plantas no florecieron luego de iniciarse el tratamiento SD, aunque lo hicieron antes de éste. En el tratamiento de SD la abscisión de las flores fue más rápida.

Al comparar la producción de tubérculos en cultivos de SD y LD se observa una menor cosecha en LD (Fig. 2). En días largos existe una correlación positiva ($r = 0.484^*$) entre el número de clones que forman tubérculos y el peso promedio de los mismos (Fig. 3). Las diferencias entre los clones en general eran grandes; las mismas, en cuanto a la producción de tubér-

culos en LD, también pueden ser grandes dentro de un sólo grupo de origen (Fig. 4).

En el Cuadro 5 se muestran las correlaciones entre el número y peso total de los tubérculos producidos con las características del vástago. El largo del vástago, el número de los ápices, el ancho de las hojas y la exhuberancia de la planta se correlacionan positivamente con ambos factores, mientras que la rugosidad de las hojas muestra una correlación negativa. La producción de los tubérculos es mayor cuando el tratamiento SD es aplicado en plantas más jóvenes (Fig. 5).

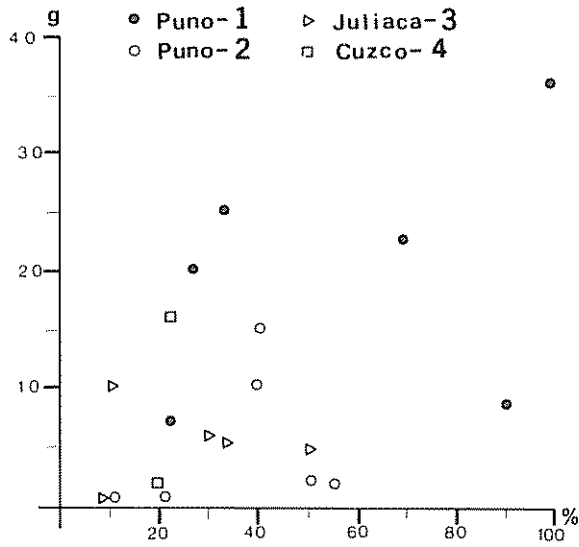


Fig. 3 Ulluco, producción de tubérculos en cultivos de LD en el experimento 4. Cada punto representa un clon (N = 27-58). Eje X: el porcentaje de plantas que produjeron tubérculos; eje Y: producción promedio de tubérculos por planta

Cuadro 3. Ulluco, características del vástago (promedio \pm S.E.) en los tratamientos de SD y en LD (experimento 4). La significación de las diferencias entre tratamientos fue probada por análisis de variancia: - ($P > 0.1$), o ($P \leq 0.1$), * ($P \leq 0.05$), ** ($P \leq 0.01$) y *** ($P \leq 0.001$).

	SD	LD	Significación
Altura de la planta (cm)	35.7 \pm 0.7	52.8 \pm 1.2	***
Número de ápices	15.3 \pm 0.7	14.0 \pm 0.7	**
Peso fresco del vástago (g)	242 \pm 11	227 \pm 11	-
Largo de las hojas (mm)	56.1 \pm 0.8	45.7 \pm 0.8	***
Ancho de las hojas (mm)	58.9 \pm 0.8	46.8 \pm 0.7	***
Relación largo: ancho de las hojas	0.96 \pm 0.01	0.98 \pm 0.01	-
Grosor de las hojas (mm)	1.22 \pm 0.02	1.16 \pm 0.02	**
N	186	187	

Oca

Comparando las características de los vástagos antes del tratamiento de SD con aquéllas un mes después, y con el experimento 2, se demuestra que las hojuelas intermedias de las hojas trifoliadas se han alargado durante el tratamiento (Cuadro 6), y también el porte de la oca es más erecto.

En nuestros experimentos la oca floreció esporádicamente, por lo tanto no fue posible evaluar la importancia del fotoperíodo en su floración.

Contrario a lo que ocurre en SD y en LD la oca no desarrolla tubérculos (Fig. 6) aunque los tallos subterráneos presentan engrosamientos

Año

En general, las características estudiadas del vástago no presentan diferencias con respecto a los tratamientos de SD aplicados (Cuadro 7). Sin embargo, en el cultivo del invernadero no controlado algunas características (largo y ancho de hojas, color del tallo, exuberancia) presentan variaciones de otro tipo.

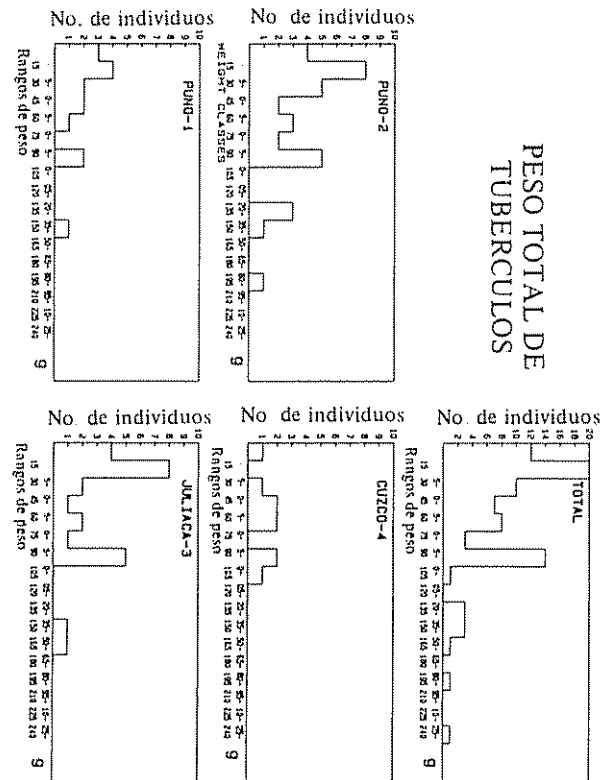


Fig. 4. Ulluco, producción de tubérculos de diferentes grupos de origen en el experimento 2 (LD en campo). Cada individuo representa un clon

Puesto que en el caso del año sólo 10 individuos desarrollaron flores, no es posible concluir sobre el efecto del fotoperiodo en la floración.

En LD la formación de tubérculos se encuentra en la mayoría de los casos inhibida (Fig. 7). Algunas plantas de año en LD presentan engrosamiento de sus raíces y los tubérculos producidos son largos, delgados y suaves. Los tubérculos de SD son claviformes y duros.

DISCUSION

Los resultados indican una evidente dependencia de las tres especies por el fotoperiodo, tanto en las características del vástago como en la producción de los tubérculos. En los cultivos de SD los ullucos son más decumbentes y cortos que en LD y sus hojas son de mayor tamaño. Muchos estolones aéreos se forman en SD sin embargo, el ulluco no florece. Los vástagos de LD son de porte erecto y fuerte. La cosecha en SD resulta hasta diez veces más grande que en LD. Las diferencias entre clones diferentes son grandes en la producción de tubérculos en LD. La producción de tubérculos es mayor cuanto más tiempo las plantas puedan crecer bajo la influencia de la inducción necesaria para la formación de los mismos. Nuestras observaciones son parecidas a observaciones anteriores sobre la respuesta del ulluco al fotoperiodo (27, 33)

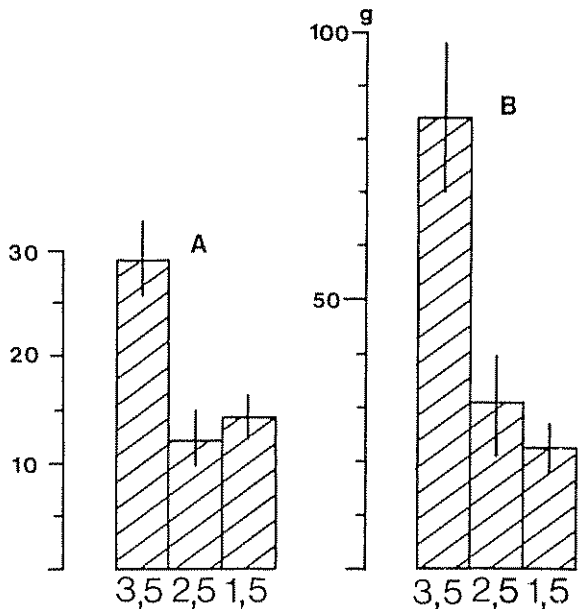


Fig 5 Ulluco, influencia de la duración del tratamiento SD (números indican meses) sobre la producción de tubérculos en el experimento 3 (invernadero no controlado; N = 11 en cada tratamiento). A = número de tubérculos; B = peso total de los tubérculos

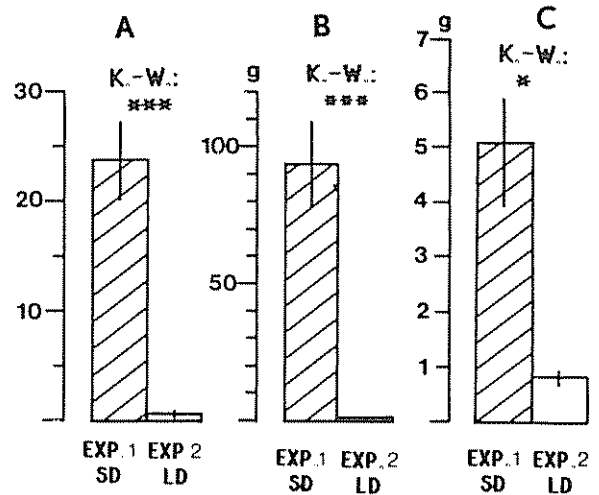


Fig 6 Oca, producción de tubérculos en cultivos SD en invernadero no controlado (experimento 1, N = 39) y en cultivos LD en el campo (experimento 2, N = 50). A = número de tubérculos; B = peso total de los tubérculos; C = peso promedio de los tubérculos

Los vástagos de oca y año responden menos a los cambios del fotoperiodo que los de ulluco, aunque las hojuelas intermedias de oca son en SD más largas que en LD. La influencia del fotoperiodo en la formación de los tubérculos es muy evidente en ambas especies, siendo la producción de tubérculos en LD casi totalmente inhibida. Las plantas de SD produjeron

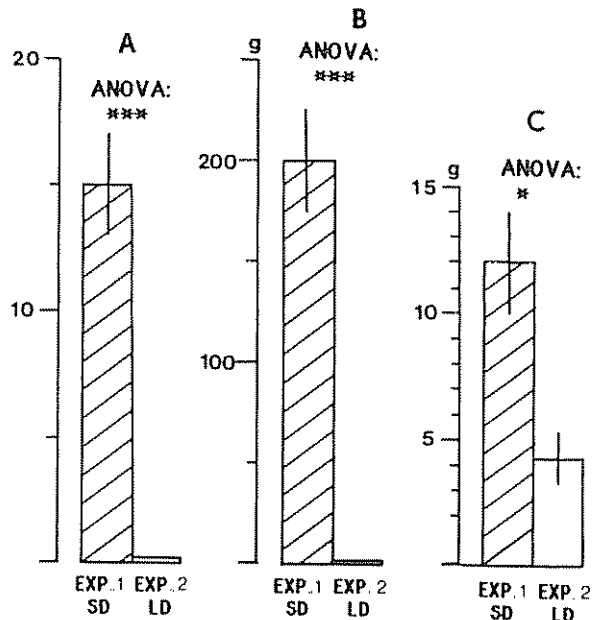


Fig 7 Año, producción de tubérculos en cultivos SD en invernadero no controlado (experimento 1; N = 28) y en cultivos LD en el campo (experimento 2, N = 49). A = número de tubérculos; B = peso total de los tubérculos; C = peso promedio de los tubérculos

Cuadro 4. Ulluco, características del vástago (promedio \pm S.E.; en características clasificadas mediana \pm "error pseudoestandarizado" (9)) en los experimentos 1 (primero LD, luego SD; invernadero no controlado) y 2 (LD, en campo). La significación de las diferencias entre tratamientos fue probada por análisis de variancia: o utilizando la prueba de Kruskal-Wallis (K). Símbolos - Cuadro 3.

	Exp. 1		Exp. 2	Significación	
	LD (A)	SD (B)	LD (C)	A-C	B-C
Características medidas					
Altura de la planta (cm)	17.4 \pm 0.8	22.0 \pm 1.0	22.5 \pm 0.7	(***)	-K
Número de ápices	13.5 \pm 1.1	24.1 \pm 2.1	20.9 \pm 1.7	(***)	-
Longitud de estolones aéreos (cm)	0.1 \pm 0.1	6.3 \pm 0.6	0.0 \pm 0.0	-K	**K
Largo de las hojas (mm)	31.6 \pm 1.2	41.0 \pm 1.2	46.7 \pm 1.5	***	**
Ancho de las hojas (mm)	29.2 \pm 1.1	37.6 \pm 1.1	39.5 \pm 1.1	***	-
Relación largo: ancho de las hojas	1.1 \pm 0.0	1.1 \pm 0.0	1.2 \pm 0.0	***	***
Grosor de las hojas (mm)	1.14 \pm 0.03	1.14 \pm 0.02	0.89 \pm 0.02	***	***
Características clasificadas					
Exhuberancia	2.0 \pm 0.0	2.0 \pm 0.3	2.0 \pm 0.0	-K	-K
Grado de decumbencia	1.0 \pm 0.0	3.0 \pm 0.3	1.0 \pm 0.0	*K	**K
Color del tallo	3.0 \pm 0.0	3.0 \pm 0.3	2.0 \pm 0.3	**K	-K
Papilosidad del tallo	1.0 \pm 0.0	1.0 \pm 0.3	1.0 \pm 0.3	-K	-K
Cantidad de estolones aéreos	1.0 \pm 0.0	2.0 \pm 0.3	1.0 \pm 0.0	-K	**K
Rugosidad de las hojas	2.0 \pm 0.0	2.0 \pm 0.0	2.0 \pm 0.0	-K	-K
Presencia de manchas en las hojas	1.0 \pm 0.3	2.0 \pm 0.0	2.0 \pm 0.0	**K	-K
Color de la cara inferior de las hojas	3.0 \pm 0.3	2.0 \pm 0.0	2.0 \pm 0.0	-K	-K
N	78	75	75		

una cosecha suficiente de tubérculos. La variabilidad genética de nuestro material experimental de oca y ñuño por su parte no ha sido tan grande como la del ulluco, y en ello podrían radicar las pocas diferencias encontradas entre clones diferentes en la formación de tubérculos en LD.

Un importante estudio referente a las reacciones de estas tres especies con el fotoperiodo es el de Rasumov (33). Sus resultados indican que el ulluco no forma tubérculos en LD, pero su floración es abundante. En el régimen diario de 10 horas los ullucos no florecen, pero forman muchos tubérculos. En el régimen de 12 horas las plantas florecen y también producen tubérculos. Las ocas de LD son erectas y con hojas grandes. En plantas SD el tallo principal detiene su crecimiento vertical, los tallos secundarios casi no forman hojas nuevas, sino que también el crecimiento de las hojas anteriores es inhibido. Se forman ramas alargadas, postrantes, con hojas reducidas. Cuando estas ramas alcanzan el suelo, forman un tubérculo translocando o reservas de nutrimentos al mismo. Rasumov hizo además varios experimentos en los cuales modificaba el régimen de luz durante la estación del crecimiento; los vástagos reaccionan rápidamente a estos cambios.

Cuadro 5. Ulluco, correlaciones entre las características del vástago (correlación de Spearman) y el número y producción de tubérculos en el experimento 2 (LD, en campo). Símbolos - Cuadro 3.

	Número de tubérculos	Producción de tubérculos
Altura de la planta	0.487 ***	0.555 ***
Número de ápices	0.622 ***	0.540 ***
Largo de las hojas	0.289 *	0.393 **
Ancho de las hojas	0.364 **	0.416 ***
Grosor de las hojas	-0.090	0.107
Exhuberancia	0.437 ***	0.498 ***
Grado de decumbencia	0.061	-0.057
Color del tallo	0.081	-0.015
Papilosidad del tallo	0.055	0.095
Rugosidad de las hojas	-0.222 °	-0.254 *
Color de la cara inferior de las hojas	0.010	-0.016

Cuadro 6. Oca, características del vástago (promedio \pm S.E.; en características clasificadas mediana \pm "error pseudoestandarizado") en los experimentos 1 (primero LD, luego SD; invernadero no controlado) y experimento 2 (LD, en campo). Símbolos - Cuadros 3 y 4.

