

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 41

TRIMESTRE JULIO-SEPTIEMBRE 1991

NUMERO 3

CODEN IURRAB 41(3):275-444

Selectividad polínica de dos especies de abejas solitarias del género <i>Xylocopa</i> en Argentina (Hymenoptera: Anthophoridae). A.H. Abrahamovitch, S.B. Girarde	275
Descomposición de rastrojo de soja en bolsas de residuos con distinto tamaño de poro. R. Alvarez, E. Daniel, J. Santanoglia, G.M. Brazzola, R. García	279
Pollinización de café por <i>Apis mellifera</i> L. y otros insectos en Costa Rica. F. Badilla, W. Ramírez B.	285
Composición química, factores tóxicos y digestibilidad de la planta arvensis <i>Verbena carolina</i> L. G.M.I. Castro, R.F. Pérez-Gull, A.L. Madrigal	289
<i>Leptoglossus lonchoides</i> Allen (Heteroptera, Coreidae), causante de la caída de los frutos de <i>Bactris gasipaes</i> (Palmae) en la Amazonía Central. G. Couturier, C.R. Clement, P. Viana Filho	293
Simulation of potential banana photosynthesis in the Atlantic Zone of Costa Rica. S. de Bruin	299
Medios de cultivo para el establecimiento <i>in vitro</i> de explantes de la yerba mate (<i>Ilex paraguariensis</i>). H.Y. Rey, O.J. Burtrik, P.A. Sansberro, L.A. Mroginiski	306
Semen traits and quality of hemiorchidectomized puberal West African dwarf goat and coltal cues of intact sexually mature counterparts. O. Chiboka	311
Ascorbic acid turnover, carbohydrates and mineral nutrients in the cotton plant (<i>Gossypium hirsutum</i> L.). J.G. Bhatt, R. Renganayagi	316
Effects of harvest date on the contents of sugar, inorganic phosphate and vitamin C in <i>Amaranthus dubius</i> . A.O. Lawanson, B.E. Ayisire, S.F. Ikusebiola	321
Distribución de la variabilidad en cinco cultivares de centeno (<i>Secale cereale</i> L.). M.A. Di Renzo, D.E. Alassa, M.A. Ibáñez	325
Movilización de fotoasimilados desde hojas de girasol (<i>Helianthus annuus</i> L.) durante el llenado de frutos. L.F. Hernández, G.A. Orioli	330
Diallel analysis and heterosis for yield and associated characters in durum wheat under upland conditions. S. Kuruvadi	335
Fenología de <i>Ipomoea aristolochiaefolia</i> (H.B.K.) Don. (Convolvulaceae). R.C.S. Maimoni-Rodella, R.A. Rodella	339
Biología Floral de <i>Ipomoea aristolochiaefolia</i> (H.B.K.) Don. (Convolvulaceae). R.C.S. Maimoni-Rodella	344
Efecto del fósforo nativo adsorbido en el suelo sobre la medida de la capacidad "buffer" de fosfato. R. Mendoza	350
Dinámica parasitaria de <i>Dermatobia hominis</i> L. J.R. 1781 en bovinos. II. Densidade, relação entre regiões corpóreas e efeito da "vassoura" caudal. G.P. de Oliveira	359
Ecología de <i>Dermatobia hominis</i> L. J.R. 1781 (Diptera: Cuterebridae) na região de São Carlos, Estado de São Paulo, Brasil. G.P. de Oliveira	367
Predicción de rendimientos de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> sp.) en Guanacaste, Costa Rica. O.E. Rojas	376
Ecology and behaviour of <i>Plutella xylostella</i> . IV. Fecundity with and without host plant. P. Salinas	381
Factores culturales y ambientales sobre asociaciones entre componentes del rendimiento y rendimiento en trigo. M.R. Simón	384
Tasas de escorrentía superficial y erosión laminar en Puriscal, Costa Rica. W. Vahrson, C. Cervantes U.	396
Respuestas contrastantes del maíz tropical ante la sequía en el período vegetativo o reproductivo. I. Vianello, M.A. Sobrado	403
Crecimiento determinado e indeterminado de la soja en dos épocas de siembra en Costa Rica. E. Villalobos, G. Avila, C. Echandi	412
Características morfoanatómicas y productividad de fibra en <i>Agave lecheguilla</i> Torr., en Nuevo León, México. L. Villarreal R., R.K. Maiti	423
Caracterización del MSIV asociado a una enfermedad de maíz en Costa Rica. C. Rivera, P. Ramírez	430
Papaya ringspot virus and cucumber mosaic virus associated with a severe mosaic in melon. C. Rivera, P. Ramírez, C.M. Rodríguez	437
Notas	444
Reseñas de libros	284, 298, 305, 395



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 - 4360

Selectividad Polínica de Dos Especies de Abejas Solitarias del Género *Xylocopa* en Argentina (Hymenoptera: Anthophoridae)¹

A.H. Abrahamovich*, S.B. Girarde**

ABSTRACT

The pollen collecting activities of two species of carpenter bees, *Xylocopa* (*S*) *splendidula splendidula* Lepelletier, 1841 and *X. (Neoxylocopa) augusti* Lep., 1841, were determined on the basis of qualitative and quantitative palynological analyses. Pollen stored in the breeding cells of a set of nests emplaced in the same trunk by both bee species was analyzed. This revealed habitat and food preferences, as well as close relationships between food requirements and available flora. Fourteen pollen types, corresponding to the selected botanical species, and representing 31.11% of the entire available resources, were obtained. *X. augusti* showed lesser selective diversity, but the greatest variety of pollen types with percentages equal to or greater than 50%, while *X. s. splendidula* had greater diversity and two pollen types over 50 per cent. A similar use of the most abundant and principal food resource for both bee species, *Eucalyptus* sp. (Myrtaceae), was found, and also of the other plant species (cultivated or wild) which represent alternative food resources. The two plant families with greater species diversity are Compositae and Leguminosae. The genus *Eucalyptus* was the most frequent and abundant.

Key words: Behavior, selectivity, resources, pollen, solitary bees, *Xylocopa*.

COMPENDIO

Se determinó la asociación de dos especies de abejas solitarias: *Xylocopa* (*S*) *splendidula splendidula* Lepelletier, 1841, y *X. (Neoxylocopa) augusti* Lep., 1841, con especies vegetales, a partir del análisis palinológico cualitativo y cuantitativo. Se examinó el polen almacenado en celdas de incubación de un conjunto de nidos construidos por ambas especies. Se conocieron sus hábitos como recolectoras de polen y sus tendencias selectivas hacia los recursos vegetales utilizados. Se obtuvieron catorce tipos polínicos correspondientes a las especies botánicas seleccionadas, que representan el 31.11% del total disponible. *X. augusti* demostró menor diversidad selectiva, pero mayor número de especies vegetales utilizadas con porcentajes iguales o superiores al 50%; por el contrario en *X. s. splendidula* se verificó mayor diversidad, pero utilizando solamente dos tipos polínicos con frecuencias que superan el 50 por ciento. Se constató una equitativa utilización del recurso principal o mayor (*Eucalyptus* sp.) por parte de ambas especies, y de otros de importancia secundaria que representarían fuentes alternas de alimento. La familia botánica con mayor diversidad de especies seleccionadas fue Compositae y, siguiendo en orden de importancia, Leguminosae. El género *Eucalyptus* (Myrtaceae) fue el más frecuente y el más abundante.

Palabras claves: Comportamiento, selectividad, recursos, polen, abejas solitarias, *Xylocopa*.

INTRODUCCION

Las abejas solitarias desempeñan papeles esenciales en la polinización de plantas cultivadas y silvestres. El comportamiento reproductivo de las hembras de estas abejas les crea exigencias alimentarias, que se ponen de manifiesto por su actividad como recolectoras de polen.

Las abejas del género *Xylocopa* frecuentan una variedad amplia de plantas y son importantes polinizadoras de ciertos cultivos agrícolas y hortícolas. Sin embargo, la relación de estas abejas con la flora no es totalmente conocida.

En las especies estudiadas: *Xylocopa* (*Schoenherria*) *splendidula splendidula* Lepelletier, 1841, y *X. (N.) augusti* Lep., 1841, habitualmente varias hembras ocupan un mismo lugar para construir sus nidos (gregarismo en la nidificación). Además, dos especies diferentes pueden compartir el mismo sustrato. Las maderas preferidas como sustrato son las "decaentes", aunque utilizan también maderas más duras e inclusive cañas.

Sus nidos consisten en agujeros netamente cilíndricos, con celdas de incubación separadas por tabiques de aserrín, donde almacenan polen como alimento de sus larvas. En Argentina, estas especies fueron utilizadas, generalmente, en trabajos de taxonomía y poco referidas en estudios sobre biología y comportamiento. Breves referencias sobre su importancia como polinizadores fueron realizadas por algunos autores (3, 5, 7).

El presente trabajo tiene como objetivo conocer la flora seleccionada y la utilizada por dos especies del género *Xylocopa*, mediante el análisis del polen almacenado en las celdas de incubación de sus nidos. De este modo se procuró evaluar la importancia relativa de los recursos y la dinámica de estos insectos en una localidad al este de la provincia de Buenos Aires.

¹ Recibido para publicación el 27 de junio de 1989
Se agradece a la Dra. Marta A. Mobelli la lectura crítica del manuscrito.

* Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), División de Entomología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de la Plata (UNLP), La Plata, Buenos Aires, Argentina.

** Becaria del CONICET, Cátedra de Palinología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP, Buenos Aires, Argentina.

MATERIALES Y METODOS

Se realizó un censo de las principales floraciones apícolas presentes en el área de estudio (Gral. Mansilla, partido de Magdalena, provincia de Buenos Aires) en el período comprendido entre setiembre de 1986 y marzo de 1987. Las especies botánicas fueron determinadas según Cabrera y Zardini (1).

La extracción total de las muestras del polen acumulado en los nidos se efectuó a fines de diciembre de 1986, teniendo en cuenta la máxima actividad recolectora de la *Xylocopa*. Esto coincidió con un estado de máxima actividad reproductiva. De las muestras analizadas, 56 pertenecían a *X. s. splendidula* y seis a *X. augusti*, correspondiendo cada una de estas a una celda de incubación.

El estudio palinológico fue realizado en forma cualitativa y cuantitativa y se analizó el polen de cada

celda tomando posteriormente cinco muestras representativas. Para su observación con el microscopio fotónico el material fue tratado, en primer lugar, con alcohol 96% para eliminar la capa oleosa aglutinante. Posteriormente fue procesado según la técnica de Wodehouse (8) y la de acetólisis de Erdtman (2). El montaje de los granos se realizó en glicerina-gelatina. Para el recuento, los residuos de polen fueron inmersos en glicerina y se tomaron alcuotas con una micropipeta de 20 microlitros. Se efectuaron 12 recuentos para cada muestra contabilizando 200 granos de polen en cada uno. Las preparaciones fueron incorporadas a la palinoteca de la Cátedra de Palinología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.

RESULTADOS

La lista de las especies botánicas identificadas y aquellas seleccionadas por las dos especies de *Xylocopa* se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Lista de especies vegetales censadas en el área de estudio.

Familia	Género/Especie	Familia	Género/Especie
ASCLEPIADACEAE	<i>Oxypetalum solanoides</i>	LEGUMINOSAE	<i>Adesmia bicolor</i> + <i>Lotus corniculatus</i> <i>Medicago lupulina</i> +* <i>Parkinsonia aculeata</i> + <i>Trifolium repens</i>
BORAGINACEAE	<i>Echium plantagineum</i>	LILIACEAE	<i>Nothoscordum inodorum</i>
COMMELINACEAE	<i>Commelina erecta</i>	LITHRACEAE	<i>Cuphea glutinosa</i>
COMPOSITAE	<i>Baccharis articulata</i> <i>B. pingrae</i> <i>B. trimera</i> +* <i>Carduus acanthoides</i> + <i>Carduus</i> sp <i>C. tenuiflorus</i> * <i>Centaurea calcitrapa</i> <i>C. melitensis</i> <i>Chaptalia excapa</i> <i>Cirsium vulgare</i> <i>Cynara cardunculus</i> + <i>Hypochoeris radicata</i> (Cichoreae) <i>Leucanthemum vulgare</i> + <i>Matricaria chamomilla</i> + <i>Picris echioides</i> (Cichoreae) <i>Senecio bonariensis</i> + <i>Taraxacum officinale</i> (Cichoreae)	MYRTACEAE	+* <i>Eucalyptus</i> sp
		OXALIDACEAE	<i>Erodium malacoides</i>
		PASSIFLORACEAE	+* <i>Passiflora coerulea</i>
		PRIMULACEAE	<i>Anagallis arvensis</i>
		SCROPHULARIACEAE	<i>Mecardonia montevidensis</i>
		SOLANACEAE	+* <i>Solanum juvenale</i>
		TURNERACEAE	<i>Turnera pinnatifida</i>
		ULMACEAE	+ <i>Celtis spinosa</i>
CONVOLVULACEAE	<i>Convolvulus arvensis</i> <i>C. hermanniae</i>	UMBELLIFERAE	+* <i>Ammi majus</i> +* <i>Conium maculatum</i> <i>Eryngium</i> sp
CRUCIFERAE	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	VERBENACEAE	<i>Phyla canescens</i> + <i>Verbena bonariensis</i> <i>V. intermedia</i>
GENTIANACEAE	<i>Centaurium pulchellum</i>		
IRIDACEAE	<i>Trifurcia lahue</i>		

+ Especies seleccionadas por *Xylocopa (S) splendidula splendidula* Lep. 1841.

* Especies seleccionadas por *X. (N) augusti* Lep. 1841.

Los resultados obtenidos del análisis cualitativo y cuantitativo se presentan en las figuras 1, 2 y 3. Para ambas especies de abejas, se representan comparativamente en la Figura 1 los porcentajes correspondientes a cada tipo polínico.

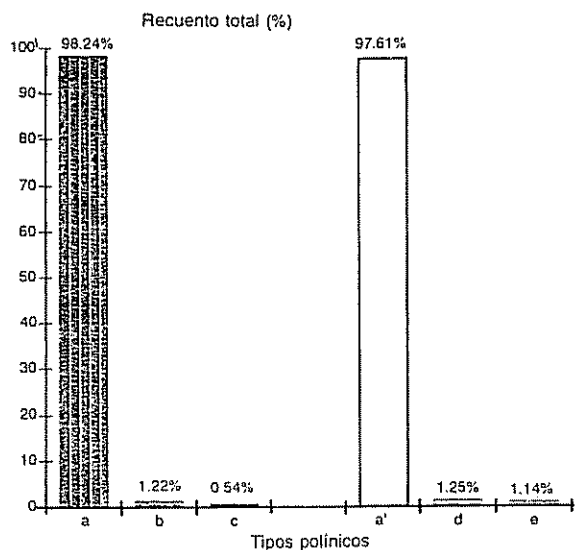


Fig. 1. Abundancia en porcentaje de los diferentes tipos polínicos hallados en muestras de polen de *X. s. splendidula* (a-b-c-) y *X. augusti* (a'-d-e): a y a': *Eucalyptus* sp.; C. *acanthoides*; c: *P. aculeata*, *S. juvenale*, *L. corniculatus*, *V. bonariensis*, *Conium-Ammi*, *Carduus* sp., *C. spinosa*, Cichoreae, *M. chamomilla*, *P. coerulea* y *T. repens*; d: *P. coerulea*, e: *C. acanthoides*, *Conium-Ammi*, *S. juvenale*, *P. aculeata* y *C. calcitrapa*.

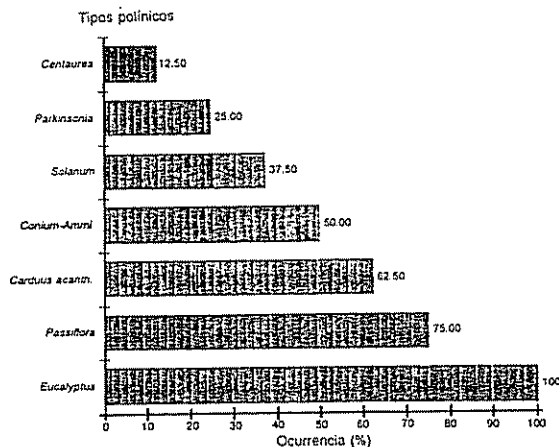


Fig. 3. Representación porcentual de la ocurrencia de los diferentes tipos polínicos para *X. augusti*.

Se puede observar que *Eucalyptus* sp. alcanza valores cercanos al 100% para ambas especies (Fig. 1a y Fig. 1a'). Para *X. s. splendidula*, *Carduus acanthoides* apenas supera el 1% (Fig. 1b). El resto de los tipos polínicos presentan valores inferiores al 1%, agrupándose en otros (Fig. 1c): *Parkinsonia aculeata*, *Solanum juvenale*, *Lotus corniculatus*, *Verbena bonariensis*, *Conium-Ammi*, *Carduus* sp., *Celtis spinosa*, Cichorieae, *Matricaria chamomilla*, *Passiflora coerulea* y *Trifolium repens*.

En el caso de *X. augusti*, solamente *P. coerulea* supera el 1% (Fig. 1d). Las especies agrupadas en "otros" (Fig. 1e) son: *C. acanthoides*, *Conium-Ammi*, *S. juvenale*, *P. aculeata* y *C. calcitrapa*.

La Figura 2 corresponde a los resultados obtenidos a partir de las muestras de polen de los nidos de *X. s. splendidula* e indican los porcentajes de ocurrencia de 13 tipos polínicos. *Eucalyptus* sp. y *C. acanthoides* poseen porcentajes superiores al 40 por ciento. En la Figura 3 se indican los correspondientes a *X. augusti* con siete tipos polínicos, presentando *Eucalyptus* sp., *P. coerulea*, *C. acanthoides* y *Conium-Ammi* valores iguales o superiores al 50 por ciento.

DISCUSION

Las especies de *Xylocopa* estudiadas muestran una clara tendencia selectiva en la recolección de polen, eligiendo 14 de las 46 especies botánicas disponibles.

X. s. splendidula posee mayor diversidad selectiva utilizando solamente dos especies vegetales, con frecuencias superiores al 50 por ciento. En cambio, *X. augusti* con menor diversidad selectiva utilizó cuatro tipos polínicos con frecuencias iguales o superiores al 50 por ciento.

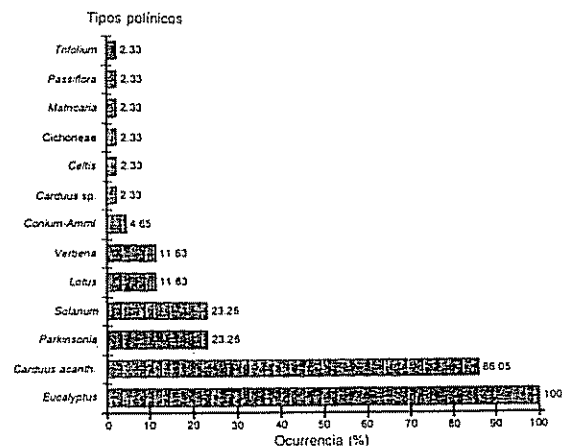


Fig. 2. Representación porcentual de la ocurrencia de los diferentes tipos polínicos para *X. s. splendidula*.

En términos de abundancia se destacan *Eucalyptus* sp., *C. acanthoides* y *P. coerulea*, siendo solamente *Eucalyptus* sp. la especie dominante y más frecuente. En el resto de las especies, la abundancia resulta no significativa, aunque en algunos casos estén presentes en varias muestras. Esto indica que existe en *Xylocopa* s. *splendidula* y *X. augusti* un hábito bien marcado para la explotación de un mismo recurso.

De este análisis surge, tal como fue observado por Heinrich (4) para *Bombus*, que la frecuencia mayor de una especie vegetal contrasta con la utilización de otras especies en pequeñas cantidades o menores, las que representarían fuentes alternativas de alimento. Conviene destacar la cercanía de los recursos utilizados en relación con la ubicación de los nidos, los cuales fueron detectados sobre un tronco seco de *Eucalyptus* sp.

La familia botánica con mayor diversidad de especies fue Compositae y siguiendo en orden de importancia, Leguminosae. Contrariamente, la familia Myrtaceae, con especies introducidas pertenecientes al

género *Eucalyptus*, aparece como la más frecuente y abundante. Esto indicaría un marcado cambio en las preferencias alimenticias de estas abejas a favor de especies introducidas en tiempos relativamente recientes.

Esto coincide con los resultados obtenidos en los análisis de mieles, Tellería (6), y de cargas de polen, Girarde (tesis doctoral), especialmente referidos a *Apis mellifera*, para varias regiones de la provincia de Buenos Aires con comunidades vegetales similares. Estos aspectos aportan datos valiosos para su eventual aprovechamiento en la polinización de cultivos de interés socioeconómico.

Es necesario continuar con los estudios biológicos de estos y otros polinizadores nativos, principalmente aquellos referidos a su comportamiento y nidificación. El conocimiento exacto del modo y sitio preferido para nidificar ayudará a protegerlos de prácticas perturbadoras y permitirá su utilización y manejo mediante acondicionamientos naturales y artificiales.

LITERATURA CITADA

1. CABRERA, A.L.; ZARDINI, E.M. 1978. Manual de la flora de los alrededores de Buenos Aires. Buenos Aires, Arg., Acme. 755 p.
2. ERDTMAN, G. 1969. Handbook of palynology. Muskgard, Copenhagen. 486 p.
3. GONZALEZ, R.H. 1980. Insectos polinizadores y ecología de la polinización. Idia (Arg.) 391-392:44-49.
4. HEINRICH, B. 1976. Foraging specializations of individual bumblebees. Ecological Monographs (EE.UU.) 46:105-128.
5. OCHOA, L.H. 1980. La producción de semilla de alfalfa en la provincia de Santiago del Estero. Idia (Arg.) 391-392:87-96.
6. TELLERIA, M.C. 1988. Analyse pollinique des miels du Nord Ouest de la province de Buenos Aires (Arg.) Apidologie 19(3):275-290.
7. TESON, A.; DAGOBERTO, E.; LIZARRALDE, M.; LOIACONO, M. 1976. Himenópteros polinizadores de la zona de Bellocq (Buenos Aires, Arg.). Ciencia y Abejas 2(8):33-40.
8. WODEHOUSE, R.P. 1935. Pollen grains. New York, McGraw-Hill. 574 p.

Descomposición de Rastrojo de Soja en Bolsas de Residuos con Distinto Tamaño de Poro¹

R. Alvarez*, E. Daniel*, J. Santanaloglia*,
G.M. Brazzola*, R. García*

ABSTRACT

The rate of decomposition of soybean straw contained in litter bags of 1.2 mm x 1.2 mm and 6 mm x 9 mm mesh, both buried and on soil surface, was determined. The amount of straw remaining in the bags followed a negative exponential model, with decomposition of the buried material being nearly complete after seven months. The surface decomposition rate was about half that of the buried bags. In both situations, the loss of weight was faster within the bags of larger mesh size, which could be due to better penetration of soil. Biological activity of the soil in controlled temperature and moisture conditions was linearly related to available nitrogen, while C-CO₂ production in field conditions increased during summer with higher temperatures and precipitation. Respiration was significantly correlated with these parameters. Microbial biomass level was nearly constant during the study, except in one event where biomass carbon and nitrogen dropped about 45 per cent. This decrease followed a plowing, and could be attributed to disruption of soil structure and consequent drying. No relation between biological parameters and the amount of residual straw was observed.

INTRODUCCION

Los rastrojos agrícolas dejados sobre la superficie del suelo protegen a éste de la acción de la lluvia, estando el grado de cobertura asociado con la erosión. A su vez, los residuos vegetales constituyen importantes nutrimentos para las plantas. Estos hechos hacen que sea de interés conocer la dinámica de su descomposición. Para ello, generalmente, se ha empleado la técnica de la bolsa de residuos, para cuya aplicación el tamaño de poro se considera un factor importante.

Para disminuir el grado de contaminación del material vegetal con tierra y la entrada de raíces se han utilizado bolsas de fibra de vidrio (6, 11). Sin embar-

COMPENDIO

Se determinó la velocidad de pérdida de peso en rastrojo de soja contenido en bolsas de residuos de malla de 1.2 mm x 1.2 mm y de 6 mm x 9 mm, enterradas o en la superficie. La cantidad de material remanente cumplió una función exponencial negativa, casi completándose la degradación de los residuos enterrados a los siete meses. La porción descompuesta en la superficie por día fue la mitad de la incorporada en las bolsas enterradas. En ambas situaciones la pérdida de peso más rápida correspondió a un mayor tamaño de poro, efecto que podría deberse a la mejor penetración del suelo en las bolsas de malla más abierta. La actividad biológica del suelo, en condiciones controladas de temperatura y humedad, estuvo relacionada linealmente con el contenido de nitrógeno asimilable, en tanto que, en el campo, la producción de C-CO₂ aumentó en el verano debido a mayores temperaturas y precipitación pluvial. Las correlaciones respiración-temperatura y respiración-lluvia fueron significativas. La biomasa microbiana no varió durante el ensayo excepto en un muestreo, en el que se produjo una caída del 45% en el contenido de carbono y nitrógeno. Esta caída se dio después de un laboreo del suelo, que sugiere que el efecto físico de roturación y la desecación asociada determinaron la muerte de microorganismos. No se observó relación entre los parámetros biológicos y la cantidad de rastrojo remanente.

go, se ha observado que mallas de 0.15 mm o menores afectan la libre circulación del agua y modifican, por lo tanto, la humedad del material (27), y que aquellas con poros finos evitan la entrada de la mesofauna (24). Para detener estos efectos se han empleado mallas de 1 mm (1, 4, 5, 30), las cuales previenen la acción de la macrofauna y disminuyen el contacto del rastrojo con el suelo, habiéndose medido velocidades de descomposición mayores con poros más grandes (27). Por ello se realizó un ensayo para evaluar la influencia del tamaño de malla sobre la determinación de la velocidad de descomposición de residuos agrícolas, en un suelo de la Pampa Ondulada, y para analizar la relación de este proceso con la actividad y magnitud de la biomasa microbiana. Se utilizó rastrojo de soja debido a su baja relación C/N, factor que permite una rápida utilización del sustrato por los microorganismos (26).

¹ Recibido para publicación el 5 de junio de 1989.

* Centro de Radiobiología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. Estación Experimental Agropecuaria Pergamino, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Pergamino, Argentina.

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó en la Estación Experimental Agropecuaria Pergamino del Instituto Nacional de

Tecnología Agropecuaria (INTA) en un Argiudol Típico, serie Pergamino fase erosionada, de textura franco-limosa, con un porcentaje de carbono orgánico 1.36; pH 5.8 y densidad aparente 1.22 g.cm^{-3} . En cuatro parcelas de 24 m de ancho x 30 m de largo cultivadas con soja, en junio de 1988, luego de la cosecha de soja se picó el rastrojo y se incorporaron $1700 \text{ kg MS.ha}^{-1}$. En noviembre se sembró maíz. Se usaron mallas plásticas con poros de $1.2 \text{ mm} \times 1.2 \text{ mm}$ y de $6 \text{ mm} \times 9 \text{ mm}$ para confeccionar 192 bolsas de residuos de $10 \text{ cm} \times 10 \text{ centímetros}$. Estas se llenaron con 5.55 g de material de soja, recolectado antes de la cosecha e integrado por un 44% de tallos y un 56% de hojas y vainas de la misma composición del material del campo, cortado en trozos de 6 - 8 centímetros. Las bolsas se enterraron verticalmente en los primeros 16 cm de profundidad de labranza, o se dejaron en superficie, apoyadas horizontalmente y en íntimo contacto con el suelo. En cada muestreo se sacaron ocho bolsas por tipo de malla y situación. Durante la siembra del maíz se retiraron las bolsas y se instalaron inmediatamente después de terminada. Las bolsas se llevaron al laboratorio; el rastrojo se lavó sobre una malla de 1 mm para sacar el suelo adherido, se secó a 70°C y se pesó.

Las precipitaciones y la temperatura del suelo se midieron en un observatorio meteorológico ubicado a 100 m de distancia del ensayo. El muestreo del suelo se realizó con un barreno de 8 cm de diámetro. Se tomaron diez "piques" por parcela hasta los 16 cm de profundidad, de los cuales se obtuvo una muestra compuesta por cada una. Estas fueron homogeneizadas a mano y tamizadas con una malla de dos milímetros. La humedad se determinó con un gravímetro; y el contenido de N-asimilable ($\text{N-NH}_4 + \text{N-NO}_3$) por destilación (2). El carbono en la biomasa microbiana se cuantificó mediante fumigación (12), usando un factor k de 0.45 (15); el tenor de nitrógeno en los cuerpos de los microorganismos se estimó por medio del método de Voroney y Paul (29).

La actividad biológica en condiciones controladas de humedad y temperatura se obtuvo del suelo de control no fumigado. Se midió la producción de C-CO₂ en el campo usando cilindros de PVC de 7.5 cm de diámetro interno y 14 cm de altura con tapa de rosca, los cuales se enterraron hasta una profundidad de cinco centímetros. El C-CO₂ se recogió en 15 ml de NaOH 5 N contenidos en un vial que se cambió en cada muestreo. Se colocaron cuatro cilindros por parcela y como blancos se usaron cilindros que tenían en su base una placa de PVC pegada herméticamente. Para evaluar el aporte de C-CO₂ de las raíces del maíz y de la flora, asociada a la respiración total del suelo, se clavaron en las hileras del cultivo cuatro cilindros de acero, de 20 cm de diámetro interno y 55 cm de longitud, hasta una profundidad de 50 centímetros. Las razones para utilizar estos cilindros fueron prevenir la entrada de raíces y permitir el libre movimiento vertical

del agua. Los cilindros se mantuvieron sin plantas y dentro de ellos se instalaron respirómetros de PVC, semejantes a los usados en el resto de las mediciones. La producción de C-CO₂ del suelo se determinó en ausencia de raíces, desde el estado de cinco hojas hasta la fase de llenado de grano.

Los datos de materia seca remanente se ajustaron por mínimos cuadrados al modelo exponencial negativo:

$$R = R_0 \cdot e^{-kt}$$

donde:

- R = rastrojo remanente
- R₀ = rastrojo inicial
- k = pendiente: fracción de material descompuesta por unidad de tiempo
- t = tiempo

El análisis de los datos se hizo mediante ANVA y prueba de Duncan, regresión y correlación lineal; la significancia de los ajustes se determinó por F, y la comparación de las pendientes por la t.

RESULTADOS Y DISCUSION

La precipitación pluvial y la temperatura del suelo se incrementaron en el verano (Fig. 1). El total de lluvia caída fue de 389 mm y la temperatura media del suelo a 10 cm a 17 grados centígrados. La humedad edáfica osciló entre el 13% y el 23% durante la toma de las muestras (Fig. 1).

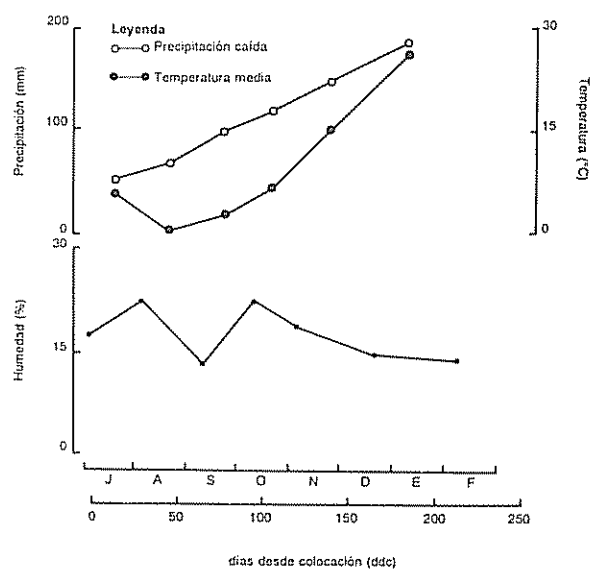


Fig. 1. Precipitación caída y temperatura media del suelo a 10 cm de profundidad entre muestreos y humedad edáfica.

La descomposición del rastrojo enterrado fue más rápida que la del superficial (Fig. 2). Las curvas de materia seca se ajustaron al modelo exponencial negativo, duplicándose la fracción descompuesta por unidad de tiempo en el primer caso (Cuadro 1). A los siete meses de la incorporación sólo quedaba un remanente del 5% al 10% en esta situación. La pérdida de peso del material vegetal normalmente se intensifica durante las fases iniciales del proceso de degradación (4, 5, 8, 10, 27), y luego se hace más lenta. Esto se debe a que los microorganismos, primero, utilizan los compuestos fácilmente asimilables, por lo que luego queda como sustrato la celulosa y lignina (1, 30). En este caso, sin embargo, el rastrojo enterrado, cuya descomposición fue casi completa, perdió peso con velocidad constante. Pareciera que el aumento de la precipitación pluvial y de la temperatura en el verano disminuyeron la asimilación del material, por la influencia de los factores ambientales sobre la velocidad de descomposición (17, 19), que determinó que se mantuviera la tasa de pérdida de peso. Por otro lado, generalmente, los residuos vegetales incorporados se descomponen más rápidamente que los dejados en superficie (5, 6, 11, 22). Esto se debe a que el rastrojo no enterrado está expuesto a la desecación. El contenido de agua del material es un factor fundamental para determinar la velocidad de su utilización por los microorganismos (17), y los residuos están más secos en la superficie del suelo que cuando son incorporados (5, 11).

Cuadro 1. Ajuste de los datos de materia seca remanente al modelo exponencial negativo.

Tratamiento	R_0	k ($g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$)	r
Superficiales			
1.2 x 1.2 mm	107	-0.00444 a	0.967 ++
6 x 9 mm	109	-0.00668 b	0.970 ++
Enterradas			
1.2 x 1.2 mm	88.2	-0.0111 c	0.964 ++
6 x 9 mm	96.5	-0.0150 d	0.997 ++

Leyenda:

a y b difieren significativamente $P = 0.05$

c y d dif. sig. $P = 0.05$

a y c dif. sig. $P = 0.001$

b y d dif. sig. $P = 0.001$

++ sig. $P = 0.01$

El ritmo de pérdida de peso del material en las bolsas con poros de 6 mm x 9 mm fue significativamente mayor, tanto en superficie como en profundidad (Cuadro 1). En este caso la fracción descompuesta por día estuvo entre un 35% y un 50% más alta. Dos causas

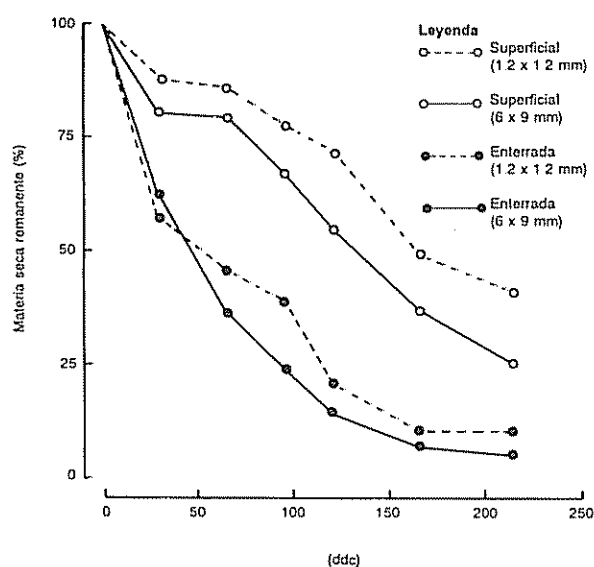


Fig. 2. Porcentaje de materia seca remanente: superficial a 1.2 mm x 1.2 mm, superficial a 6 mm x 9 mm, enterrada a 1.2 mm x 1.2 mm, enterrada a 6 mm x 9 milímetros.

podrían haber determinado este efecto: la acción de la macrofauna que disminuye el tamaño de partícula, favoreciendo la descomposición microbiana (13), y un mejor contacto entre el material y el suelo. En cada muestreo se sacaron 40 cilindros de suelo que representaron una superficie de 0.2 metros cuadrados. Durante el tamizado casi no se observó la presencia de gusanos o lombrices. Sólo en dos ocasiones se encontró un gusano blanco en las muestras, lo que indica una población máxima baja, no mayor de cinco gusanos por metro cuadrado. Por otro lado, la penetración del suelo en las bolsas determinó la formación de una asociación suelo-rastrojo más notoria en los casos en que se usó malla de poros más grandes.

Estos hechos inducen a pensar que la mayor tasa de pérdida de peso del material en las bolsas con malla de 6 mm x 9 mm, se debió a un mejor contacto del rastrojo con el suelo, que favorece su humectación y colonización microbiana. Se ha considerado que con mallas podrían perderse de las bolsas los restos de tamaño pequeño (24). Sin embargo, en este ensayo parece que eso no sucedió, al menos en el caso del material enterrado, ya que la formación de la asociación entre el rastrojo y el suelo, que se encontró húmeda en todos los muestreos –produciendo la unión de los restos vegetales entre sí– hizo poco probables esas pérdidas.

La actividad biológica determinada con muestras incubadas disminuyó a medida que progresó el ensayo (Fig. 3), siendo la respiración aparentemente regulada en forma lineal, por el contenido de nitrógeno asimilable ($r = 0.79$, $P = 0.05$). La cantidad remanente de

residuos no estuvo relacionada con este proceso, ya que al tamizarse las muestras se previno la inclusión de rastrojo en ellas. Por el contrario, la producción de C-CO₂ en el campo se intensificó durante los últimos meses (Fig. 3). La temperatura y la humedad son factores ambientales que regulan la actividad biológica del suelo y, en consecuencia, influyen sobre la respiración en condiciones naturales (9, 21). En ambientes en que el agua es el principal factor limitante, se ha observado que la humedad edáfica regula la producción de C-CO₂ (18). Cuando existen grandes amplitudes térmicas, enfriándose el suelo marcadamente en invierno, la temperatura es el factor que más influye sobre la respiración del suelo (7, 14).

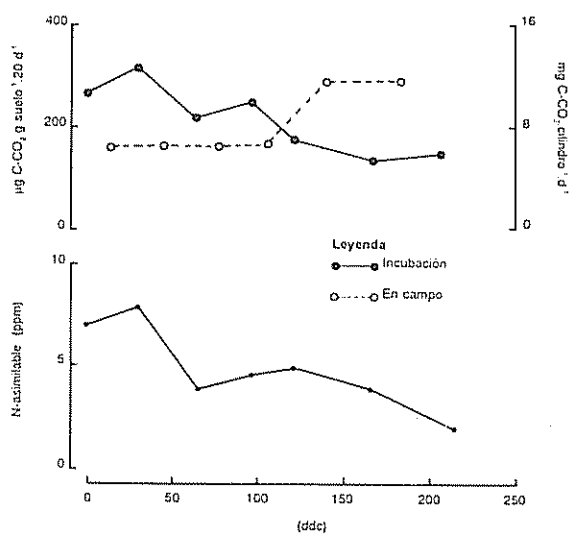


Fig 3. Respiración microbiana en condiciones de incubación y a campo, y contenido de nitrógeno asimilable del suelo.

Entre julio y octubre, la actividad biológica se mantuvo constante, a pesar de que la temperatura media aumentó de 8.4°C a 17.6 grados centígrados. Durante estos meses las lluvias fueron muy escasas, y si bien a los 28 y 92 días de la incorporación la humedad del suelo era alta, ello se debió a que todas las precipitaciones del período entre muestreos cayeron en las dos semanas previas a esas mediciones. Esto hace pensar que el nivel medio de humedad fue bajo hasta octubre y que la falta de agua limitó la actividad biológica. La respiración se duplicó entre noviembre y febrero, período en el cual se registraron las mayores temperaturas y precipitaciones. Las correlaciones lluvia-respiración ($r=0.915$) y temperatura-respiración ($r=0.887$) fueron significativas ($P=0.05$). En este período se desarrolla el cultivo de maíz, y las raíces de las plantas pueden producir una fracción considerable del C-CO₂ que libera el suelo (23). Sin embargo, el

incremento de la respiración ocurrió antes del estado de cinco hojas, y el C-CO₂ generado dentro de los cilindros de acero en ausencia de raíces –desde ese momento hasta inicio de la granazón– fue sólo un 10% menor (sig. $P=0.10$) al producido fuera de ellos.

Esto indica que el aumento de la respiración se debió fundamentalmente a una mayor utilización microbiana del carbono edáfico al incrementarse la temperatura y las precipitaciones. La roturación previa a la siembra del maíz pudo contribuir a este proceso, ya que la alteración de la estructura física (20) o el secado y posterior rehumectación del suelo (16) generan bruscos aumentos en la actividad biológica. El nivel de humedad medido durante el muestreo fue de 13% - 15% en el período de intensa producción de C-CO₂, pero al haberse hecho las mediciones cada 40 -50 días, esos valores no pueden considerarse representativos del contenido de agua del suelo durante ese lapso. Luego de abundantes precipitaciones la respiración edáfica puede aumentar marcadamente y disminuir a los pocos días (14); entre noviembre y febrero se produjeron ocho lluvias mayores que 20 milímetros.

La biomasa microbiana no pareció estar influenciada por la disponibilidad de carbono del rastrojo ni por la evolución de la temperatura y de las lluvias, pues su nivel fue relativamente constante (Fig. 4). A los 161 días, sin embargo, los niveles de carbono y del nitrógeno de la biomasa fueron menores (sig. $P=0.01$) que los determinados en los otros muestreos. La perturbación producida durante la siembra del maíz podría haber causado este efecto. Cuando se "muele" suelo se produce la muerte de microorganismos (20); además las labores de labranza causan desecación, y ésta disminuye la población microbiana edáfica (25).

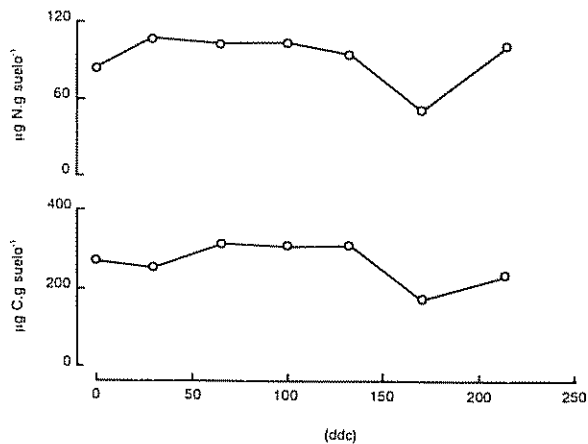


Fig 4. Carbono y nitrógeno en la biomasa microbiana

Durante el invierno y la primera mitad de la primavera, período en que la respiración en el campo y la biomasa fueron constantes, asumiendo que todo el C-CO₂ producido provino de la biomasa contenida de 0 cm a 16 cm, la actividad específica de ésta fue de 0.026 mg C-CO₂ / mg C-biomasa⁻¹ · d⁻¹. Durante el final de la primavera y el verano la actividad aumentó a un valor medio de 0.069 mg C-CO₂ / mg C-biomasa⁻¹ · d⁻¹. Este incremento en la intensidad del metabolismo pudo deberse a que parte de la biomasa –inicialmente en

estado latente– entrara en actividad al aumentar la cantidad de carbono disponible a causa de la labranza del suelo, la temperatura y las precipitaciones, ya que la fracción de la biomasa total en estado activo varía en relación con los factores ambientales (28). Un mayor requerimiento de energía para sostener el funcionamiento celular podría también estar relacionado con este fenómeno, debido a que al aumentar la temperatura también lo hace el consumo de mantenimiento (3).

LITERATURA CITADA

1. BERG, B. 1984. Decomposition of root litter and some factors regulating the process: Long term root litter decomposition in a Scotch pine forest. *Soil Biology and Biochemistry* (England) 16:609-617.
2. BREMMER, J. 1965. Inorganic forms of nitrogen: Methods of soil analysis. *Agronomy Journal* (EE.UU.) 2:1572.
3. CHAPMAN, S.J.; GRAY, T.R. 1981. Endogenous metabolism and macromolecular composition of *Arthrobacter globiformis*. *Soil Biology and Biochemistry* (England) 13:11-18.
4. CHRISTENSEN, B.F. 1985. Wheat and barley straw decomposition under field conditions: Effect of soil type and plant cover on weight loss, nitrogen and potassium content. *Soil Biology and Biochemistry* (England) 17:691-697.
5. CHRISTENSEN, B.T. 1986. Barley straw decomposition under field conditions: Effect of placement and initial nitrogen content on weight loss and nitrogen dynamics. *Soil Biology and Biochemistry* 18:523-530.
6. DOUGLAS, C.L.; ALLMARAS, R.R.; RASMUSSEN, P.E.; RAMIG, R.E.; ROAGER, N.C. 1980. Wheat straw composition and placement effects on decomposition in dryland agriculture of the Pacific northwest. *Soil Science Society of America Journal* 44:833-837.
7. EDWARDS, N.T.; ROSS-LODD, B.M. 1983. Soil carbon dynamics in a mixed deciduous forest following clear-cutting, with and without residue removal. *Soil Science Society of America Journal* 47:1014-1021.
8. GODEAS, A.M.; ARAMBARRI, A.M.; GAMUNDI, L.J.; SPINEDI, H.A. 1985. Descomposición de la hojarasca en el bosque de lengua (*Nothofagus pumilio*). *Ciencia del Suelo* 3:68-77.
9. GUPTA, S.R.; SINGH, J.S. 1981. Soil respiration in a tropical grassland. *Soil Biology and Biochemistry* 13:251-268.
10. HEUVELDOP, J.; ALPIZAR, L.; FASSBENDER, H.W.; ENRIQUEZ, G.; FOESTER, H. 1985. Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y café con poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. II Producción agrícola, maderable y de residuos vegetales. *Turrialba* 35:347-355.
11. HOLLAND, E.A.; COLEMAN, D.C. 1987. Litter placement effects on microbial and organic matter dynamics in a agroecosystem. *Ecology* 68:425-433.
12. JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry* 8:209-213.
13. MACKAY, A.D.; KLADIVKO, E.J. 1985. Earthworms and rate of breakdown of soybean and maize residues in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 17:851-857.
14. MATHIES, K.; SCHRIEFER, T. 1985. Soil respiration during secondary succession: Influence of temperature and moisture. *Soil Biology and Biochemistry* 17:205-211.
15. OADES, J.M.; JENKINSON, D.S. 1979. Adenosine triphosphate content of the soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry* 11:201-204.
16. ORCHARD, V.A.; COOK, F.J. 1983. Relationship between soil respiration and soil moisture. *Soil Biology and Biochemistry* 15:447-453.
17. ORSBORNE, J.L.; MACAULEY, B.J. 1988. Decomposition of *Eucalyptus* leaf litter: Influence of seasonal variation in temperature and moisture conditions. *Soil Biology and Biochemistry* 20:369-375.
18. PARKER, L.M.; MILLER, J.; STEINBERGER, Y.; WHITFORD, W.C. 1983. Soil respiration in a Chihuahuan desert rangeland. *Soil Biology and Biochemistry* 15:303-309.
19. PERES, J.R.R.; SUHET, A.R.; VARGAS, M.A.T.; DROZDOWICZ, A. 1983. Litter production in areas of Brazilian "Cerrados". *Pesquisa Agropecuária Brasileira. Serie Agronomia* 18:1037-1043.
20. POWLSON, D.S. 1980. The effects of grinding on microbial and non-microbial organic matter in soil. *Journal of Soil Science* 31:77-85.
21. RAICHI, J.; EWEL, J.; OLIVERA, M. 1985. Soil-CO₂ efflux in simple and diverse ecosystems on a volcanic soil in Costa Rica. *Turrialba* 35:33-42.
22. SANCHEZ, C.P. 1988. Descomposición de residuos vegetales en un suelo cultivado de la provincia de Buenos Aires. *Ciencia del Suelo* 6:93-102.

23. SINGH, J.S.; GUPTA, S.R. 1977. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems. *Botanical Review* 43:449-528.
24. SINGH, J.S.; SHEKAR, C. 1989. Weight loss in relation to environmental factors during the decomposition of maize and wheat roots in a seasonally-dry tropical region. *Soil Biology and Biochemistry* 21:73-80.
25. SPARLING, G.P.; SPEIR, T.W.; WHALE, K.N. 1986. Changes in microbial biomass C, ATP content, soil phospho-monoesterase and phospho-diesterase activity following air-drying of soils. *Soil Biology and Biochemistry* 18:363-370.
26. TAYLOR, B.R.; PARKINSON, D.; PARSONS, W.F. 1989. Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: A microcosm test. *Ecology* 70:97-104.
27. UVAROV, A.V. 1982. Decomposition of clover green matter in an arable soil in the Moscow region. *Pedobiología* 24:9-21.
28. VAN DE WERF, H.; VERSTRAEIE, W. 1987. Estimation of active soil microbial biomass by mathematical analysis of respiration curves: Calibration of the test procedure. *Soil Biology and Biochemistry* 19:261-265.
29. VORONEY, R.P.; PAUL, E.A. 1984. Determination of k_d and k_p *in situ* for calibration of the chloroform fumigation-incubation method. *Soil Biology and Biochemistry* 16:9-14.
30. WESSEN, B.; BERG, B. 1986. Long-term decomposition of barley straw: Chemical changes and ingrowth of fungal mycelium. *Soil Biology and Biochemistry* 18:55-59.

RESEÑA DE LIBROS

SCHARPENSCEL, H.W.; SCHONAKER, M.; AYOUB, A. (EDS.). 1990. Soils on a Warmer Earth. Amsterdam, Amsterdam. 275 p.

Este libro presenta los trabajos de un taller internacional realizado en 1990 en Nairobi, Kenia, auspiciado por el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP) y la Sociedad Internacional para la Ciencia del Suelo (ISSS). Los objetivos del taller fueron: investigar los gases que promueven el "efecto de invernadero", y propiciar un intercambio de información sobre los efectos de cambios climáticos en la productividad sostenible de los suelos, especialmente en las regiones del trópico y subtropico.

En este texto 24 científicos de suelos presentan evaluaciones e inventarios referentes al efecto de estos cambios climáticos. La parte técnica se inicia con las conclusiones y recomendaciones del taller sobre cómo mejorar la situación, mediante la reducción de la concentración del CO y las emisiones de NO y CH y la adaptación del desarrollo de los países afectados a las variaciones potenciales del clima y al aumento del nivel del mar.

Los capítulos técnicos se inician con una visión general del efecto de invernadero y un análisis de las influencias sobre los cambios climáticos de las prácticas de manejo de suelos y cultivos. En otros capítulos se examinan los efectos de los cambios

climáticos sobre la morfología del suelo, la estructura y erosión de ellos, los cambios químicos como pH y eH, la salinización y sodificación de suelos, la materia orgánica en ellos, y su desarrollo.

También se presenta un análisis sobre el efecto de los cambios en diferentes sistemas de manejo de suelos y cultivos usados en la agroforestería, en los trópicos y subtropicos, en las regiones áridas y en las de clima mediterráneo y frío, sustancialmente afectadas por estos cambios. Además, se discuten enfoques sobre la reducción de las emisiones de gases y el uso de mecanismos que los absorban, como por ejemplo la disminución de la deforestación tropical. En los tres últimos capítulos se examina la influencia del "efecto de invernadero" sobre la agricultura de Africa, Asia y América Latina y el Caribe.

Este volumen es una obra de referencia importante para científicos de suelos, biólogos, agrónomos, ecólogos y expertos en el medio ambiente, por lo que no debería faltar en las bibliotecas de universidades y centros de investigación en esos campos. Lastimosamente no tiene índices que podrían facilitar la búsqueda de tópicos examinados en los diferentes capítulos.

ELEMER BORNEMISZA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Polinización de Café por *Apis mellifera* L. y Otros Insectos en Costa Rica¹

F. Badilla*, W. Ramírez B.**

ABSTRACT

Insect pollination of coffee (*Coffea arabica* L.) was studied at San Pedro de Barva, Costa Rica. Honey bees, *Apis mellifera* L., were most abundant although many other insects visited flowers. Branches exposed to insects produced 15.85% more berries than those protected by screen cages. Berries of the exposed branches were also larger and heavier. There was not significant difference in the percentages of "empty" seeds, "caracolillo" or seed with defects in both treatments.

COMPENDIO

La polinización del café (*Coffea arabica* L.) por medio de insectos, fue estudiada en San Pedro de Barva, Costa Rica. Se observó gran cantidad de insectos en las flores; sin embargo, la especie más abundante fue la abeja melífera (*Apis mellifera* L.). Las ramas descubiertas produjeron un 15.85% más de frutos que las protegidas con un armazón metálico recubierto con una malla de tela fina. Los frutos de las ramas descubiertas mostraron mayor tamaño y peso. No hubo diferencias significativas en el porcentaje de granos vanos, caracolillos o defectuosos, en ambos tratamientos.

INTRODUCCION

En Costa Rica, al igual que en la casi todos los países productores del mundo, el determinar la forma más racional y económica de producir café es de fundamental importancia. Uno de los problemas que aún no tiene una explicación exacta es la magnitud de la polinización cruzada del café (*Coffea arabica* L.).

El café se define como una planta autógama aunque numerosos investigadores (1, 3, 4, 5, 7, 8) informan que también existe algún grado de polinización cruzada en la que intervienen los insectos, el viento y la gravedad. La mayoría de las variedades de café poseen flores muy aromáticas, que producen abundante néctar y polen, lo que hace suponer que los insectos deben tener una función importante en su polinización.

La polinización está condicionada por las lluvias, la temperatura y el viento (5, 9). Sin embargo, la literatura indica que la presencia de la abeja europea (*Apis mellifera* L.) y otros insectos polinizadores pueden aumentar la producción de café (10, 13).

Con base en estos antecedentes, y que en Costa Rica no existe suficiente información al respecto, se realizó este estudio para determinar el efecto de las abejas y otros insectos en la polinización, fertilización y producción de café. También se determinó la curva de producción de néctar y polen, se observó a los insectos polinizadores y se midió el polen que entró en una colmena antes, durante y después de la floración del café.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se realizó en el Centro de Investigaciones en Café (CICAFE), finca experimental de la Oficina del Café de Costa Rica, en el cantón de Barva, provincia de Heredia. Esta área tiene una temperatura en promedio de 18°C, una altitud de 1180 msnm, y una precipitación anual en promedio de 1976 milímetros.

El café utilizado pertenece a la especie *C. arabica* L. cv. Catuái rojo. Posee un sistema de poda en ciclos de cinco años y está rodeado de lotes de diferentes variedades. El área experimental fue de 1970 m² aproximadamente, constituida por 750 plantas a una distancia de siembra de 1.25 m entre plantas y 2.10 m entre calles. Se colocaron en el momento de la floración, 13 colmenas con abejas (*A. mellifera* L. raza Ligustica), en dos callejones adyacentes al lote experimental.

Se escogieron 30 plantas al azar del total que formaban el lote, y de ahí dos ramas plagiotrópicas

1 Recibido para publicación el 7 de mayo de 1990.
Parte de la tesis presentada por el primer autor ante la Escuela de Fitotecnia de la Universidad de Costa Rica como requisito parcial para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo.

* Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. Apartado 2330-1000 San José, Costa Rica

** Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

también al azar, por planta. Antes de florear el café, se seleccionaron 40 botones uniformes sin abrir por rama, o sea 80 por planta. A una de las ramas se le colocó una estructura de 90 cm de largo, formada por dos aros de 80 cm de circunferencia, separados a 50 cm uno del otro, recubiertos con una malla fina de tela. Uno de los extremos se sujetó a un soporte de madera y el otro se amarró en la base de cada rama plagiotrópica. La estructura, antes descrita, permitió la entrada de luz, viento y agua a las flores, pero no la visita de insectos.

Recuentos

Tres días después de que las flores abrieron, se eliminaron las coberturas. Se contaron mensualmente los frutos a partir del primer mes después de la floración hasta la maduración. Una vez maduros los frutos de cada rama se recolectaron manualmente, colocándolos en bolsas de papel, se pesaron, se les despulpó y se secaron al sol.

A partir de las 6 h y por espacio de 12 h se hizo un recuento de insectos que visitaron una rama plagiotrópica, escogida al azar en la parcela y que estuviera florecida. Con la ayuda de una red entomológica se capturaron los insectos y se identificaron en el Museo de Entomología de la Universidad de Costa Rica.

Por medio de un portaobjetos con vaselina en una de sus caras se tomaron muestras de polen de las anteras de flores abiertas, de ramas plagiotrópicas escogidas al azar y cubiertas con tul. Posteriormente, se contaron e identificaron los granos de polen, por su color y forma, utilizando para ello un microscopio.

Con la ayuda de una trampa para recolectar polen se recolectó el polen que transportaban las abejas en las corbículas, el que posteriormente se pesó e identificó. Este se pesó cada hora, a partir de las 6 h, durante 12 h diarias, por tres días de floración.

Análisis del fruto

Se determinaron el peso seco, tamaño y grano caracolillo, cuando el fruto contiene una sola semilla. Los granos vanos se determinaron por medio del método de la densidad, que consiste en colocar los frutos de cada muestra en un recipiente con agua. Los frutos que flotaron se clasificaron como granos vanos. Para determinar el tamaño del fruto se utilizaron zarandas Jabez Burns en 1/64", cuya numeración incluye 19/64", 18/64", 17/54", 16/64", 15/64" y 14/64". La humedad se determinó con el método electrónico Sten-lite, basado en la constante dieléctrica del grano. El

análisis estadístico se realizó utilizando la prueba "t" de Student con observaciones en parejas para todas las variedades.

RESULTADOS Y DISCUSION

Etapas de floración

En las condiciones del presente ensayo, el polen recolectado por la *A. mellifera* antes, durante y después de la floración principal, en su mayoría, fue *Coffea* spp. Al producirse la primera floración se recolectaron 17.0 g de polen de los cuales el 90.3% eran de café (*Coffea* spp.) y un 9.7% de otras especies.

En la primera floración abundante se recolectaron 104.5 g de polen de café, y en la segunda floración 198.47 g de los cuales un 98.57% correspondió al polen de café y un 1.43% a otras especies. Durante todo el período de la floración del café, la mayor cantidad de polen recogido por las abejas (*A. mellifera*), se produjo en la mañana (6 h - 9 h) (Fig. 1). Las abejas visitan durante todo el día las flores del café a causa de su abundante aroma y la cantidad de polen y néctar que producen. De todos los insectos polinizadores, el que se presentó con mayor frecuencia fue la abeja de miel, *A. mellifera*. Esto se debió a la colocación de colmenas en callejones aldeaños al ensayo antes de la floración.