	Exp. 1		Exp. 2	Significación	
	LD (A)	SD (B)	LD (C)	A-C	B-C
Características medidas					
Altura de la planta (cm)	28.4 \pm 1.6	54.0 \pm 2.1	55.7 \pm 1.9	(***)	-
Número de tallos	2.8 \pm 0.3	3.0 \pm 0.2	3.5 \pm 0.3	(-)	-
Largo de hojuelas intermedias (mm)	21.8 \pm 0.6	26.6 \pm 0.5	24.4 \pm 0.4	***K	***
Características clasificadas					
Exhuberancia	3.0 \pm 0.3	2.0 \pm 0.0	2.0 \pm 0.3	-K	-K
Forma de la planta	2.0 \pm 0.3	3.0 \pm 0.0	2.0 \pm 0.3	-K	**K
Color del tallo	2.0 \pm 0.3	2.0 \pm 0.3	2.0 \pm 0.3	-K	-K
Presencia de tallos fasciculados	1.0 \pm 0.0	1.0 \pm 0.0	1.0 \pm 0.0	-K	-K
Pubescencia del tallo	2.0 \pm 0.0	3.0 \pm 0.3	2.5 \pm 0.3	-K	-K
Pubescencia de hojas	2.0 \pm 0.0	2.0 \pm 0.0	2.0 \pm 0.0	-K	-K
Color de la cara superficial de las hojas	1.0 \pm 0.0	1.0 \pm 0.0	1.0 \pm 0.0	*K	-K
Color de la cara inferior de las hojas	2.0 \pm 0.3	2.0 \pm 0.0	2.0 \pm 0.3	-K	oK
N	44-45	45	44		

Estos resultados demuestran que las reacciones de ulluco, oca y ñu a los cambios del régimen del día son un fenómeno completo que afecta desde las hojas a las estructuras subterráneas, como en el caso de la papa (*Solanum tuberosum*) (16, 19, 37). Se conoce que en experimentos *in vitro* con ulluco el aumento de citoquinina y benzaldehído promueven la tuberización en LD (3).

En nuestros experimentos hemos observado que las estacas colectadas de individuos bajo tratamiento SD generalmente forman pequeños tubérculos a expensas de la degradación de la parte aérea. Las estacas de individuos de LD desarrollan un vigoroso sistema radical.

En estudios con la papa se ha observado un evidente antagonismo entre el crecimiento de las partes terrestres del vástago y la producción de tubérculos: cuanto mayor es la cosecha de tubérculos, menores son las partes terrestres del vástago (4, 31). Nuestros resultados con ullucos cultivados en LD fueron diferentes ya que el largo del vástago, el número de los ápices y la exhuberancia se correlacionaron positivamente con una buena cosecha de tubérculos. Un vástago grande mejora la cosecha de tubérculos. Esto mismo indican también algunos experimentos con la papa (30). Rasumov (33) señala que para una cosecha

características del vástago y la inflorescencia hasta la producción de los tubérculos. La información diaria probablemente se transmite hormonalmente desde las óptima de tubérculos es mejor dejar que las plantas presenten un buen desarrollo de la parte aérea bajo LD antes de comenzar con el tratamiento de SD.

Es interesante hacer comparaciones entre los estudios referentes a la dependencia de ulluco, oca y ñu al fotoperiodo con la subespecie *andigena* de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *andigena*). La papa ssp. *andigena* es una planta de día corto, pero con selección en series e hibridación controlada se han podido seleccionar en relativamente poco tiempo, variedades que en LD producen tubérculos (26, 32, 38). La selección de variedades de papas de LD indica la gran variabilidad genética de papa *andigena* en sus características intrínsecas que son dependientes del fotoperiodo. Igualmente, nosotros esperamos que se puedan seleccionar variedades de ulluco, oca y ñu, que en LD serían capaces de producir tubérculos. Ello exige tanto la selección en grandes series de diferentes variedades, como el uso de hibridación controlada. El trabajo de selección es en todos los casos problemático por la falta de suficiente conocimiento acerca de la inflorescencia y la producción de semillas de las especies. En nuestros estudios posteriores trataremos de aumentar la información sobre estos aspectos.

Cuadro 7. Año, características del vástago (promedio \pm S.E.: en características clasificadas mediana \pm "error pseudoestandarizado") en los experimentos 1 (primero LD, luego SD; invernadero no controlado) y experimento 2 (LD, en campo). Símbolos - Cuadros 3 y 4.

	Exp. 1		Exp. 2	Significación	
	LD (A)	SD (B)	LD (C)	A-C	B-C
Características medidas					
Número de ápices	18.1 \pm 1.5	36.6 \pm 4.0	26.6 \pm 4.0	(-K)	(-K)
Número de tallos	4.9 \pm 0.7	1.8 \pm 0.5	1.5 \pm 0.2	(***K)	-
Largo de las hojas (cm)	25.9 \pm 0.8	30.2 \pm 0.9	38.2 \pm 2.1	K	***K
Ancho de las hojas (mm)	33.3 \pm 0.9	38.7 \pm 1.2	50.5 \pm 2.8	***K	***K
Relación largo: ancho de las hojas	0.8 \pm 0.0	0.8 \pm 0.0	0.8 \pm 0.0	-	-
Características clasificadas					
Exhuberancia	2.0 \pm 0.6	2.0 \pm 0.6	3.0 \pm 0.0	*K	**K
Color del tallo	3.0 \pm 0.0	2.0 \pm 0.6	2.0 \pm 0.0	***K	-K
Color de la cara inferior de las hojas	2.0 \pm 0.3	1.0 \pm 0.3	2.0 \pm 0.3	-K	-K
N	17-18	16-18	10-18		

LITERATURA CITADA

- AMIRAN, D.H.K.; SCHICK, A.D. 1961 Geographical Conversion Tables International Geographical Union. Zürich. 315 p.
- ANON. 1983. Almanakka 1984. Universidad de Helsinki; Weilin & Göös. Espoo. 72 p.
- ASAHIRA, I.; NITSCH, J.P. 1968. Tuberization *in vitro*. *Ullucus tuberosus* et Dioscorea. Bulletin Société Botanique de France 115:345-352.
- BAIJAL, B.D.; KUMAR, P.; ALKA; SIDDIGUI, M.A. 1983. Interaction of growth regulators and photoperiods on growth, flowering, stolon development, tuber initiation and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.). Indian Journal of Plant Physiology 26(1):61-67.
- BRÜCHER, H. 1967. *Ullucus aborigeneus* spec. nov., die Wilform einer Andinan Kulturpflanze. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 80:376-381.
- BRÜCHER, H. 1977. Tropische Nutzpflanzen. Ursprung, Evolution und Domestication. Springer Verlag. 529 p.
- CALZADA, J.; MANTARI, C. 1954. Cultivo y variedades del olloco en Puno. Vida Agrícola (Perú) 31:139-144; 143-144.
- CIRF; IBPGR. 1982. Descriptores de oca. Roma, Italia, International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). 23 p.
- DIXON, W.J.; BROWN, M.B. 1979. BMDP-79; Bio-medical computer programs; P-series. Ca. University of California Press. 880 p.
- FERNANDEZ, J. 1973. Sobre la dispersión meridional de *Tropaeolum tuberosum* R.P. Boletín de la Sociedad de Argentina de Botánica 15(1):106-112.
- GIBBS, P.E. 1976. Studies on the breeding system of *Oxalis tuberosa* Mol. Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung 165:129-138.
- HERKLOTS, G.A.C. 1972. Vegetables in South-East Asia. Hong Kong, George Allen & Unwin Ltd. 525 p.
- HERRERA, 1942. Plantas endémicas domesticadas por los antiguos peruanos. Revista del Museo Nacional 11(1):25-30.
- HODGE, W.H. 1946. Three neglected Andean tubers. Journal of the New York Botanical Garden 47: 214-224.
- HODGE, W.H. 1951. Three native tuber foods of the High Andes. Economic Botany 5:185-201.
- HUSSEY, G.; STACEY, N.J. 1984. Factors affecting the formation of *in vitro* tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.). Annals of Botany 53:565-578.

17. JOHNS, I.; TOWERS, G.H.N. 1981. Isocyanates and thioureas in enzyme hydrolysates of *Tropaeolum tuberosum*. *Phytochemistry* 20(12):2 687-2 689.
18. KAY, D.E. 1973. Root crops. London, Tropical Products Institute Crop and Product Digest no. 2 245 p.
19. KUMAR, O.; WAREING, P.F. 1973. Studies of tuberization in *Solanum andigena* L. Evidence for the existence and movement of a specific tuberization stimulus. *New Phytologist* 72:283-287.
20. LEON, J. 1958. Estudios sobre tubérculos alimenticios nativos de la región andina. *Comunicaciones de Turrialba* 63:1-4.
21. LEON, J. 1964. Plantas alimenticias andinas. Lima, Perú, IICA Boletín Técnico 6. 85 p.
22. LEON, J. 1967. Andean tuber and root crops: origin and variability. *Tropical root and tuber crops. In Proceedings of an International Root Crop Symposium. Trinidad & Tobago* p 118-123.
23. LOOSER, G. 1954. La oca (*Oxalis*) cultivada en Chile. *Revista Argentina de Agronomía* 21(2):61-68.
24. MACBRIDE, J.F. 1937. Flora of Peru. Chicago, Field Museum of Natural History Botanical Series 13(2) Part 3, Publication 370. 661 p.
25. MACBRIDE, J.F. 1949. Flora of Peru. Chicago, Field Museum of Natural History. Botanical Series 13(2) Part 3, Publication 622 777 p.
26. MUÑOZ, F.J.; PLAISTED, R.L. 1961. Yield and combining abilities in andigena potatoes after six cycles of recurrent phenotypic selection for adaptation to long day conditions. *American Potato Journal* 58:469-479.
27. NITSCH, J.P. 1970. Formation de stolons de tubercules chez *Ullucus tuberosus*. Rôle de la photoperiode. *Bulletin Société Botanique de France* 117:493-498.
28. OBREGOSO ALVAREZ, G. 1960. Estudio sobre la oca (*Oxalis tuberosa* Mol) con especial referencia a su estructura y variabilidad. *Agronomía (Peru)* 27(1):28-38.
29. PIETILA, L.; JOKELA, P. 1988. Cultivation of minor tuber crops in Peru and Bolivia. *Journal of Agricultural Science in Finland* 60:87-92.
30. POHJAKALLIO, O.; SALONEN, A.; ANTTILA, S. 1957. Analisis of earliness in the potato. *Acta Agricultura Scandinavica* 7:361-388.
31. PUROHIT, A.N. 1970. The qualitative and quantitative photoperiodic response of indian potato varieties. *New Phytologist* 69:521-527.
32. RASCO, E.T.; PLAISTED, R.L.; EWING, E.E. 1980. Photoperiod response and earliness of *S. tuberosum* spp andigena after six cycles of recurrent selection for adaptation to long days. *American Potato Journal* 57:4 335-4 447.
33. RASUMOV, V. 1932. Influence of alternate daylength on tuber formation. Leningrad, R S F S R Bulletin of Applied Botany 27(5):3-46.
34. ROUSI, A.; SALO, J.; KALLIOLA, R.; JOKELA, P.; PIETILA, L.; YLI-REKOLA, M. 1986. Variation pattern in ulluco (*Ullucus tuberosus*, Basellaceae), a supposedly asexual Andean tuber crop. *Acta Horticulture* 182:145-152.
35. ROUSI, A.; YLI-REKOLA, M.; JOKELA, P.; KALLIOLA, R.; PIETILA, L.; SALO, J. 1988. The fruit of ullucus (Basellaceae), an old enigma. *Taxon* 37(1):71-75.
36. ROUSI, A.; JOKELA, P.; KALLIOLA, R.; PIETILA, L.; SALO, J.; YLI-REKOLA, M. 1969. Morphological variation among clones of ulluco (*Ullucus tuberosus* Basellaceae) collected in Southern Peru. *Economic Botany*. (In Press).
37. SATTLEMACHER, B.; MARSCHNER, R. 1978. Cytocinin activity in stolons and tubers of *Solanum tuberosum* during the period of tuberization. *Physiologia Plantarum* 44:69-72.
38. SIMMONDS, N.W. 1966. Studies of the tetraploid potatoes III Progress in the experimental re-creation of the tuberosum group. *Journal of the Linnean Society of London Botany* 59:279-288.
39. SMITH, P.M. 1976. Minor crops. In *Evolution of Crops Plants*. Ed. by N.W. Simmons. London, Longman Group Limited. p. 301-324.
40. TAPIA, M. 1983. Los cultivos andinos. *Minka (Peru)* 16:13-19.
41. WATSON, W. 1985. The melloco. *The Gardeners' Chronicle* 23:216-217.
42. WEBERBAUER, A. 1945. El mundo vegetal de los Andes peruanos. Estudio fitogeográfico. Lima, Perú, Ministerio de Agricultura. 772 p.
43. WILLIAMS, L.O. 1978. The añu in Mexico. *Economic Botany* 32(1):104.
44. VILMORIN, L. 1884. The melloco. *The Gardeners' Chronicle* 5:828.

Growth and Yield Development of Some Pearl Millet Cultivars During the Spring Season in Nuevo Leon, Mexico¹

R. K. Maiti*, L. G. Gómez**, H. González**

ABSTRACT

In the present study 20 pearl millet cultivars were grown in Nuevo León in the Spring of 1985 for growth and development studies. The results showed that while a significant difference occurred for days to flowering, no significant difference was found for variation in days to panicle initiation or days to maturity. Differences were found among varieties for durations of various growth stages but not for grain yield. The difference among cultivars in the numbers of heat units or accumulated sunshine hours required from planting to 50% flowering was also significant. A significant correlation was found among heat units and accumulated sunshine hours required for different growth stages but no significant correlation was observed among durations of growth stages and yield components. Significant correlation existed between some vegetative traits and yield. These indicate that high temperature, long photoperiod and a large difference between day and night temperature during the growing season favoured growth and adaptation of pearl millet in semiarid Nuevo Leon, Mexico.

INTRODUCTION

Pearl millet (*Pennisetum americanum* L. Leeke) is one of the important cereals for grain and forage in rain-fed agriculture in the arid and semiarid tropics of many countries in Africa, India, Pakistan, Bangladesh, Burma, Sri Lanka and others. The adaptations of crops in the semiarid tropics are clearly defined, being limited to those sites with rainfall ranging between 200 and 600 mm annually, spread over 2-4 months, high evapotranspiration rate and edaphic conditions of shallow or sandy soil (3, 6). Rachie and Majmudar (13) and Bidinger *et al.* (2) have suggested that the adaptation of pearl millet to these conditions might be due to its short duration

COMPENDIO

En el presente estudio 20 cultivares de mijo perla fueron sembrados en Nuevo León para estudiar su crecimiento y su desarrollo durante la primavera de 1985. Los resultados mostraron que aunque existe una diferencia significativa entre cultivares para los días a floración, no se encontró diferencia estadística en los días a la iniciación de la panoja o días a madurez fisiológica. Se obtuvieron diferencias entre variedades para diferentes etapas de crecimiento, pero ninguna para el rendimiento de grano por hectárea. La diferencia encontrada en el número de unidades calor y horas luz acumuladas requeridas para una etapa se encontró también para el 50% de floración. Se obtuvo una correlación significativa entre las unidades calor y horas luz requeridas para diferentes etapas, pero no se encontró correlación significativa entre las etapas de crecimiento y los componentes del rendimiento. Hubo algunas correlaciones entre la etapa vegetativa y el rendimiento. Estos resultados indican que las altas temperaturas, fotoperíodos largos y la gran diferencia de temperatura entre el día y la noche prevalente durante la estación, favorece el buen crecimiento y adaptación del mijo perla en Nuevo León, México.

and tolerance to high temperature. Because north east Mexico exhibits a climate that resembles the zones of adaptation of pearl millet as described, an attempt is being made to introduce this crop in the area where other crops fail, mainly due to frequent droughts. Lack of rainfall at critical times often leads to a scarcity of grain and forage production in this zone. In order to successfully introduce a crop it is necessary to study its growth, development and phenology (8).

This paper describes an evaluation of 20 pearl millet cultivars for growth, development and adaptation during the spring season in semiarid Nuevo Leon, Mexico.