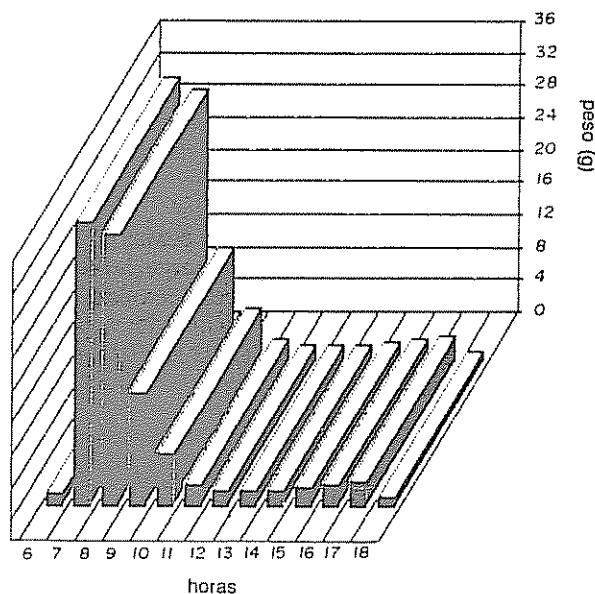


Fig. 1 Cantidad de polen recogido por hora en una trampa durante tres días de floración.

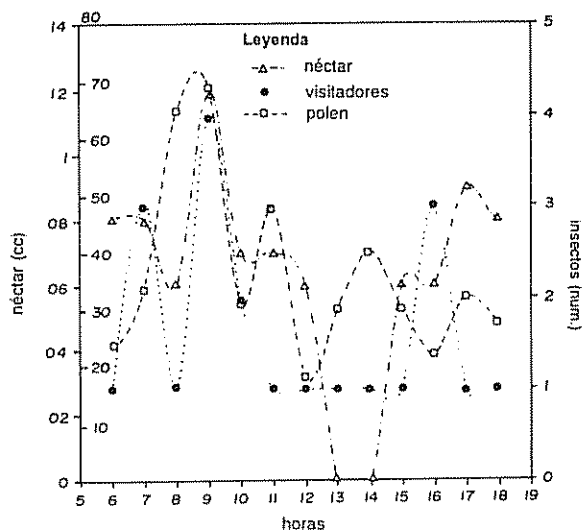


Fig. 2. Producción de polen y néctar en un cafetal florecido y visita de insectos polinizadores a una rama plagiotrópica de café, *C. arabica* cv. Catuaí rojo.

La mayor producción de polen y néctar se produjo en las horas de la mañana, lo cual coincidió con la mayor visita de insectos a las flores (Fig. 2). Es posible que el tamaño y la gran cantidad de pelos ramificados de las abejas hagan de estos insectos los mejores polinizadores, transportando polen de una flor a otra, en una misma planta y entre plantas vecinas.

Formación del fruto

Se encontró diferencia significativa entre la cantidad de frutos formados en las ramas plagiotrópicas de café, polinizadas por insectos, respecto de las no lo polinizadas, durante los siete meses de formación y maduración del grano (Cuadro 1).

La diferencia porcentual en promedio fue del 15.85 por ciento. Se observó, además, que en todos los meses la caída de frutos fue menor en las ramas visitadas por insectos polinizadores que en las no visitadas. La caída en el número de frutos aumentó hasta el cuarto mes y empezó a disminuir a partir del quinto, hasta llegar al estado de maduración que correspondió al séptimo mes.

Estos valores son próximos a los encontrados en Brasil por Amaral (2), quien afirmó que los insectos son responsables de un aumento del 13.61% en el número de frutos del café "Caturra", y difieren de los obtenidos por Raw (10) y Raw y Free (11), el cual obtuvo un aumento del 59% en la producción de café "Caturra", debido a la polinización por la abeja doméstica (*A. mellifera*). Aparentemente, tal y como lo sugiere este autor, la menor formación de frutos en ausencia de insectos indica que *C. arabica* presenta flores en la misma planta que requieren polinización cruzada y otras son autofertilizadas.

En relación con el peso de los frutos en húmedo (fruto maduro), en las 19 plantas muestreadas visitadas y no visitadas por insectos, se encontró una diferencia de 182 g ($t' = 2.3613$) $P \leq 0.05$. Para el peso seco la diferencia fue de 59 g ($t' = 3.3096$) $P \leq 0.01$.

Cuadro 1. Número de granos en ramas plagiotrópicas de café (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí rojo durante la formación y maduración del grano, con y sin insectos polinizadores.

Mes	Ramas (núm.)	Flores (núm.)	Granos (núm.)		Caída de granos		Diferencia de granos	Diferencia porcentual
			A ¹	B ²	A ¹	B ²		
1	21	840	765	674	75	166	91	11.89**
2	21	840	747	653	93	187	94	12.58*
3	21	840	722	594	118	246	128	17.72**
4	21	840	718	590	122	250	128	17.83*
5	20	800	687	564	113	236	123	17.90**
6	19	760	652	543	108	217	109	16.72**
7	19	760	630	527	130	233	103	16.34*
Total	142	5 680	4 921	4 145	759	1 113	776	—
\bar{X}								15.85

A¹ = Ramas plagiotrópicas visitadas por insectos
 B² = Ramas plagiotrópicas no visitadas por insectos
 * = Significativo (5%).
 ** = Significativo (1%).

Se encontró que las ramas no visitadas por los insectos produjeron 20 frutos vanos, mientras que en las otras la producción fue de 23 frutos vanos ($t' = 0.5085$), lo cual no fue significativo. Un resultado parecido se obtuvo en el número de frutos defectuosos y frutos "caracolillo". Para el primer caso, la diferencia fue de diez granos, lo cual no fue significativo ($t' = 0.7902$). La diferencia de frutos "caracolillo" entre las ramas visitadas y las no visitadas fue de 29 granos, no significativa ($t' = 1.7918$) a un nivel de 5%, pero sí a un nivel del 10 por ciento.

Las ramas visitadas por insectos produjeron un 46% de frutos grandes y un 24.8% de frutos pequeños; en las no visitadas el porcentaje de fruto grande fue del 37.2% y el grano pequeño fue de un 32.8 por ciento. La producción de frutos de tamaño mediano fue similar en ramas visitadas y no visitadas por insectos (29.2% y 30% respectivamente). La caída de frutos en todos los meses fue menor en las ramas que fueron originalmente visitadas por insectos. Esto se debió, probablemente, a que los insectos o el viento, al traer el polen de otras plantas de la misma especie, produzcan un estímulo en el crecimiento inicial del fruto provocado por un efecto hormonal, manteniéndose hasta la madurez. Estos

resultados se refuerzan porque en híbridos intervarietales, como el "Catuai", presentan problemas con esterilidad del polen. Resultados parecidos fueron encontrados por Raw (10).

La diferencia en el número de granos "caracolillos" en las ramas visitadas y no visitadas por insectos ($P \leq 0.10$), se debe quizá a la falta de polen fértil de plantas vecinas de la misma plantación.

En la producción de grano vano no se obtuvo diferencia significativa entre las ramas cubiertas y las descubiertas. Según Feliveld, citado por Sybenga (12), el grano vano se produce debido a anomalías mitóticas cuando el desarrollo del endosperma se paraliza antes de estar completo.

CONCLUSION

En el presente estudio se concluye que los insectos favorecen la polinización del cultivar Catuai rojo, produciendo más frutos, de mayor tamaño y peso. Los insectos polinizadores que más visitaron las flores fueron las abejas de la familia Apidae y, dentro de éstas, la más importante fue *A. mellifera* L.

LITERATURA CITADA

1. AMARAL, L. 1960. Aço dos insetos na polinização do cafeeiro caturra. Revista de Agricultura (Bra.) 35:139-147
2. AMARAL, L. 1972. Polinização entomofila de *Coffea arabica* L. raio de acao e coleta de polen pela *Apis mellifera*. Tese Livre Docencia. Piracicaba, Bra; Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 82 p.
3. CARVALHO, A.; KRUG, C.A. 1949. Agentes de polinização da flor do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Bragantia (Bra.) 8(11):24.
4. CASTILLO, Z.U. 1976. Tasa de polinización cruzada del café "Arabica" en la región de Chinchina. CENICAFE (Col.) 27(2):78:88.
5. FREE, J.B. 1960. The pollination of fruit trees. Bee World (EE.UU.) 41(7):169-186.
6. JIMENEZ, W. 1976. Observaciones sobre la polinización de *Coffea arabica* L. CENICAFE (Col.) 25(2):55-66.
7. KRUG, C.A. 1935. Controle da polinização das flores do cafeeiro. Boletim Técnico no. 15. 5 p.
8. KRUG, C.A. 1935. Hybridization in coffee. Journal of Heredity (Bra.) 26:325-330.
9. NOGUEIRA NETTO, P.; CARVALHO, A.; ANTUNES, H. s.f. Efeito da exclusão dos insetos polinizadores na produção do café Bourbon. Bragantia (Bra.) 18:441-468.
10. RAW, A. 1976. The pollination of coffee flowers by honeybees. Jam. Ministry of Agriculture. Bulletin. New Series no. 64. 105 p.
11. RAW, A.; FREE, J.B. 1977. The pollination of coffee (*Coffea arabica*) by honeybees. Tropical Agriculture (Jam.) 54(4):365-370.
12. SYBENGA, J. 1960. Genética y citología del café Turrialba 10(3):83-137.
13. TODD, F.; MCGREGOR, S. 1960. The use of honeybees in the production of crops. Annual Review of Entomology (EE.UU.) 5:265-278.

Composición Química, Factores Tóxicos y Digestibilidad de la Planta Arvensis *Verbena carolina* L.¹

G.M.I. Castro*, R.F. Pérez-Guill*, A.L. Madrigal *

ABSTRACT

The present work evaluates the chemical composition, toxic factors and *in vitro* digestibility of dry matter in herbaceous *Verbena carolina* L. leaves. These were dried at 50°C, ground in a Willey mill with mesh number 60, obtaining a good quality flour of dark green colour which was stored at 4°C in sealed dark plastic bags. The flour presented the following characteristics on a dry matter basis: 19% crude protein, 3.6% ether extract, 10% crude fiber, 10.2% ashes and 57.2% nitrogen-free extract. The results for Ca, P and Fe were 1686 mg/100 g, 206 mg/100 g and 21 mg/100 g respectively. Toxic factors were not detected, although 1.24 mg/100 g of tannins were found. The *in vitro* digestibility study was 72%, with 10.5% lignin. With regard to vitamins, thiamine was not detected and riboflavin content was 1.24 mg/100 g of the sample. We can thus conclude that *V. carolina* leaves may be a good alternate source of roughage for ruminants under natural grazing conditions.

Key words: *V. carolina* L., chemical composition, animal feeding.

COMPENDIO

Se realizó el estudio de la composición química, factores tóxicos y digestibilidad *in vitro* de la materia seca en hojas de la planta arvensis *Verbena carolina* L. como una opción para el mantenimiento de rumiantes. Las hojas se secaron en estufa a 50°C, se molieron con malla número 60 en un molino de cuchillas, obteniéndose una harina fina de color verde oscuro (HVC) que se almacenó a 4°C en bolsas de polietileno oscuras, y cerradas perfectamente. La HVC presentó las siguientes características en base seca: un 19% de proteína cruda, 3.6% de extracto etéreo, 10% de fibra cruda, 10.2% de cenizas y 57.2% de extracto libre de nitrógeno. Los resultados para calcio, fósforo y hierro fueron de 1686 mg/100 g, 206 mg/100 g y 21 mg/100 g, respectivamente; en cuanto al contenido en riboflavina fue de 1.24 mg/100 g; de lignina un 10.53%; la digestibilidad *in vitro* determinada fue de 72.12 por ciento. No se detectaron factores tóxicos excepto taninos en una concentración de 1.24 mg/100 gramos. Por su composición química, ausencia de factores tóxicos y buena digestibilidad, *V. carolina* puede considerarse para la alimentación de rumiantes en zonas donde crece esta planta.

Palabras claves: *V. carolina* L., composición química, alimentación animal.

INTRODUCCION

Debido al problema nutricional y alimentario que existe en México, se ha observado una disminución en la producción y disponibilidad de alimentos básicos, al igual que en la capacidad de compra de las mayorías.

Cerca de dos terceras partes de la población mexicana consumen una dieta con cantidades insuficientes de energía, vitamina A, riboflavina, hierro y proteína de origen animal, debido principalmente al alto costo que representa la alimentación animal (12).

Un factor que determina el costo de los productos de origen animal es precisamente la alimentación de los animales. Se ha calculado que para la producción de carne, leche y huevos se está utilizando más de la tercera parte de los granos disponibles; más de cinco millones de toneladas de soja; cantidades no deter-

minadas, pero seguramente grandes, de alfalfa y otros pastos que ocupan gran parte de las mejores tierras de cultivo; y más de 200 mil toneladas de harina de pastas de oleaginosas, pescado y carne (4).

Con base en esta problemática se debe acentuar la importancia de buscar fuentes no tradicionales de alimentos para consumo animal, con el fin de disminuir el costo de la producción de la proteína de origen animal.

Uno de los muchos recursos potenciales existentes en México, es la *Verbena carolina* L., conocida con los nombres de hierba de San Juan, hierba de San José o verbena. Según datos del herbario del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) su distribución en México es muy amplia, encontrándose en los estados de Chihuahua, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Tlaxcala y Veracruz.

La importancia de las especies es significativa desde varios puntos de vista, teniendo así que el ganado ovino, bovino, caballar y porcino consumen casi todas estas especies, ya sea en el campo o en los establos. Además,

¹ Recibido para publicación el 3 de marzo de 1989

* Departamento de Nutrición Animal, División de Nutrición Experimental y Ciencia de los Alimentos, Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán, Tlalpan, México.

en algunos casos se consideran útiles como alimento, remedio para enfermedades, abono, forraje, adorno, entre otros. La *V. carolina* no es la excepción, ya que se tienen antecedentes del uso de la raíz y las hojas como un diurético, siendo su administración oral; sin embargo, no existen antecedentes sobre la composición química ni el valor nutritivo de esta especie (3).

Con base en la problemática tanto de la población mexicana como del ganado vacuno, se decidió realizar un estudio de esta especie arvense para su posible utilización en la alimentación animal, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos: 1) determinar la composición química y la presencia de factores que alteran la digestión, tóxicos y antifisiológicos de las hojas de *V. carolina*; 2) cuantificar el contenido de calcio, fósforo, hierro, tiamina y riboflavina; y 3) determinar el porcentaje de digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

MATERIALES Y METODOS

Se recolectó *V. carolina* en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Morelos. Se limpió manualmente con el fin de obtener sólo las hojas —parte consumida por el ganado vacuno. La cantidad de la planta recolectada en fresco fue de aproximadamente 30 kg de donde se obtuvieron alrededor de 6 kg de la harina. La planta se recolectó antes de la floración, pues es en este estado cuando el ganado la consume. La muestra se secó a 50°C en estufa de secado. Se molió en molino de cuchillas con malla número 60 con el fin de obtener una harina de fácil manejo para la realización de los siguientes análisis: químico aproximado (1), fracciones de fibra (11), digestibilidad *in vitro* (11), tiamina y riboflavina (2), calcio, fósforo y hierro (1), saponinas (5), taninos (1), glucósidos cianogénicos (1), alcaloides (5), hemaglutininas (8) e inhibidor de tripsina (7).

El estudio se llevó a cabo en el Departamento de Nutrición Animal de la División de Nutrición Experimental y Ciencia de los Alimentos del Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán".

Cada determinación se realizó por sextuplicado, obteniéndose la media en los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSION

Con base en los resultados del análisis químico aproximado que se señalan en el Cuadro 1, se observa que la cantidad de proteína bruta presente en la *V. carolina* es mayor en aproximadamente cinco unidades por ciento que la reportada para la alfalfa, representando un buen potencial proteínico, ya que los rumiantes poseen gran habilidad para convertir las formas simples nitrogenadas en proteínas verdaderas.

Cuadro 1. Análisis químico aproximado en base seca de *Verbena carolina* y *Lucerne* sp. (Alfalfa) (10).

Fracciones	<i>V. carolina</i> (%)	<i>Lucerne</i> sp. (%)
Humedad	7.5	—
Proteína bruta	19.1	14.6
Extracto etéreo	3.6	1.8
Fibra bruta	9.9	9.2
Cenizas	10.2	9.0
Extracto libre de nitrógeno	49.70	40.2

El porcentaje de fibra bruta de la planta resultó ser similar al de la alfalfa. Pero en cuanto a las fracciones de fibra (Cuadro 2) se observa un alto contenido de lignina (10.53%), lo cual pudiera afectar el coeficiente de digestibilidad debido a la formación del complejo indigerible lignocelulosa.

Cuadro 2. Fracciones de fibra cruda en *Verbena carolina*.

Fracción	(%)
Fibra neutro detergente (paredes celulares)	22.76
Fibra ácido detergente	22.34
Lignina	10.53
Celulosa	10.27
Hemicelulosa	0.42
Silíce	0.74

En cuanto a la celulosa, la cantidad presente en esta especie (10.27%) no representa un obstáculo para la alimentación de los rumiantes, ya que éstos, por medio de los microorganismos del rumen, son capaces de degradarla y aprovechar los productos de esta degradación como fuente energética.

Aun cuando el contenido de lignina en la planta es alto, el porcentaje de digestibilidad *in vitro* de *V. carolina* (72.12%) es bueno si se toma en cuenta que la digestibilidad *in vitro* reportada para la alfalfa en México es de 50 ± 3.3% (6).

La cantidad de riboflavina encontrada en *V. carolina* fue de 1.24 mg/100 g, por lo que se puede considerar que esta planta es buena fuente de esta vitamina; y en cuanto a la tiamina, no se obtuvieron resultados por dos posibles razones: la cantidad de pigmentos presentes en la planta interfirió en la lectura del fluorómetro o la cantidad de tiamina presente en esta especie es mínima.

Ambas vitaminas se requieren para el metabolismo de todos los animales, pero no en las dietas de bovinos y ovinos, ya que una vez que el rumen se ha desarrollado, la síntesis bacteriana produce las cantidades adecuadas para satisfacer las necesidades de mantenimiento.

Los elementos minerales como calcio, hierro y fósforo, entre otros, realizan funciones esenciales en el organismo y, por lo tanto, deben estar presentes en los alimentos. El contenido de calcio y fósforo de la parte vegetativa de la planta depende directamente del suelo y de otros factores de cultivo.

Comparando los niveles de calcio y fósforo obtenidos en *V. carolina* con las recomendaciones sobre los mismos para bovinos de carne (Cuadro 3) se observa lo siguiente: el nivel de calcio sobrepasa la recomendación, mientras que el valor de fósforo se encuentra dentro de los valores recomendados. La proporción Ca:P que se observa en estos dos nutrimentos es de aproximadamente 8:1. Es necesario mencionar la importancia de la proporción presente en la alimentación de calcio y fósforo, en lo que se refiere a la absorción de ambos elementos. Un nivel alto de calcio frente a un aporte normal o bajo de fósforo conduce a una disminución en la utilización del segundo. La importancia de esta proporción varía en las distintas especies, pero, en general, esto es de mayor trascendencia en los no rumiantes que en los rumiantes (9).

La cantidad de hierro encontrada en la planta (20.95 mg/100 g) no alcanza el valor recomendado para

bovinos de carnes, por lo que la planta no representa una buena fuente de este mineral. La presencia de hemaglutininas e inhibidor de tripsina no fue detectada en *V. carolina*.

A partir de los factores tóxicos analizados se detectó presencia escasa o dudosa de alcaloides con dos de los reactivos empleados (Mayer y Dragendorff), por lo que se puede considerar que el resultado de esta prueba es negativo. No se detectó presencia de glucósidos cianogénicos.

En el caso de *V. carolina* no se detectó presencia de saponinas. Los taninos se encontraron en niveles de 1.24 mg/100 g, equivalente a un porcentaje del 0.12, lo cual no presenta problema alguno en la alimentación animal.

CONCLUSIONES

El estudio sobre las características químicas y nutricias de *V. carolina* permite un mayor conocimiento para determinar su utilización dentro de la alimentación animal, pudiéndose concluir lo siguiente: 1) que esta especie por su contenido de proteína cruda y extracto libre de nitrógeno representa un buen potencial proteínico y energético; 2) el contenido de fibra cruda similar al de la alfalfa no presenta mayor problema para su consumo por el ganado vacuno, ya que el valor de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca es bueno; 3) es posible que estos valores varíen según la época de corte de la planta, ya que a medida que la planta madura crece el contenido de lignina, lo que ocasiona un aumento en el contenido de fibra cruda y, por lo tanto, una disminución de la digestibilidad; 4) en cuanto a los valores de las vitaminas, no se obtuvieron resultados de tiamina, por lo que se recomienda el empleo de otras técnicas, y el valor de la riboflavina confirma que esta vitamina se sintetiza en los forrajes frondosos, siendo buena fuente de ella; 5) finalmente, no se encontró factor antinutricio alguno que pudiera obstaculizar los procesos de digestión al consumir esta planta.

Con base en lo anterior, por ser el ganado vacuno el que lo ha seleccionado para su consumo, puede proponerse a *V. carolina* como un forraje para mantenimiento en aquellos lugares donde existe esta especie, y así fomentar su explotación racional para evitar el gasto económico de la compra de otros forrajes.

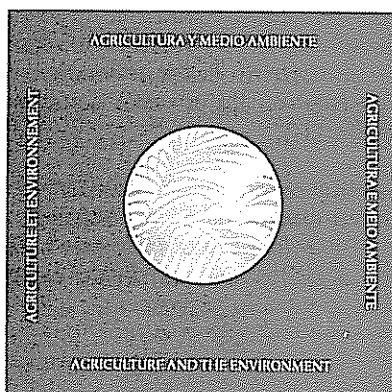
De este modo, se visualiza la importancia que pueden tener las especies arvenses dentro de la alimentación animal o humana en busca de nuevas perspectivas de aprovechamiento de los recursos naturales del país (3).

Cuadro 3. Comparación de la concentración de calcio, fósforo y hierro en *Verbena carolina* y las recomendaciones para bovinos de carne (10).

Mineral	Concentración (mg/100 g)	Recomendaciones (mg/100 g)
Calcio	1 686.5	180 — 1 040
Fósforo	205.7	180 — 700
Hierro	21.0	40 — 0

LITERATURA CITADA

1. AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). 1985. Official methods of analysis. Washington D.C., Association of Official Analytical Chemists
2. AACC (AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS). 1983. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. Washington, D.C., American Association of Cereal Chemists. v. 2
3. CASTRO, G.M.I. 1986. Estudio sobre la composición química y factores antinutricios de la planta herbácea *Verbena carolina* como recurso potencial en alimentación animal. Tesis Lic. Méx., D.F., Universidad Nacional Autónoma de México. 46 p.
4. CHAVES, A. 1982. La alimentación y los problemas nutricionales. Méx., D.F., Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán, División de Nutrición. Publicación no L-39.
5. DOMINGUEZ, X.A. 1979. Métodos de investigación fitoquímica. Méx., Limusa. 281 p.
6. ESTRADA, J.; ZORRILLA, R. 1982. Estudio de técnicas de laboratorio en nutrición animal: Comparación del coeficiente de digestibilidad aparente determinado en forma directa y por métodos indirectos. Méx., INIAP-SARH, Depto. de Divulgación Científica y Técnica. Presentado en: Reunión de Investigación Pecuaria en México. Memoria.
7. KAKADE, M.L.; RACHIS, J.J.; MCGHEE, J.E.; PUSKI, G. 1974. Determination of trypsin inhibitors activity of soy products: A collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chemistry* 51:367-382
8. LIENER, I.E. 1980. Tannins. In *Toxic Constituents of Plant Foodstuffs*. New York, Academic Press
9. MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F.; WARNER, R.G. 1981. *Nutrición animal*. Méx., D.F., McGraw Hill.
10. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1976. *Nutrient requirements of beef cattle*. Washington, D.C., National Research Council, National Academy of Science.
11. TEJADA, I. 1983. *Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la nutrición animal*. Méx., Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México
12. VALENCIA, F.E. 1981. El sistema alimentario mexicano. *Cuadernos de Nutrición* 5(2):33-42.

LIBRO
RECOMENDADO

US\$20.00

Agricultura y Medio Ambiente. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Cuatrilingüe en español, inglés, francés y portugués. 76 p. ISBN 92-9039-193-6.

El testimonio gráfico de fotógrafos de diversos lugares del continente americano plasma el dramático dilema de cómo el desbordante crecimiento tecnológico está llevando a la humanidad al borde de la destrucción de su ambiente natural. La gran calidad artística de esta publicación fue posible, también, gracias al generoso apoyo de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI).

Ver lista de publicaciones disponibles para la venta y boleta de solicitud en la última sección de la revista Turrialba.

Leptoglossus lonchoides Allen (Heteroptera, Coreidae), Causante de la Caída de los Frutos de *Bactris gasipaes* (Palmae) en la Amazonia Central¹

G. Couturier, C.R. Clement, P. Viana Filho**

ABSTRACT

Leptoglossus lonchoides Allen (Heteroptera, Coreidae) causes "fruit fall" in *Bactris gasipaes* H.B.K. (Palmae) in central Amazonia. Monoculture plantations of pejobaye, *B. gasipaes*, a domesticated neotropical palm, have suffered from premature fruit fall which has considerably reduced yields in central Amazonia (Manaus, AM, Brazil) over the last few years. This fruit fall syndrome is partially, perhaps principally, due to a stink bug, *L. lonchoides* (Heteroptera, Coreidae). This paper describes the damage, its significance and the insect.

Key words: *B. gasipaes*, pejobaye, peach palm, Heteroptera, Coreidae, *L. lonchoides*, insect pests, Amazonia.

COMPENDIO

Leptoglossus lonchoides Allen (Heteroptera, Coreidae) es causante de la caída de los frutos en pejobaye, *Bactris gasipaes* H.B.K. (Palmae), en la Amazonia central. Las plantaciones en monocultivo del pejobaye, palmera domesticada neotropical desde hace algunos años, sufren importantes pérdidas de frutos jóvenes en la Amazonia central (Manaus, Amazonas, Brasil) las cuales reducen considerablemente la productividad. A estas pérdidas se les ha denominado el síndrome de la "caída de los frutos"; el que se debe, entre otros factores, al insecto heteróptero de la familia Coreidae, *L. lonchoides*. En este artículo se evalúa la importancia económica de los daños causados por este síndrome y se describe al insecto.

Palabras claves: *B. gasipaes*, pejobaye, pupunha, palmeras, Heteroptera, Coreidae, *L. lonchoides*, insectos dañinos, Amazonia.

INTRODUCCION

La palma *B. gasipaes* H.B.K. ("pejobaye" en Costa Rica, "pupunha" en Brasil) fue domesticada por los indígenas del trópico húmedo bajo americano en épocas precolombinas (12). Se encuentra entre las latitudes 18N y 17S, donde las condiciones edafoclimáticas son apropiadas, incluyendo América Central (desde Honduras hasta Panamá); el Pacífico de Colombia, Ecuador y el norte de Perú; el norte de América del Sur y casi toda la Amazonia (2).

Desde la década de 1970-1979, *B. gasipaes* ha sido objeto de investigaciones en algunos países de América tropical (Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá y Perú), mediante las cuales se ha evaluado la especie y se han seleccionado tipos diferentes para distintas finalidades: utilización del fruto para consumo humano popular (uso tradicional), preparación de harina para panificación y pastelería, producción de aceite vegetal, alimentación animal a partir de los residuos, como de los tipos seleccionados para esta finalidad y extracción de palmito, importante producto de exportación de Costa Rica (6). Recientemente se han publicado estudios sobre potencial económico y necesidades de investigación para apoyar un programa de mejoramiento (5, 6).

¹ Recibido para publicación el 27 de junio de 1989. Los autores agradecen al Dr. H.A. Brailowsky de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por la identificación del insecto; al Ing. W. B. Chávez F. del Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia (INPA), por su ayuda en la traducción al español; al Dr. M. Lourd del Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM); y a los M.Sc. J.M.G. Rodríguez, B.R. Teles y N. Hamada del INPA, por la lectura crítica del manuscrito y apoyo. Los autores del INPA agradecen al proyecto no. 42.88.0062.00 de la Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), por el apoyo financiero

* Muséum National d'Histoire Naturelle-Entomologie-Antenne, ORSTOM, Paris.

** Instituto Nacional de Pesquisas de Amazonia (INPA), Manaus, Amazonas, Brasil.

Clement y Mora Urpí (6) también discutieron ideótipos para cada programa de mejoramiento. Uno de los factores comunes a cada ideótipo es la resistencia a plagas y enfermedades. Cuando se retira una especie de los ambientes en que evolucionó y en que fue domesticada—sistemas agroforestales nativos, caracterizados por la baja densidad de individuos y la alta diversidad de especies—, y se cultiva en un ambiente agrícola nuevo (monocultivo) es de esperar que las plagas, antes en equilibrio, se tornen nocivas en niveles económicamente preocupantes. Además, cuando se modifica el ambiente agrícola, es necesario prevenir las

nuevas plagas y enfermedades que se podrían contagiar de otros cultivos. Mora Urpí (11) ha descrito algunas importantes plagas del pejibaye en Costa Rica; sin embargo, aún no se ha realizado una descripción de las que atacan el pejibaye en la Amazonia.

Hace algunos años las plantaciones del Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonia (INPA), en Manaus, Amazonas, Brasil, sufrieron importantes pérdidas de producción. El síndrome fue identificado y llamado "caída de los frutos", que Arkcoll y Aguiar (4) identificaron como el factor fitosanitario que más limita la producción de frutos de *B. gasipaes* en esta región. En este trabajo se presentan datos sobre los daños causados por este síndrome, así como información sobre la chinche Coreidae, *L. lonchoides* Allen, uno de los agentes importantes en la "caída de los frutos" de *B. gasipaes*.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del síndrome "caída de los frutos"

Moreira Gómez (comunicación personal) identifica tres fases en el desarrollo del síndrome de la "caída de los frutos": 1) caída temprana de frutos muy jóvenes durante los primeros 5 a 20 días después de la antesis, en la que se puede perder hasta el 50% de los frutos; 2) caída intermedia de frutos durante el segundo mes de su desarrollo, en que la pérdida es menor; y 3) caída final en las últimas semanas antes de la maduración completa de los frutos, en que también generalmente la pérdida es menor. Las pérdidas pueden ser totales en algunas plantas y parciales en otras; en plantaciones de monocultivo, en años severos, pueden alcanzar entre el 70 y el 80 por ciento.

Diferentes factores fisiológicos, fitosanitarios y climáticos pueden estar involucrados en esta "caída": polinización y fecundación deficientes; nutrición inadecuada y desequilibrada; insectos nocivos; diversas enfermedades, inclusive secundarias, o sea después de los daños causados por los insectos; condiciones climáticas adversas, especialmente sequía prolongada. En la cosecha del bienio 1987-1988, después de dos años sin abonar las plantas, con una sequía prolongada y una infestación de las chinches aquí descritas, las pérdidas en el "Banco Ativo de Germoplasma" fueron mayores al 90% de la producción esperada; en una plantación aislada, procedente de Yurimaguas, Perú, la pérdida fue mayor al 85% de la producción esperada, aunque esta plantación fue fertilizada con gallinaza (20 kg/planta) y abono mineral, conforme recomendaciones locales, antes del final de las lluvias que anteceden la sequía. Se supone que estas pérdidas se debieron a la acción conjunta de la sequía y las chinches.

Durante la floración de 1988 se realizaron algunas polinizaciones controladas en una descendencia de *B. gasipaes*, como parte del programa de mejoramiento. Las inflorescencias se aislaron cubriéndolas con bolsas de tejido; y después de polinizarlas, fueron nuevamente cubiertas hasta la cosecha. Para comparar estas inflorescencias aisladas, se registraron dos datos sobre los racimos de algunas de las plantas de polinización abierta, en la misma plantación: peso del racimo y porcentaje del peso de los frutos en el peso del racimo. Ambas variables pueden demostrar el grado de daño sufrido. Todos los frutos de los racimos y los caídos al pie de las plantas no aisladas presentaban picaduras típicas de la chinche, mientras los frutos caídos dentro de las bolsas y los frutos maduros de las plantas aisladas no presentaban picaduras. Estas observaciones hacen creer que la chinche es la responsable de la caída de los frutos y de los daños en los no caídos.

En la Fig. 1 se presenta el porcentaje de frutos por racimo, como función de la fecha de apertura de la inflorescencia.

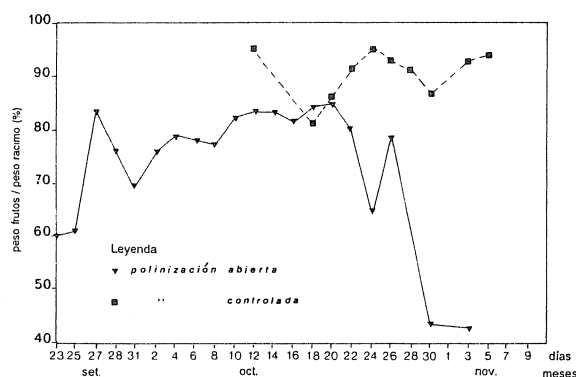


Fig. 1. Comparación de la relación peso de los frutos y peso del racimo entre plantas de *B. gasipaes* de polinización abierta y controlada, como función de la apertura de la espata.

Obsérvese que las plantas de polinización abierta presentaron un incremento gradual en porcentaje hasta un nivel de aproximadamente un 75%, decreciendo finalmente en forma acelerada. Se supone que este incremento gradual se debe al aumento del número de insectos polinizadores durante el inicio del período de floración, y que la parte final de la curva se debe al aumento de la plaga y al agotamiento de las reservas nutricias que favorecen la caída de frutos inmaduros para maximizar la eficiencia reproductiva (9).

En poblaciones tradicionales de la Amazonia, Clement y Mora Urpí (7) encontraron porcentajes de fruto por racimo entre el 90% y el 95 por ciento. En estas condiciones agroforestales el número de plantas es bajo

y éstas se encuentran alejadas unas de otras, de forma que se pueden utilizar estos valores como el potencial de la especie. Así, un nivel del 75% demuestra el efecto del síndrome. La segunda curva en la Fig. 1 corresponde a las inflorescencias aisladas por bolsas y llega a los niveles encontrados por Clement y Mora Urpí (7).

En el Cuadro 1 se presentan datos de las plantas estudiadas, las cuales muestran las diferencias bien definidas entre los tratamientos. Los racimos, como promedio, son 20% más pesados cuando están aislados y presentan un mayor porcentaje de frutos por racimo. Obsérvese también que los coeficientes de variación de los porcentajes de frutos por racimo son mayores en las plantas no aisladas, lo que indica efectos variables del síndrome. Aunque los coeficientes son altos, con respecto al peso de los racimos, es probable que las razones sean diferentes, pues esta variación podría deberse a la polinización en las plantas aisladas o al síndrome en las plantas no aisladas.

Chinche y síndrome de la "caída de los frutos"

Mediante observaciones realizadas en marzo de 1986 en el "Banco Ativo de Germoplasma" de pejibaye, del INPA, durante la estación lluviosa y cerca del final de la cosecha principal, se detectó la presencia de *L. lonchooides* en racimos de frutos maduros (8).

Se realizaron nuevas observaciones en las mismas plantaciones en noviembre y diciembre de 1987, durante el final de la sequía prolongada. En este período, la mayor parte de los racimos tenía de uno a tres meses de edad y los frutos entre uno y tres centímetros de diámetro. Se encontró un gran número de frutos jóvenes caídos al pie de las plantas, los cuales presentaban huellas de picadura de las chinches (Fig. 2). Observaciones *in situ*, realizadas en los racimos, mostraron la presencia de ninfas y adultos de *L. lonchooides* (Fig. 3).



Fig. 2. Frutos jóvenes caídos de *B. gasipaes* mostrando huellas de picaduras de *L. lonchooides*.

Cuadro 1. Comparación de inflorescencias aisladas y no aisladas en *Bactris gasipaes* y efecto del síndrome de la "caída de los frutos" en la Amazonia central. Promedios y coeficientes de variación.

Número de referencia de las palmeras	Peso del racimo (kg)		Peso frutos/peso racimo (%)	
	Promedio	C.V.	Promedio	C.V.
Controladas				
318/3 3	5.2	51.9	88	6.9
318/5 2	3.8	18.4	92	1.6
318/9.2	1.9	31.6	89	7.5
318/20 3	2.1	—	76	—
Promedio	3.3		86.3	
No controladas				
318/17.3	2.5	32.0	76	14.4
318/20.4	2.3	30.4	77	10.0
318/23.3	2.0	35.0	69	19.0
318/23.4	3.3	18.2	82	4.0
Promedio	2.5	—	76.2	—

Nota: 318 es el número de referencia de polinización.

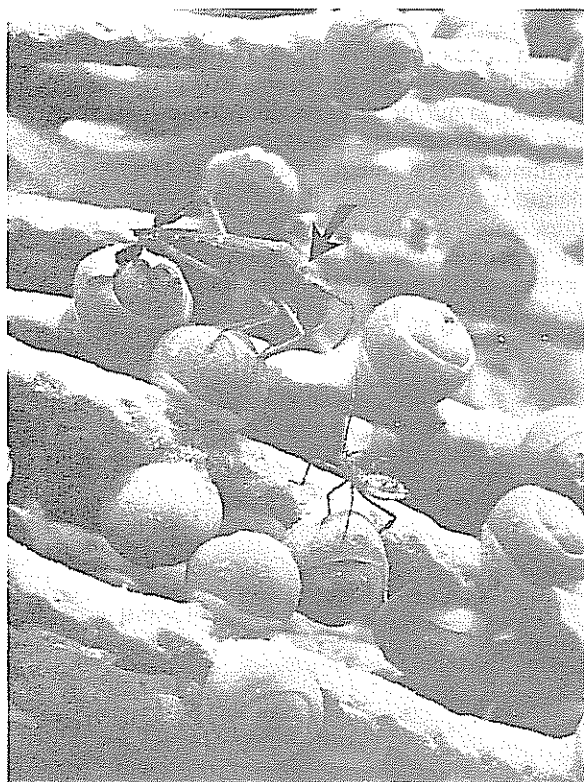


Fig 3 Adulto y ninfa de *L. lonchoides* sobre una parte del racimo de *B. gasipaes* con un mes de edad

En las plantaciones estudiadas, el número de insectos por árbol y por racimo fue variable. En algunas ocasiones se encontraron de 10 a 15 picaduras de ninfas y adultos en los frutos jóvenes caídos, muchos de los cuales corresponden a la primera fase de la "caída". En muchas plantas fue muy importante el número de frutos caídos al pie de éstas.

En racimos de dos meses, con frutos entre 12 mm y 18 mm de diámetro —segunda fase de la "caída"—, la caída de frutos también fue muy importante; en algunos racimos, se comprobó que entre el 30% y el 70% de los frutos cayeron en forma prematura, probablemente por causa de las picaduras del insecto pues todos estos frutos encontrados al pie del árbol tenían huellas de picaduras.

No fue posible estudiar la presencia del insecto durante la tercera fase de la "caída". Sin embargo, durante la recolección de frutos en el bienio 1987-1988, se observó que la mayoría de los frutos presentaba huellas de picaduras cicatrizadas, de color negro y que, en muchos casos, había más de 20 por fruto. No existe todavía explicación para la no caída de los frutos maduros con picaduras numerosas, aunque se supone que la edad del fruto en el momento de la picadura puede determinar su caída o no.

En uno de los racimos se encontraron 26 ninfas en las fases 2, 3 y 4; pero no hubo huevos. Criadas en frutos de *B. gasipaes*, estas ninfas se convirtieron en adultos después de dos a tres semanas. En las condiciones de la cría, una ninfa podía realizar hasta seis o siete picadas en un día. La longevidad de las ninfas fue cerca de cuatro semanas; los adultos vivieron más de dos meses en la cría en laboratorio.

Según informaciones disponibles, no se conocía ninguna planta que hospedara a *L. lonchoides*. Además, ésta es la primera vez que se constata esta plaga en *B. gasipaes* en la Amazonia; pero no está señalada en Costa Rica.

En Africa Occidental, el Corcidae *Pseudothraupis devastans* Distant causa daños similares sobre el cocotero, *Cocos nucifera* L. Se considera que el nivel crítico es de 30 insectos ninfas y adultos por hectárea, los cuales pueden causar una pérdida de producción del 15 por ciento (10). En Africa Oriental existe otra especie, *P. wayi* Brown, que produce pérdidas de rendimiento, también en *C. nucifera* del 50 por ciento (13). En América tropical el *L. gonagra* (Fabricius) ocasiona la caída de muchos frutos, p. ej. de *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, en Paraná, Brasil (3).

Descripción del insecto

Adulto: Hembra de 18 mm de largo, macho un poco menor; coloración general pardo-oscura en la parte superior; alas delanteras con nervaduras un poco más claras y con una banda amarilla transversal en forma de "zig-zag", membrana negra; parte ventral pardo-amarillenta, con puntuaciones negras irregulares; patas del mismo color, excepto el ápice del fémur y la expansión laminada de la tibia, pardo-oscura (Fig. 4 y 5).

Ninfas: Existen cinco fases cuya coloración general es rojo-anaranjada, excepto los muñones alares, el borde posterior del pronoto y las antenas excepto hacia el medio de las articulaciones 2 y 3, que son más claras, que varían entre negro a pardo-oscuro; todas las patas con manchas negras, patas traseras en el estadio 5 casi enteramente negras; presencia de excrecencias negras sobre la cabeza (2, entre los ojos), sobre el pronoto (2), sobre el *conexivum* y a cada lado de los segmentos; dos glándulas odoríferas negras en la parte superior del abdomen, situadas entre los segmentos 4 y 5, y otra entre los segmentos 5 y 6.

Este especie pertenece al grupo *stigma* (1). Las ninfas son muy semejantes a las de *L. zonatus*, muy común en otras plantas frutales de la zona estudiada.

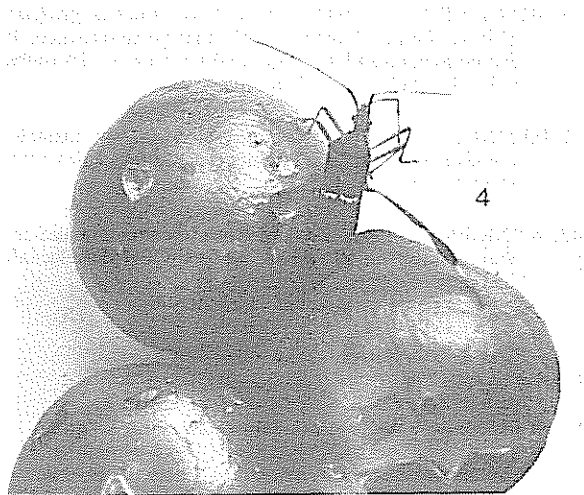


Fig. 4. Hembra adulta de *L. lonchooides* sobre frutos de *B. gasipaes* de dos meses de edad.

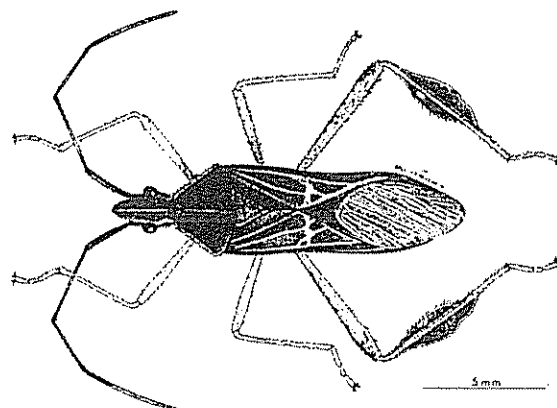


Fig. 5. Macho adulto de *L. lonchooides* habitus.

CONCLUSIONES

Estas observaciones preliminares sobre cómo actúa el Coreidae *L. lonchooides* en la "caída de los frutos" de *B. gasipaes* no permitieron encontrar diferencias en la resistencia a los ataques en las diferentes progenies de esta especie en el Banco de Germoplasma ni en la progenie de Yurimaguas, debido al alto nivel de infestación y a la imposibilidad de separar los efectos de la sequía y de la falta de abono. Igualmente no fue

posible evaluar la densidad por hectárea, pues ésta varía mucho de árbol a árbol y entre plantaciones.

No hay duda sobre la importancia de este insecto en la reducción de la productividad en las plantaciones con estas condiciones climáticas y fisiológicas. La interacción de los diferentes factores mencionados, así como los medios de combate de esta nueva plaga, necesitan ser estudiados.

LITERATURA CITADA

1. ALLEN, R.C. 1969. A revision of the genus *Leptoglossus* Guérin (Hemiptera, Coreidae). *Entomologica Americana* 45:35-140.
2. ALMEYDA, N.; MARTIN, F.W. 1980. Cultivation of neglected tropical fruits with promise: The pejobaye. New Orleans, USDA 10 p.
3. AMARAL F., B.F.; STORTI F., A. 1976. Estudos biológicos sobre *Leptoglossus gonagra* (Fabricius, 1775), (Coreidae, Hemiptera) em laboratório. *Anais Sociedades Entomológica Brasil* 5(2):130-137.
4. ARKCOLL, D.B.; AGUIAR, J.P.L. 1984. Peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.): A new source of vegetable oil from the wet tropics. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 35:520-526.
5. CLEMENT, C.R. 1986. El pejobaye: Resultados y necesidades de investigación. *Noticiario Palmeras Útiles de América Tropical* 2:2-4.
6. CLEMENT, C.R.; MORA URPI, J.E. 1987. Pejobaye palm (*Bactris gasipaes*, Arecaceae): Multi-use potential for the lowland humid tropics. *Economic Botany* 41(2):302-311.
7. CLEMENT, C.R.; MORA URPI, J.E. 1988. Phenotypic variation in peach palm observed in the Amazon basin. In Final Report (Revised): Peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) germplasm bank. C.R. Clement; L. Coradin (Eds.) USAID Project Report. Manaus. p. 20-54.
8. COUTURIER, G. 1986. Observations sur les problèmes entomologiques dans les cultures maraichères et fruitières

- de la région de Manaus: Rapport de mission au Brésil. Paris, ORSTOM. 41 p. (Mimeografiado).
9. LLOYD, D.G. 1990. Sexual strategies in plants. I An hypothesis of serial adjustment of maternal investment during one reproductive session. *New Phytologist* 86:69-79.
10. MARIU, D.; DESMIER DE CHENON, R.; JULIA, J.R. 1981. Les ravageurs du palmier à huile et du cocotier en Afrique occidentale. *Oléagineux* 35(4):170-217.
11. MORA URPI, J. 1984. El pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.): Origen, biología floral y manejo agronómico. In *Palmeras poco Utilizadas de América tropical*. Turrialba, C.R., FAO/CATIE, p. 118-160.
12. PATIÑO, V.M. 1963. Plantas cultivadas y animales domésticos en América Equinoccial. Cali, Col., Imprenta Departamental. v. 1, 547 p.
13. WYNIGER, R. 1962. Pests of crops in warm climates and their control. Basel, Verlag für Recht und Gesellschaft. 555 p.

RESEÑA DE LIBROS

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (IRRI); AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (AAAS). 1989. *Climate and Food Security*. Manila, Filipinas. 602 p.

Este libro resume los trabajos presentados por científicos de 21 países en el Simposio Internacional sobre Variaciones Climáticas y Seguridad Alimentaria, realizado del 5 al 9 de febrero de 1989 en Nueva Delhi, India. Contó con el patrocinio del Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz (IRRI), la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS) y la Academia Nacional de Ciencias de la India.

Este simposio fue una respuesta a la inquietud que despiertan el constante aumento de la población mundial, la mayor demanda de alimentos y la dependencia de la producción alimentaria de un clima que está cambiando debido a la influencia de la actividad humana. Estos problemas fueron analizados por climatólogos, agrónomos, expertos en riego y uso de agua, economistas agrícolas y planificadores. Desafortunadamente, América Latina estuvo representada sólo por un experto de Brasil.

Las exposiciones versaron sobre disponibilidad y demanda de alimentos; variabilidad climática y producción de cultivos; vulnerabilidad climática de varios cultivos alimenticios como oleaginosas, leguminosas, arroz, maíz, trigo, y otros granos; impacto de la variación climática sobre los factores de producción como suelos, enfermedades y plagas; "stress" y pérdidas de postcosecha; uso de modelos; implicaciones sociales y económicas, incluyendo

sequías y hambrunas; y estrategias para afrontar los problemas y llevar a cabo las adaptaciones necesarias.

El libro, escrito en inglés y con más de 600 páginas, contiene cerca de 47 artículos con una conclusión y una bibliografía, y casi todos con un resumen. Al final se presenta la lista de participantes en el Simposio, que pone en evidencia la gran categoría de cada uno de ellos y el alto grado de especialización en los temas tratados.

La lectura de cada artículo resulta muy valiosa e instructiva, pero lo más interesante es una especie de resumen ejecutivo al inicio del libro, que cubre los aspectos más sobresalientes. Así, por ejemplo, se cita que el "efecto de invernadero" causará cambios climáticos globales, muy probablemente a principios del próximo siglo.

Se hacen recomendaciones a científicos, educadores, sociólogos y agencias de cooperación internacional sobre cómo lograr la seguridad alimentaria, definida ésta como el adecuado y constante acceso físico y económico a los alimentos por parte de la población mundial; se aboga, también, por una mayor integración entre ciencia y políticas.

La lectura de este libro será de gran beneficio para quienes, en una u otra forma, están ligados a tareas que garanticen la subsistencia futura de la humanidad, y la verdad es que todos deberíamos estar involucrados en ellas.

CARLOS ENRIQUE FERNANDEZ
PERSONAL EMERITO DEL IICA

Simulation of Potential Banana Photosynthesis in the Atlantic Zone of Costa Rica¹

S. de Bruin*

ABSTRACT

For quantified evaluation of the suitability of soils for banana production, a simulation model would be useful. As a first step towards the design of such a model, a simulation model for potential photosynthesis of banana has been developed, based on a mechanistic approach. In the model, special attention is paid to leaf alignment of the banana plant, i.e. the position of the leaves and the daily movement of lamina halves of the leaf. The model was used to calculate potential banana photosynthesis for different sites in the Atlantic Zone of Costa Rica, using monthly averages of hours of sunshine at four weather stations in the area. Simulated potential photosynthesis appeared to be correlated with the actual production of banana plantations.

Key words: Model, banana canopy, climate, Atlantic zone, Costa Rica.

COMPENDIO

Para hacer una evaluación cuantitativa de la aptitud de la tierra para el cultivo del banano, sería útil disponer de un modelo de simulación. Por lo tanto, como primer paso para su diseño, se desarrolló un modelo de simulación de la fotosíntesis del banano, utilizando el método mecanístico. En él se da igual atención a algunas características típicas del cultivo, como la posición y el movimiento diario de las hojas. El modelo se utilizó para calcular la fotosíntesis potencial en varios sitios de la Zona Atlántica de Costa Rica, usando los promedios mensuales de brillo solar correspondientes a cuatro estaciones meteorológicas. Aparentemente la fotosíntesis simulada se correlaciona con la producción real de las plantaciones de banano.

Palabras claves: Modelo, dosel del banano, clima, zona atlántica, Costa Rica.

INTRODUCTION

Banana is an important export product for several tropical countries. The cultivated area is still being expanded in order to increase production. As the best banana soils are becoming scarce, plantations are being established in less suitable areas. Much capital is invested in land preparation, artificial drainage and infrastructure. Some systems exist for the determination of the aptitude of soils for banana growth (6), but so far a quantitative evaluation has not been undertaken. A mathematical model that simulates banana growth will enable analysis of various production alternatives and help indicate the viability of investments.

Various models have been developed to simulate plant growth, for example, SUCROS87 (10) and WOFOST (2); however they are usually restricted to annual crops.

One of the basic processes to be considered when modeling plant growth is photosynthesis. Based on De Wit's (13) mechanistic approach, a model to simulate potential photosynthesis of banana was developed

which considers the position of the leaves, leaf area index, effects of light reflection and transmission, amount of diffuse and/or direct light, solar angle, and the photosynthetic function of single leaves.

The model was used to calculate potential photosynthesis for different sites in Costa Rica's Atlantic zone, and the results were compared with actual production data of banana plantations. This paper describes the model and presents the results of the study.

MATERIALS AND METHODS

De Wit's canopy photosynthesis model

Photosynthesis of a canopy depends not only on light intensity and the photosynthetic function of single leaves, but also on the distribution of light over the leaves of the canopy. The most important factors affecting the latter are:

- the number and the size of the leaves and their position with respect to a horizontal surface and to each other;
- the light transmission and reflection characteristics of the leaves;

¹ Received for publication 24 May 1990.

* Programa Zona Atlántica CATIE/UAW/MAG, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

- the ratio between diffuse and direct light; and
- the solar angle.

De Wit (13) describes a model that simulates photosynthesis of some widely different canopies, considering each of these factors. The position of the leaves in space is described using a leaf distribution function, which divides the leaves of the canopy into inclination classes. Since most light is intercepted at the top of the canopy, the top leaves are of a greater importance for this function.

The canopy's light distribution function is then calculated to quantify how light is dispersed over the leaf inclination classes. This is carried out in two steps. First, light distribution functions are calculated for canopies with leaves at one inclination which are then combined with the leaf distribution function to obtain the canopy's light distribution function.

The canopy of the crop is assumed to consist of horizontal layers, with each having a specific leaf area index (leaf area of a layer per unit of soil area) that is so small that mutual shading within the layer can be neglected. The amount of diffuse and direct light intercepted in each layer declines exponentially with increasing depth in the canopy and is calculated in this model using a light penetration function. The scattered fraction of this light is obtained by means of a scattering coefficient. In the present model, a value of 0.2 is used for this coefficient (5). Ten percent of the light that is intercepted by the soil surface is estimated to be reflected and is absorbed by the leaf layers according to the penetration function.

The rate of photosynthesis of the entire canopy is computed by including the amount of absorbed light of each leaf layer in an equation that quantifies the instantaneous photosynthetic rate of individual leaves as a function of absorbed light; and by adding the individual rates of every layer.

Daily totals of photosynthesis are obtained by repeating the calculations substituting estimated or measured incoming radiation for different solar angles and by subsequential numerical integration of the rate of photosynthesis over the day.

Leaf distribution

Banana leaves are spirally arranged around the pseudo-stem, making an angle of approximately 156 between the petioles of successive leaves (1). At the time of florescence, the banana variety Valery has 12 photosynthetically active leaves (9). According to Stover (11), a leaf area index of between four and five

encompasses most populations in permanent plantations of five years or older in Central America. In this study, a value of 4.5 has been used.

Banana leaves show a daily movement of the lamina halves. In the morning both laminae are situated in one plane, while as heat or drought increases, both halves will droop more and more, to rise later in the afternoon. The position of the lamina halves with time for the variety Gros Michel, according to Trelease (12), is given in Fig. 1.

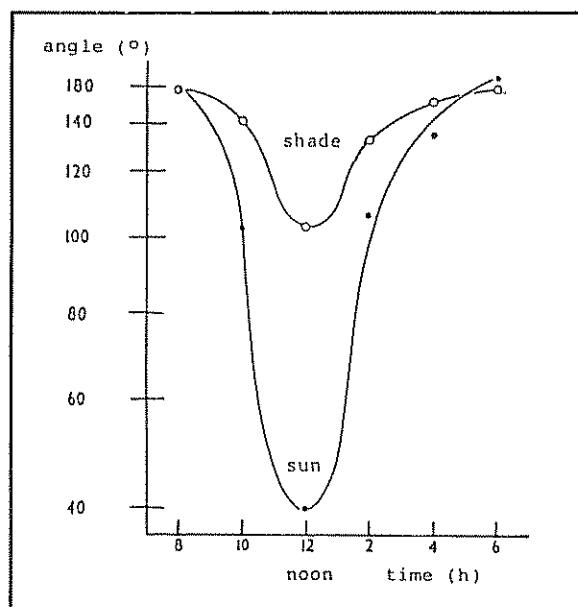


Fig. 1. Angle between the lamina halves as a function of time. (Source: Trelease).

In the model, the position of banana leaves in space is described by the azimuth and by the inclination of the lamina halves of the leaves (IB). IB is determined by the inclination of the midrib (IL) and the angle between both halves (2AL). Because of the rather constant angle between successive leaves, it is assumed that no preferred azimuth direction exists. At different times of the day IB is calculated with the equations shown in Fig. 2.

$$\tan(\text{IB}) = \frac{1}{\cos(\text{IL}) \cdot \tan(\text{AL})}$$

$$\begin{aligned} \text{if IL} &= 90^\circ & \text{IB} &= 90^\circ \\ \text{if AL} &= 90^\circ & \text{IB} &= \text{IL} \end{aligned}$$

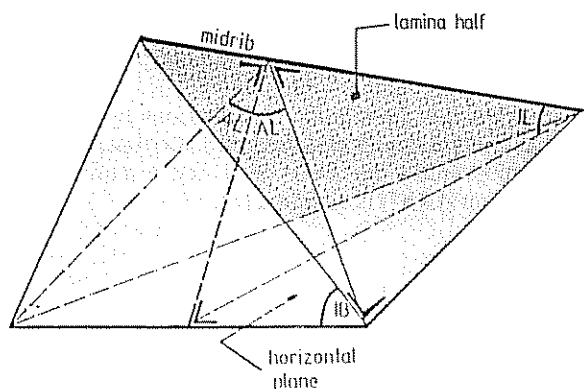


Fig. 2. Calculation of the inclination of the lamina (IB) from the inclination of the midrib (IL) and the angle between the lamina halves (ZAL).

For the determination of the leaf distribution function only the upper seven leaves of the canopy are taken into account. Most light is intercepted by these leaves, as they form a complete crown that overshadows the remaining leaves of the canopy. For each of these leaves, IL was obtained from Champion and Charpentier (1) and the angle between the lamina halves was derived from Trelease (12) (Fig. 1). On an overcast day, this angle was assumed to be the mean of the angle of a shaded leaf and that of a leaf in hours of sunshine. The daily lamina movement is considered to be similar for each of the seven leaves.