MATERIAL AND METHODS

Field trials described herein were conducted at the experimental station of the Agronomy Faculty of Universidad Autónoma de Nuevo León at Marín, N.L. (Lat 25°53' N, Long 100°03' West, altitude 367 m) during the spring of 1985 (February-June); this planting date coincides with the planting season of this region. The following pearl millet cultivars were sown on 23 February, 1985:

¹ Received for publication 22 December 1987.

The authors are thankful to the Agronomy Faculty, Universidad Autónoma de Nuevo León for providing all the facilities for this study. Seed of all the 20 pearl millet cultivars were generously provided by the International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Patancheru, India.

* División de Postgraduados, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. Depto. de Botánica. Apdo. Postal 2790, C.P. 66450. N.L. México

** Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Apdo. postal 350, San Nicolás de los Garza, N.L., México.

WC-C-75	C	ICMS-7835	S
ICMS-7703	S	NELC-P-79	V
IVS-5454	S	ICMS-7857	S
IVS-A-82	S	WS-P-78	V
ICMS-7704	S	ICMS-8008	S

C = Compositae; S = Synthetic;

NELC-H79	V	ICH-433	H
ICMS-8021	S	ICH-451	H
ICMV-81237	V	ICH-440	H
ICMV-81111	V	ICMH-415	H
ICMV-81235	V	ICMH-423	H

H = Hybrid

These genotypes include varieties, synthetics and hybrids which have been generated by the Pearl Millet Programme of the International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics (ICRISAT) located at Patancheru, India. This constitutes a part of the international adaptation trial of pearl millet distributed by INCRISAT.

The cultivars were evaluated in the field in a randomized complete block design with an experimental plot of 4 rows, 5 m long, with 80 cm between rows, in three replications. Two irrigations were given, one at planting and another supplemental, one month later. Seeds were treated with the insecticide Aldrin (dimetanonaftalene) at 3 g/kg seed, and the fungicides ridomil (metal oxil) and thiram (tetramethyl) both at 2 g/kg seed. Plants were thinned to 10 cm spacing within rows. Insects, such as thrips (*Frankliniella occidentalis*) and aphids (*Myzus persicae*) were observed and controlled with an application of Lannate (metomil) at 300 g/ha, diluted in 350 l of water.

Data on phenology (e.g. GS1 = days from emergence to panicle initiation; GS2 = days from panicle initiation to 50% flowering; GS3 = days from 50% flowering to physiological maturity) were recorded according to methods described by Maiti and Bidinger (8). Plant height (from stem base to tip of panicle of main stem), leaf number (marked with China ink) on main stem, panicle exertion length, number of productive and non-productive tillers, grain yield (of two central rows leaving 30 cm on both sides, 3.2 m²) and 1 000 seed weight (dried in oven for two days at 65°C) were recorded on 10 tagged plants from the central two rows at random, per replicate, at maturity.

Temperature (maximum, minimum), precipitation, hours of sunshine and heat units (HU) calculated, were recorded daily at various growth stages. Weather

records were taken from Meteorological Station, Agricultural Experiment Station, Agronomy Faculty Campus, UANL.

Heat units were calculated following the formula of Arnold from the daily mean (max ϕ min) temperature with a base of 10°C.

$$HU = \frac{(\text{Maximum} + \text{Minimum})}{2} T^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}$$

RESULTS

Growth stages and growth duration

Analysis of variance indicates that no significant differences were observed among cultivars and days from planting (GS1). Results indicate, however, that a significant difference existed for days from planting to flowering, which ranged from 58-70 days (Table 1). The 20 cultivars had mean times to GS1 and GS3 of 64 and 92 days, respectively. GS1 in different cultivars ranged from 28 to 31 days, GS2 from 31 to 40 days and the duration of GS3 in different cultivars ranged from 24 to 32 days (Table 2). Although no significant differences were observed among cultivars in growth stages and growth duration, some cultivars are identified which were very early and some were late in different growth stages. All the pearl millet cultivars flowered in the long days (13-14 hours day length), indicating their photosensitive nature.

With respect to the environmental factors no significant differences were observed among cultivars for HU required for GS1 and GS3. However, in the GS2 a highly significant difference ($P < 0.01$) was found to occur among cultivars for the accumulated heat unit sum (Table 1). The cultivars requiring minimum heat units for GS2 were IVS-5454, ICMH-423, WS-P78 and ICMH-415. All cultivars reached anthesis with heat sum units ranging from 746-933.

A similar pattern emerged with accumulated hours of bright sunshine; there was no significant difference in GS1 and GS3 but significant differences among cultivars were observed for GS2 ($P < 0.01$). The early flowering cultivars received less hours of bright sunlight during each growth phase (Table 1). The hours of bright sunshine accumulated at anthesis by cultivars averaged 423h.

Yield components and grain yield

A significant difference ($P < 0.01$) was observed among different yield components, number of leaves, plant height, total tiller number, productive tiller number, non-productive tiller number, length of

Table 1. Variability in growth parameters and yield components of 20 pearl millet cultivars grown in Marín, Nuevo León, Mexico, 1985.

	Mean	Range	C.V. %	Significance
Days to panicle initiation	29.90	28-32	3.69	NS
Days to 50% flowering	64.43	58-70	3.05	++
Days to physiological maturity	92.67	91-94	1.49	NS
Heat units at GS1	332.0	320-370	3.27	NS
Heat units at GS2	841.0	746-933	3.76	++
Heat units at GS3	1 296.0	1 267-1 320	1.88	NS
Accumulated hours of bright sunlight, GS1	186.0	177-210	4.56	NS
Accumulated hours of bright sunlight, GS2	423.0	371-477	4.37	++
Accumulated hours of bright sunlight, GS3	645.0	683-650	0.80	NS
Leaf number	8.0	6.4-9.4	5.4	++
Plant height (cm)	146.0	125-170	5.7	++
Panicle exertion length (cm)	2.69	0-7.63	49.23	NS
Panicle length (cm)	23.0	17-27	4.0	++
Tiller number (total)	4.78	4-7	11.89	++
Productive tiller number	1.0	0-3	30.8	++
Non-productive tiller number	3.59	2-6	16.51	+
1 000 seed weight (g)	5.27	3-7	8.10	++
Grain yield (kg/ha)	1 234.0	572-1 935	18.95	NS

NS = Non-significant

+ = $P < 0.05$ ++ = $P < 0.01$

exsertions, panicle length and 1 000 seed weight (Table 1). No significant difference was observed in grain yield/ha (Table 2). The 20 cultivars had mean plant height, tiller number, panicle length, 1 000 seed weight and grain yield of 146.4 cm, 4.8 cm, 23 cm, 5.3 g and 1 234.2 kg/ha respectively.

Some cultivars were short (c. 1.40 m) (e.g. ICMH-415, ICMH-423, ICMH-7703). The cultivars which produced reasonably high yields were WS-P78 (1 540 kg/ha), ICH-451 (1 486 kg/ha), IVS-5454 (1 484 kg/ha), ICMV-81 253 (1 459 kg/ha), and all of these were approximately 1.5 m in height. The cultivar which was least well adapted was ICMH-423 (Table 2).

Correlations

a) Growth stages: the duration of GS1 did not show any correlation with the duration of advanced growth stages, although a significant correlation was found between the duration of GS2 and the duration of GS3 (Table 3).

b) Environmental requirements: a highly significant correlation was observed among the duration of some of the growth phase and the heat units accumulated for these stages. For example, the duration of GS2 was significantly correlated with the heat sums required for the same growth stage. There was no

significant correlation between HU requirements in GS2 and HU required for GS3. The purpose of calculating HU is to integrate those fluctuations over time in a way that directly and linearly related to the rate of development of the crop.

While considering the relation among the principal growth phases, a significant correlation was found among HU requirements of GS2 and GS3 ($r = 0.36$).

c) Yield components: there were good correlations among plant characters. There was a significant but weak negative correlation between the duration of the vegetative growth stage (GS1) and leaf number ($r = 0.33$) and between panicle development and leaf number ($r = 0.22$). One thousand seed weight showed significant positive correlation with panicle length ($r = 0.32$) and yield ($r = 0.33$).

Heat units required for GS1 showed a negative correlation with leaf number ($r = 0.31$). Yield components did not show significant correlation with the duration of GS1 at this phase but HU required for GS2 showed significant correlation with leaf number ($r = 0.39$), panicle exertion ($r = 0.35$), number of non-productive tillers ($r = 0.39$) and panicle length ($r = 0.24$). The sunshine hours accumulated in the vegetative growth stage were highly negatively correlated with leaf number ($r = -0.45$). The accumulated sunshine hours were also correlated with different

Table 2. Duration of various growth stages (days and grain yield of 20 cultivars grown in Marín, Nuevo Leon, Mexico, 1985.

Genotype	Panicle initiation	Flowering	Physiological maturity	Days			Grain yield kg/ha
				GS1	GS2	GS3	
WC-C75	29	64	93	29	35	29	1 161
ICMS-7703	31	66	93	31	35	25	1 248
IVS-5454	29	62	93	29	33	31	1 484
IVS-A82	29	65	93	29	36	28	1 277
ICMS-7704	29	69	93	29	40	24	1 035
ICMS-7835	28	63	91	28	35	28	1 247
NELC-P79	29	64	92	29	35	28	1 337
ICMS-7857	29	68	94	29	39	26	1 152
WS-P78	29	62	92	29	33	30	1 540
ICMS-8008	29	63	92	29	34	29	1 151
NELC-H79	29	64	93	29	35	29	1 209
ICMS-08021	29	64	92	29	35	28	1 270
ICMV-81237	29	66	93	29	39	27	1 079
ICMV-81111	29	65	94	29	36	29	1 312
ICMV-81235	29	64	93	29	35	29	1 459
ICH-433	29	64	94	29	35	30	1 068
ICH-451	28	67	93	28	39	26	1 485
ICH-440	30	68	92	30	38	24	1 186
ICMH-415	29	60	91	29	31	31	1 177
ICMH-423	30	62	94	30	32	32	797
S E	0 066	0 244	0 024	0 066	0 239	0.226	15 815

yield components, e.g. with panicle exertion ($r = 0.45$), but there was no correlation between parameters associated with GS3 and yield components.

There was significant correlation among some yield components, e.g. panicle length with plant height ($r = 0.62$) and productive tiller number with total tiller number ($r = 0.55$). Grain yield was significantly correlated with plant height ($r = 0.42$), with panicle length ($r = 0.33$), leaf number ($r = 0.24$) and 1 000 seed weight ($r = 0.33$). Pearson and Coaldrake (11) did not find any correlation between individual seed weight and any other characters but in the present study seed weight showed positive correlation with panicle length ($r = 0.32$) and yield ($r = 0.33$).

Variation in climatic variables in relation to phenology

During the growing period of the crop climatic factors varied greatly. The maximum temperature varied between 12°C and 30°C and the daily minimum temperature ranged between 5.5°C and 29°C . Daily bright sunshine hours ranged from 0 to 10.7 and the rainfall from 0 to 10.6 mm. There were large fluctuations of temperature during this phase. It was observed that emergence was delayed (nine days) due

to the prevailing cool soil temperature (4.5°C - 9°C). The panicle initiation occurred when the minimum temperature exceeded 10°C , maximum temperature ranged between 32°C and 36°C , and sunshine hours ranged from 0 to 10.7 hours.

During GS2 daily maximum temperature ranged from 14.1°C to 38°C , daily minimum temperature ranged from 11°C to 25°C , sunshine hours ranged from 2.3 to 11.5 hours and daily rainfall from 0 to 65 mm. This phase was characterized by a fluctuating daily maximum temperature.

In GS3 the daily maximum temperature ranged from 32°C to 38°C and the minimum daily temperature from 22°C - 28°C . The duration of GS3 in different cultivars ranged from 26 to 32 days. The time from planting to physiological maturity in different cultivars was 95 days; on average ICRISAT cultivars matured in about 102 days.

DISCUSSION

This study reports the performance of different pearl millet cultivars evaluated for grain production in the semiarid environment of Marín, Nuevo Leon, in northeastern Mexico. Field experiments with

20 ICRI SAT genotypes have showed that pearl millet was well adapted during the spring season and that there was significant variability in some of the growth stages and many of the yield components studied. Some of the cultivars were well adapted and gave acceptable grain yields. Pearson and Coaldrake (11) also reported acceptable performance by some ICRI SAT genotypes in temperate eastern Australia. The temperature which prevailed during the present study was high (12°-39°C) with a high rate of evapotranspiration in the summer months. Pearl millet is likewise well adapted to temperate eastern Australia where temperature ranges during the major growing period were 30-35°C.

The vegetative phase terminates with the initiation of the panicle phase (7, 8)

The panicle development stage (GS2), during which there is growth of floral organs, is affected by adverse factors such as drought or nutrient deficiency (7, 8). High insolation and moderate to high temperatures produced excellent growth of the crop. There was a highly significant variation among cultivars for duration of GS2, with a range of 31 to 40 days being observed; ICMH-415 was identified as an early maturing cultivar requiring 31 days from panicle initiation to flowering, while ICH-415, a late cultivar, required 39 days for this phase. The early flowering genotypes gave a grain yield of 1 178 kg/ha and the late genotype gave a grain yield 1 486 kg/ha, though this difference was not statistically significant. Most of the genotypes were earlier in maturity with a reasonably higher yield in comparison to their performance in India. This might be correlated to longer photoperiod and higher temperatures in Mexico compared to those in India and Africa.

Ong and Monteith (10), Fussell *et al.* (4), Ong (9) and Pearson and Coaldrake (11) stated that genotypes showed differences in the requirements of light and temperature. The results obtained with respect to the requirements of heat units and accumulated hours of bright sunlight indicate that there was no significant difference among cultivars in the vegetative and grain filling phases, while in the panicle development phase a significant difference was observed. This phase depends much on temperature and photoperiod (1, 4, 5) thus indicating that the time to flowering shortens and panicle development accelerates with an increase in temperature. Fussell *et al.* (4) demonstrated that high temperatures shortened and low temperature lengthened the grain filling period. Hence the variability in the grain filling periods was among genotypes. ICMH-423 required 32 days for grain filling while ICMS-7857 needed only 26 days. This indicates that late genotype gave a lower yield compared to the early genotype showing poor adaptation of this cultivar. All the cultivars were well adapted to long photoperiods. A long photoperiod and a large difference between the day and night temperature (10-28°C) probably favored higher photosynthetic production of pearl millet cultivars during the spring season in Marín, Nuevo Leon. Some of the early maturing cultivars could be cultivated up to three times per year in this region.

Correlation among variables

There were significant correlations between durations, heat units and accumulated sunshine hours of GS2 and GS3. This established a weak but possibly important relationships between these phases. A significant correlation between GS1 and GS2 indicates a relationship between leaf area per plant and the rate of panicle development.

Table 3 Correlation among yield components, duration of growth stages, heat units and accumulated hours of bright sunlight for each growth stage of pearl millet (*Pennisetum americanum*) Marín, Nuevo Leon, Mexico, Spring 1985

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1 Leaf no	1.00																		
2 Plant height	0.45 ⁺⁺	1.00																	
3 Length exertion	0.50 ⁺⁺	-0.02	1.00																
4 Panicle length	0.32 ⁺⁺	0.62 ⁺⁺	-0.31 ⁺⁺	1.00															
5 Tiller no.	0.20	-0.22 ⁺	-0.07	-0.23 ⁺	1.00														
6 Productive tiller	0.17	-0.14	0.43 ⁺⁺	-0.32	0.55 ⁺⁺	1.00													
7 Non-productive tiller	0.36 ⁺	-0.10	-0.37 ⁺⁺	0.09	0.57 ⁺⁺	-0.28 ⁺	1.00												
8 Yield	0.24 ⁺	0.42 ⁺⁺	0.07	0.33 ⁺⁺	0.03	0.06	-0.07 ⁺	1.00											
9 Phase 1	-0.33 ⁺⁺	-0.15	0.19	-0.11	-0.10	0.10	-0.27 ⁺	-0.12	1.00										
10 Phase 2	0.22 ⁺	-0.05	-0.19	0.08	0.03	-0.08	0.14	-0.16	0.12	1.00									
11 Phase 3	0.15	0.01	0.03	0.02	0.06	0.07	0.07	-0.18	0.06	0.29 ⁺	1.00								
12 1 000 seed weight	0.10	0.14	-0.19	0.32 ⁺⁺	-0.08	-0.17	0.05	0.33 ⁺⁺	-0.07	-0.08	0.03	1.00							
13 Heat unit phase 1	-0.31 ⁺⁺	-0.15	0.17	-0.11	-0.07	0.11	-0.27 ⁺	-0.10	0.99 ⁺⁺	0.11	0.04 ⁺⁺	-0.05	1.00						
14 Heat unit phase 2	0.39 ⁺⁺	-0.04	-0.35 ⁺⁺	0.24 ⁺	0.14	-0.20	0.39 ⁺⁺	-0.23 ⁺	0.09	0.59 ⁺⁺	0.36 ⁺⁺	0.11	0.09	1.00					
15 Heat unit phase 3	0.15	0.00	0.03	0.02	0.06	0.08	0.07	-0.18	0.06	0.30 ⁺⁺	1.00 ⁺⁺	0.03	0.04	0.36	1.00				
16 Light hours phase 1	-0.32 ⁺⁺	-0.15	0.18	-0.11	-0.08	0.10	-0.27 ⁺	-0.11	0.99 ⁺⁺	0.12	0.05	-0.06	0.99 ⁺⁺	0.09	0.05	1.00			
17 Light hours phase 2	0.35 ⁺⁺	-0.01	-0.45 ⁺⁺	0.35 ⁺⁺	0.05	-0.31 ⁺⁺	0.37 ⁺⁺	-0.16	0.04	0.54 ⁺⁺	0.26 ⁺	0.20	0.05	0.91 ⁺⁺	0.26 ⁺	0.04	1.00		
18 Light hours phase 3	0.17	-0.01	-0.01	0.04	0.07	0.06	0.10	-0.20	0.06	-0.32 ⁺⁺	0.99 ⁺⁺	0.03	0.04	0.41 ⁺⁺	0.99 ⁺⁺	0.05	0.31 ⁺⁺	1.00	

+ = Significance (P < 0.05)

++ = Significance (P < 0.01)

While analysing the relationship among yield components, the duration of vegetative phase (GS1) showed a negative correlation with leaf number which indicates the genotypes with higher leaf number experience a delay in panicle initiation. The duration of GS1 did not show any correlation with other yield components. The duration of panicle development phase (GS2) showed a weak but significant positive correlation with leaf number, which suggests that higher leaf numbers are associated with slower panicle development. The yield components did not show any correlation with the duration of GS2

Phul (2) demonstrated association of some yield components such as leaf number and plant height

with grain yield. Gupta showed a significant correlation of panicle length and tiller number with grain yield. Pearson and Coaldrake (11) showed significant correlation between panicle length, plant height and days to anthesis among ICRISAT genotypes. Similarly the present study shows significant correlations of some of yield components with grain yield.

The present study, unlike that of Pearson and Coaldrake (11), showed a weak but significant correlation between seed weight and panicle length and grain yield. This indicates that the expression of characters and the degree of correlation among yield components varies in different environments.

LITERATURE CITED

1. BEGG, J.E.; BURTON, G.W. 1971 Comparative study of five genotypes of pearl millet under a range of photoperiods and temperatures. *Crop Science* 11:803-805
2. BIDINGER, F.R.; MAHALASKSHMI, V.; TALUKDAR, B.S.; ALAGARSWAMY, G. 1981. Improvement of drought resistance in pearl millet. ICRISAT.
3. COCHLME, J.; FRANQUIN, P. 1967 Rapport technique sur une étude agroclimatique de l'Afrique sèche au sud du Sahara Rome, FAO 326 p.
4. FUSSELL, L.K.; PEARSON, C.J.; NORMAN, M.J.T. 1980. Effects of temperature during various growth stages on grain development and yield in *Pennisetum americanum*. *Journal of Experimental Botany* 31(121):621-633
5. HELIMER, H.; BURTON, G.W. 1972. Photoperiod and temperature induces early anthesis in pearl millet *Crop Science* 12:198-200.
6. KOWAL, J.M.; KASSAM, A.M. 1978. Agricultural ecology of savanna Oxford, Oxford University Press 403 p.
7. MAITI, R.K.; BISEN, S.A. 1978. Studies on growth and development of panicles and grains in two contrasting genotypes of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S & H). In "Physiology of sexual reproduction in flowering plants" Ed by R.K. Maiti *et al.* Kalyani Publishers. p 115-125.
8. MAITI, R.K.; BIDINGER, F.R. 1981 Growth and development of the pearl millet plant. Patancheru, India, ICRISAT Research Bulletin no 6
9. ONG, C.K. 1983. Responses to temperature in a stand of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S & H) vegetative development. *Journal of Experimental Botany* 34:322-336
10. ONG, C.K.; MONTEITH, J.L. 1984 Response of pearl millet to light and temperature. In *Agrometeorology of Sorghum and Millet in the Semi-arid Tropics*. ICRISAT. p. 129-142 Presented at International Symposium (1982, Patancheru, India). Proceedings.
11. PEARSON, C.J.; COALDRAKE, P.L. 1983. *Pennisetum americanum* as a grain crop in Eastern Australia *Field Crops Research* 7:265-282.
12. PHUL, P.S. 1971. Association of some leaf and stem characteristics with grain yield in pearl millet *Current Science* 41:89-90
13. RACHIE, K.O.; MAJMUDAR, J.V. 1980 Pearl Millet. Pennsylvania State University Press 307 p.

Utilización de Descriptores en la Caracterización de Líneas dentro del Género *Capsicum*¹

R. Ortiz*, L.F. Delgado de la Flor*

ABSTRACT

The *Capsicum* genus, one of whose centers of origin is the Andean zone, has been considered as a first-priority phylogenetic resource, thus its collection, conservation and evaluation is recommended. Germplasm is currently to be found in different collections within banks in various countries, which makes the standardization of characteristics, permitting evaluation and exchange of information, necessary. This work compares the distinctive botanical and agronomic characteristics mentioned in different descriptive lists of the genus so as to be able to test and establish a basic list for *Capsicum*. Using different entries of the germplasm bank of the Vegetable Research Program of UNA-La Molina, which include the genus' five cultivated species, the lists of this program, those of CATIE-Costa Rica, INIA-Mexico and CIRF were tested. It was established which characteristics can be used as basic descriptors of the *Capsicum* genus, so as to differentiate between the five cultivated species, between lines of the same species, and the coding of the expression of these characteristics.

INTRODUCCION

Las plantas del género *Capsicum* se pueden encontrar en forma silvestre y cultivada. Dentro de estas últimas como cultivos hortícolas, se hallan difundidas en todos los continentes; en las zonas templadas, en los subtrópicos y especialmente en los trópicos, conociéndose las bajo diferentes nombres: ají, chile, pimiento, rocoto y otros.

Entre todos los cultivos hortícolas el *Capsicum* es el más rico en vitamina C. Sus frutos se emplean en estado seco, cocido, fresco, frito o en conservas, pudiendo encontrarse tantas variedades picantes como dulces.

Siendo uno de sus centros de origen la zona andina se han realizado hasta ahora pocas colecciones, las cuales han sido evaluadas muy parcialmente.

El Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (CIRF) a nivel mundial ha reconocido su importancia económica y científica y desde 1979, lo ha considera-

COMPENDIO

El *Capsicum*, uno de cuyos centros de origen es los Andes ha sido considerado como un recurso fitogenético de primera prioridad, recomendándose su recolección, conservación y evaluación. Actualmente, existen diferentes colecciones en distintos bancos de germoplasma de varios países, haciéndose necesario un ordenamiento de las características que permitan la evaluación y el intercambio de información. En el presente trabajo se comparan las distintas características botánicas y agronómicas mencionadas en diferentes listas de descriptores del género, con el objeto de probar y establecer una lista de descriptores básicos del *Capsicum*. Utilizando diferentes entradas del Banco de Germoplasma del Programa de Investigación en Hortalizas de la UNA-La Molina, que incluyen las cinco especies cultivadas del género, se probaron las listas de descriptores del propio Programa, del CATIE-Costa Rica, del INIA-México y del CIRF. Con base en ello se establecieron las características que pueden ser utilizadas como descriptores básicos del género *Capsicum* para diferenciar entre las cinco especies cultivadas y entre líneas de una misma especie, así como la codificación en la expresión de estas características.

do dentro de los recursos fitogenéticos de primera prioridad recomendando su recolección y conservación.

La evaluación de sus características más importantes define e identifica a cada línea de la colección. Pero estas características evaluadas deben ser comunes a todas las líneas de una misma colección y a todas las colecciones de una misma especie, para así diferenciarlas y caracterizarlas no sólo a nivel de la colección individual sino a nivel mundial.

El presente trabajo tiene como objetivos: a) comparar las características botánicas y agronómicas a través de las distintas listas de descriptores utilizadas en diferentes partes del mundo; b) probar y establecer una lista de descriptores básicos del género *Capsicum* que puedan ser utilizados en los Bancos de Germoplasma para poder diferenciar las especies y las líneas existentes dentro del género y uniformar las que actualmente se utilizan a nivel mundial.

Safford en 1926 señala que el origen del género *Capsicum* corresponde al Nuevo Mundo, teniéndose referencias de bayas secas encontradas en tumbas del Perú con una antigüedad de 2000 años.

¹ Recibido para publicación el 22 de diciembre 1988

* Programa de Investigación en Hortalizas-Universidad Nacional Agraria - La Molina

Cuadro 1. Líneas utilizadas en el estudio.

Línea	Especie	Lugar	Departamento	País	msnm
PIH-25-1	<i>C. annuum</i>	Mercado	México	México	
PIH-25-2	<i>C. annuum</i>	Mercado	México	México	
PIH-1004	<i>C. chinense</i>	Moche	Trujillo	Perú	100
PIH-1371	<i>C. chinense</i>	Vinto-roncador	Lima	Perú	400
PIH-1372	<i>C. chinense</i>	Vinto-roncador	Lima	Perú	400
PIH-1374	<i>C. chinense</i>	Arayachica	Lima	Perú	600
PIH-1375A	<i>C. chinense</i>	Arayachica	Lima	Perú	600
PIH-1375B	<i>C. chinense</i>	Arayachica	Lima	Perú	600
PIH-1376	<i>C. baccatum</i>	La Unión	Lima	Perú	600
PIH-1708	<i>C. baccatum</i>	Pueblo Libre	Lima	Perú	100
PIH-1709	<i>C. baccatum</i>	Pueblo Libre	Lima	Perú	100
PIH-1711	<i>C. baccatum</i>	Pueblo Libre	Lima	Perú	100
PIH-1712	<i>C. baccatum</i>	Pueblo Libre	Lima	Perú	100
PIH-1713	<i>C. baccatum</i>	Pueblo Libre	Lima	Perú	100
PIH-1718	<i>C. annuum</i>	Otuzco	La Libertad	Perú	2 600
PIH-1719	<i>C. pubescens</i>	Otuzco	La Libertad	Perú	2 600
PIH-1720	<i>C. baccatum</i>	Usquiel	La Libertad	Perú	2 700
PIH-1721	<i>C. frutescens</i>	Usquiel	La Libertad	Perú	2 700

Vavilov (13) indica que este género es de origen centroamericano, correspondiendo su ubicación al Centro de Origen VII (México y Centroamérica) y señalando también que la zona sudamericana es centro de origen de varias especies del género, ubicándola como centro de origen secundario.

Smith (12) recalca que la distribución del género corresponde estrictamente al Nuevo Mundo y sostiene que su centro de origen es el borde oriental de los Andes del Perú y Bolivia, existiendo más de 20 especies que se extienden desde la Argentina hasta el sur de los Estados Unidos.

Actualmente, (8) se han encontrado restos arqueológicos de 7000 años de antigüedad en México de *C. annuum*, y de 2500 años A.C. en el Perú para *C. baccatum*.

Boswell (1) señala que los *Capsicum* fueron introducidos al Viejo Mundo por Colón al volver de su primer viaje en 1493. El cultivo llegó a extenderse desde el Mediterráneo hasta Inglaterra en 1548, y llegó hasta Europa Central hacia fines del siglo XVI. Los portugueses llevaron el *Capsicum* a la India desde el Brasil en 1585 y el cultivo ya se encontraba en China hacia finales del siglo XVIII.

En 1980, el CIRF señala la necesidad de la conservación genética del *Capsicum* (7, 8):

a. El *Capsicum* es una especie importante, tanto en las dietas locales como a escala comercial. En sus

formas pungentes y dulces es una valiosa hortaliza, utilizada en el primer caso, en la medicina y en la industria.

b. Los cultivos mejorados están reemplazando a diferentes especies de *Capsicum* locales en varias partes del mundo, causando la pérdida de valiosa potencialidad del material de mejoramiento.

c. No se reconoce un medio para el intercambio de la información disponible de las colecciones existentes y su correspondiente evaluación.

La Reunión de Consulta sobre Recursos Genéticos en *Capsicum* (7) señala que la comunicación internacional sobre colección y evaluación de *Capsicum* se ha dificultado por la carencia de una taxonomía estable y de un acuerdo general sobre nomenclatura para las especies domésticas. Por otro lado, señala la existencia de más de 20 especies silvestres que están relacionadas con las cultivadas, algunas de las cuales producen cruces fértiles con ellas, y muchas de estas especies aún no han sido plenamente identificadas, evaluadas y posiblemente contengan recursos útiles para el mejoramiento del *Capsicum* como puede ser la resistencia a las enfermedades. Igualmente se sabe que las especies silvestres tienen una distribución muy restringida por lo que nos lleva a suponer que deben tener genes para adaptación a condiciones ambientales críticas.

En los últimos años, diversas instituciones e investigadores han uniformado la documentación de las

distintas características de importancia para la descripción de las especies de Bancos de Germoplasma, surgiendo así los descriptores.

Esquinas (6) define como descriptor a "cada uno de aquellos caracteres considerados importantes en la descripción de una población"

Delgado de la Flor y Sánchez (4) sostienen que "el término descriptor se emplea cada vez más frecuentemente para referirse a cada una de las características importantes en la descripción de una colección, sean estas morfológicas, agronómicas, fisiológicas o citogenéticas" En ese sentido, un descriptor es "un término descriptivo como por ejemplo el color del fruto, la longitud del fruto, etc.; siendo el estado del descriptor el grado o valor de la característica codificada en función de la variabilidad de la expresión"

Con la lista de descriptores del Programa de Investigación en Hortalizas de la UNA-La Molina (PIH-UNA), Delgado de la Flor *et al.* (2, 3) señalan que los más importantes son el color de la corola, el número de flores por axila, el color del filamento de las anteras, el color de las semillas, la pubescencia de los tallos para la determinación de las diferentes especies del género. Sin embargo, sostienen que muy a menudo es difícil distinguir entre las especies *C. annuum*,

C. sinensis y *C. frutescens*, por lo que proponen se busquen diferentes características entre estas tres especies para diferenciarlas

MATERIALES Y METODOS

El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental Olerícola del Programa de Investigación en Hortalizas (PIH) de la Universidad Nacional Agraria-La Molina, ubicado a 5 km de la ciudad de Lima, a 12°-15' de latitud Sur, 76° 57' de longitud Oeste y 238 msnm. La época de desarrollo del experimento correspondió a primavera y verano con temperaturas mínimas de 14°C al inicio del cultivo y 28°C al término del mismo; la humedad relativa varió de 81% a 97% en promedio

El suelo donde se desarrolló el experimento fue de textura franca-arenosa con pH 7.7, bajo contenido de nitrógeno, regular de fósforo y alto en potasio

Durante el desarrollo del experimento se controlaron las plagas que fueron mayormente: gusano de tierra, áfidos, araña roja y perforadores del fruto; no se observaron enfermedades de importancia. El cultivo recibió abono con dosis de 70 unidades de nitrógeno, 100 de P₂O₅ y 80 de K₂O al mes de realizado el trasplante y 80 unidades de N más a los tres meses de transplantado. Los riesgos fueron regulares

Cuadro 2. Principales características de *Capsicum* cultivados en el presente experimento.