Light distribution

Even in canopies with leaves of the same inclination, the light is intercepted at various angles due to the difference in azimuth between the leaf's normal and the actual incident radiation. The sine of the angle of incidence (LS) on a leaf was given by De Wit (13).

$$\begin{aligned} \sin(LS) &= A + B \cdot \sin(DA) \\ \text{with} \\ A &= \sin(IS) \cdot \cos(IB) \\ B &= \cos(IS) \cdot \sin(IB) \end{aligned}$$

where IS is the inclination of the incoming light, IB is the inclination of the lamina half, and DA is the difference in azimuth between the lamina half's normal and the incident radiation. De Wit introduced a boundary angle (DAO) for DA, to distinguish between light falling on the upper side and on the under side of a leaf.

$$\begin{aligned} \text{DAO} &= \arcsin(-A/B) \quad \text{for } IS < IB \\ \text{DAO} &= -\frac{1}{2} \pi \quad \text{for } IS > IB \end{aligned}$$

The probability (S) that light is intercepted by the upper side or the under side of a leaf is calculated with

$$S = (B \cdot \cos(DA) - A \cdot (\frac{1}{2} \pi + DA)) \cdot W \quad \text{for } DA < \text{DAO}$$

and

$$S = (B \cdot (2 \cdot \cos(\text{DAO}) - \cos(DA)) - A \cdot (2 \cdot \text{DAO} + \frac{1}{2} \pi - DA)) \cdot W$$

for $DA > \text{DAO}$

$$\text{with } W = (W \cdot B \cdot \cos(\text{DAO}) - 2 \cdot A \cdot \text{DAO})^{-1}$$

In the recent model, these equations are only used for the moments in which both lamina halves of the leaves are in one plane. When the lamina halves of a banana leaf hang down, light interception by the under side of a lamina half is impeded by the other half of this leaf. For these conditions, De Wit's procedure was adapted and the probability of light interception is hence calculated with

$$S = (A \cdot (DA - \text{DAO}) + B \cdot (\cos(\text{DAO}) - \cos(DA))) \cdot W$$

$$\text{with } W = (A \cdot (\frac{1}{2} \pi - \text{DAO}) + B \cdot \cos(\text{DAO}))^{-1}$$

The principle that light interception by lamina halves with any inclination is proportional to the number of lamina halves with this inclination and their relative projected area in the direction of the sun, is subsequently used to calculate the light distribution function for the banana canopy.

Instantaneous rate of photosynthesis per leaf layer

The photosynthetic-light response of individual leaves is described by the exponential function

$$A = A_{\max} \left(1 - e^{-\frac{H \cdot A_{\max}/hc}{A_{\max}}} \right)$$

where A is the photosynthetic rate of the leaf, A_{\max} is the maximum assimilation rate and H is the intensity of absorbed light. The ratio A_{\max}/hc represents the efficiency of light use by the leaves at low light intensity (5).

Gietema-Groenendijk (4) reports measurements of photosynthetic-light response curves for banana leaves of different ages. From these curves, the magnitudes

of the parameters A_{\max} and h_c have been determined. It appears that they depend largely on the age of the leaves. To account for the age effect, the following procedure has been developed to obtain values for the parameters of the photosynthesis function for each leaf layer. This procedure is based on the observation that the oldest leaves are situated at the lowest positions in the canopy.

The canopy, with a total leaf area index of 4.5, is assumed to consist of 45 layers, each with a specific leaf area of 0.1. A_{\max} is set to $17.9 \text{ kg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ for the top and to $5 \text{ kg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ for the lowest layer. For each intermediate layer, the value for A_{\max} is calculated by linear interpolation over the depth of the canopy. A similar procedure is followed for h_c , which has been set to 50 W m^{-2} for the top and to 30 W m^{-2} for the lowest layer.

Incoming radiation

The amounts of direct and diffuse light on a clear day at different solar angles are calculated according to procedures used by Diepen *et al.* (2). The transmission through the atmosphere is estimated to be 0.71. This value was derived from the values for A and B for the humid tropics in the Angström formula, according to Frere and Popov (3).

The proportion of diffuse light on a clear day is assumed to be 0.29, as estimated with an empirical relation (7). On an overcast day, the amount of light

(all diffuse) that arrives at the earth's surface is assumed to be 20 per cent of the amount on a clear day.

To estimate the relative contributions by different sky sections to the illumination of a horizontal surface from an overcast sky and a clear sky, a uniform sky distribution (UOC) is assumed (8).

Potential photosynthesis of the canopy for different locations in the Atlantic zone of Costa Rica

In Costa Rica's Atlantic zone banana is grown under different climatic conditions. It rains more near the lower slopes of the central mountain range and the sky is often overcast, while clear skies occur more frequently near the coast. These differences are clearly reflected in the monthly averages of daily hours of sunshine during 1988 at four weather stations in the zone (Table 1). "Los Diamantes" is located near the lower slopes of the mountain range, "Limón" is at the coast, and "La Mola" and "El Carmen" are between the two.

In the present model, daily totals of potential banana photosynthesis, for both a clear and an overcast sky, are simulated for every tenth day. The monthly averages of hours of sunshine from Table 1 are converted into values for intervals of ten days. Daily potential photosynthesis for each (partly overcast) interval is subsequently calculated by linear interpolation between the totals for a clear and an overcast sky.

Table 1. Daily average hours of sunshine, by month during 1988 at four weather stations in the Atlantic zone of Costa Rica.

Month	STATION			
	"Los Diamantes"	"La Mola" (hours day ⁻¹)	"El Carmen"	"Limón"
January	5.5	5.9	5.8	5.9
February	3.3	4.1	3.7	3.9
March	4.1	4.6	5.0	5.4
April	5.3	6.2	6.4	7.3
May	4.3	4.2	4.9	5.9
June	5.4	5.0	5.4	5.8
July	3.2	3.4	3.8	4.2
August	4.3	4.7	5.4	5.9
September	3.6	4.4	4.6	4.7
October	3.4	4.1	4.8	5.7
November	3.3	4.4	4.8	5.2
December	3.3	3.9	4.1	4.3
Average	4.1	4.6	4.9	5.3

Source: "El Carmen" and "La Mola"; BANDECO (pers. comm.); "Los Diamantes" and "Limon": IMN (pers. comm.).

RESULTS

Transmission of photosynthetically-active radiation through the canopy

The model has been used to simulate transmission of photosynthetically active radiation through the banana canopy. For the latitudes where banana is grown (between 30° northern and southern latitude) and a clear sky, a daily average of 15 per cent of transmission through a canopy with a leaf area index of 4.5 was computed.

Potential photosynthesis relating to the daily movement of the lamina halves

Figure 3 shows simulated daily totals of potential photosynthesis for different sky conditions for 10° northern latitude. The solid lines represent simulations according to the model described in this paper and the broken lines represent simulations of photosynthesis of banana, without taking into account the daily movement of the lamina halves.

For an overcast sky, there appears to be little difference between both curves. However, for a clear sky the movement of the lamina halves results in a somewhat higher simulated photosynthesis. The difference is a maximum of 20 kg CO₂ ha⁻¹ day⁻¹, which is four percent of the daily total of 460 kg CO₂ ha⁻¹ day⁻¹.

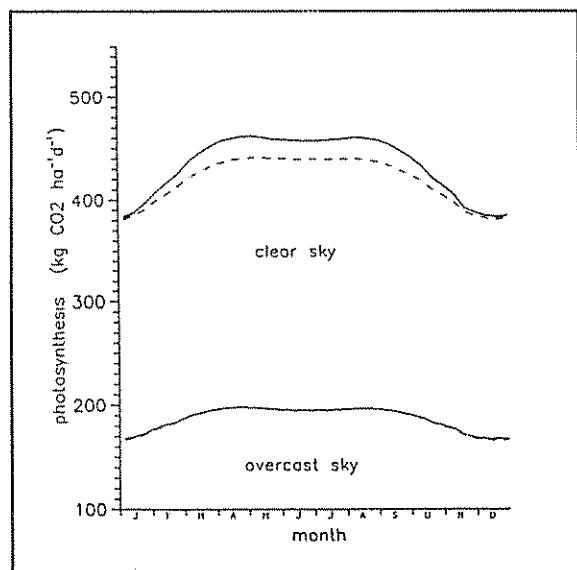


Fig. 3. Simulated daily totals of potential photosynthesis at 10° northern latitude for a clear and an overcast sky; with (solid line) and without (broken line) taking into account the daily movement of the lamina halves.

The simulated photosynthesis for an overcast sky is approximately 43 per cent of the amount for a clear sky, whereas the incoming radiation is only 20 per cent of the amount arriving under a clear sky.

Potential photosynthesis in the Atlantic Zone of Costa Rica

The photosynthesis model was run using the monthly averages of daily hours of sunshine during 1988 of four weather stations of the Atlantic zone of Costa Rica. Table 2 gives values for the average duration of hours of sunshine, the cumulative simulated photosynthetic rate and the average exportable banana productivity of three cantons.

A correlation factor $r^2 = 0.99$ was found with linear regression analysis with the average productivity as the dependent and the simulated potential photosynthesis as the independent variable.

The mentioned high totals of photosynthesis can only be realized when the photosynthesis of the leaves is not adversely affected by shortages or excesses of water in the soil, deficiencies of nutrients, pests, diseases or by low or high temperatures.

DISCUSSION

The present model is based on physical principles and relationships that quantify the underlying processes of canopy photosynthesis. Because these relationships are valid for a wide range of circumstances, the model has a more widespread utility than models of the regression type, which need to be calibrated for each area under consideration. Any model, however, is a simplification of reality and its designer makes choices for the type of input data, the level of aggregation and the internal structure.

Furthermore, the data that were used to simulate the photosynthetic response of the banana canopy concern a number of varieties, since based on the literature a complete data set of just one variety could not be realized. Consequently, the model presented here has to be validated externally, before far-reaching conclusions can be made on the simulated results.

The simulated transmission of photosynthetically active light through the banana canopy falls within the range measured in Honduras, where 14-18 per cent of the incident photosynthetically active light is transmitted through the canopies of older plantations of the varieties Valery and Grand Nain (11). Hence, the overall light interception by the canopy is modeled appropriately.

Table 2. Average duration of hours of sunshine, simulated photosynthesis and average exportable banana productivity during 1988.

Canton (station)	Hours of sunshine (h day ⁻¹)	Average productivity (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)*	Photosynthesis (kg CO ₂ ha ⁻¹ year ⁻¹)
Pococi (Diamantes)	4.1	44.7 · 10 ³ (n=27)	97 · 10 ³
(La Mola)	4.6		100 · 10 ³
Siquirres (El Carmen)	4.9	49.5 · 10 ³ (n=16)	103 · 10 ³
Limón (Limón)	5.3	51.8 · 10 ³ (n=6)	106 · 10 ³

The number of plantations for which data are available is given in parentheses.

The exportable part of gross banana production can vary between 70 and 85 per cent.

Source: * ASBANA (pers. comm.).

The daily movement of the lamina halves of banana leaves has a relatively small effect on simulated potential photosynthesis. Simulated photosynthesis is somewhat higher when this movement is taken into account, as light is more equally distributed over the depth of the canopy when the lamina halves of the leaves hang down.

The simulated potential photosynthesis appears to be correlated ($r^2 = 0.99$) with the actual productivity of banana plantations in the Atlantic zone of Costa Rica. Although there are other major factors that influence banana growth, for example pests, diseases and soil conditions, it seems plausible that the amount of radia-

tion explains part of the variation in banana productivity between the three cantons.

CONCLUSIONS

The presented model appears to be consistent. Results obtained are not contradicted by available empirical data, not only with regard transmission through the canopy but also Costa Rica's banana plantation productivity in the Atlantic zone.

The model could be useful for research towards evaluating location suitability for banana. However, its external validation is a prerequisite to this model's application.

LITERATURE CITED

1. CHAMPION, J.; CHARPENTIER, J.M. 1970. La position des feuilles du bananier "Poyo". *Fruits* 25(7-8):508-510.
2. DIEPEN, C.A. VAN; RAPPOLDT, C.; WOLF, J; KEULEN, H. VAN. 1988. CWFS Crop growth simulation model WOFOST documentation version 4.1. Wageningen, The Netherlands, Centre for World Food Studies. Staff Working Paper no. SOW-88-01. 299 p.
3. FRERE, M.; POPOV, G.F. 1979. Agrometeorological crop monitoring and forecasting. Rome, Italy, FAO. Plant Production and Protection Paper no. 17. 64 p.
4. GIETEMA-GROENENDIJK, E. 1970. Fotosynthese metingen bij banaan. M.Sc. Thesis. Wageningen, The Netherlands, Agricultural University, Department of Tropical Crops. p. 14, 35.
5. GOUDRIAAN, J.; LAAR, H.H. VAN. 1978. Calculation of daily totals of the gross CO₂ assimilation of leaf canopies. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 26:373-382.
6. JARAMILLO, R.; VASQUEZ, A. 1980. Sistema de clasificación para determinar la aptitud de las tierras para el cultivo del banano. San José, C.R., ASBANA, Departamento de investigaciones. 1 p.
7. JONG, J.B.R.M. DE. 1980. Een karakterisering van de zonnestraling in Nederland. M.Sc. Thesis. Eindhoven, The Netherlands, Department of Physical Aspects of the Built Environment and Department of Heat and Flow Technics, Technical University. p. 76, 97.
8. KIMBALL, H.H.; HAND, I.F. 1921. Sky brightness and daylight illumination measurements. *Monthly Weather Review* 49:481-487.

9. SOTO, M. 1985. Bananos: Cultivo y comercialización. San José, C.R. 627 p.
10. SPITTERS, C.J.T.; KRAAILINGEN D.W.G. VAN; KEULEN, H. VAN. 1989. A simple and universal crop growth simulator: SUCROS 87. In *Simulation and System Management in Crop Protection*. R. Rabbinge, S.A. Ward, H.H. van Laar (Eds.). Wageningen, The Netherlands, Pudoc Simulation Monographs. (In preparation)
11. STOVER, R.H. 1984. Canopy management in Valery and Grand Nain using leaf area index and photosynthetically active radiation measurements. *Fruits* 39(2):89-93.
12. TRELEASE, S.F. 1923. Night and day rates of elongation of banana leaves. *Philippines Journal of Science* 13(1):85-96.
13. WIT, C.T. DE. 1965. Photosynthesis of leaf canopies. Wageningen, The Netherlands, Pudoc. 57 p.

RESEÑA DE LIBROS

LUC, M.; SIKORA, R.A.; BRIDGE, J. (EDS.).
1990. **Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture.** CAB International, Institute of Parasitology. 629 p.

This book contains a total of 19 chapters authored by 33 nematologists from different geographical areas of the world. Some aspects of the morphology, anatomy and biology of plant-parasitic nematodes, as well as techniques used to extract and process them, are covered in the first two chapters, sometimes in a rather superficial way. These are followed by 16 chapters dealing with major and minor nematode problems of rice, cereals (corn, sorghum, wheat, barley, millets), root and tuber crops (potato, sweet potatoes, yams, taro, *Xanthosoma* spp., and seven minor root and tuber crops), food legumes (black gram, broad bean, chickpea, cowpea, common bean, lentil, moth bean, mung bean, pea, pigeon pea, soybean, and winged bean), vegetables, peanut, citrus, subtropical and tropical fruit trees (avocado, mango, fig, guava, lychee, olive, papaya, persimmon, cashew, macadamia, pistachio, kiwi, passion fruit, and eight miscellaneous fruit trees), coconut, oil palm, date palm, arecanut, coffee, cocoa, tea, banana, plantain, abaca, cotton, jute, sugarcane, tobacco, pineapple and spices (black pepper, cardamom, ginger, turmeric and nine other minor species).

The chapters are organized so as to provide the reader with information dealing with the most important as well as the lesser nematode pathogens of each crop, covering symptoms, biology, races, survival and dissemination, other hosts, environmental factors affecting parasitism, disease complexes, economic importance, population damage, threshold levels, control measures and diagnosis. Most chapters also include black-and-white photos of symptoms. Only those chapters dealing with subtropical and tropical fruit trees, banana, plantain and abaca have a different format than the one outlined here. Since most of the authors are specialists in these crops, subject matter is usually well covered, updated and with a good, although sometimes incomplete, list of references at the end of each chapter. All of this information is invaluable

for any nematologist, crop protection specialist, or agronomist.

The last chapter is entitled "Effects of tropical climates on the distribution and post-parasite relationship of plant parasitic nematodes;" one wonders about the lack of information dealing with the host-parasite relationship, why the section "crop loss assessment in the tropical regions" was not mentioned in the title, and where those places where it rains continuously all growing season, as attested in Fig. 5, really are. This chapter must be considered of lesser quality than the others. There are good color photographs showing symptoms of damage caused by nematodes on different crops, as well as two appendices, the first dealing with nematicides and the second with nematode genera and species cited in the text, and their corresponding authorities. Finally, there is a subject matter index, which, at least in the reviewed copy, was missing eight pages (from letters A to M).

There are some dubious statements, some typographical errors, and important information seems to be missing in certain chapters. After reading the book, a Spanish-speaking nematologist may feel that certain literature dealing with plant nematodes in the American tropics has been ignored. The Preface states that "this text... is the first volume addressing tropical nematology to be published in more than 20 years," which completely ignores the book, in Spanish, authored by Dr. Jesse Roman in 1978: "Fitonematología Tropical." The book also lacks a chapter dealing with plant-parasitic and subtropical areas of the world.

In spite of its shortcomings, the book is to be considered a must in any nematological laboratory or library. We must commend the editors, the authors and CAB International's Institute of Parasitology for the good job they have done on this book.

ROGER LOPEZ CH.
LABORATORIO DE NEMATOLOGIA
ESCUELA DE FITOTECNIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Medios de Cultivo para el Establecimiento *in vitro* de Explantos de la Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*)¹

H.Y. Rey*, O.J. Burtnik**,
P.A. Sansberro**, L.A. Mroginski*

ABSTRACT

In vitro regeneration of shoots from axillary buds of "yerba mate" (*Ilex paraguariensis*) was studied under defined nutritional and environmental conditions. Shoot regeneration occurred in all the media tested. Of these, the best medium was composed of 1/4 diluted Murashige and Skoog (MS) basic medium with 3% sucrose. At higher concentrations of basic medium (MS or 1/2 MS), the regeneration of shoots decreased and blackening of the explants increased. The medium 1/2 MS (with 3% sucrose) + 2,4-D (1 mg/l) + zeatin (0.5 mg/l) has been shown to be the best for callus proliferation from leaf explants. Cell suspension cultures were readily established by subculturing callus on 1/4 MS (with 3% sucrose) + 2,4-D (1 mg/l) + 2-iP (0.1 mg/l). The callus differentiated roots but not shoots.

INTRODUCCION

El árbol de yerba mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire - Aquifoliaceae) se cultiva en el noreste de las provincias argentinas de Misiones y Corrientes, en el sur de Brasil y en Paraguay. Sus hojas se utilizan para elaborar la yerba mate, una infusión estimulante.

La yerba mate se propaga por semillas, pero ello genera una alta variabilidad genética en la descendencia. Por esta razón existe un marcado interés en desarrollar un sistema que permita la propagación vegetativa de genotipos seleccionados de yerba mate. Se han obtenido plantas mediante el enraizamiento de estacas de tallo, pero esta técnica presenta muchas dificultades, entre ellas, el hecho de que los resultados varían año a año (8). También se han hecho los primeros intentos con el uso de injertos con resultados variables (Víctor Jorge Navajas, comunicación comercial).

COMPENDIO

Se desarrollaron vástagos de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) mediante cultivo *in vitro* de explantos de tallo con una yema axilar. Se obtuvieron mejores resultados empleando el medio básico de Murashige y Skoog (MS) diluido en su concentración de sales a un cuarto, con sacarosa al tres por ciento. El empleo de medios básicos más concentrados (MS y 1/2 MS) disminuyó la brotación de las yemas y aumentó el ennegrecimiento de los explantos. El medio diluido en 1/4 MS (sacarosa al 3%) + 2,4-D (1 mg por litro) + zeatina (0.5 mg por litro) resultó ser el mejor, para la inducción y mantenimiento de callos originales de hojas. Se establecieron suspensiones celulares a partir de callos mediante subcultivos en 1/4 MS + 2,4-D (1 mg por litro) + 2-iP (0.1 mg por litro). Con el cultivo de explantos foliares únicamente se obtuvieron callos, de los cuales se diferenciaron raíces.

En los últimos años se han hecho avances significativos en el desarrollo del cultivo de tejidos como alternativa para la propagación vegetativa, especialmente de especies leñosas (1, 2, 11). Recientemente se ha demostrado la posibilidad de obtener plantas de yerba mate *in vitro*, a partir de ápices caulinares y de segmentos nodales, sin embargo existen aspectos que deben ser investigados con el objeto de mejorar la eficiencia de esta técnica. Uno de éstos es la determinación de un medio de cultivo adecuado (9).

En este trabajo se dan a conocer los medios de cultivo y las normas para el establecimiento *in vitro* de segmentos nodales y explantos de hojas de yerba mate. Asimismo se informa acerca del establecimiento de suspensiones celulares, con el objeto de estudiar las posibilidades de propagar masivamente esta especie por medio de la embriogénesis.

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con ochenta plantas de yerba mate, *I. paraguariensis* St. Hil. del clon "Garruchos 8". Estas se obtuvieron mediante el enraizamiento de estacas de una planta madre de diez años de edad, que crece en el Establecimiento Las Marías, ubicado en Gobernador Virasoro, Corrientes, Argentina.

Las plantas madres crecieron en macetas en el invernadero, en condiciones de media sombra. Se cultivaron dos tipos de explantos. El primer tipo fueron segmentos de tallo con una yema axilar, tomados de ramas en

¹ Recibido para la publicación el 11 de setiembre de 1989. Trabajo realizado en el Instituto de Botánica del Nordeste (IBONE), C.C. 209, (3.400) Corrientes, Argentina. Este trabajo fue ejecutado en el marco de un Acuerdo de Trabajos en Colaboración con la Fundación Victoria J. Navajas. Fue parcialmente subsidiado por el plan 665 de CAFPTA. Los autores agradecen a V. Maruñak la confección de la lámina.

* IBONE - Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Corrientes, Argentina.

** Establecimiento Las Marías, Corrientes, Argentina.

activo crecimiento que correspondieron a las cinco primeras yemas de cada rama. Los segmentos nodales fueron desinfectados por inmersión en etanol al 70% durante un minuto y luego en una solución de cloro comercial al 2% de NaOCl durante 25 minutos; finalmente se lavaron varias veces con agua destilada estéril. El segundo tipo de explanto estuvo constituido por trozos de lámina foliar de 5 mm² provenientes de hojas jóvenes, cercanas al ápice caulinar. Las hojas se lavaron con agua, luego se desinfectaron con una solución de cloro al 0.8% de NaOCl durante diez minutos, y, por último, se lavaron tres veces con agua destilada estéril.

Los explantos fueron cultivados en tubos de vidrio de 12 cm x 2 cm con 10 ml de medio de cultivo esterilizado en autoclave a 1 atm durante 25 minutos.

Los segmentos nodales fueron cultivados en el medio de cultivo de Murashige y Skoog (MS) (7) en la concentración original, diluido a la mitad (1/2 MS), a un cuarto (1/4 MS) y a un octavo (1/8 MS), así como también en el medio de McCown y Lloyd (5). En todos los casos se empleó sacarosa al 3%; ningún medio contenía sustancias reguladoras del crecimiento.

Los explantos de hoja fueron cultivados en MS, 1/2 MS, ó en 1/4 MS con 3% de sacarosa, suplementado con diferentes concentraciones y combinaciones de ácido indol-acético (AIA), ácido indolbutírico (AIB), ácido naftalenacético (ANA), ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), cinetina (CIN), benciladenina (BA), zeatina (ZEA) y 2-isopenteniladenina (2-iP). Antes de adjuntar el agar (0.8%), el pH de los medios de cultivo fue ajustado a 5.8 con KOH, HCl o ambos.

Los explantos cultivados se incubaron en un cuarto climatizado, a una temperatura constante de 27°C + 1°C y un fotoperíodo de 14 horas (10 W/m² por lámparas fluorescentes, "Grolux"). Los explantos foliares también se cultivaron en condiciones de oscuridad.

Para el establecimiento de las suspensiones celulares, callos de 45 días de cultivo en 1/4 MS + ANA (1 mg/l) + 2-iP (0.5 mg/l) fueron transferidos a medios líquidos compuestos por 1/4 MS + 2,4-D (1 mg/l) + 2-iP (0.1 mg-l). También se ensayó el medio de McCown y Lloyd (5). De esta manera y luego de varios subcultivos se generaron suspensiones celulares (Fig. 2c) de crecimiento lento y con una alta tendencia de las células a agregarse conformando pequeños callos (1 mm - 2 mm), los que fueron mantenidos a 27°C + 1°C, con 14 h de fotoperíodo (10 W/m²) en un agitador orbital a 90 revoluciones por minuto.

Las suspensiones celulares fueron transferidas a cajas de Petri con 1/4 MS + ANA 1 mg/l + 2-iP 0.1 mg/l ó 1/4 MS + ANA 0.1 mg/l + BA 1 mg/l, en las que los callos continuaron su crecimiento.

Los callos obtenidos mediante el cultivo de explantos foliares y los provenientes de cajas de Petri fueron transferidos a medios frescos -solidificados con agar al 0.8% - que contenían 1/4 MS (con 3% de sacarosa) suplementado con varias combinaciones y concentraciones de sustancias reguladoras del crecimiento.

En todos los casos se cultivó un explanto por tubo y se emplearon como mínimo 10 explantos por tratamiento. Los experimentos fueron repetidos tres veces. El crecimiento de los callos fue medido en peso fresco de los mismos al mes de incubados.

RESULTADOS

Cultivo de segmentos nodales

Al cabo de 30 días de cultivo, los resultados obtenidos (Fig. 1) revelaron que el porcentaje de explantos ennegrecidos estaba influenciado por el medio de cultivo empleado: En MS fue del 39% y en 1/4 MS se redujo al 10 por ciento.

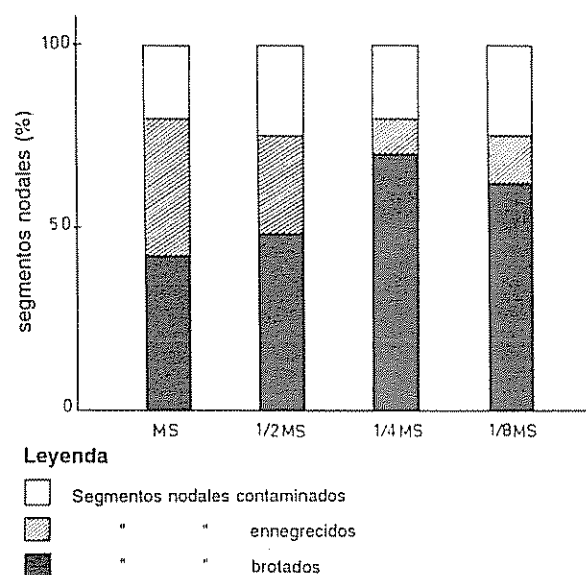


Fig. 1. Efecto de cuatro concentraciones de las sales minerales y vitaminas del medio de Murashige y Skoog sobre el cultivo de segmentos uninodales de yerba mate. En todos los casos se empleó sacarosa al tres por ciento.

Si bien brotaron yemas en los cuatro medios ensayados (Fig. 1), se observaron diferencias en cuanto al porcentaje de los explantos brotados. Los máximos valores fueron obtenidos con 1/4 MS. Además en 1/4 MS los brotes presentaban mayor longitud (2 cm) y las hojas tenían mayor tamaño (0.8 cm), (Fig. 2a). En 1/8 MS los brotes presentaban signos de clorosis.

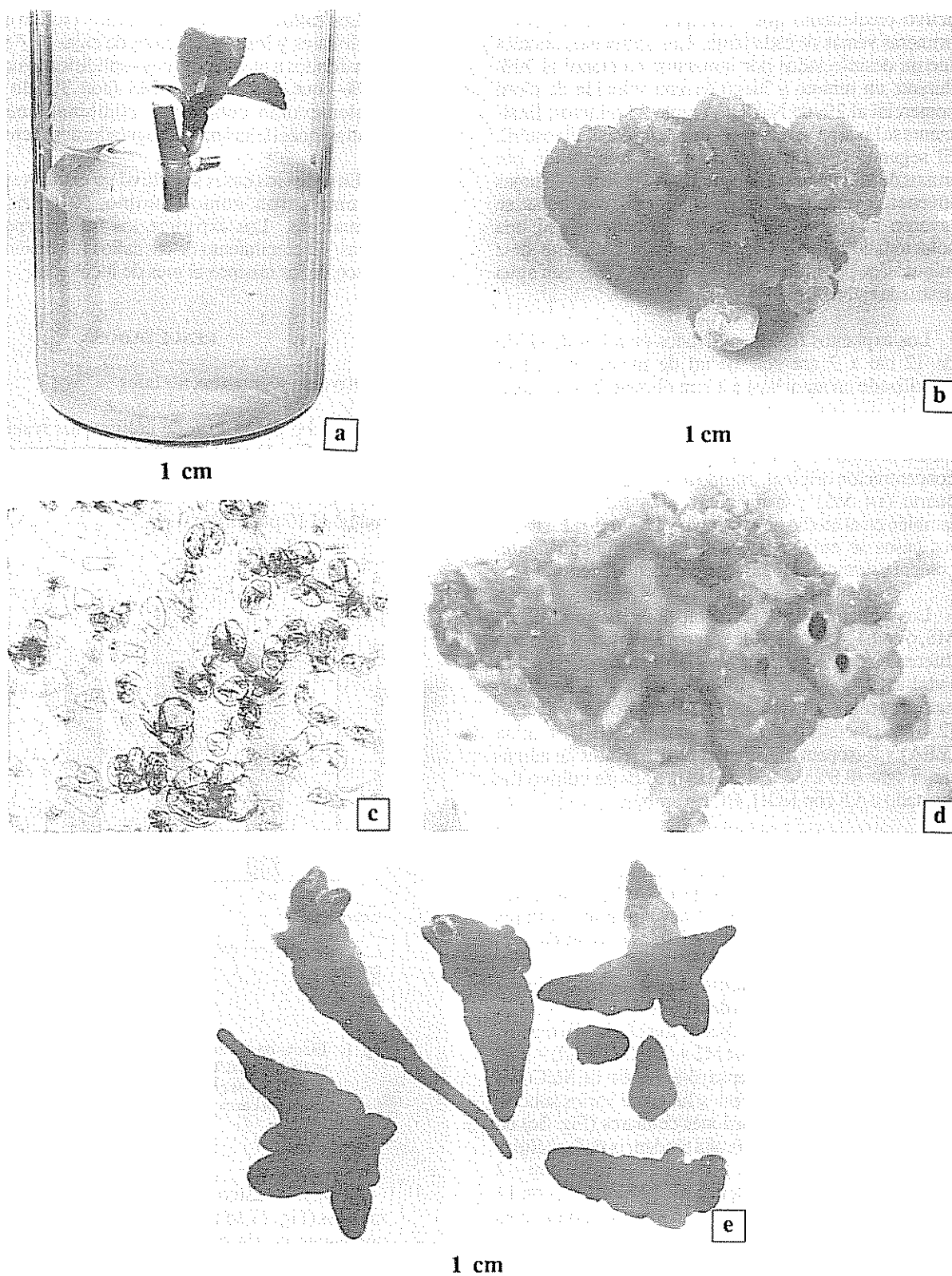


Fig 2. Cultivo de tejidos de yerba mate. a) Brotación de un segmento nodial en un $1/4$ MS; b) callo obtenido por cultivo de explantos foliares en un $1/4$ MS + 2,4-D 1 mg/l + 2ip 0.5 mg/l; c) suspensiones celulares (40 x); d) rizogénesis en callos cultivados en $1/4$ + ANA 1 mg/l + 2iP 0.1 mg/l; e) inducción de raíces a partir de estructuras similares a embriones.

Inducción de callos a partir de lámina foliar y establecimiento de suspensiones celulares

El procedimiento de desinfección de las hojas resultó satisfactorio, dado que el porcentaje de explantos contaminados no superó el 10 por ciento. Al cabo de dos semanas de incubación se visualizó la formación de callos (Fig. 2b) en la mayoría de los medios ensayados, excepto en los que contenían AIA e AIB (1 mg/l) en combinación con BA (0.5 mg/l), así como también AIB (1 mg/l) + zeatina (0.5 mg/l). Transcurrido un mes de incubación, los cultivos que fueron mantenidos en condiciones de oscuridad manifestaron un ritmo de crecimiento de callos dos veces superior (800 mg de peso fresco), que aquellos incubados en luz (400 mg). Si bien en todas las diluciones del medio se obtuvieron callos, el ritmo de crecimiento fue superior cuando se empleó 1/4 MS. Este medio fue el único que permitió que los callos continuaran creciendo en los posteriores subcultivos.

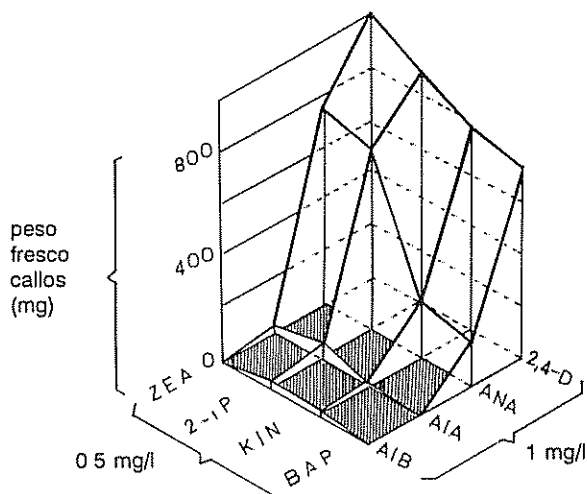


Fig. 3. Efecto de cuatro auxinas y cuatro citocininas suplementadas a 1/4 MS (sacarosa 3%) en el crecimiento de callos originados de explantos de lámina foliar de la yerba mate. Resultados tomados a los 40 días de incubación.

El crecimiento de los callos dependió del tipo y concentración de auxina y citocinina que se adicionó al medio 1/4 MS. En la Fig. 3 se representan los resultados obtenidos con la combinación entre cuatro auxinas y cuatro citocininas. El mayor crecimiento de callos se logró en 1/4 MS + 2,4-D (1 mg/l). Independientemente de la citocinina empleada, los callos de mayor tamaño (1000 mg) se obtuvieron con 2,4-D y ANA; en cambio cuando se utilizaron AIB ó AIA, se obtuvieron callos pequeños (30 mg) en relación con los antes mencionados. En general, el orden decreciente de efec-

tividad de las citocininas empleadas para el logro de callos de buen crecimiento fue: zeatina, 2-isopenteniladenina, cinetina y benciladenina. La mayoría de los callos fueron de consistencia compacta.

Organogénesis a partir de callos y suspensiones celulares

En varios medios de cultivo se logró un buen crecimiento calloso a través de las sucesivas transferencias. En este aspecto se destacó el medio 1/4 MS + ANA 1 mg/l + 2-iP 0.1 mg por litro. La friabilidad de los callos aumentó en los subcultivos y en ningún caso se pudo apreciar la regeneración de vástagos, aunque especialmente en medios suplementados con 2-isopenteniladenina y, en menor medida, con cinetina hubo un 50% de diferenciación de raíces (Fig. 2d). Asimismo, en los callos y en las suspensiones celulares se desarrollaron estructuras que únicamente brindaron raíces pero no vástagos (Fig. 2e).

DISCUSION

Los segmentos nodales y los explantos foliares de la yerba mate tienen un comportamiento *in vitro* similar al mostrado por la mayoría de las especies leñosas, pues la implantación de los cultivos puede verse dificultada por la contaminación con hongos, bacterias o ambos. Los explantos de yerba mate han mostrado ser muy exigentes en cuanto a la concentración de las sales minerales y vitaminas del medio de cultivo. La utilización de MS en su formulación original (7) o diluido a la mitad (1/2 MS) se traduce en una disminución de la brotación de los segmentos nodales y en un marcado aumento de segmentos nodales ennegrecidos. Asimismo, MS y 1/2 MS limitan o impiden el crecimiento de los callos generados en explantos foliares. El ennegrecimiento de los explantos está estrechamente correlacionado con la utilización de las concentraciones más altas del medio básico, que evidentemente resultan tóxicas. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en otras especies leñosas, los cuales han demostrado que el elevado contenido salino de la formulación original del medio MS afecta la supervivencia de los cultivos de ellas (6). En cambio, el empleo del medio 1/4 MS resultó satisfactorio para el establecimiento y brotación de los segmentos nodales en relación con el medio de McCown y Lloyd (5), como asimismo para la inducción y el mantenimiento del crecimiento calloso (6).

El establecimiento y brotación *in vitro* de los segmentos nodales de la yerba mate se obtienen con 1/4 MS (sacarosa al 3%), desprovisto de reguladores de crecimiento. En cambio, para la inducción de callos a

partir de explantos foliares, se requiere la adición al medio 1/4 MS (sacarosa al 3%) de una auxina y una citocinina. Los mejores resultados se logran con una combinación entre 2,4-D (1 mg/l) y zeatina (0.5 mg/l). La incubación de los cultivos en condiciones de oscuridad favorece notoriamente el crecimiento inicial de los callos y el establecimiento de suspensiones celulares (3, 4, 11).

La falta de regeneración de plantas a partir de callos de los explantos foliares limita la utilización de este sistema en los planes de fitomejoramiento. Sin embargo, la diferenciación de estructuras que únicamente brindan raíces, es un aliciente para abordar nuevas investigaciones que esclarezcan los factores que regulan la organogénesis y la embriogénesis *in vitro* de la yerba mate.

LITERATURA CITADA

1. CHALUPA, V. 1987. European hardwoods. In Cell and Tissue Culture in Forestry. J.M. Bonga, D.J. Durzan (Eds). Boston, Martinus Nijhoff Publishers. v. 3, p. 224-246.
2. DUNSTAN, D.I.; THORPE, I.A. 1986. Regeneration in forest trees. In Cell and Somatic Cell Genetics of Plants I.K. Vasil (Ed). Orlando, Academic Press. v. 3, p. 223-241.
3. FERREIRA, A.G.; HU, C.Y. 1984. Influencia da luz na embriogénesis tardía de *Ilex*-culturas *in vitro*. In Congreso Nacional de Botánica (34.) Anais. Comunicacocs. Porte Alegre, Bra. v.2, p. 441-449.
4. HU, C.Y. 1976. Light-mediated inhibition of *in vitro* development of rudimentary embryos of *Ilex opaca*. American Journal of Botany 63(5):651-656.
5. McCOWN, B.H.; LLOYD, G. 1981. Woody plant medium: A mineral nutrient formulation for microculture of woody plant species. HortScience 16:453.
6. McCOWN, B.H.; SELLMER, J.C. 1987. General media and vessels suitable for woody plant culture. In Cell and Tissue Culture in Forestry. J.M. Bonga, D.J. Durzan (Eds). Boston, Martinus Nijhoff Publishers. v. 1, p. 4-16.
7. MURASHIGE, T.; SKOOG, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiologia Plantarum 15:473-497.
8. PRAT KRICUM, S.D. 1981. Selección clonal en té y yerba mate. In Jornadas de Genética Aplicada del Nordeste Argentino. Actas. p. 71-77.
9. REY, H.Y.; MROGINSKI, L.A. 1988. Regeneración de plantas de yerba mate *Ilex paraguariensis* por cultivo *in vitro* de ápices caulinares y de segmentos nodales. Phytom. Revista Internacional de Botánica Experimental 48:139-145.
10. SONDHAL, M.R.; MONACO, L.C.; SHARP, W.R. 1981. *In vitro* methods applied to coffee. In Plant Tissue Culture Methods and Applications in Agriculture. T.A. Thorpe (Ed.). New York, Academic Press. p. 325-347.
11. TULECKE, W. 1987. Somatic embryogenesis in woody perennials. In Cell and Tissue Culture in Forestry. J.M. Bonga, D.J. Durzan (Eds). Boston, Martinus Nijhoff Publishers. v. 2, p. 61-91.

Semen Traits and Quality in Hemiorchidectomized Puberal West African Dwarf Goat and Coital Cues of Intact Sexually Mature Counterparts¹

O. Chiboka*

ABSTRACT

In the first of two trials, 15 puberal West African dwarf goats aged between 12-18 months, were assigned randomly to three treatments: a) left testis orchidectomy: castration of the left testis; b) intact testis: zero castration; and c) right testis orchidectomy: castration of the right testis. Semen was collected in this trial by artificial vagina using restrained non-estrous does. In a second trial which consisted of four sexually-matured bucks, semen was also collected by artificial vagina using restrained non-estrous does. In this trial estrous does were also used to determine coital cues of the sexually-matured bucks. Semen characteristics were measured in each of the two trials. Results indicated that younger puberal bucks should be preferred in a breeding programme because of their high libido (quick reaction time), rather than the older, sexually-matured bucks with slow reaction time and low libido.

INTRODUCTION

Chiboka *et al.* (4) found significant increase in sperm output by unilaterally castrated rams over intact rams. In bulls, Boockfor (6) found increase in testis weight, seminiferous tubular diameter, epithelial cell height and the ratio of testis to body weight were greater in the unilaterally castrated bulls than those of intact bulls or bulls surgically rendered unilaterally cryptorchid. Boockfor (6) also found that unilateral castration at three months of age caused greater compensatory growth and associated changes as opposed to unilateral castration later in the life of those bulls. There is a paucity of information on reproduction work of West African dwarf goats in the humid tropics. The objective of this work was to find the effect of unilateral gonadectomy on sperm production in puberal West African dwarf goat (WADG) bucks and semen traits and coital cues in their intact sexually-matured counterparts.

COMPENDIO

En esta investigación se realizaron dos pruebas. En la primera de ellas, 15 cabros enanos de Africa Occidental al inicio de la pubertad (entre 12 y 18 meses de edad) fueron sometidos a tres tratamientos: a) gonadectomía (castración) del testículo izquierdo (LC); b) testículos intactos (sin castrar) (IN), y c) gonadectomía (castración) del testículo derecho (RL); se recolectó el semen por medio de vaginas artificiales utilizando hembras sujetas que no estaban en celo. En la segunda prueba se recolectó el semen de cuatro cabros sexualmente maduros por medio de vaginas artificiales utilizando hembras sujetas que no estaban en celo, y con el fin de determinar las señales de coito de los cabros sexualmente maduros, también se utilizaron cabras en celo. En cada una de las dos pruebas se analizaron las características del semen. Los resultados indicaron que para programas de cría es preferible utilizar machos jóvenes en pubertad, debido a su alto libido (corto tiempo de reacción), en vez de machos más viejos y sexualmente maduros, que tienen un tiempo de reacción más largo y bajo libido.

MATERIALS AND METHODS

In the first of two trials, 15 WADG bucks between 12-18 months old were assigned randomly in five successive replicates to three treatments: a) left testis orchidectomy: castration of the left testis (LC); b) intact testis: zero castration (IN); and c) right testis orchidectomy: castration of the right testis (RC). Castration was carried out at four weeks *post partum* by crushing the spermatic cord with a burdizzo and sterilizing the area of the skin overlying the cord with penicillin antibiotic spray to prevent infection. The goats used in the two trials were zero grazed and housed in a barn with slatted floor. They were in good health with low flock mortality. They were fed twice daily (morning and evening) on forage consisting of *Panicum maximum*, *Leucaena leucocephala* and *Gliricidia sepium*; and each received 250 g/day of concentrate supplement in the afternoon. They were routinely treated once every three weeks against ectoparasites such as ticks and lice, and vaccinated against brucellosis once in their lifetime and vaccinated annually against "peste des petits ruminant." Prompt veterinary care was given to the animals when necessary. Details of the management procedure are given by Chiboka *et al.* (5).

In the first trial, semen was harvested by artificial vagina from five bucks every Saturday using restrained non-estrous does. In a second trial semen was collected

1. Received for publication 25 July 1989.

* Department of Animal Science, Abafemi Awolowo University Ile-Ife, Nigeria.

from four sexually-matured bucks (numbers 207, 1000, 996 and 999) also by artificial vagina. At the beginning of the experiment bucks 207 and 1000 were three years old, and bucks 996 and 999 were five years old. Restrained non-estrous does were also used in the trial for semen harvest. Five estrous does per buck were used in this second trial to measure coital cues and sex drive (libido).

Semen characteristics measured in each of the two trials were colour, volume, raw motility, pH, progressive motility, total percentage abnormal sperm, live sperm and total sperm concentration. The method of semen harvest and determination of semen characteristics are described by Chiboka (2, 3) and Okere *et al.* (10). All matings were carried out early in the morning between 8.00 and 10.00 am and late afternoon, 4.00 pm. The procedure for testing the rams for coital cues consisted of exposing an estrous doe to a buck for a maximum time of ten minutes. The test was terminated after effective ejaculation, usually marked by forward pelvic thrusts, or at the end of ten minutes, whichever came first.

Throughout the test, each estrous doe was taken to the buck occupying a single pen. A combination of stop watch and digital wrist watches were used to record time changes for the following coital events by the buck: time to Flehmen lip curl; time to sniff the perineum of the estrous does; time for abortive mounts of estrous doe; time to mount estrous doe; time for intromission; and time to ejaculation. The totality of time spent from the first to last event (one sexual congress) is the reaction time of a given buck.

Semen for characterization was collected from a given buck on a separate day from the day of the coital cues test; this procedure being slightly modified from that described by Chiboka (1). Each of the two trials was considered as a one-way experimental design and analysed as such by analysis of variance and means compared by Duncan's new multiple range test as described by Steel and Torrie (11).

RESULTS

Table 1 shows comparison of means by Duncan's new multiple range test of the semen characteristics from intact and unilaterally castrated West African dwarf goat bucks in the first trial. There was a significant ($P < 0.05$) difference in sperm cell concentration/ml ($\times 10^9$ spc/ml) between intact and unilateral castrates which produced significantly ($P < 0.01$) more sperm cells than the intact. There were no significant differences for other variables including semen colour which was like lemon juice. Table 2 shows the analysis

of variance of the first trial indicating a significant ($P < 0.01$) treatment effect on spc/ml and total sperm count. Other treatment effects were not significantly different.

In trial two, Table 3 shows mean semen characteristics of sexually matured WADG bucks. There were no significant differences for the variables of all the coital cues measured. Buck numbers 207 and 1000 did not differ significantly ($P > 0.05$) in Flehmen lip curl but they differed ($P < 0.05$) significantly from buck numbers 996 and 999 with regard to that same variable. The same pattern of variation was observed for time spent on abortive mounts, number of abortive mounts, and in total reaction time. Semen colour in the second trial was creamy-white.

Table 4 shows the mean values of coital cues of sexually matured WADG bucks, and Table 5 shows mean squares of the analysis of variance of coital cues of sexually matured WADG bucks. The latter table shows significant ($P < 0.01$) treatment effects on Flehmen lip curl, time and number of abortive mounts, and total reaction time.

DISCUSSION

The results in Tables 1 and 2 show that compensatory growth and testicular activity of the remaining testis following unilateral castration in the goat buck occur, leading to greater sperm cell production than in the intact goat bucks. This finding is in keeping with findings in sheep (4, 8), bulls (6), and rats (9). There was an increase in sperm cells of about 67 percentage points in the hemiorchidectomized goat bucks over the intact bucks, as compared to that found in sexually-matured rams (4) in which the sperm concentration in the hemiorchidectomized rams appeared to be more than double that of the intact rams. This might be due to species and/or age differences.

The increase in sperm concentration in the goat bucks is of great significance for artificial insemination programmes in which such goat bucks could be unilaterally orchidectomized for increase in sperm output during sperm harvest. On the other hand, sperm output in intact puberal and sexually-matured goat bucks failed to show any noticeable differences. This indicates that once sperm production begins in normal bucks, normal production appears to continue. Perhaps the effect of compensatory growth takes longer. In the work of Chiboka *et al.* (4) semen was harvested when the rams (both the intact and unilaterally orchidectomized groups) were over two years old. Since compensatory hypertrophy is a growth process it is not surprising that it should be a function of time.

Table 1. Mean semen characteristics of intact and unilaterally castrated West African dwarf goat bucks (Trial 1).

Semen characteristics	LC		IN		RC	
	\bar{x}	s d	\bar{x}	s d	\bar{x}	s d
Volume (ml)	0.46 ^a	0.05	0.46 ^a	0.05	0.48 ^a	0.084
Raw motility (1-5)	4 ^a	0.71	4 ^a	0.71	4 ^a	0.71
Sperm concentration ($\times 10^9$ /ml)	5.92 ^a	0.44	3.54 ^b	0.51	5.70 ^a	0.29
pH	7 ^a	0	7 ^a	0	7 ^a	0
Progressive motility percentage	78.9 ^a	1.50	79.7 ^a	1.42	79.6 ^a	0.91
Live sperm percentage	86.7 ^a	1.5	86.3 ^a	1.0	87.0 ^a	1.1
Abnormal sperm percentage	9.2 ^a	1.3	9.4 ^a	1.1	9.8 ^a	1.3
Total sperm count ($\times 10^9$ /ml)	2.71 ^a	0.53	1.63 ^b	0.32	2.72 ^a	0.39

Within each row variable means with same letters are not significantly different ($P > 0.05$)

LC = left testis orchidectomy (castration of the left testis)
 IN = intact testis (zero castration)
 RC = right testis orchidectomy (castration of the right testis)
 SPC = sperm cell concentration

Table 2. Analysis of variance of semen characteristics of intact and unilaterally castrated West African dwarf goat bucks (Trial 1).

Source of variation	d.f	Mean squares						
		Volume ml	Raw motility	Sperm concentration ($\times 10^9$ spc/ml)	Total sperm count ($\times 10^9$ spc/ml)	Progressive motility	Live sperm	Abnormal sperm
Treatments	2	1.25×10^{-4}	0	5.20**	1.949**	0.56	0.55	0.47
Error	12	4.33×10^{-4}	0.5	0.18	0.11	2.37	1.44	1.56

** = ($P < 0.01$)

Table 3. Mean semen characteristics of sexually matured West African dwarf goat bucks variables compared by Duncan's new multiple range test (Trial 2).

	996	207	999	1000
Volume	0.74 ± 0.13	0.74 ± 0.14	0.82 ± 0.06	0.87 ± 0.08
Raw motility	3.8 ± 0.27	4.0 ± 0.35	3.9 ± 0.22	3.9 ± 0.30
Sperm concentration ($\times 10^9$ /ml)	3.2 ± 0.3	3.3 ± 0.2	3.3 ± 0.4	3.2 ± 0.3
Total sperm count ($\times 10^9$ /ml)	2.4 ± 0.3	2.4 ± 0.4	2.8 ± 0.1	2.8 ± 0.2
pH	7.0	7.0	7.0	7.0
Progressive motility %	79.2 ± 1.3	78.9 ± 0.9	79.3 ± 0.8	78.4 ± 1.9
Live sperm	86.06 ± 1.01	87.44	87.2 ± 1.8	86.9 ± 1.4
Total abnormality %	9.2 ± 1.5	8.7 ± 0.8	9.2 ± 0.7	9.00 ± 1.0

In a given row, means without any superscript are not ($P > 0.05$) significantly different

Land and Carr (8) showed that there is increased production of luteinizing hormone (LH) following unilateral orchidectomy, and Chiboka *et al.* (4) also showed increases in follicle stimulating hormone (FSH), LH and prolactin following unilateral orchidectomy. According to Williams (13) and Frieden and Lipner (7), FSH in the male is involved in initiation of gametogenesis and testosterone production, and is also necessary for completion of spermatogenesis while LH or interstitial cell stimulating hormone (ICSH) promotes Leydig cell production of testosterone, an anabolic steroid. Synergism exists in the interaction of FSH and LH (13) and can lead to increased growth of the testis with a concomitant increase in sperm output. Prolactin, a lactogenic hormone, can, under certain laboratory conditions (13), also lead to increased growth of the testis. Prolactin, though a lactogenic hormone, has, under certain laboratory conditions (13), been shown to have general metabolic actions in males which are unrelated to reproduction and are similar to those of somatotropin. Chiboka (3) indicates that African dwarf sheep and tropical livestock breeds reproduce all year round because the hypothalamic hypophysial adreno gonadal axis has become photo and thermo-neutral over centuries, irrespective of environmental variations.

Tables 4 and 5 contain the coital cues in sexually matured WADG bucks. The objective of this work is to document normal coital cues so that any deviations could be used in selecting good stud bucks. Table 4 indicates that bucks 996 and 999 (which were five years old at the start of the experiment) spent more time on Flehmen lip curl, sniffing, abortive mounts, number of abortive mounts, and total reaction time than bucks 207 and 1000 (which were three years old at the start of the experiment). This observation, among others, indicates that the older goat bucks become, the lower their

libido because more time is spent sluggishly performing the coital cues preceding ejaculation. This observation also shows that between the ages of three and five years the time spent on Flehmen lip curl, sniffing, intromission and ejaculation differs. This experiment favours the practice of replacing older bucks with younger ones for higher libido in a breeding programme. With low libido, it may become difficult to ensure that the sperm cells are at the site of fertilization (fallopian tube) when the ovum/ova are ready to be fertilized. A slow breeding process or low libido will inhibit the timely meeting of the ova and sperm cells. This scenario could undermine profitable livestock programmes unless the presence of virile bucks is assured at all times.

Table 4. Mean values of coital cues of sexually matured West African dwarf goat bucks. Means compared by Duncan's new multiple range test bucks (Trial 2).

Variable	Ram number			
	996	207	999	1000
1 Flehmen lip curl (sec)	22 ^b	14 ^a	24 ^b	14.6 ^a
2 Sniffing (sec)	4.8 ^a	4.2 ^a	4.8 ^a	4.6 ^a
3 Abortive mounts (min)	3.6 ^b	1.4 ^a	3.8 ^b	1.2 ^a
4 Number of abortive mounts	5.6 ^b	1.8 ^a	6.4 ^b	1.4 ^a
5 Intromission (sec)	4.0 ^a	3.8 ^a	3.6 ^a	3.6 ^a
6 Ejaculation (sec)	3.2 ^a	2.4 ^a	2.6 ^a	2.8 ^a
7 Total reaction time (min)	4.6 ^a	1.81 ^b	4.79 ^a	1.64 ^b

Within a given row, variable means with the same letter are not significantly ($P > 0.05$) different

Table 5. Mean squares of analysis of variance of coital cues in sexually matured West African dwarf goat bucks (Trial 2).

Source	d.f	Flehmen lip curl (sec)	Sniffing (sec)	Abortive mounts (min)	Intromission (sec)	Ejaculation (sec)	No. abortive mounts	Reaction time (sec)	Corpula inter (min)
Treatment	3	129.78**	0.4ns	9.67**	0.18ns	0.73ns	32.93**	12.96**	1.13
Error	16	14.45	0.6	1.00	0.33	0.50	5.28	0.76	0.68
SEM									

* = $P < 0.05$

** = $P < 0.01$

ns = $P < 0.05$

LITERATURE CITED

1. CHIBOKA, O. 1973. Breed differences in seasonal reproductive pattern of rams. Mag. Sc. Thesis. Madison, Wisconsin. p. 1-93.
2. CHIBOKA, O. 1980. Semen characteristics of West African dwarf sheep. *Animal Reproduction Science* 3:247-252.
3. CHIBOKA, O. 1986. Accelerated lambing through zero weaning in West African dwarf ewes in the humid tropics of Nigeria. *Turrialba* 36(3): 375-379.
4. CHIBOKA, O.; AGBE, S.A.; THOMAS, K.D. 1987. Testes growth semen characteristics and hormone levels in hemiorchidectomized West African dwarf rams. *Turrialba* 37(4):325-330.
5. CHIBOKA, O.; SOMADE, B.; MONTSMA, G. 1988. Production of West African dwarf goat: A summary of work at Ile-Ife. In *International Conference on Goat Production in the Humid Tropics (1987, Nigeria)*. Proceedings. Wageningen, The Netherlands, Prodoc. p. 125-136.
6. BOOCKFOR, R.R. 1982. The effect of unilateral castration and unilateral cryptorchidism on puberal development of the Holstein Bull. *Dissertation Abstracts International. B: The Sciences and Engineering* 43(5):1311-B1312.
7. FRIEDEN, E., LIPNER, N. 1971. *Biochemical endocrinology of the vertebrates*. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall. p. 1-155.
8. LAND, R.B.; CARR, W.R. 1975. Testis growth and plasma LH concentration following hernicastration and its relation with female prolificacy in sheep. *Journal of Reproduction and Fertility* 45:495-501.
9. MOGER, W.H. 1977. Endocrine responses of the pubertal male rat to hemiorchidectomy. *Biology of Reproduction* 17(5):661-667.
10. OKERE, C.; CHIBOKA, O.; MONTSMA, G. 1986. Effect of frequent ejaculation of West African dwarf goat on semen characteristics. *Animal Production Science* 11:249-258.
11. STEAL, R.G.D.; TORRIE, J.H. 1960. *Principles and procedures of statistics*. New York, McGraw. p. 107-111.
12. TIZIKARA, C.; AKINOKUN, O.; CHIBOKA, O. 1985. A review of factors limiting productivity and evolutionary adaptation of tropical livestock. *World Review of Animal Production* 21(4):41-46.
13. WILLIAMS, R.H. s.f. *Textbook of endocrinology*. 5 ed Philadelphia, Saunders. p 40-46.

Ascorbic Acid Turnover, Carbohydrates and Mineral Nutrients in the Cotton Plant (*Gossypium hirsutum* L.)¹

J.G. Bhatt*, R. Renganayagi**

ABSTRACT

Turnover of ascorbic acid has been studied for the first time in developing bolls of the cotton plant. The levels of free ascorbic acid and its enzymic utilization were higher during early stages of boll growth and declined progressively. The large quantities of ascorbic acid were in bound form and followed the same trend as free ascorbic acid. The complexing of ascorbic acid with macromolecules was also at higher levels during the early stages but decreased as the boll developed. The excision of main stem leaf subtending the sixth sympodium from below upward in var. LRA 5166 (*Gossypium hirsutum* L.) decreased ascorbic acid turnover, total sugars and starch in seed cotton and carpels of the bolls developing on first and second nodes of this sympodium. The reduction in bound form of ascorbic acid and its capacity to combine with macromolecules was comparatively more than in free ascorbic acid and its enzymic utilization. The treatment also decreased nitrogen, phosphorus, potassium and calcium contents of bolls, particularly in carpels which appear to retranslocate nutrients for the growth of seed and lint. The disturbed ascorbic acid and carbohydrate turnover, and the decreased transport of nutrients, significantly reduced the dry weight of seeds and lint in mature bolls.

INTRODUCTION

Though the sympodial leaf in the axil on which the cotton boll develops is the main source of assimilate supply, the main stem leaf subtending the sympodium meets 21% to 28% of its carbon requirements (12). The excision of the main stem leaf has been found to significantly reduce the boll weight irrespective of the species of cotton (2). Periodic changes in carbohydrate, nitrogen and mineral contents of the developing bolls have been reported by several workers but the effect of leaf excision on these changes is not known (4, 11, 13). Though ascorbic acid has been reported to play an important role in growth and differentiation in other plants, to date no information is available on its turnover in growing bolls of cotton except that the abscising bolls contained significantly low quantities of ascorbic acid (6, 7, 17).