Especie Características	<i>C. annuum</i>		<i>C. chinense</i>	<i>C. baccatum</i>	<i>C. frutescens</i>	<i>C. pubescens</i>
	Pungente	Dulce				
Color del tallo	verde claro	idem	verde oscuro	verde	verde oscuro	morado
Pubescencia	sin/escasa	idem	sin/escasa	sin/escasa	sin verde	abundante
Color de nudos	lila	verde	lila	lila/verde		morado
No. flor/nudo	1	1	1-3	1	1	1 ó 2
Posición pedicelo en antesis	declinante	idem	declinante	erecto/declinante	erecto	declinante
Forma margen cáliz	dentado	idem	dentado	dentado	liso	dentado
Color corola	blanco cremoso	idem	blanco	blanco	blanco verdoso	morado
Mancha corola	no	no	no	si	no	no
Constricción base del cáliz	no	no	si	no	no	no
Tipo de cáliz	taza	plato	taza/plato	taza	taza	taza
Color anteras	azul	amarillo	lila/azul	azul/amarillo	azul	morado
Posición estigma respecto anteras	superior	inferior	superior/ras	inferior/ras	superior	inferior
Posición del fruto	pendiente	idem	pendiente	péndulo	erecto	pendiente
Persistencia	si	si	si	si	no	si
Forma del fruto	alargado	rectang.	largo/cónico	largo	cónico	ovalado
Contorno del fruto	liso	rugoso	muy rugoso	intermedio	liso	liso
Color fruto maduro	rojo	idem	rojo vinoso	naranja-rojo	rojo intenso	verde-rojo-morado-amarillo
Color de la semilla	amarilla	idem	blanca	amarilla	blanca cremosa	negra
Color hipocótilo	verde claro	idem	verde/lila	morado	verde oscuro	morado intenso

El material utilizado (Cuadro 1) provino de semillas de *Capsicum* del Banco de Germoplasma del PIH de la UNA-La Molina, que corresponde a las especies cultivadas *C. annuum*, *C. baccatum* var *pendulum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens*

Las listas de descriptores utilizadas fueron las del Programa de Investigación en Hortalizas de la UNA La Molina (11); las del CATIE, Costa Rica (5); las del INIA, México (9); y las recomendadas para ser probadas por el CIRF (7).

Se realizaron evaluaciones mensuales de acuerdo con las diferentes listas. Para evaluar características cuantitativas (discretas y continuas) se tomaron cinco muestras por planta y cinco muestras por línea y se obtuvo un promedio. Las características cualitativas se evaluaron en la planta más representativa y se comparó con las otras para observar la existencia de segregación en cada característica. En caso de existir segregación se evaluó como planta individual.

Para las características cuantitativas continuas y con la finalidad de realizar una prueba de significa-

ción, se realizaron las pruebas de F (homogeneidad de variancias) y de t (comparación de medias) entre las diferentes especies.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las principales características que nos permiten diferenciar entre las cinco especies cultivadas del género *Capsicum* con base en el material estudiado, se muestran en el Cuadro 2. Podemos observar que algunas de estas características pueden servir para diferenciar claramente una especie de todas las demás como el color del cáliz que en *C. pubescens* es morado, el color de las semillas que diferencia *C. pubescens* de todas las otras especies por tener semillas de color negro, o la constricción en la base del cáliz, propia solamente del *C. chinensis*, pero otras características si son comunes a dos o más especies como el tipo de cáliz o la posición del fruto.

Las características cuantitativas que nos permiten diferenciar entre líneas, de acuerdo con las pruebas de significación de F y t, se muestran en el Cuadro 3, y son altura de planta, largo de la hoja, ancho de la hoja,

Cuadro 3. Características cuantitativas en tres especies de *Capsicum* sp.

Características	<i>Capsicum annuum</i>		<i>Capsicum chinense</i>		<i>Capsicum baccatum</i>	
	x	s ²	x	s ²	x	s ²
Altura de planta (cm)*	44.00	58.37	62.00	257.56	59.14	297.56
Diámetro de planta (cm)	50.58	459.58	70.33	138.77	60.17	143.71
Grosor del tallo (cm)	1.04	0.063	1.31	0.221	0.89	0.067
Índice de la hoja	2.08	0.194	1.85	0.09	1.65	0.102
Largo de la hoja (cm)*	5.88	0.865	10.02	9.49	7.98	5.66
Ancho de la hoja (cm)*	2.97	0.865	5.38	1.322	4.88	2.28
Largo del peciolo (cm)	2.85	1.664	2.68	0.88	2.46	1.25
Largo del pedicelo (cm)*	1.41	0.221	2.38	0.58	1.73	0.36
Ancho del pedicelo (mm)	1.6	0.462	1.65	0.36	1.67	0.34
Largo de sépalo (mm)	4.1	1.232	5.24	1.90	4.09	0.55
Diámetro de la corola (cm)	1.95	1.102	1.23	0.14	1.62	0.19
Largo de los pétalos (cm)	1.09	0.096	1.19	0.09	1.13	0.96
Largo del estilo (mm)	5.27	1.988	5.32	1.58	3.04	0.96
Ancho del estilo (mm)	1.26	0.212	0.97	0.006	1.23	0.12
Relación longitud antera/filamento	1.00	0.240	1.03	0.09	0.62	1.21
Largo de anteras (mm)	3.2	0.123	3.67	0.58	3.08	0.36
Longitud del filamento (mm)	3.85	2.856	3.77	1.00	4.81	0.96
Índice del fruto*	2.76	2.310	6.76	4.62	5.22	1.47
Largo del fruto (cm)	7.97	14.669	13.69	5.76	8.71	11.56
Ancho del fruto (cm)	4.285	11.765	2.138	0.25	1.65	0.04
Espesor del pericarpio (mm)	2.97	3.459	2.00	1.49	1.30	0.109
Tamaño del pedúnculo (cm)*	3.07	0.774	4.49	0.90	4.62	0.705
Diámetro de la semilla (m)*	3.54	0.221	4.13	0.14	3.51	0.25
Peso del fruto (g)*	43.93	1.885.478	21.46	29.55	10.63	30.57

x: Promedio de las líneas evaluadas en cada especie

s²: Variancia dentro de la especie

*: Significativo estadísticamente al 0.05.

largo del pedicelo, relación longitud antera/filamento, índice del fruto (largo/ancho), tamaño del pedúnculo, diámetro de la semilla y peso del fruto.

En el Cuadro 4 se muestra una comparación del número de características de las distintas listas de descriptores utilizadas por cada una de ellas en evaluación y descripción de líneas en *Capsicum*. Se observa que los descriptores del CATIE son los de mayor número, mientras que el menor número aparece en la lista del Programa de Investigación en Hortalizas de la UNA.

Los descriptores del PIH-UNA (11) muestran el inconveniente de no tener una codificación en la expresión de las características que no permite una evaluación uniforme si ésta es realizada por distintos investigadores.

La lista propuesta por Engels y utilizada por el CATIE-Costa Rica (5), tiene el inconveniente de utilizar numerosas características como descriptores, muchas de ellas con formas de herencia desconocidas, siendo las más importantes las propuestas como descriptores primarios.

Laborde y Pozo (9) en la lista de descriptores del INIA-México han incluido características que permi-

ten caracterizar de una manera correcta las líneas de *Capsicum* aunque muestran el inconveniente de incluir dentro de una misma característica a otras, lo que dificulta la evaluación de cada línea.

La lista propuesta por el CIRF no ha sido anteriormente utilizada y por lo tanto, no se podría notar todavía si algunas de estas características son innecesarias, o si no se están considerando algunas realmente importantes. Sin embargo, al examinar los resultados de este ensayo, se observa que la lista elaborada en la Reunión de Consulta y recomendada para ser aprobada por el CIRF (7, 8), permite una mejor caracterización de las líneas y la evaluación de su variabilidad, aunque deben añadirse otras características que han demostrado ser útiles en la diferenciación, principalmente entre líneas, como color del margen del cáliz, número de semillas por fruto, largo del pedúnculo, color del estilo, secuencia de colores y número de frutos por planta, y otras que sean de utilidad en la diferenciación entre las especies como podría ser el color del hipocótilo, tipo de cáliz y número de locus.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados y discusión se deberán tomar para evaluar, caracterizar y estimar la variabilidad del género *Capsicum*, las siguientes características:

Cuadro 4. Comparativo de características propuestas o utilizadas como descriptores por las distintas listas propuestas en *Capsicum* sp.

Características	PIH-UNA	CATIE-Costa Rica	INIA-México	CIRF
Datos generales de colección	2	—	4	9
Datos taxonómicos y botánicos:				
Generales de Planta	3	3	3	3
Tallo	3	5	3	3
Hojas	4	8	5	2
Flor	22	29	18	12
Cáliz	1	5	3	1
Corola	3	7	3	2
Andróceo	4	5	5	3
Ginéceo	4	4	2	1
Generales	4	3	3	3
Pedicelo	4	5	2	2
Fruto	5	22	19	19
Semilla	5	6	2	2
Susceptibilidad y tolerancia a condiciones extremas	3	11	2	2
Total	47	84	56	52

Datos generales: número de entrada, nombres de la especie, evaluador responsable, lugar de la evaluación, fecha de siembra

Características morfológicas:

Hipocótilo: color.

Planta: hábito de crecimiento, altura

Tallo: color, pubescencia, color de nudos

Hoja: largo, ancho, y color

Flor: No días a floración, No. de pedúnculos por nudo, posición del pedicelo, largo del pedicelo, forma del margen del cáliz, color de los pétalos, mancha de la corola, número de pétalos, color de las anteras, color del filamento, color del estilo, relación longitud anteras/filamento, posición estigma respecto a anteras, número de las anteras.

Fruto: posición, color inmaduro, color maduro, secuencia de colores, número de lóculos, forma, forma del ápice, forma de la base, contorno, persistencia, índice (relación largo/ancho), peso, dureza del fruto, pungencia, carga por planta, tamaño del pedúnculo.

Semilla: color, diámetro, rugosidad, número de semillas por fruto

Características agronómicas:

Susceptibilidad y tolerancia a sequías, virus (especificar), enfermedades y plagas (especificar).

Las características cualitativas que a continuación se detallan serán evaluadas de la siguiente manera:

Hábito de crecimiento: 1 rastrera, 2 semi-erecto, 3 erecto.

Pubescencia del tallo y hojas: 0 ausente, 1 escaso, 5 intermedio y 9 abundante.

Posición del pedicelo en la antesis: 1 erecto, 5 intermedio, 9 pendiente.

Constricción anular en la unión del cáliz con el pedicelo: 0 ausente, 1 presente.

Forma del margen del cáliz: 1 indentado, 5 intermedio, 9 dentado.

Tipo de cáliz: 3 plato, 7 taza.

Forma de la base del fruto: 1 puntiagudo, 5 intermedio, 9 hundido

Forma del ápice del fruto: 1 puntiagudo, 5 semi-puntiagudo, 7 romo, 9 hundido

Cuello en la base del fruto: 0 ausente, 1 presente.

Rugosidad en el contorno del fruto (corte transversal): 0 ausente, 1 ligeramente rugoso, 5 rugoso, 9 muy rugoso

Forma del fruto: (acompañado del dibujo en corte longitudinal)

En el caso de las otras características se utilizará una escala con los números 1, 5, y 9 siendo 1 para la mínima expresión, 5 para un valor intermedio y 9 para un valor máximo. Si la característica se expresa por ausencia y presencia se utilizarán los números 0 y 1 respectivamente.

LITERATURA CITADA

1. BOSWELL, V R. 1949. Garden pepper: Both a vegetable and a condiment National Geographic 96:147-217
2. DELGADO DE LA FLOR, F. 1978 Evaluación de líneas de ají. In Memoria del Programa de Investigación en Hortalizas (Informe Anual) Perú, UNA, "La Molina"
3. DELGADO DE LA FLOR, F.; CASAS, A.; TOLEDO, J. 1981. Evaluación de líneas de ají. In Memoria del Programa de Investigación en Hortalizas. (Informe Anual 1979) Perú, UNA, "La Molina". p. 11-20.
4. DELGADO DE LA FLOR, F.; SANCHEZ, H 1981. Genética avanzada Perú., CPIA, La Molina. Cap. IX
5. ENGELS, J. s.f. Crop-specific descriptor for *Capsicum* species (mimeo).
6. ESQUINAS, J. s.f. Los recursos fitogenéticos una inversión para el futuro. INIA.
7. INTERNATIONAL BOARD FOR PLANT GENETIC RESOURCES. 1980. Reunión de Consulta sobre Recursos Genéticos en *Capsicum* (1979).

8. INTERNATIONAL BOARD FOR PLANT GENETIC RESOURCES. 1982. Genetic resources for *Capsicum*. A global plan of action. Roma
9. LABORDE, J.A.; POZO, O. 1980. Descriptores de *Capsicum* I y II (mimeo).
10. LIPPERTI, L.F.; SMITH, P.G.; BERGH, B.O. 1966. Cytogenetics of the vegetable crops: Garden pepper (*Capsicum* sp.). Botanical Review 32:24-55
11. PROGRAMA DE INVESTIGACION EN HORTALIZAS s.f. Descriptores del ají. Perú, UNA, "La Molina" (mimeo)
12. SMITH, P. 1966. Los ajíes cultivados del Perú. Raleigh, North Carolina University. (Agricultural Mission).
13. VAVILOV, N. The origin, variation, immunity and breeding of the cultivated plant. Chronica Botanica Co p. 39-41.

Efecto del Momento de Fertilización sobre la Producción y Partición de la Materia Seca, el Rendimiento y Porcentaje de Proteínas del Grano en Tres Cultivares de Trigo (*Triticum aestivum* L.)¹

S.J. Sarandón*, M.C. Gianibelli*

ABSTRACT

The influence of fertilizer application upon total dry matter production and distribution, grain yield and protein percentage, for two developmental stages of wheat, were determined. The field assay used three wheat cultivars of different agronomic characteristics. The following treatments were carried out: S— application of 120 kg/ha of diamonic phosphate (18-46-0) at sowing; SE— the same as S, plus urea (46-0-0) application to ears; E— urea application to ears; I— control. Fertilization at sowing (S and SE) caused an increase in the number of ears/m² and in total dry matter production, but harvest index decreased and so a significant effect on yield was not observed. S and SE treatments increased the number of spikelets/ear, but the number of grains/spikelet decreased. Fertilization at sowing did not modify grain protein percentage. Nitrogen application at heading did not modify total dry matter production, distribution or grain yield. However, it caused a significant increase both in grain protein content and percentage, due to a higher N availability during grain filling.

COMPENDIO

Se determinó la influencia de la aplicación de fertilizantes en dos momentos del desarrollo del cultivo de trigo, sobre la producción y partición de la materia seca total, el rendimiento en grano y el porcentaje de proteínas del mismo. El ensayo se realizó a campo con tres cultivares de trigo que diferían en sus características agronómicas. Se realizaron los siguientes tratamientos: S— aplicación de 120 kg/ha de fosfato diamónico (18-46-0) a la siembra; SE— igual al tratamiento S, más el agregado de urea (46-0-0) en espigazón; E— agregado de urea en espigazón; I— testigo. La fertilización a la siembra (S y SE) provocó un aumento en el número de espigas/m² y en la producción de materia seca total, pero disminuyó el índice de cosecha, por lo que no se observó un efecto significativo sobre el rendimiento. Los tratamientos S y SE aumentaron el número de espiguillas/espiga, pero disminuyeron el número de granos por espiguilla. La fertilización a la siembra no modificó el porcentaje de proteínas del grano. La aplicación de N en espigazón no modificó la producción ni la distribución de la materia seca total, ni el rendimiento en grano. Sin embargo provocó un aumento significativo tanto en el contenido como en el porcentaje de proteínas del grano, debido a una mayor disponibilidad de N durante la etapa del llenado del grano.

¹ Recibido para publicación el 28 de enero 1987.

Se agradece a los Ing. Agrs. Héctor O. Arriaga, H.O. Chidichimo y D.O. Caldiz, las valiosas sugerencias hechas al trabajo. Al Departamento de Suelos del Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires, los análisis de suelos. Al Criadero José Buck S.A. y a la E.E.R.A. INTA Balcarce, por la provisión de la semilla.

* Investigadores de la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la Provincia de Buenos Aires. Cátedra de Cerealicultura, Facultad de Agronomía Universidad Nacional de La Plata, c.c. 31 (1900) — La Plata. República Argentina.

INTRODUCCION

En trigo, la obtención de elevados rendimientos en grano conjuntamente con un alto porcentaje de proteínas tropieza, aparentemente, con el problema de la relación inversa existente entre estas dos variables (11, 14, 17).

En Argentina, la incorporación de cultivares con germoplasma mejicano, de alto potencial de rendimiento, ha permitido un aumento en la productivi-

dad, pero causó algunos problemas de calidad, particularmente relacionados con los niveles de proteína en grano (18). Debido a que los nuevos cultivares presentan la ventaja de ser más resistentes al vuelco, por su caña más corta y fuerte (10), el adecuado uso de los fertilizantes nitrogenados parece ser la mejor alternativa para este problema.

Es una práctica común en nuestro país aplicar la fertilización a la siembra, principalmente en forma de fosfato diamónico (18-46-0). Sin embargo esta práctica, aunque resulta efectiva para lograr aumentos en el rendimiento en grano, puede provocar una disminución en el porcentaje de proteínas del grano, sobre todo si la dosis utilizada es baja (7). Esto puede ser evitado con la aplicación de una segunda dosis cercana a la floración que, aunque puede provocar un aumento importante en el porcentaje de proteínas del grano, no tiene efectos sobre el rendimiento (8, 15). Sin embargo se ha encontrado que aplicaciones tardías de N pueden aumentar el peso de los granos (4).

El objeto de este trabajo es estudiar la influencia de la aplicación de fertilizantes, a la siembra y en espigazón, sobre la producción y partición de la materia seca y su relación con el rendimiento y acumulación de proteínas en el grano.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental J.J. Hirschhorn, en la localidad de La Plata (L.S. 34° 54') sobre un suelo argiudol típico. El análisis del mismo a la siembra fue: nitratos: 49 ppm; fósforo disponible: 8.3 ppm; materia orgánica: 4.2% y carbono: 2.4%.

Se utilizaron los cultivares de trigo San Agustín INTA (S Ag) y Buck Pucará (BP), ambos con germo-

plasma mejicano y Buck Cencerro (BC), de germaplasma tradicional. La siembra se efectuó el 23 de junio a una densidad de 250 plantas/m², en parcelas de seis surcos a 0.20 m y 4.5 de largo de acuerdo con un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones.

Los tratamientos realizados fueron: T: testigo; S: agregado de 120 kg/ha de fosfato diamónico (18-46-0) a la siembra; SE: igual que el tratamiento S, más el agregado de 50 kg/ha de urea (46-0-0) al voleo en macollaje; E: 50 kg/ha de (46-0-0) en espigazón. El estado de espigazón coincidió con el estado E58 de la escala de Zadoks *et al.* (20). El cultivo se mantuvo libre de malezas durante todo el ciclo, mediante el empleo de herbicidas.

En madurez, dos fracciones de surco de 0.50 m de largo cada una fueron cosechadas en cada parcela. Sobre estas se determinó la producción de biomasa aérea total, número de espigas/m², y el peso de los macollos fértiles. Luego de trillado el material se determinó el rendimiento en grano y el índice de cosecha (IC). Se determinó además el número de espiguillas/espiga, número de granos/espiga y por espiguilla, rendimiento por espiga, el peso de los granos y el número de granos/m².

El porcentaje de proteína en el grano en madurez se determinó mediante un analizador de proteínas UDY de acuerdo con el método de la AACC (1), y se calculó la producción de proteínas/ha y el contenido proteico del grano (mg/grano).

Se estudió la correlación existente entre las distintas variables, y los datos se procesaron según un análisis de la variancia, usando el test de Tukey ($P < 0.05$) para la comparación entre los promedios.

Cuadro 1. Efecto de la fertilización sobre el rendimiento, el número de espigas/m², y la producción y partición de la materia seca en madurez.

Tratamientos	Biomasa aérea (kg/ha)	Índice de cosecha	Rendimiento en grano (kg/ha)	Espigas por m ²	Peso por macollo fértil
T	1 155 b	34.15 ab	3 949 a	514 b	2.26 a
S	1 325 ab	31.73 c	4 203 a	600 a	2.22 a
SE	1 400 a	32.70 bc	4 594 a	616 a	2.27 a
E	1 157 b	34.65 a	3 986 a	523 b	2.25 a
dms 5% =	187	1.75	n.s.	31	n.s.

Referencias: T: testigo; S: 120 kg/ha de 18-46-0 a la siembra; SE: tratamiento S, más el agregado de 50 kg/ha de urea (46-0-0) en espigazón; E: 50 kg/ha de urea en espigazón.

Los valores seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí al 0.05 de probabilidades según test de Tukey.

RESULTADOS

No se encontraron diferencias significativas en el comportamiento de los distintos cultivares a la fertilización (interacción: tratamiento x cultivar, no significativa). Por esta razón los resultados se analizaron teniendo en cuenta sólo la influencia de los tratamientos.

La fertilización a la siembra aumentó la producción de materia seca total cuando fue complementada con el agregado de N en espigazón (SE), pero no cuando se aplicó como única dosis (S) (Cuadro 1). El índice de cosecha disminuyó en el tratamiento S, pero esto fue revertido, en parte, por el agregado de N en espigazón. Aunque no existieron diferencias en rendimiento entre los tratamientos, se observó una tendencia a aumentar la producción de grano en este orden $T < E < S < SE$. El rendimiento en grano estuvo correlacionado positivamente con el número de granos/m² y el número de espigas/m², aunque esta correlación fue mucho más estrecha en las parcelas fertilizadas a la siembra (Fig. 1). El número de granos por espiga, por espiguilla y el rendimiento en espiga no estuvieron correlacionados con el rendimiento (Cuadro 2).

La fertilización a la siembra (S y SE) aumentó el número de espigas/m² y la producción de espiguillas por espiga, pero no modificó el rendimiento por espiga ni el número de granos en la misma, debido a su

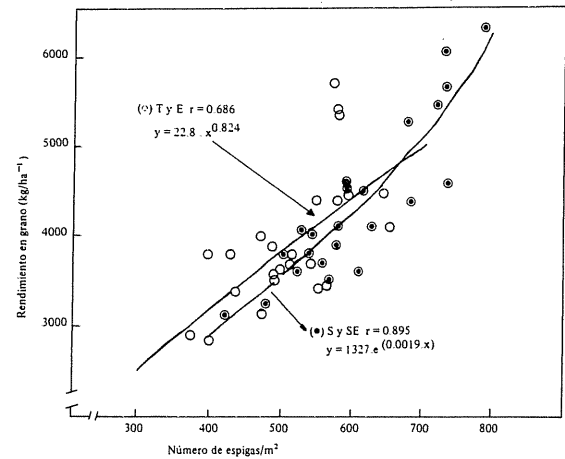


Fig. 1. Relación entre el rendimiento en grano y el número de espigas/m², bajo distintos tratamientos de fertilización, en tres cultivares de trigo pan: Buck Pucará; San Agustín INTA y Buck Cencerro. (○) parcelas sin fertilización de la siembra (T y E); (●) parcelas con fertilización a la siembra (S y SE).

efecto negativo sobre el número de granos por espiguilla (Cuadro 3). El número de granos/m² no fue modificado por los tratamientos debido a que el número de espigas/m² y el número de granos/espiga fueron inversamente afectados por los mismos y tendieron a compensarse.

Cuadro 2. Matriz de correlaciones entre las variables estudiadas, en los tres cultivares, bajo la influencia de la fertilización. N = 48.

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.877**	0.347*	0.793**	n.s.	n.s.	n.s.	-0.293*	0.766**	n.s.	-0.286*	n.s.
2	****	n.s.	0.755**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.763**	n.s.	n.s.	0.421*
3	****	****	n.s.	-0.396**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-0.373**	-0.499**
4	****	****	****	n.s.	n.s.	n.s.	-0.372**	0.836**	n.s.	-0.317*	n.s.
5	****	****	****	****	0.789**	0.700**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.601**
6	****	****	****	****	****	0.919**	-0.508**	0.574**	n.s.	-0.337*	0.345*
7	****	****	****	****	****	****	-0.499**	0.442**	n.s.	-0.360*	0.309*
8	****	****	****	****	****	****	****	-0.573**	n.s.	0.783**	n.s.
9	****	****	****	****	****	****	****	****	n.s.	-0.441**	n.s.
10	****	****	****	****	****	****	****	****	****	0.742**	n.s.
11	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	0.305*

Referencias: 1) rendimiento en grano; 2) biomasa aérea total; 3) índice de cosecha; 4) espigas/m²; 5) rendimiento por espiga; 6) granos/espiga; 7) granos/espiguilla; 8) peso del grano; 9) granos m²; 10) % de proteína del grano; 11) contenido proteico del grano; 12) peso por macollo fértil.

* Valores significativos al 0.05.

** Valores significativos al 0.01.

n.s. Valores no significativos.

Cuadro 3. Efecto de la fertilización sobre algunos componentes del rendimiento en tres cultivares de trigo pan: San Agustín INTA; Buck Pucará y Buck Cencerro.

Tratamientos	Rendimiento por espiga	Espiguillas por espiga	Granos por espiguilla	Granos por espiga	Granos por m ²
T	1.25 a	16.64 ab	2.21 a	37.05 ab	19.014 a
S	1.22 a	17.79 a	1.97 b	35.32 b	21.204 a
SE	1.22 a	17.95 a	1.95 b	35.19 b	21.903 a
E	1.31 a	16.57 b	2.31 a	38.33 a	20.113 a
dms 5%	n.s.	0.60	0.15	2.78	n.s.

Referencias: T: testigo; S: 120 kg/ha de 18-46-0 a la siembra; SE: idem S, más el agregado de 50 kg/ha de urea (46-0-0) en espigazón; E: 50 kg/ha de urea en espigazón.

Los valores seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí al nivel de 0.05 de probabilidades, según el test de Tukey.

La aplicación de N en espigazón aumentó el peso del grano solo en el cultivar Buck Pucará, pero no en San Agustín ni en Buck Cencerro (Cuadro 4), mostrando una interacción significativa tratamiento x variedad. El resto de los tratamientos no modificó el peso de los granos.

La fertilización a la siembra no modificó el porcentaje de proteínas del grano, pero el agregado de N en espigazón, como complemento o como única dosis, aumentó el porcentaje y el contenido de proteínas en todos los cultivares (Cuadro 5).

La producción de proteínas/ha sólo fue aumentada significativamente cuando se complementó la fertilización a la siembra con la aplicación de N en espigazón (Cuadro 5). No se encontró correlación significativa entre el porcentaje de proteína del grano, y ninguna de las variables analizadas en este ensayo. Sin embargo, en los tratamientos que recibieron fertilización a la siembra (S y SE), existió una correlación inversa entre el porcentaje de proteínas y el IC (Fig. 3), que difirió según el tratamiento. A pesar de que la pendiente de las rectas de regresión fue similar entre ambos, para un mismo valor de IC, el porcentaje de proteína del grano fue mayor en el tratamiento SE.

DISCUSION

El análisis de las variables relacionadas con la producción y partin de la materia seca en madurez, muestra que la aplicación de N en espigazón tiene poco efecto sobre el rendimiento, ya que sus principales componentes se definen en etapas más tempranas del desarrollo del cultivo.

El aumento en la producción de materia seca total, provocado por la fertilización a la siembra (S y SE), se debió a un incremento en la producción de macollos, lo que estuvo asociado con una disminución en el índice de cosecha, confirmando que, en altas densidades, la distribución de la materia seca no es tan eficiente (5). Esto coincide con la idea de que la fertilización a la siembra puede provocar un gran desarrollo vegetativo en detrimento de los órganos de cosecha (6, 9), y que esta compensación entre la producción de materia seca y la eficiencia en su distribución (IC), puede determinar la ausencia de diferencias significativas sobre el rendimiento, como la observada en este ensayo.

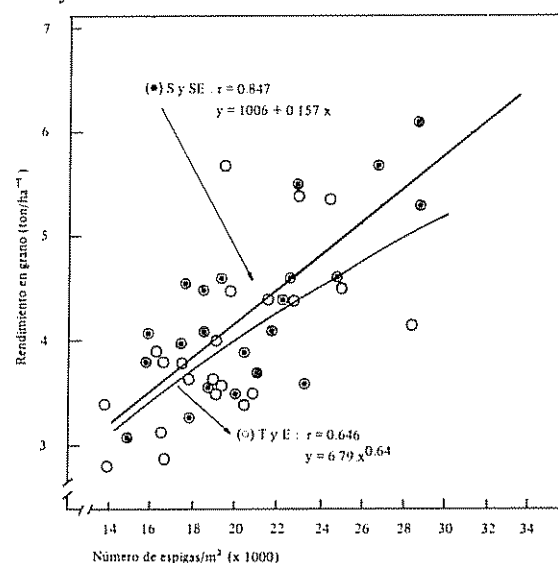


Fig. 2. Relación entre el rendimiento en grano y el número de granos/m², bajo distintos tratamientos de fertilización, en tres cultivares de trigo pan: Buck Pucará; San Agustín INTA y Buck Cencerro (○) parcelas sin fertilización a la siembra (T y E); (●) parcelas con fertilización a la siembra (S y SE).

Cuadro 4. Efecto de la fertilización sobre el peso del grano en tres cultivares de trigo pan: San Agustín INTA; Buck Pucará y Buck Cencerro.

Tratam/cultivares	Buck Pucará	Buck Cencerro	San Agustín	Promedio
T	30.25 b	35.16 a	36.07 a	33.83 a
S	32.27 ab	36.81 a	34.83 a	36.64 a
SE	32.15 ab	36.59 a	36.15 a	34.96 a
E	32.66 a	35.74 a	34.52 a	34.31 a
Promedio cultivares	31.83 b	36.07 a	35.39 a	
dms 5%	2.11	n.s.	n.s.	n.s.

Referencias: T: testigo; S: 120 kg/ha de 18-46-0 a la siembra; SE: idem que el S, más el agregado de 50 kg/ha de urea (46-0-0) en espigazón; E: 50 kg/ha de urea en espigazón.

Los valores seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí al nivel de 0.05 de probabilidades según el test de Tukey.

El aumento en el número de espiguillas/espiga provocado por la fertilización a la siembra confirma que este componente es sensible a ser modificado sólo ante un aumento en la disponibilidad de N cercano al estado de "doble lomo" (13). Sin embargo, cuando la dosis de N a la siembra es baja, como en este caso, el aumento en el número de lugares disponibles para la formación de granos, puede disminuir el posterior cuajado de los granos, debido a la competencia por N, determinando que no se observen efectos sobre el número de granos/espiga.

A pesar de que se ha citado que la fertilización tardía puede incrementar el peso de los granos (4), en este ensayo, esto estuvo limitado al cv. B. Pucará. El incremento en el peso del grano observado en este cultivar, cuando se aplicó N en espigazón, sugiere que algunos cultivares responden a un aumento de este nutrimento en el suelo, cuando el mismo resulta limitante para el adecuado desarrollo del grano.

El aumento observado en el porcentaje de proteínas del grano cuando se aplicó N en espigazón, aun en las parcelas fertilizadas a la siembra, indica que el mayor desarrollo vegetativo observado en estas pudo haber consumido el N agregado, y que en espigazón el nivel de N en el suelo era el mismo en todos los tratamientos. La respuesta de todos los cultivares a la fertilización tardía confirma que bajo condiciones adecuadas, las plantas pueden continuar absorbiendo N del suelo, aún en etapas tardías de su desarrollo (10).

La ausencia de correlación negativa entre el rendimiento en grano y el porcentaje de proteínas del mismo, citada por algunos autores (11, 14, 17), demues-

tra que cuando el incremento en el porcentaje de proteínas no se produce como consecuencia de una disminución en la acumulación de hidratos de carbono al grano, la misma no debe ser esperada. En este ensayo el mayor porcentaje de proteínas en el grano coincidió con un mayor contenido de la misma en el grano. El cultivar de mayor porcentaje de proteínas (B. Cencerro), tuvo también el mayor contenido de N en el grano, lo que difiere de lo encontrado por Brunori y Micke (3) en el cv. Atlas 66.

La correlación inversa entre el índice de cosecha y el porcentaje de proteínas del grano, citado por algunos autores (6, 12, 19), solo fue encontrada en los tratamientos que recibieron fertilización a la siembra. Esto se debe a que, en estos tratamientos, una parte importante del N del grano en madurez proviene de

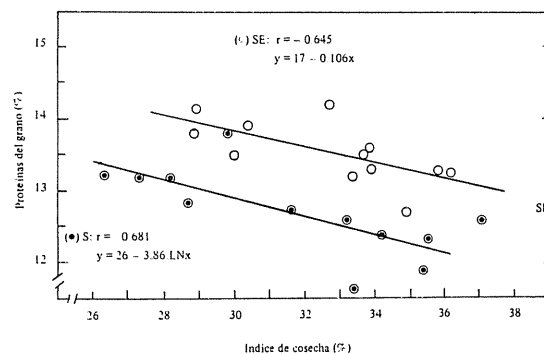


Fig. 3. Relación entre el índice de cosecha y el % de proteínas del grano, en los cultivares de trigo pan: Buck Pucará, San Agustín INTA y Buck Cencerro, bajo dos tratamientos con fertilizantes. (○) 120 kg/ha de 18-46-0 a la siembra; (●) 120 kg/ha de 18-46-0, más el agregado de 50 kg/ha de urea (46-0-0) en espigazón.