COMPENDIO

En esta investigación se estudia por primera vez el contenido de ácido ascórbico en bellotas de algodón en desarrollo. Los niveles de ácido ascórbico libre y de su utilización enzimática son más altos en las primeras fases del crecimiento de la bellota pero declinan progresivamente. Se encontró gran cantidad de ácido ascórbico fijado que siguió la misma tendencia que el ácido ascórbico libre. Los niveles más altos de los complejos de ácido ascórbico y macromoléculas, también, se dieron al inicio del crecimiento, declinando conforme el desarrollo de la bellota. La poda del tallo principal a la altura del sexto simpodio a partir de la base en la variedad LRA 5166 (*Gossypium hirsutum* L.), bajó el contenido de ácido ascórbico, los azúcares totales y los almidones en las semillas y en los carpelos de las bellotas del primer y segundo nudos de este simpodio. La reducción del ácido ascórbico fijado y su capacidad para combinarse con macromoléculas fue comparativamente mayor que el efecto sobre el ácido ascórbico libre y su utilización enzimática. El tratamiento también bajó los contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en las bellotas, particularmente en los carpelos, lo que indicaría un desplazamiento de nutrimentos hacia semillas y fibras. También se redujo significativamente el peso seco de las semillas y la fibra de las bellotas maduras.

MATERIALS AND METHODS

The cotton cv. LRA 5166 (*G. hirsutum* L.) was grown in the field under irrigation. The main stem leaf subtending the sixth sympodium from below upwards was excised when the flower on the first node of this sympodium opened. For collecting plant material at regular intervals, over 150 uniform plants were selected and leaves were excised on the same day. A similar number of plants where main stem leaves were not excised served as the control.

The first sample for chemical analysis was taken on the fourth day after anthesis and the subsequent samples at six or seven days interval until the carpels of the bolls showed symptoms of drying. The bolls were collected in the morning and seed cotton and carpels were analysed separately.

The procedure described by Chinot *et al.* (9) was followed to determine free ascorbic acid (AA), bound ascorbic acid or ascorbigen (ASG), enzymic utilization capacity of ascorbic acid (AAU), and combining capacity of ascorbic acid with macromolecules (AA-MM). Total sugars were estimated by the Somogyi method (16), and starch according to the procedure of

¹ Received for publication 30 May 1986.

* Plant Physiologist, Research Student, Central Institute for Cotton Research, Regional Station, Coimbatore 641003, India

** Research Student, Central Institute for Cotton Research, Regional Station, Coimbatore 641003, India.

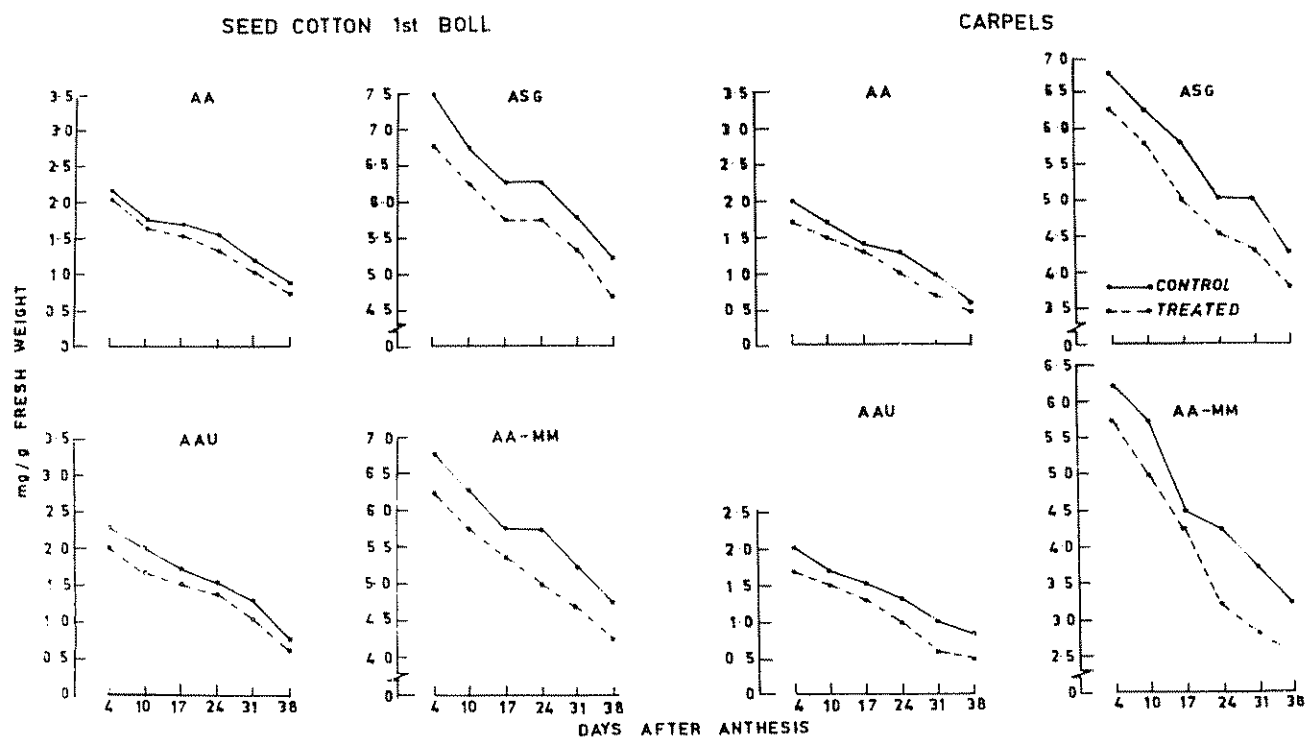


Fig. 1. Effect of leaf-excision on the turnover of ascorbic acid in seed cotton and carpels of developing bolls.

Pucher *et al.* (15). Nitrogen and phosphorus were estimated by standard colorimetric methods, potassium by flame photometer and calcium by the of Cheng and Bray method. The boll at the first node on the sixth sympodium, and subsequently the boll at the second node on this sympodium, were analysed. Since the results for both the bolls were similar, those for the first boll alone are given.

RESULTS AND DISCUSSION

In seed cotton of the normal boll, free AA was at a higher concentration until about the half boll maturation stage and then declined (Fig. 1). Large quantities of AA were in the bound form. Enzymic utilization of AA was greater during early stages of boll growth and followed the pattern of free AA. The combining ability of AA with macromolecules was also high until the half boll maturation stage.

The level of free AA in the carpels of the normal boll was as high as in seed cotton during the first 10 days but decreased at a slightly faster rate. In the carpels, maximum quantities of AA were as ASG and declined rather more rapidly than in seed cotton, whereas the trend in AAU was similar to free ascorbic acid. The decline in AA-MM was sharp during early stages, and though the levels were lower than in seed cotton, the fall after the twenty-fourth was at the same rate.

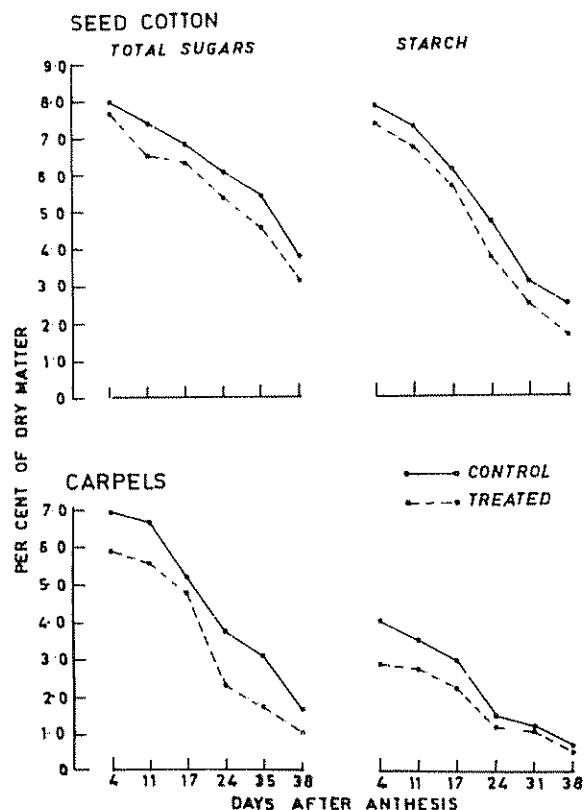


Fig. 2. Effect of leaf-excision on the changes in total sugars and starch in seed cotton and carpels of developing bolls.

After excision of the main stem leaf, AA turnover in the boll was considerably disturbed (Fig. 1). In seed cotton and carpels the quantum of reduction in AA and AAU was similar. Similarly more ASG appeared to be released in the seeds and carpels up to the seventeenth day, when compared with the control. The levels of AA-MM in seed cotton and carpels were lowered substantially during the later period of boll maturation. The fall in the carpels after the seventeenth day was steeper than in the control.

The excision of the main stem leaf also lowered total sugar and starch contents of seed cotton (Fig. 2). At several stages total sugars in carpels were reduced by over one per cent. The reduction in starch content during early stages varied from 0.5 to 1.0 per cent.

The occurrence of AA is known to generally coincide with high metabolic activity. Its rate of production and utilisation has been reported to govern the rates of development and it is also acted upon by a number of enzymes present in the plant system (10, 14). The excision of the main stem leaf lowered AA turnover considerably during boll development. Though the sympodial leaf is the primary source of supply for photosynthate and nutrients, excision of the main stem leaf did affect the normal requirement of the boll as total sugars and starch decreased at all stages of development. Hexose sugar is the unit from which AA is formed (1). The reduction in starch content of the carpels indicates the internal adjustment to divert more sugars for the growth of seeds and lint. Perhaps a portion of free sugars and/or that released through

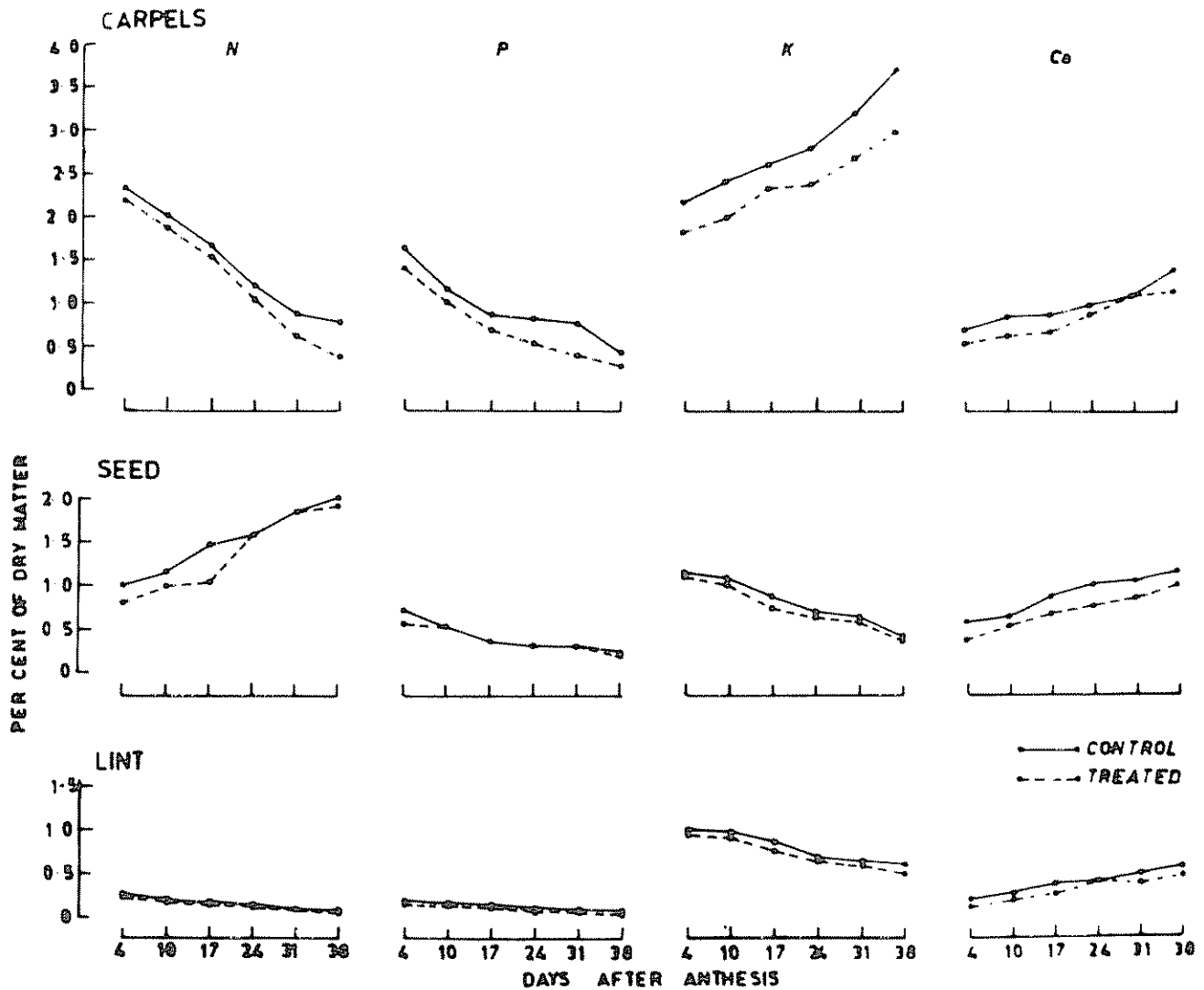


Fig. 3. Effect of leaf-excision on the changes in nitrogen, phosphorus, potassium and calcium contents in carpels, seeds and lint during boll development.

starch hydrolysis is converted to AA and stored as ASG. The possible role of AA in boll development is indicated by comparatively greater decrease of ASG and lowered levels of AA-MM both in seed cotton and carpels after leaf excision. Ascorbic acid complexes with macromolecules like DNA and RNA when a free radical of AA is generated in the medium, and the process goes on continuously in all active centres of growth (8).

Changes in mineral nutrients in carpels, seeds and lint followed the same trends as in other *G. hirsutum* cultivars reported first by Dastur and Ahad (11) and confirmed later by Leffler and Tubertini (13). The excision of main stem leaf affected the nutrient content of carpels more than seeds and lint (Fig. 3). Though reduction in nitrogen and phosphorus was greater from the twenty-fourth and seventeenth days respectively, the reduction in potassium content of carpels was comparatively higher throughout. Except for the penultimate stage, calcium was uniformly lowered. Since seeds and lint receive their nutrient requirements from the carpels, the latter appeared to retranslocate nutrients to the former as a result of leaf excision. Even then, until the twenty-fourth day, nitrogen in seeds was reduced appreciably. The calcium content was also a little lower. The effect of excision of the main stem leaf lends experimental support to the conclusion that in a developing cotton boll retranslocation of nutrients between carpels, seeds and lint occur continuously.

The excision of the main stem leaf significantly reduced the dry weight of mature bolls (Table 1). There was little effect on the weights of carpels, but seed and lint weights decreased significantly.

RESULTS

Though ascorbic acid is known to play an important role in growth and differentiation in plants, no information is available on its turnover in growing bolls (fruits) of the cotton plant. In cultivar LRA 5166 (*G. hirsutum* L.) seeds of the growing boll had a higher concentration of free AA until when the boll was approximately half mature and then declined. The large quantities of AA were in the bound form. Enzymic utilization of AA as well as its combining capacity with macromolecules, remained at higher levels until the half boll maturation stage. Concentration of free AA in the carpels of the boll was as high as in the seeds during the first ten days after anthesis. The carpels also had maximum quantities of AA in the bound form. These two forms of AA, and its enzymic utilization and combining capacity with macromolecules, decreased at a comparatively faster rate in carpels than in the seeds.

When the main stem leaf subtending the sixth sympodium from below was excised after the flower opened on the first node of this sympodium, AA turnover in the growing boll was disturbed considerably. In

Table 1. Effect of excision of main stem leaf on the weight of boll components at maturity.

Treatment	Carpels	Seeds	Lint	Boll weight
Boll at 1st node				
Control	0.92	1.72	1.22	2.95
Leaf excised	0.92	1.32	0.87	2.20
L.S.D. 5%	N.S.	0.290	0.159	0.275
Boll at 2nd node				
Control	0.87	1.72	1.00	2.72
Leaf excised	0.87	1.25	0.77	2.02
L.S.D. 5%	N.S.	0.199	0.081	0.224
Boll at 3rd node				
Control	0.95	1.37	0.95	2.32
Leaf excised	0.92	1.00	0.70	1.70
L.S.D. 5%	N.S.	0.152	0.159	0.200

N.S. = not significant.

seeds as well as carpels the quantum of reduction in free AA and its enzymic utilization was similar. The excision of the main stem leaf appeared to release more AA from its bound form in the seeds and carpels until the seventeenth day after anthesis. The combining capacity of AA with macromolecules was lowered substantially when compared with the normal boll. The total sugar and starch contents of seeds also decreased when the main stem leaf was excised. At several stages total sugars in carpels were reduced by over one per cent. The reduction in starch content of the carpels indicated that more sugars were diverted for the growth of seeds and lint. Perhaps a portion of the sugars released from starch is utilised for the formation of ascorbic acid. The comparatively greater decrease in

the bound form of AA and lowered levels of its combining capacity with macromolecules suggests the possible role of AA in boll development.

The excision of the main stem leaf had a greater effect in reducing mineral nutrient content of carpels than seeds and lint. Though the nitrogen and phosphorus content of carpels was low after about 20 days of boll growth, potassium content was lower throughout. Since seeds and lint receive their nutrient requirements from carpels, it appeared that in a developing boll, retranslocation of nutrients between the boll components occurs continuously. The excision of the main stem leaf significantly reduced the dry weight of mature bolls.

LITERATURE CITED

1. ABERG, B. 1949. Changes in ascorbic acid content of darkened leaves as influenced by temperature, sucrose application and severing from the plant. *Physiologia Plantarum* 2:164-183.
2. BHATT, J.G.; NATHAN, A.R.S. 1983. Effect of excision of main stem leaves in cotton. *Indian Journal of Plant Physiology* 26:177-181.
3. BONNER, W.D. 1957. Soluble oxidases and their function. *Annual Review of Plant Physiology* 8:427-452.
4. CASKEY, C.; GALLUP, W.D. 1931. Changes in the sugar, oil and gossypol content of developing cotton boll. *Journal of Agricultural Research* 42:671-673.
5. CHENG, K.L.; BRAY, R.H. 1951. Determination of calcium and magnesium in soil and plant material. *Soil Science* 72:449-458.
6. CHINYOY, J.J. 1962. Formation and utilization of ascorbic acid in the shoot apex of wheat as factors of growth and development. *Indian Journal of Plant Physiology* 5:172-201.
7. CHINYOY, J.J. 1964. Ascorbic acid-nucleic acid-protein metabolism concept of flowering in plants. In *International Botanical Congress (10)*. Abst. Pt. I, 347 p.
8. CHINYOY, J.J.; SINGH, Y.D.; LALORAYA, M.M. 1974. Depolymerization of biological macromolecules by free radical of ascorbic acid. In *International Symposium on Macromolecules*. p. 15-20.
9. CHINYOY, J.J.; SINGH, Y.D.; GURUMURTI, K. 1976. Colorimetric determination of ascorbic acid turnover in plants. *Indian Journal of Plant Physiology* 19:122-130.
10. CHINYOY, J.J. 1977. Importance of correlations in agrophysiology and physio-genetics. *Indian Journal of Plant Physiology* 20:1-35.
11. DASTUR, R.H.; AHAD, A. 1945. Studies in the periodic partial failures of the Punjab-American cottons in the Punjab. XIV. Mineral metabolism of normal and "trak" affected plants. *Indian Journal of Agricultural Science* 15:63-74.
12. HORROCKS, R.D.; KERBY, I.A.; BUXTON, D.R. 1978. Carbon source for developing bolls in normal and super okra leaf cotton. *New Phytologist* 80:335-340.
13. LEFFLER, H.R.; TUBERTINI, B.S. 1976. Development of cotton fruit. II Accumulation and distribution of mineral nutrients. *Agronomy Journal* 68:856-861.
14. MAPSON, L.W. 1958. Metabolism of ascorbic acid in plants. *Annual Review of Plant Physiology* 9:119-150.
15. PUCHER, G.W.; LEAVENWORTH, C.S.; VICKARY, H.W. 1955. *Modern methods of plant analysis*. Berlin-Göttengen-Heidelberg, Springer-Verlag v. 1, p. 157-159.
16. SOMOGYI, M. 1945. A new reagent for the determination of sugars. *Journal of Biological Chemistry* 61:160.
17. VARMA, S.K. 1977. Ascorbic acid content in cotton bolls and its possible role in abscission. *Indian Journal of Plant Physiology* 20:85-87.

Effects of Harvest Date on the Contents of Sugar, Inorganic Phosphate and Vitamin C in *Amaranthus dubius*¹

A.O. Lawanson, B.E. Ayisire, S.F. Ikusebiala*

ABSTRACT

A study of the accumulation of inorganic phosphate, vitamin C and total free sugar by the leaves and stems or in the entire shoot of the leafy vegetable *Amaranthus dubius* during its mature stages was carried out. Maximum levels of inorganic phosphate were observed at the early stage of maturity of the plant in both leaves and stems, whereas the highest amount of total free sugar and vitamin C occurred in these organs at later stages. The stems tended to accumulate the nutrients investigated to a greater extent than the leaves.

INTRODUCTION

Carbohydrate intake by many Africans has often been described as disproportionately high compared with other nutrients and hence inimical. The two principal crops, found in most African countries, cassava and yam, are used as subsistence staples; they are starch-rich sources with disappointingly low contents of protein, sugar, vitamin C and minerals (10). There is thus a need to supplement the food product derived from these sources. This requirement appears to be met by many leafy vegetables used for making soups for eating the cassava- and yam-derived meals. Bassir (2) has demonstrated that several leafy vegetables contain significant amounts of minerals, vitamins and proteins; and many edible plants are potential sources of sugar (8) and dietary fibre (14).

The genus *Amaranthus* provides examples of leafy vegetables which are used for making various soups, particularly in West African countries. *Amaranthus* comprises about 800 species (9), many of which are cosmopolitan and widely-grown throughout the tropics and subtropics where one of the species, *A. hybridus* L., has been shown to have enhanced germination under water stress conditions (1).

In many cases leafy vegetables are harvested when they appear mature to the farmer, usually around the

COMPENDIO

Se estudió la acumulación de fosfato inorgánico, vitamina C y azúcares libres totales en las hojas y tallos de plantas de amaranto (*Amaranthus dubius*) durante diferentes etapas de maduración. Los niveles más altos de fosfato inorgánico se encontraron durante las primeras etapas de maduración de la planta, tanto en las hojas como en los tallos; mientras que los niveles más altos de azúcares libres y de vitamina C se dieron, en cambio, en las etapas más tardías de la maduración. Hubo mayor acumulación de los nutrimentos investigados en los tallos que en las hojas.

fifth week, which may or may not coincide with the time when they are most nutritive. In addition, many cultures show preferences for the leaves as opposed to the stem.

The aim of the present study was to determine the relative distribution of sugar, inorganic phosphate and vitamin C between the leaves and stems of *A. dubius* during its mature stages and hence identify the optimum time of harvest, and show whether or not there could be any scientific justification for discriminating against use of the stem.

MATERIALS AND METHODS

Seeds of *A. dubius*, locally obtained in the main market of Ile-Ife, in Southern Nigeria, were sown in washed sand in 15 cm-diameter plastic bowls perforated at the bottom to allow drainage. The bowls were then placed in a greenhouse, with temperatures between 22-28°C, and approximately 8 h of sunlight daily during the dry season when average sunlight intensity is about 9500 lux (6).

The bowls were irrigated with 50 ml water twice daily, first at 6 am and later at 6 pm prior to the germination of the seeds and at the early stage of germination. The seedlings were thinned at the fourth true-leaf stage to seven healthy uniform plants per bowl and were fed with 200 ml full-nutrient solution and water daily in the morning and evening respectively. The composition of the solution is based on the Long Ashton formula as modified by Hewitt (7).

¹ Received for publication 15 March 1989.

We gratefully acknowledge the support, in form of a research grant, by University of Ife.

* Department of Botany, University of Ife, Ile-Ife, Nigeria.

Starting with 28-day-old plants, they were harvested at five-day intervals for a total of five harvests. On each occasion, 5 g fresh stem, leaf and entire shoot samples were obtained from three randomly-harvested plants, one per bowl. Each sample was chopped into pieces with a razor blade and then homogenized in distilled water (5 ml/g) with a mortar and pestle. The resulting extracts were then filtered through Whatman's No. 1 filter paper, and each filtrate, having been divided into two aliquots, was used for analyses of inorganic phosphate and free sugars. The method of Chen *et al.* (4) was adopted for the quantitative estimation of inorganic phosphate, while total free sugar was measured using the anthrone colorimetric procedure (5).

Vitamic C was also extracted from 5 g samples each of leaves stems and shoots obtained as previously described using 5% trichloro-acetic acid (TCA), 5 ml/g. The extracts were then filtered through Whatman's No. 1 filter paper and the resulting filtrates were used for the assay of vitamin C according to Plummer (12) with a slight modification. Five milliliters filtrate were mixed with 5 ml freshly prepared 0.1% dichlorophenol-indo-phenol (DCPIP) in a test tube and the mixture was incubated at room temperature for 30 minutes. After centrifugation at 600 rpm for 15 min, the OD of the resulting supernatant was read at 620 nm on a CE single-sample spectrophotometer. A standard curve was obtained with pure vitamin C solutions, using a mixture of TCA and DCPIP as blank.

Each of the assays was replicated three times and the results obtained were subjected to analyses of variance.

RESULTS

The analyses of inorganic phosphate (Fig. 1) showed that the stems of 28 and 33-day-old plants accumulated significantly higher amounts of the nutrient than the corresponding leaves. This difference, however, disappeared completely by 43 days after sowing since a more rapid decline in the level of inorganic phosphates was observed in the stems than in the leaves.

In contrast to the accumulation of inorganic phosphate, the levels of vitamin C (Fig. 2) was low in both the stem and leaf tissues of 28-day-old plants and remained so in both organs until 38 days after sowing. Thereafter, the concentrations of vitamin C rose to maximum levels of 78.5 and 80.9 nmoles/ml in the leaves and stems respectively before falling sharply in the parts of older plants.

No significant difference was found between the leaves and stems with respect to the levels of free sugars, except for the 28-day-old plants, throughout the experimental period, and the sugar distribution pattern in both plant organs consequently showed very close resemblance (Fig. 3).

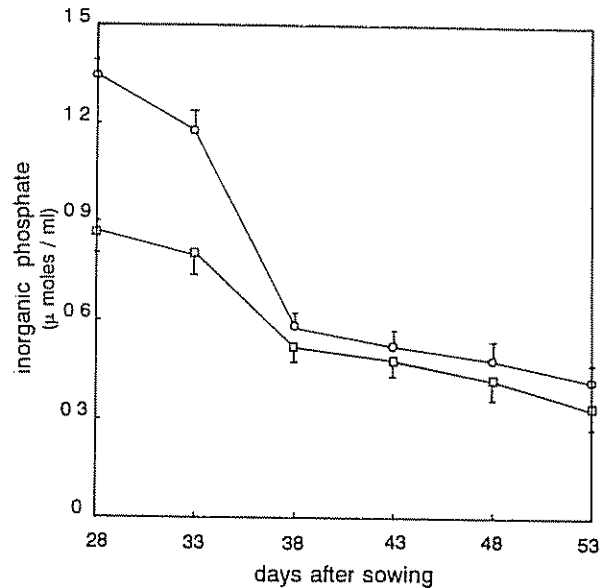


Fig. 1. Time-course of accumulation of inorganic phosphate in the leaves (□—□) and stems (○—○) of *Amaranthus dubius* during its mature stages of development.

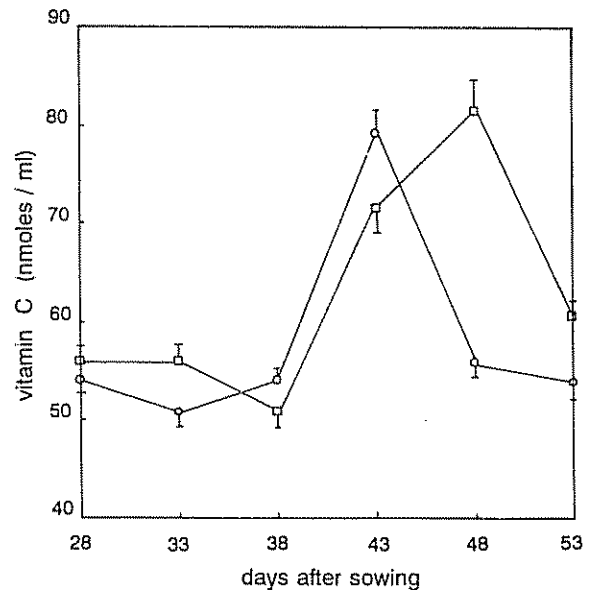


Fig. 2. Time-course of accumulation of vitamin C in the leaves (□—□) and stems (○—○) of *A. dubius* during its mature stages of development.