Cuadro 5. Efecto de distintos tratamientos de fertilización sobre la producción y contenido proteico del grano en tres cultivares de trigo pan: San Agustín INTA; Buck Pucará y Buck Cencerro.

Tratamientos	% proteína	Contenido proteico (mg/grano)	Proteína/ha
I	12.41 a	4.20 b	489 b
S	12.68 a	4.39 b	530 b
SE	13.54 b	4.74 a	620 a
E	13.62 b	4.67 a	542 ab
dms 5%	0.64	0.25	79

Referencias: I: testigo; S: aplicación de 120 kg/ha de 18-46-0 a la siembra; SE: ídem que S, más el agregado de 50 kg/ha de urea (46-0-0) en espigazón; E: 50 kg/ha de urea en espigazón.

la traslocación del previamente almacenado en las estructuras vegetativas en preantesis (2, 16). Por lo tanto, un aumento en el IC supone una disminución de la fuente de N para el grano. Pero esta correlación no debe esperarse cuando el N del grano proviene del absorbido desde el suelo durante el llenado del mismo, como ocurre cuando una fertilización tardía aumenta su disponibilidad.

Teniendo en cuenta que, en todos los cultivares, la mayor producción de proteínas/ha se obtuvo cuando la fertilización a la siembra fue complementada con el agregado de N en espigazón, el adecuado manejo de los fertilizantes permitirá obtener altos rendimientos sin sacrificar el porcentaje de proteínas del grano.

LITERATURA CITADA

1. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS 1983 Method 64-14 A: crude protein-Udy dye method 8 Ed
2. AUSTIN, R.B.; FORD, M.A.; EDRICH, J.A.; BLACKWELL, R.D. 1977 The nitrogen economy of winter wheat. *Journal of Agricultural Science* 88: 159-167
3. BRUNORI, A.; MICKLÉ, A. 1979. Dry matter and nitrogen accumulation in the developing seed of *T. aestivum*. In *Crop Physiology and Cereal Breeding* [Proceedings of a Eucarpia Workshop] Ed by J.H.J. Spiertz, TH Kramer Wageningen. The Netherlands p 151-161.
4. COIC, Y. 1960. Les bases physiologiques de la nutrition et de la fertilization rationnelle du blé *Progressive Wheat Production*. Centre d'Etude de l'Azote Genève p 95-122
5. DARWINKEL, A. 1979. Ear size in relation to tiller emergence and crop density. In *Crop Physiology and Cereal Breeding*. (Proceedings of a Eucarpia Workshop) Ed. by J.H.J. Spiertz, TH Kramer. Wageningen, The Netherlands p. 10-16.
6. DONALD, C.M.; HAMBLIN, J. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Advances in Agronomy* 28:361-405
7. FERNANDEZ, R.; LAIRD, R.J. 1959. Yield protein content of wheat in Central Mexico as affected by available soil moisture and nitrogen fertilization. *Agronomy Journal* 51:33-36
8. LINNLEY, K.J.; MEYER, J.W.; SMITH, F.W.; FYER, H.C. 1957. Effect of foliar spraying of Pawnee wheat with urea solutions on yield, protein content, and protein quality. *Agronomy Journal* 49:341-347

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las condiciones de este ensayo puede concluirse que: la aplicación de fertilizantes a la siembra favorece la producción de espigas provocando un aumento en la producción de materia seca total en madurez. Sin embargo esto puede estar acompañado de una disminución en el índice de cosecha, y una falta de respuesta en el rendimiento.

Las plantas de trigo son capaces de absorber el nitrógeno del suelo desde espigazón en adelante si la disponibilidad del mismo es adecuada, y aumentar el porcentaje de proteínas y el contenido de N en el grano. En este caso no debe esperarse una asociación entre el índice de cosecha y el porcentaje de proteínas del grano, la que sí existe cuando la fertilización es a la siembra.

La mayor producción de proteínas/ha se logra cuando la fertilización a la siembra es complementada con el agregado de N en espigazón.

Los componentes del rendimiento en espiga, no son susceptibles de ser modificados por un aumento en la disponibilidad de N en espigazón, aunque en algunos cultivares puede aumentar el peso del grano.

Se considera necesario seguir investigando sobre distintos momentos y dosis de aplicación de los fertilizantes nitrogenados, y su efecto sobre el rendimiento y porcentaje de proteínas del grano, en relación con la eficiencia en la acumulación y partición del N y de la materia seca.

9. HOJJATI, S.M.; MALEKI, M. 1971. Effect of potassium and nitrogen on lysine, methionine and protein contents of wheat grain, *Triticum aestivum* L. *em* *Theil Agronomy Journal* 64:46-48
10. HUCKLESBY, D.P.; BROWN, C.M.; HOWELL, S.E.; HAGEMAN, R.H. 1971. Late spring applications of N for efficient utilization and enhanced production of grain and grain protein of wheat. *Agronomy Journal* 63:274-276.
11. KRAMER, TH. 1979. Yield-protein relationship in cereal varieties. In *Crop Physiology and Cereal Breeding* (Proceedings of a Eucarpia Workshop). Ed. by J.H.J. Spiertz, TH. Kramer Wageningen, The Netherlands p. 161-165
12. KRAMER, TH. 1979. Environmental and genetic variations for protein content in wheat (*Triticum aestivum* L.) *Euphytica* 28:209-218.
13. LANGER, R.H.M.; LIEW, F.K.Y. 1973. Effects of varying nitrogen supply at different stages of the reproductive phase on spikelet and grain production and grain nitrogen in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research* 24:647-656.
14. MESDAG, J. 1979. Genetic variation in grain yield and protein content of spring wheat (*T. aestivum* L.). In *Crop Physiology and Cereal Breeding* [Proceedings of a Eucarpia Workshop] Ed. by J.H.J. Spiertz, TH. Kramer Wageningen. The Netherlands p. 166-168
15. SARANDON, S.J.; GIANIBELLI, M.C.; CHIDICHIMO, H.O.; ARRIAGA, H.O.; FAVORETTI, C. 1986. Fertilización foliar en trigo (*T. aestivum* L.). Efecto de la dosis y momento de aplicación sobre el rendimiento y sus componentes, el porcentaje de proteínas y la calidad del grano. In *Congreso Nacional de Trigo* (1., 1986, Pergamino, Arg.). Tomo 2, p. 242-258.
16. SPIERTZ, J.H.J.; VAN DE HAAR, H. 1978. Differences in grain growth, crop photosynthesis and distribution of assimilates between semidwarf and standard cultivars of wheat. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 26:233-249.
17. TERMAN, G.L. 1979. Yield and protein content of wheat as affected by cultivar, N and environmental growth factors. *Agronomy Journal* 71:437-440.
18. TOMBETTA, E.E.; VIALE, J.A.; DE REDONDO, M.C.; NOVELLO, P.; BONEL, J.A.; LEGAZA, A.I.; SENIGAGLIESI, C. 1983. Influencia de la fertilización en la calidad comercial e industrial de trigo. In *Noveno Certamen Bolsa de Comercio de Rosario, Ciencia y Tecnología del Trigo. Su mejoramiento, producción, calidad industrial, comercialización e industrialización*.
19. VERONA, C.A.; LOFFLER, C.M.; FERNANDEZ, O.N. 1980. Efecto de la densidad de plantas sobre el rendimiento y la distribución del nitrógeno en *Triticum durum* Desf. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 15(7):75-95
20. ZADOKS, J.C.; CHANG, T.T.; KONZAK, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14:415-421.

TRANSACTIONS: INTERNATIONAL WORKSHOP ON SWELL-SHRINK SOIL. 1989. Classification, management and use potential of swell-shrink soils. National Bureau of Soil Survey and Land Use Planning. Nagpur, India.

Se trata de una publicación que recoge los trabajos presentados en una reunión celebrada en octubre de 1988 sobre los suelos vertisoles

Las siete sesiones técnicas en las que se dividió esta reunión, cubren en forma amplia varios aspectos de la génesis, las propiedades y la distribución de los vertisoles en el mundo; las relaciones suelo-agua; su micro-morfología; el manejo de estos suelos; los sistemas agrícolas que en ellos se aplican; el impacto de la irrigación y los factores climáticos que afectan su uso y manejo

Los vertisoles ocupan cerca de 250 millones de hectáreas de la superficie terrestre, hallándose preferentemente en los trópicos semiáridos. En la clasificación utilizada en los Estados Unidos desde 1966, se describen los vertisoles como suelos arcillosos con alto potencial de encogimiento e hinchamiento (de allí la denominación que se les da en el título de la Reunión y del libro que comentamos), que cuando secos, presentan fisuras anchas y profundas. Los hinchamientos y encogimientos se relacionan con los períodos secos y húmedos por los que pasa la masa de suelo en áreas planas, en donde la mayor parte de la lluvia se percola a través del perfil; esto coincide con las estaciones lluviosa y seca

A esta característica se le ha dado tanta importancia que, con base en ella, se separan los varios subórdenes dentro del orden vertisol (Torrerto, Uderto, Usterto y Xererto).

Desde el punto de vista de su utilización, los vertisoles, que casi siempre se hallan en áreas de muy poca pendiente, son especialmente aptos para establecer en ellos arroz de riego, dada su escasa permeabilidad; la dificultad de labrarlos, por su alto contenido de arcilla, reduce su utilización en la agricultura

Arze Borda, Kass y Burgos, todos ellos expertos al servicio del CATIE en Turrialba, Costa Rica, presentaron en un corto trabajo incluido en el volumen, los resultados logrados en suelos vertisoles de América Central con varias prácticas de cultivo, dirigidas a aumentar la producción de maíz y sorgo, en cultivos

asociados. Concluyen afirmando que este objetivo es muy difícil de lograr, ya que cuando de alguna manera se aumenta ligeramente la producción de uno de los dos cereales, disminuye la del otro, lo cual hace que sean poco útiles varias prácticas de cultivo ensayadas.

Entre los otros trabajos incluidos en el libro, vale la pena también mencionar el presentado por Donald L. Kass y Ray B. Bryant sobre vertisoles en el istmo centroamericano; estos suelos, dicen los autores, cubren apenas 1.9 por ciento del área total de América Central, encontrándose, además, como inclusiones o asociaciones en cerca de 65 mil kilómetros cuadrados adicionales. Los autores consideran que, a pesar del área relativamente pequeña que ocupan los vertisoles en esta región, son de importancia económica por hallarse generalmente en áreas planas. El trabajo contiene poco más que esta afirmación y varias reflexiones sobre los orígenes y las características mineralógicas de tales suelos

Al final del libro, se presenta un informe de progreso de un comité internacional sobre vertisoles, establecido en 1980 por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos. No son muy sobresalientes los avances que allí se consignan y casi todos se refieren a sutiles aspectos taxonómicos.

FERNANDO SUAREZ DE CASTRO
SÍDE CENTRAL - IICA
CORONADO, COSTA RICA

SZEGEDI, J. (ED.). 1987. Proceedings of the 9th International Symposium on Soil Biology and Conservation of the Biosphere. Akademiai Kiado. Budapest, Hungria. 2 Vol. 945 p.

Este importante encuentro de especialistas de renombre mundial se realizó en agosto de 1985, con la participación de unos 160 investigadores de unos 30 países, tanto de clima templado como tropical. En este simposio se discutió la situación actual en lo referente a la influencia de la agricultura moderna sobre las propiedades biológicas y bioquímicas de los suelos, con referencia especial a su fertilidad. Las actas de este evento científico constituyen dos volúmenes y probablemente son el documento más completo sobre la influencia de los diferentes agroquímicos sobre los procesos biológicos en el suelo. Las presentaciones individuales son particularmente interesantes ya que muchos de los trabajos de Europa Oriental se publican en revistas que son poco accesibles en América Latina. También se presentó una buena revisión de los trabajos hechos en Cuba en este campo

Los dos volúmenes se organizan en ocho subdivisiones de las cuales, la primera, se dedica al efecto de los fertilizantes sobre los procesos biológicos en los suelos.

La segunda subdivisión, considerablemente más corta que la primera, examina la interacción entre plaguicidas y organismos en el suelo. Desafortunadamente, con excepción de un trabajo realizado en Egipto, los demás se refieren a experiencias efectuadas en la región templada.

La tercera subdivisión, una de las más largas ya que ocupa aproximadamente una quinta parte de la obra, se dedica a la importancia de la fijación biológica del nitrógeno. Este tópico, aunque solamente relacionado marginalmente con el tema central, fue tratado en 23 trabajos, tanto del trópico como de las regiones templadas. Son muy interesantes los informes poco frecuentes que se incluyen acerca del efecto de diferentes contaminantes del suelo sobre la fijación biológica del nitrógeno. La mayoría de los trabajos mantiene un alto nivel científico, unido a un enfoque práctico, lo cual constituye una característica muy deseable pero no común en la literatura especializada.

Los trabajos presentados en la cuarta subdivisión examinaron el papel de los organismos en el suelo, en cuanto a la dinámica de la materia orgánica. En esta parte de la obra se presenta información, tanto de índole agrícola como de suelos forestales, procedente de la zona templada y de los trópicos, especialmente de Cuba. Esta sección concluye el primer volumen, el cual es un poco más extenso que el segundo.

La quinta subdivisión, con la cual se inicia el segundo volumen, examina el papel de los organismos presentes en los suelos sobre los procesos pedogénicos. Aquí se ha dado énfasis especial a la rehabilitación de suelos en regiones mineras y a suelos con contaminación petrolera.

La sexta subdivisión, aunque breve —de apenas ocho trabajos— se dedica al campo novedoso del papel de los organismos en el suelo en la ecología del mismo. Se incluyen varios trabajos sobre suelos forestales, los cuales, en todo este volumen, reciben mayor atención que en la generalidad de las publicaciones sobre suelos.

Las interrelaciones entre la actividad biológica en el suelo y sus propiedades son el tópico de la séptima subdivisión.

El volumen concluye con la octava subdivisión, dedicada a las relaciones entre plantas superiores y los organismos en el suelo; una sección muy breve ya que este campo es aún muy novedoso.

El editor de las actas de este simposio merece un reconocimiento especial por haber presentado todos los trabajos en buen idioma inglés y por haber impartido a la obra un carácter uniforme, bien organizado.

Un índice de materias que ocupa 16 páginas y un índice de autores, ambos muy útiles para localizar los diferentes tópicos del libro, constituyen el complemento del texto de esta magnífica obra de referencia.

Esta publicación ofrece muchas ideas a todos los que estamos involucrados en la ciencia del suelo y no solamente a los microbiólogos. Este revisor cree que la adaptación de muchas de las técnicas expuestas en esta obra a las condiciones tropicales, podría contribuir a que se logre una mejor comprensión de los suelos existentes en los países latinoamericanos y a su manejo más eficiente, en una forma menos destructiva, para así asegurar una agricultura continuada y eficiente, en un ambiente sano. El libro debería estar disponible en las bibliotecas que apoyan la investigación y la docencia de posgrado, en las áreas de biología y fertilidad de suelos.

ELEMLR BORNEMISZA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

POTASSIUM IN THE AGRICULTURAL SYSTEMS OF THE HUMID TROPICS, 1985. Coloquio del Instituto de la Potasa (9, 1985, Bangkok, Tailandia). Actas. Bangkok, Tailandia. 405 p.

Este Coloquio, realizado en el Sureste de Asia, brinda al lector latinoamericano, información de mucho provecho, ya que las condiciones de suelos, climas y cultivos en esta región, son similares a las del sur de América.

La reunión se dividió en cuatro sesiones de trabajo, la primera de las cuales se dedicó a los potenciales de rendimiento y requerimientos nutricionales de los cultivos de esta región. Los trabajos individuales, presentados por expertos invitados, versaron sobre los recursos ambientales del trópico húmedo en general, los potenciales de rendimiento de los cultivos de esta zona y los requerimientos nutricionales de los cereales y cultivos perennes en ésta. La sesión concluyó con un informe del coordinador de la misma, quien resumió e interpretó lo expuesto.

La segunda sesión de trabajo se dedicó a la dinámica del potasio (K) en el sistema suelo-planta de la región. En esta sesión se incluyeron dos trabajos de interés general: uno sobre la dinámica del K en el sistema suelo-planta y otro, sobre la correlación entre la

mineralogía de suelos y la estimación del K disponible en ellos. Este segundo grupo lo forman cuatro trabajos sobre la disponibilidad del K en Tailandia, en el Sur de China, en el Sur de India y en Indonesia.

Los dos primeros trabajos son de valor global y resumen la información en el campo, mientras que los informes específicos caracterizan sistemas bastante similares al trópico húmedo americano.

La tercera sesión se dedicó a aspectos relacionados con el mantenimiento de la fertilidad del suelo en el trópico húmedo. Una presentación con el mismo título de la sesión y cuatro trabajos especiales sobre diferentes sistemas de cultivo, forman parte de los contenidos del resumen.

En la cuarta sesión se examinaron la investigación y la extensión agrícola en Asia Suroriental y su relación con el uso de K en esta región. Al igual que en las sesiones previas, ésta se inició con un trabajo de alto nivel, de tipo general, que permitió el análisis de los enfoques experimentales oportunos para definir las necesidades de K. A este trabajo lo sucedieron otros cinco que examinaron casos especiales, como por ejemplo, los experimentos de FAO, sobre respuesta al K.

Cabe anotar que los trabajos presentados en las cuatro sesiones, están respaldados por excelentes bibliografías, que certifican la calidad de los mismos.

Finalmente, además de las cuatro sesiones, el volumen incluye dos presentaciones del Presidente del Coloquio Dr. G. W. Cooke. La primera de ellas sobre el papel del K en sistemas de agricultura del trópico y la segunda, titulada "El papel y la importancia del K en sistemas de agricultura en el trópico húmedo, el camino para adelante". La enorme experiencia del Dr. Cooke da un valor especial a estas presentaciones.

Sin duda alguna, este texto enriquece la bibliografía sobre cultivos tropicales y constituye una útil referencia para quienes consulten en las bibliotecas que lo apoyan.

ELEMER BORNEMISZA S.
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

MENGEL, K.; KIRBY, E. A. 1987. Principles of Plant Nutrition, 4a Edición, International Potash Institute. Suiza.

En el lapso de 10 años este volumen de gran utilidad para las ciencias agrícolas alcanza su cuarta edi-

ción. La aceptación que ha tenido entre profesionales en agricultura y ciencias básicas afines indica el valor informativo y didáctico del material.

La actual presentación de la obra, reduce su costo y lo hace accesible a más lectores; especialmente estudiantes de agricultura, horticultura y ciencias forestales, para quienes a juicio de los autores, se escribió el volumen.

Los primeros seis capítulos que incluyen aproximadamente la mitad de la obra, abordan los aspectos generales de la nutrición vegetal; el suelo como fuente de nutrimentos; su absorción y asimilación y la relación nutrición y crecimiento de plantas.

Los otros tres capítulos se refieren a la nutrición de las plantas; la aplicación de abonos y relaciones planta-agua.

Doce capítulos (7° al 18°) se dedican a la discusión de los elementos esenciales N, S, P, K, Co, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo y B.

El capítulo décimo noveno examina otros elementos de importancia en la nutrición de plantas, tales como Cl, Si, Co y Va.

El texto concluye con un capítulo sobre elementos con efectos tóxicos como el I, B, F, Al, Ni, Co, Se, Pb y Cd y otros metales pesados. Muchos de los elementos anteriores como el I, F, Se, son esenciales para animales y en cantidades adecuadas, componentes agrícola-mente importantes de pastos. A este capítulo sigue una breve bibliografía de trabajos de resumen sobre oligoelementos.

Hasta la fecha, ésta continúa siendo la principal obra escrita sobre nutrición de plantas, tanto por la riqueza de su información como por la forma clara de presentación. A nuestro juicio, la inclusión de mayores datos sobre agricultura tropical, referente a algunos cultivos de importancia mundial y suelos fuertemente lavados, propio de los trópicos húmedos, enriquecería mayormente el texto.

Cabe anotar, finalmente, que otro de los méritos del volumen radica en la valiosa bibliografía consignada, tanto al final de cada capítulo como de la obra completa y la inclusión de fotografías y otras ilustraciones.

ELEMER BORNEMISZA S.
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

HARRISON, A.F. 1987. Soil Organic Phosphorus, a Review of World Literature. CAB. International, Wallingford. Reino Unido. 257 p.

Uno de los principales méritos de una bibliografía lo constituye el número de publicaciones citadas y el presente volumen, a lo largo de los 20 capítulos que lo componen, incluye más de 860.

El primer capítulo sirve de introducción. El segundo analiza los métodos utilizados para determinar Fósforo (P) orgánico y las limitaciones que cada uno de éstos presenta.

El tercer capítulo aborda las relaciones entre P orgánico y otras propiedades de suelos, anotando interesantes correlaciones. Los capítulos cuarto y quinto analizan los efectos de los cambios climatológicos, el avenamiento del suelo, diferentes tipos de tierra y de vegetación.

En los siguientes tres capítulos se examinan los efectos causados por el tipo del suelo, el material matriz y las estaciones del año.

El capítulo noveno examina la distribución del P orgánico en los perfiles del suelo.

El décimo capítulo, uno de los más completos, estudia la posibilidad de predecir el contenido de esta fracción de P en los suelos superficiales.

El efecto de las prácticas de manejo del suelo es el tópico del capítulo undécimo. Aquí se consideran la influencia del abonamiento, del manejo del agro, tipos de uso de la tierra y del fuego.

Los capítulos decimosegundo y decimotercero, ambos bastante breves, estudian la movilidad del P orgánico en suelos y los efectos que su mineralización provoca sobre esta fracción de P.

El capítulo decimocuarto menciona los problemas que provoca la escasa información sobre P orgánico en perfiles completos en suelos.

Los capítulos decimoquinto y decimosexto, examinan la naturaleza química de la materia orgánica y su asociación con el P orgánico. Estos tópicos incluyen el análisis de una amplia bibliografía.

La contribución del P orgánico en la nutrición de las plantas es el tópico del capítulo decimoséptimo.

El capítulo decimoctavo se dedica al estudio de los catorce factores que influyen en la mineralización del P orgánico en suelos.

En un capítulo breve, el decimonoveno, se analiza la formación de P inorgánica a partir de residuos orgánicos.

El texto concluye con un comentario del autor sobre las limitaciones que se presentan para recabar información sobre estos temas y se brindan varias recomendaciones para los investigadores sobre cómo presentar sus datos en forma más aprovechable.

Finalmente, encontramos un apéndice de cuadros que resume los datos sobre P orgánico.

Este volumen es esencial para profesores e investigadores en suelos. Las bibliotecas con colecciones reducidas se verán especialmente favorecidas con este texto que condensa lo principal de la investigación mundial en este campo.

ELEMER BORNEMISZA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

STEWART, B.A. (ed) 1988. Advances in Soil Science. Vol. 8. Springer Verlag, New York. 221 p.

Este texto mantiene la modalidad establecida en años anteriores de brindar resúmenes bastante completos sobre diversos aspectos de la ciencia del suelo.

El presente volumen incluye cuatro valiosos trabajos. El primero de ellos a cargo de P. Huang de Canadá, donde se examina el efecto de iones sobre transformaciones de formas de aluminio (Al) y su impacto en el ambiente, particularmente en suelos. La discusión es presentada desde el punto de vista del mineralogista de arcillas, un detalle novedoso para los químicos de suelo.

El segundo trabajo examina las posibilidades del mantenimiento y mejoramiento de la productividad en las regiones secas de los países en desarrollo. Este trabajo, preparado por expertos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) y la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID) con muchos años de experiencia especialmente en Asia y África, analiza los problemas y propone enfoques generales para manejar problemas físicos, tecnológicos, institucionales, de infraestructura y socioeconómicos. Lastimosamente muchos de los datos citados han perdido vigencia, sin embargo la presentación de un equipo de profesionales de experiencia con diferentes puntos de vista sobre el tema, enriquece y estimula la lectura.

Un modelo de la estructura del suelo, bajo diferentes sistemas de cultivo es el tópico del tercer trabajo,

el más corto del volumen. Este problema de considerable importancia práctica ha recibido poca atención, especialmente en los trópicos, a pesar de su gran impacto sobre la productividad.

La distribución, propiedades y manejo de vertisoles en India es el tema del cuarto resumen. En el mundo, este es uno de los países que cuenta con más altos porcentajes de vertisoles entre sus suelos agrícolas; por ello ha acumulado una apreciable cantidad de información. Este capítulo complementa importantes trabajos sobre vertisoles como los de Wilding y Puentes y de Probert *et al.*, y presenta un adecuado equilibrio entre información básica y aspectos aplicados.

Tanto este volumen como los anteriores de la serie, deberían estar en las bibliotecas de las instituciones de investigación y enseñanza.

ELEMER BORNEMISZA S
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FRIMMEL, F H ; CHRISTMAN, R.F. (eds). 1988. Humic Substances and Their Role in the Environment. Wiley - Interscience Publ. New York. 271 p.

Este volumen reúne una serie de trabajos preparados por expertos en la materia, escogidos por el Comité Organizador y cuatro informes de grupo preparados por investigadores de campos relacionados.

El primer informe de grupo, preparado por 12 expertos, examina críticamente la separación de las sustancias húmicas del suelo o del agua, sea dulce o salada, y presenta recomendaciones para investigaciones futuras. Tanto este resumen como los dos trabajos específicos cuentan con bibliografías que permiten al interesado profundizar en campos específicos.

Cuatro trabajos individuales anteceden al segundo informe de grupo, que trata sobre la formación de las sustancias húmicas en suelos o aguas. Este informe, relativamente breve (siete páginas), dedica una amplia sección a problemas que requieren investigación futura.

El fuerte interés por lo que debería hacerse es característico de los Talleres de Dahlem, cuya meta es promover encuentros científicos interdisciplinarios con miras a una mejor comunicación.

El tercer grupo presenta un trabajo sobre la caracterización y la validez de hipótesis sobre estructuras de sustancias húmicas y concluye con seis recomenda-

ciones para investigaciones futuras, en las que se considera también el equipo disponible y sus usos potenciales.

Dos trabajos invitados, muy completos y bien documentados, anteceden al resumen. El primero trata sobre la evolución de los modelos estructurales y el segundo sobre estudios de estructuras examinados en procesos degradativos y no degradativos. Sin duda alguna, éste como los trabajos anteriores, demanda una buena preparación del lector tanto en química básica como en química de suelos.

Tanto el informe del cuarto grupo como cuatro trabajos individuales están dedicados a las diferentes formas de interacción (reacciones y funciones) entre sustancias químicas y otros componentes del ambiente. El informe, propiamente, expone los problemas más relevantes y brinda recomendaciones de investigación y bibliografía.

El volumen concluye con un índice de autores, otro bastante completo de materias y una lista de los contribuyentes, donde se indica el campo principal de investigación de cada uno.

El enfoque de este Taller se caracteriza por una concepción interdisciplinaria del tratamiento del ambiente, lo que lo ubica dentro de las posiciones más avanzadas en esta materia.

ELEMER BORNEMISZA S
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

ARRAUDEAU, M.A.; VERGARA, B.A. 1988. A Farmers' Primer on Growing Upland Rice. International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Filipinas. 284 p.

El flujo de conocimientos sobre el cultivo del arroz en las zonas tropicales ha aumentado considerablemente en los últimos 25 años, principalmente, como resultado del establecimiento de los centros internacionales de investigación agrícola. Estas instituciones han tenido mucha actividad en la difusión de resultados de la investigación; con los investigadores como objetivo principal de esa difusión. El libro que aquí se reseña, **Manual para los Agricultores de Arroz de Secano**, forma parte de un esfuerzo del Instituto Internacional de Investigaciones sobre Arroz (IRRI), con sede en Filipinas, por producir materiales impresos para los extensionistas y agricultores. El método seguido para alcanzar a dicha audiencia es presentar la información de forma tal que cada página comunique una idea separada, con ilustraciones sencillas y

textos concisos y claros. Los diseños en que se basa el libro para transmitir las ideas están tan bien logrados que el editor y el productor de esta publicación recibieron dos distinciones especiales de la Sociedad de Comunicadores Agrícolas en Educación

El primer libro de la serie de manuales basados en ilustraciones se tituló **Manual para el Nuevo Arrocero**, dedicado principalmente a transmitir conocimientos relacionados con el cultivo de arroz bajo condiciones de riego. Este nuevo manual para arroz seco se basa en 23 capítulos sobre conocimientos generales acerca de la planta de arroz, que fueron presentados en el manual anterior y añade nuevos capítulos que se concentran en el manejo integrado de nutrimentos, plagas y enfermedades, y sistemas de cultivo bajo condiciones de seco.

El libro se inicia con una descripción de los diferentes tipos de planta de arroz, sembrados bajo condiciones de seco. Desde este momento, el lector se da cuenta de que el término "seco" incluye una serie de tipos de arroz, asociados con diferentes sistemas de cultivo y de regiones geográficas. Aunque el libro no trata en detalle los sistemas de cultivo de arroz de seco, en ninguno de sus capítulos, cabe anotar en esta reseña que en América Latina existen tres clases generales de seco (llamado "de temporal" en México), las cuales se definen combinando el nivel de tecnología mecánica utilizada y las condiciones de suelo y precipitación en las áreas de siembra.

Se encuentran así seco mecanizado, en suelos de buena calidad y en zonas de buena precipitación (la mayor parte de Centroamérica, Sureste de México, Colombia y Ecuador), seco mecanizado en suelos ácidos y precipitación errática (Brasil) y seco manual (toda la región). El libro está dirigido principalmente a los agricultores de seco manual, con uso limitado de insumos y maquinaria.

Los capítulos dedicados a insectos muestran la sensibilidad de los autores hacia aquellos lectores de bajo nivel académico, ya que en ellos se presentan ilustraciones de las principales plagas, tanto en tamaños reales como en ampliaciones para ayudar a la identificación de los diferentes organismos. Obviamente, este tipo de publicaciones tiene una gran desventaja sobre aquellas que se basan en fotografías a colores de insectos y síntomas de enfermedades. Esta desventaja podría minimizarse si este libro se usa en combinación con instructores, en actividades de capacitación

de agricultores con conocimientos limitados sobre el cultivo. También, se puede asociar este libro con el manual *Problemas del Arroz en los Trópicos* (también publicado por IRRI), el cual se basa en fotografías a todo color de los diferentes estreses bióticos del cultivo del arroz. De hecho, en estudios realizados sobre la efectividad del manual para arroz de riego con agricultores filipinos, se externó frecuentemente la opinión de que era necesario complementar la lectura con reuniones efectuadas con agentes de extensión para que éstos respondieran preguntas.

Resulta muy refrescante observar que se incluye un capítulo sobre conservación de suelos y manejo del cultivo, en el cual se hace énfasis en los peligros de la erosión y se indican los diferentes métodos de establecimiento del cultivo. Este tratamiento directo de los peligros de utilizar áreas forestales montañosas para establecer siembras de arroz, con métodos de manejo similares a los usados en los valles, puede contribuir a los esfuerzos de conservación de los recursos naturales. La misma portada del libro sugiere el uso del arroz de seco como parte de un sistema de cultivo.

Pareciera un poco vago el tratamiento que se da al término variedades modernas y sus ventajas, dentro del contexto de arroz de seco. En varias partes del libro se señalan las ventajas de las hojas erectas que tienen estas variedades, destacando la capacidad de interceptación de mayor cantidad de luz solar. Sin embargo, sólo se reconoce una vez la habilidad competitiva con respecto a las malezas de las variedades tradicionales de hojas caídas. Las hojas caídas contribuyen a cubrir más rápidamente el área de siembra, resultando en un ambiente desfavorable para las malezas. La humedad también se conserva mejor en áreas cubiertas.

Es un libro muy interesante y útil para la transferencia de una tecnología arrocería simple y de amplia aplicabilidad. Cualquier país en desarrollo puede solicitar al IRRI las ilustraciones del libro, las cuales pueden ser utilizadas para publicar ediciones en el idioma local. El uso de este tipo de libro con la inclusión de términos locales, de más fácil comprensión por parte de los agricultores, ha aumentado su eficiencia como herramienta de educación.

ILDERICO CUEVAS PEREZ
COORDINADOR DEL IRTP
PARA AMERICA LATINA