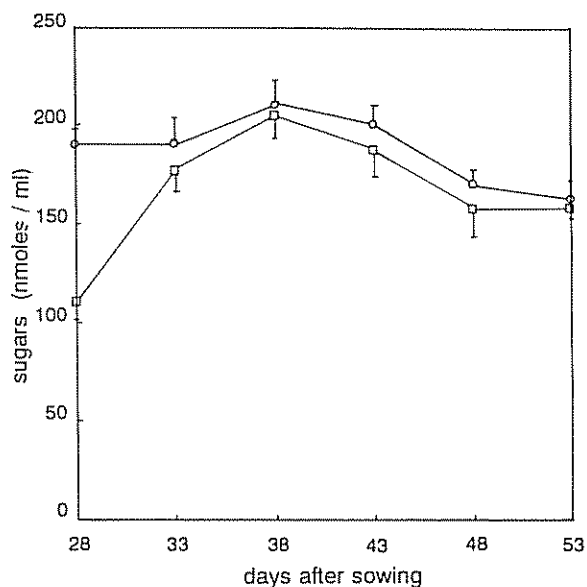


Fig. 3. Time-course of accumulation of free sugars in the leaves (\square — \square) and stems (\circ — \circ) of *A. dubius* during its mature stages of development.

Fig. 4 shows the time course of accumulation of inorganic phosphate, vitamin C and total free sugar in the entire shoot during the mature stages. Examination of the results showed that the level of inorganic phosphate in the shoot was highest in 28-day-old plants whereas maximal accumulation of vitamin C and free

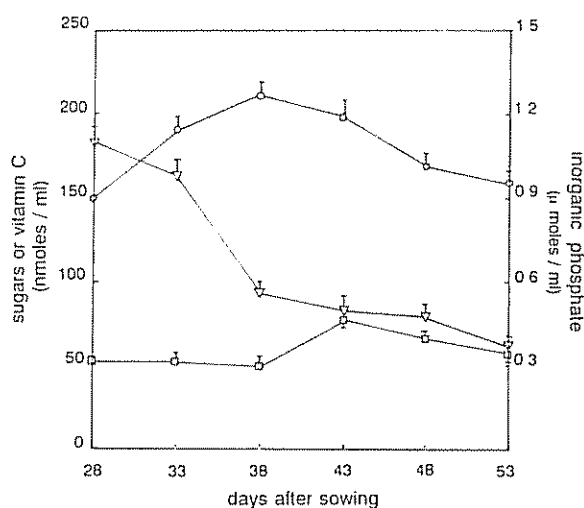


Fig. 4. Time-course of accumulation of inorganic phosphate (Δ — Δ), free sugars (\circ — \circ), and vitamin C (\square — \square) in the shoots of *A. dubius* during its mature stages of development.

sugars occurred at later development stages, 43 and 38 days after sowing respectively.

DISCUSSION

At the early maturity stage, distribution of sugar in the leaves and stems was similar, rising in each case to a peak before declining at later phases of development. This observation is consistent with the general notion that the extent to which plant organs are supplied with assimilate relates to their rate of growth or storage capacity.

Thus, at the early mature stages the levels of sugar in the leaves and stems were high as growth was still taking place; whereas the period of decline in sugar contents of these same parts could be a reflection of a diversion of a major percentage of the assimilates away from them at floral evocation (3) and during subsequent development. The significantly low levels of sugar in the leaves of 28-day-old plants compared with the stems could be due to the fact that this stage of development, marked by newly fully-expanded leaves with well-differentiated vasculature, is also the period of maximum exportation of sugar by the leaves. The stems, however, at this period, which were still growing required more assimilate or constituted stronger sinks.

Phloem translocation of minor components such as mineral ions is controlled by sugar, the principal phloem solute (11). The observation in this study that maximum levels of vitamin C occurred in the stem and leaf parts within the period of high levels of distribution of sugars in these organs supports this thesis. The situation is not quite the same, however, as regards the accumulation of inorganic phosphate in the stem and leaf parts of *A. dubius*, where high concentrations were recorded at the early mature stage of the vegetable and therefore additional factors are to be considered. The most likely explanation is that at the plant's early maturity phase, the roots are relatively young and active so maximum absorption of nutrients from the culture medium occurs. In *A. viridis* and some other leafy vegetables, nutrient uptake was found negligible in the first three weeks of growth whereas over 70% took place in the two weeks before harvest (13).

This investigation has demonstrated that there is no scientific justification for either harvesting *A. dubius* 35 days (5 weeks) after planting, or preferring the leaves to the stems. Timing of the harvest and the choice of leaves or stems must therefore be a question of convenience in both cases. The optimum date of harvest should be determined by the nutritive value and the harvestable part desired. For the purpose of supplementing carbohydrate-rich diets, consumption of leaves as well as stems, harvested at different times, should be encouraged.

LITERATURE CITED

1. ADEBONA, A.C.; AYISIRE, B.E. 1979. Effect of polyethylene glycol-induced moisture stress on the germination of some tropical seeds. *Turrialba* 29(4):318-320.
2. BASSIR, O. 1980. The nutritive value of some Nigerian leafy green vegetables. *Food Chemistry* 5:231-235.
3. BODSON, M.; OUTLAW, W.C. 1985. Elevation in the sucrose content of the shoot apical meristem of *Sinapsis alba* at floral evocation. *Plant Physiology* 79:420-424.
4. CHEN JUNIOR, P.S.; TORIBARA, T.Y.; WARNER, H. 1956. Microdetermination of phosphorus. *Analytical Chemistry* 28:1756-1758.
5. CLARK, M.J. 1964. *Experimental biochemistry*. W.H. Freeman (Ed.). San Francisco. p 12-14.
6. EZE, J.M. 1986. Growth of *Amaranthus hybridus* (African spinach) under different day light intensities in the dry season in Southern Nigeria. *Experimental Agriculture* 23:195-200.
7. HEWITT, E.G. 1952. Sand water culture methods used in the study of plant nutrition. *Commonw. Bur. Hort. Plantation Crops*. Technical Communication no. 22.
8. LAWANSON, A.O.; AKINDELE, B.B.; FASALAJO, P.B.; AKPE, B.L. 1975. Time course of sugar accumulation during deficiencies of nitrogen, phosphorus and potassium in seedlings of *Zea mays* L. var. N.S.1. *Phyton. Revista Internacional de Botánica Experimental* 33(22):179-182.
9. LASSAILLY, F. 1986. Amarante: Vénérée, oubliée, retrouvée. *Inter. Tropiques Agricultures (France)* 15:16-18.
10. ONWUEME, I.C. 1978. *Tropical tuber crops*. Wiley (Ed.). p 84-145.
11. PATRICK, W. 1987. Hormonal control of assimilate partitioning - mini review. *News Bulletin British Plant Growth Regulator Group* 8(3):1-15.
12. PLUMMER, D.T. 1971. *An introduction to practical biochemistry*. London, McGrawHill. p 363.
13. PURUSHOTHAMAN, V.; RAVOOF, A.A. 1980. Micronutrient and removal by four tropical leaf vegetables in Malaysia. *Vegetables for the Hort. Humid Tropics* 5:26-38.
14. SELVENDRAN, R.R.; STEVENS, B.J.H.; O'NEIL, M.A. 1985. Developments in the isolation and analysis of cell walls from edible plants. In *Biochemistry of Plant Cell Walls*. C.T. Brett *et al.* (Eds.). p. 39-78.

LIBRO
RECOMENDADO

US\$18.00

Botánica de los Cultivos Tropicales. J. León. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 445 p. ISBN 92-9039-132-4.

Presenta los conceptos básicos sobre el origen, diversidad, forma y estructura de los cultivos tropicales y su aplicación en las fases de mejoramiento y manejo. Se presenta un ordenamiento sistemático de los cultivos por familia y especies, según el sistema de clasificación fitogenética de J. Hutchinson. Su propósito es servir de material de consulta sobre las regiones tropicales de Latinoamérica.

Ver lista de publicaciones disponibles para la venta y boleta de solicitud en la última sección de la revista *Turrialba*.

Distribución de la Variabilidad en Cinco Cultivares de Centeno (*Secale cereale* L.)¹

M.A. Di Renzo, D.E. Aiassa, M.A. Ibáñez*

ABSTRACT

Esterase isozymes were analyzed in three diploid cultivars and two autotetraploid cultivars of rye by starch gel electrophoresis. Twenty-one molecular forms were revealed and their frequencies recorded in each case. The Shannon Weaver Index was used to quantify variability and its distribution within and among cultivars; only 10% of total variation was due to differences among them. The comparison of similarity matrix values also indicated little difference between cultivars. In spite of the great variation observed overall, the cultivar uniformity might be due to a common origin. Two groups can be identified in the phenogram: one made by the two tetraploids plus 'Choiqué' and the other made by 'Invernador' and 'Insave.' These data are of interest in discovering similarities among cultivars and are valuable in plant breeding as they reveal genetic relationships existing among base populations.

INTRODUCCION

Los patrones de variación, producto de la descripción de la estructura genética de los cultivares, pueden ser útiles en esquemas de mejoramiento genético y en estrategias para conservar el germoplasma.

El análisis de las frecuencias isoenzimáticas da un índice de la variabilidad genética de las poblaciones, que permite seleccionar el nivel de variabilidad necesaria, acorde con las técnicas por emplear (7).

Con la aplicación de la técnica de electroforesis, los resultados difieren según el sistema reproductivo de la especie. En las autógamias líneas endocriadas y especies de reproducción asexual la máxima variabilidad se halla entre los grupos, razón por la cual éstos pueden ser caracterizados e identificados. En el

COMPENDIO

Se analizaron las isoenzimas de esterases en tres cultivares diploides y dos autotetraploides de centeno por medio de electroforesis en gel de almidón. Se encontraron 21 formas moleculares, cuyas frecuencias de aparición se registraron en todos los cultivares. Para cuantificar la variabilidad y su distribución dentro y entre los cultivares, se utilizó el índice de Shannon-Weaver, que permitió establecer que apenas un 10% de la variación total se halla entre los cultivares; de igual manera, al comparar los valores de la matriz de similitud, se concluyó que existe gran semejanza entre ellos. A pesar de la gran variación total observada, la uniformidad entre los cultivares podría atribuirse posiblemente a un origen común. En el fenograma pueden identificarse dos grupos: uno formado por los autotetraploides asociados a 'Choiqué' y el otro formado por 'Invernador' e 'Insave'. Los datos obtenidos son de interés para determinar las semejanzas de los cultivares utilizados y, en general, son útiles en programas de mejoramiento genético, pues ponen de manifiesto las relaciones que existen entre poblaciones que han de usarse.

caso de especies autógamias, los intercrucamientos producen una importante variabilidad que puede ser compartida por los distintos grupos, lo que dificulta su diferenciación. Así, en el centeno, que posee dos alelos de autoincompatibilidad (5, 14), se esperaría encontrar la máxima variabilidad dentro de los cultivares analizados.

Una medida de la variabilidad de las poblaciones es el índice de Shannon, utilizado originariamente para caracterizar la diversidad en comunidades ecológicas. Este índice fue empleado para estimar la variabilidad en poblaciones humanas (6) y en especies vegetales, como trigo (4), maíz (12) y centeno (1).

Los objetivos de este trabajo son determinar la cantidad y distribución de la variación isoenzimática en cinco cultivares de centeno, y establecer las relaciones de semejanza entre ellos.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron cinco cultivares de centeno: tres diploides ('Choiqué', 'Invernador' e 'Insave') y dos autotetraploides ('Tetrapico' y 'Tetrachoiqué').

Se analizaron 60 plantas de cada cultivar. Parte de la hoja-bandera fue triturada en un mortero con 0.2 ml

¹ Recibido para publicación el 12 de diciembre de 1990. Trabajo financiado por el Consejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Córdoba (CONICOR) y la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SECYT) de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Arg.

* Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Estafeta Postal 9, 5800 Río Cuarto, Córdoba, Arg.

de buffer de gel, obteniéndose un extracto que fue absorbido en papel Whatman no. 3 (6 mm x 6 mm) que, luego, se insertó en el gel. Este se preparó con almidón al 13% en buffer triscítrico pH 7.6 (14 mM tris - 4 mM ácido cítrico), siendo el buffer de los electrodos 0.3 M borato de sodio pH 8.5. Cada corrida electroforética se realizó con un gradiente de 7 V/cm y tardó aproximadamente 3 h hasta que el frente borato recorrió 8 cm desde el origen o línea de inserción de las muestras. En cada gel se analizaron 17 muestras, de las cuales una o dos eran testigos cuyos zimogramas, ya conocidos, servirían como guías para una mejor ubicación de las bandas de las nuevas muestras.

La actividad se detectó cortando horizontalmente el gel y sumergiendo la capa inferior durante cuatro horas a 37°C, en una solución con 100 ml de buffer 0.2 M fosfato pH 6.8, 2 ml de una solución al 1% en acetona de alfa y betanaftilacetato como sustrato y 5 mg de Fast Garnet salt GBC como colorante. Se registraron las bandas y se calcularon, posteriormente, las frecuencias de aparición para cada cultivar.

Para determinar la variabilidad en los distintos cultivares se usó el índice de Shannon-Weaver:

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$$

donde P_i es la frecuencia de cada banda y n es el número de bandas

Se calcularon H_0 variabilidad de cada cultivar y \bar{H}_0 variabilidad promedio de los cultivares; además, al utilizar \bar{P}_i se obtuvo H_s -variabilidad total del conjunto de los cultivares.

Para realizar la comparación entre los cultivares se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (r), con

el que se confeccionó una matriz de similitud. Con esta matriz se construyó un fenograma por medio del método UPGMA (Unweighted Pair-Group Method) (2).

RESULTADOS

Se hallaron 21 formas moleculares anódicas, las que fueron numeradas correlativamente de acuerdo con la velocidad de migración desde el origen hacia el ánodo (Fig. 1). La única característica considerada fue la presencia de cada una de estas bandas, cuya frecuencia de aparición se halla en el Cuadro 1. No se tomaron en cuenta los diferentes colores producidos por los sustratos utilizados ni las diferencias en la intensidad del color.

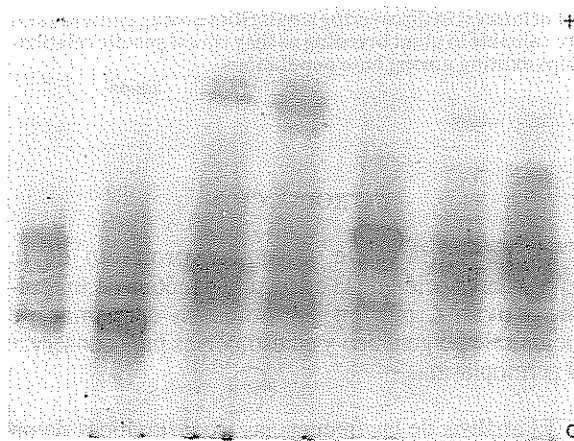


Fig. 1. Fenótipos isoenzimáticos de estererasas del cultivar Invernador.

Cuadro 1. Frecuencias de las isoenzimas de estererasas en cinco cultivares de centeno.

Cultivar	banda n°										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tetrachoique	10	.08	.08	.03	.05	.60	.15	.08	.32	.22	.18
Tetrapico	34	.05	.08	.21	.13	.42	.13	0	.18	.18	.03
Choique	30	.20	.20	.13	0	.47	.27	.40	.07	.40	.07
Invernador	.35	.12	.03	.03	.38	.35	.03	.06	.35	.41	.06
Insave	.35	.19	.13	0	.13	.68	.16	.10	0	.52	.03
p_i	.29	.13	.10	.08	.14	.50	.15	.13	.18	.34	.07

(Cont. Cuadro 1.)

Cultivar	banda n°									
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Tetrachoique	33	35	10	50	18	08	05	10	0	05
Tetrapico	13	34	03	42	29	03	0	29	13	08
Choique	73	20	07	27	40	0	07	30	13	0
Invernador	09	59	03	0	52	0	06	23	03	03
Insave	28	58	0	29	41	03	06	45	06	08
P _i	31	41	05	30	36	03	05	27	07	04

Se halló un gran número de zimogramas diferentes, pero ninguno fue característico de algún cultivar en particular. Los cultivares tetraploides Tetrapico y Tetrachoiqué presentaron el mayor número de isoenzimas diferentes: 19 y 20, respectivamente.

Si bien las diferencias entre los cinco cultivares estudiados resultaron no significativas con la prueba de t, 'Choiqué' presentó la mayor variabilidad ($H_o = 0.427$), mientras que 'Invernador' fue el menos variable ($H_o = 0.350$) (Cuadro 2). La variabilidad total se dividió entre ($H_s - \bar{H}_o / H_s$) y dentro de los cultivares (\bar{H}_o / H_s), siendo la primera de un 10% y la segunda de un 90% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estimaciones del índice de Shannon-Weaver para cada cultivar (H_o), promedio de todos los cultivares (\bar{H}_o) y del conjunto de cultivares (H_s).

Cultivar	H_o	E.E.(1)
Tetrachoique	380 ±	067
Tetrapico	377 ±	062
Choique	427 ±	052
Invernador	350 ±	056
Invase	388 ±	052

$$H_o = 384 \quad H_o/H_s = 9005(2)$$

$$H_s = 4265 \quad H_s - H_o/H_s = 0995(3)$$

(1) Error estándar de H

(2) Variabilidad dentro de cada cultivar

(3) Variabilidad entre los cultivares

La matriz de similitud (Cuadro 3) indica que la mayor semejanza se halla entre los cultivares tetraploides ('Tetrachoiqué' y 'Tetrapico') ($r = 0.66$); las mayores diferencias se hallan entre 'Invernador' y 'Tetrachoiqué' e 'Invernador' y 'Choiqué' ($r = 0.48$).

El fenograma con un ccc del 98% agrupa los cultivares por su similitud (Fig. 2). En él pueden identificarse dos grupos: uno formado por los tetraploides, a los que se asocia 'Choiqué', y el otro formado por 'Invernador' e 'Insave'.

DISCUSION

Los resultados provistos por las técnicas de electroforesis en plantas y animales se han utilizado, frecuentemente, para describir la cantidad y patrones de variabilidad genética de las poblaciones y el grado de divergencia entre ellas y entre las especies (3).

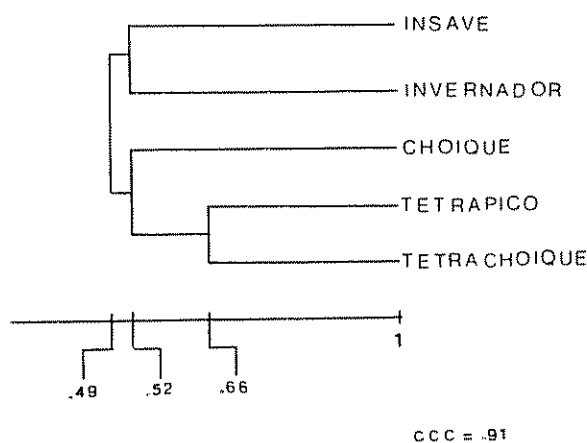


Fig 2. Fenograma de similitud construido por la técnica del ligamiento promedio (UPGMA), (2).

Cuadro 3. Matriz de similitud entre cinco cultivares de centeno calculado con el coeficiente momento-producto de Pearson.

	I	II	III	IV	V
I Tetrachoique	0				
II Tetrápico	66	0			
III Choique	56	49	0		
IV Invernador	48	49	48	0	
V Insave	51	53	50	52	0

Las esterases que han servido como útiles marcadores dentro de las especies, son un grupo heterogéneo de enzimas de baja especificidad de sustrato (11). En las especies vegetales se presentan en un alto número y en diferentes tejidos. Las enzimas híbridas generalmente no se observan, a excepción de dos en maíz y una en *Pinus ponderosa*; este hecho sugiere que las enzimas son por lo común monómeros (3).

En centeno se ha observado un complejo patrón de bandeado en extractos de hojas. Mediante técnicas de isoelectroenfoque se pudo determinar que intervienen en su regulación genética diez *loci* hasta con cinco alelos codominantes por *locus* y que todas las esterases detectadas son monómeros (13, 15). Dado que en el presente trabajo se usó electroforesis en gel de almidón, no se pudieron transponer los datos referidos al control genético, pero, considerando la estructura cuaternaria, se infiere que cada banda es producto de la acción de un alelo diferente. Esta contribución mejora la confiabilidad de los cálculos, ya que no existen bandas híbridas, producto de la interacción intra- o intergenética.

Debido a que el carácter medido (isoesterasas) se halla regido genéticamente, los resultados obtenidos son un reflejo de la variabilidad genética de los grupos sometidos a estudio.

Se encontraron tres zonas de migración anódica (An I, An II y An III) (Fig. 1) y una importante variabilidad intrapoblacional, hecho que coincide con los resultados de Puchalski y Molski (8). Mediante la partición del índice de Shannon se pudo probar que el 90% de la variación total proviene de la relación H_0/H_s , que indica que se da dentro de los cultivares y que sólo un 10% es atribuible a diferencias entre ellos. Estos resultados, que contribuyen a la descripción de la estructura

genética de la población, evidencian una gran uniformidad entre los cultivares. La similitud entre los cultivares de centeno de orígenes distintos se ha confirmado mediante el uso de otros sistemas isoenzimáticos (10).

Al comparar entre sí los coeficientes de diversidad (H) de cada cultivar mediante la prueba de t, se confirma que la amplia variabilidad observada es compartida entre ellos, lo que justifica la dificultad de su identificación o caracterización (9).

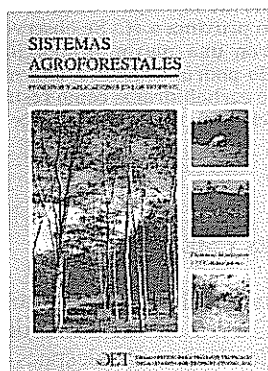
De igual modo, los valores de la matriz de similitud, que apenas oscilan entre 0.48 y 0.66, indican una gran semejanza entre los cultivares y que las relaciones existentes entre estos grupos, obtenidos con base en las isoenzimas (caracteres que presentan una muestra al azar del genoma), podrían usarse como un criterio más para decidir las poblaciones que se han de escoger para ciertos programas de mejoramiento.

LITERATURA CITADA

1. AIASSA, D.; DIRENZO, M.; TIRANTI, I. 1990. Variación isoenzimática en líneas endocriadas de centeno (*Secale cereale* L.). Mendeliana. (En prensa).
2. CRISCI, J.V.; LOPEZ ARMENGOL, M.F. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Washington, DC, OEA. Monografía no. 26 - Serie Biología. 132 p.
3. GOTTLIEB, L.D. 1981. Gene number in species of Astereae that have different chromosome numbers. Proceedings of the National Academy of Sciences 78:3726-3729.
4. JAIN, S.K.; QUALSETI, G.O.; BHATT, G.M.; WU, K.K. 1975. Geographical patterns of phenotypic diversity in world collections of durum wheats. Crop Science 15:700-704.
5. KRANZ, A.R. 1979. Especies silvestres y formas primitivas de centeno (*Secale cereale* L.). Córdoba, Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Agronomía y Veterinaria. 61 p.
6. LEWONTIN, R. 1972. The apportionment of human diversity. Evolutionary Biology 6:381-392.
7. ORTON, T.J. 1983. Application of isozyme technology in breeding cross-pollinated crops. In Isozymes in plant genetics and breeding. S.D. Tanksley, T.J. Orton (Eds.). Amsterdam, Elsevier. Part A, p. 363-376.
8. PUCHALSKI, J.; MOLSKI, B. 1975. Esterases variability within some Polish rye cultivars. Hodowla Roslin Aklimatyzacja I Nasiennictwo Zeszyt 5:470-485.
9. RAMIREZ, L.; PISABARRO, G. 1985. Isozyme electrophoretic patterns as a tool to characterize and classify rye (*Secale cereale* L.) seed samples. Euphytica 34:793-799.

10. RAMIREZ, L.; PISABARRO, G.; PEREZ DE LA VEGA, M. 1985. Isozyme genetic similarity among rye (*Secale cereale* L.) cultivars. *Journal of Agricultural Science* 105:495-500.
11. SCANDALIOS, J.G. 1968. Genetic control of multiple molecular forms of enzymes in plants: A review. *Biochemical Genetics* 3:37-79.
12. SCHLATTER, A.R. 1987. Variaciones de isoenzimas en razas argentinas de maíz. Mag. Sc. Tesis. Escuela de Graduados, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 59 p.
13. SCHMIDI-STOHN, G.; WEHELING, P. 1983. Genetic control of esterase isozyme in rye (*Secale cereale* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 67:149-153.
14. TRANG, G.S.; WRICKE, G.; WEBER, W.E. 1982. Number of alleles at the incompatibility loci in *Secale cereale* L. *Theoretical and Applied Genetics* 63:248-254.
15. WEHELING, P.; SCHMIDI-STOHN, G. 1984. Linkage relationships of esterase loci in rye (*Secale cereale* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 67:149-153.

LIBRO RECOMENDADO



US\$30.00

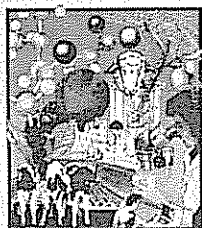
Sistemas Agroforestales: Principios y Aplicaciones en los Trópicos. F. Montagnini et al. *Organización de Estudios Tropicales.* 622 p. ISBN 9968-9717-0-7.

Este libro de texto trata con amplitud, en sus ocho capítulos, aspectos ecológicos y descriptivos de los principales sistemas agroforestales. Estos constituyen una respuesta positiva ante el avance de la deforestación y el deterioro ambiental.

Ver lista de publicaciones disponibles para la venta y boleta de solicitud en la última sección de la revista Turrialba.

LIBRO RECOMENDADO

LOS BANCOS GENÉTICOS
Y LA
ALIMENTACIÓN MUNDIAL



US\$12.00

Los Bancos Genéticos y la Alimentación Mundial. D. Plucknett, N. Smith, J. Williams y N. Anishetty. *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura/Centro Internacional de Agricultura Tropical.* 260 p. ISBN 92-9039-200-2.

Traducción de la versión inglesa *Gene Banks and the World's Food*. Trata uno de los temas de mayor interés actual como es la biotecnología. Su mensaje es claro: la conservación y el aprovechamiento del acervo genético en beneficio de la humanidad sólo serán posibles a través del esfuerzo global de científicos y políticos.

Ver lista de publicaciones disponibles para la venta y boleta de solicitud en la última sección de la revista Turrialba.

Movilización de Fotoasimilados desde Hojas de Girasol (*Helianthus annuus* L.) durante el Llenado de Frutos¹

L.F. Hernández*, G.A. Orioli**

ABSTRACT

Assimilate partitioning of different sunflower leaves during the grain filling period was evaluated. Plants of the hybrid cultivar Dekalb G-97 grown in the field were fed in upper, middle or bottom leaves with 200 μCi of ^{14}C during 30 minutes. Plants were sampled 12 hours after labelling. Results obtained after the analysis of fruit radioactivity and shoot autoradiography indicated that photoassimilates were mainly imported in the section of the capitulum located on the same orthostichy as the labelled leaf. The major fraction of radioactivity in the fruits was detected when labelled leaves were close to the capitulum. Under the experimental design of this work bottom leaves exported assimilates more efficiently to roots. This observation could be attributed to an enhancement of the ^{14}C fixation and carbohydrate synthesis, mainly produced by an increment of the solar radiation intercepted.

COMPENDIO

Se determinó durante el período de llenado de los frutos el aporte relativo de fotoasimilados al capítulo, de diferentes hojas de plantas de girasol. Plantas del cultivar híbrido Dekalb G-97, crecidas en el campo, fueron alimentadas en hojas superiores, intermedias o inferiores con 200 μCi de ^{14}C durante 30 minutos. Las plantas fueron cosechadas 12 h después de la marcación. Los resultados del análisis de radioactividad en los frutos y de autorradiografías del tallo, indicaron que los fotoasimilados fueron principalmente importados en el sector del capítulo ubicado sobre el mismo ortóstico de la hoja utilizada para la marcación. La radioactividad detectada en el capítulo fue significativamente mayor cuando esta hoja se encontró próxima a él. Se observó que las hojas inferiores aportaron una mayor proporción de fotoasimilados a la raíz. Ello podría deberse a una mayor fijación de ^{14}C y síntesis de carbohidratos como resultado de un incremento de la radiación solar interceptada por estas hojas.

INTRODUCCION

La partición de fotoasimilados entre diferentes órganos de una planta determina no sólo su crecimiento y desarrollo sino también su rendimiento económico (4, 5, 6). Por lo tanto, para la obtención y manejo de cultivares altamente productivos, es muy importante conocer la eficiencia y magnitud con las cuales las hojas aportan fotoasimilados a los órganos de cosecha.

Los objetivos de este trabajo fueron: a) caracterizar el papel desempeñado por las diferentes hojas de la planta de girasol que crecen en él, durante la fase de llenado de los frutos, y b) determinar el patrón de incorporación de fotoasimilados en el capítulo.

MATERIALES Y METODOS

Inicialmente se sembraron plantas de girasol del cultivar híbrido Dekalb G-97 a una densidad de 5.6 plantas por metro cuadrado. Veinte días después de la última anthesis, el cultivo se realizó mediante raleo manual a una densidad de 1.0 plantas/m² con el fin de facilitar la marcación con ^{14}C y evitar la competencia por luz de las hojas inferiores. Se extrajeron las hojas inferiores muertas o en un estado avanzado de senescencia, y se dejaron solamente 24 hojas en cada planta. Se seleccionaron, en diferentes plantas elegidas al azar, las hojas no. 2 (inferior), no. 12 (intermedia) o no. 24 (superior). Cada hoja seleccionada se introdujo en una bolsa de polietileno de 6 dm³ de capacidad, la cual fue firmemente sellada a su peñolo. Dentro de ella se hicieron reaccionar 400 l de ^{14}C -NaCO₃H (200 μCi) con ácido láctico concentrado. El sistema de marcación se dejó armado durante 30 min contados a partir del inicio de la reacción, luego de lo cual cada hoja fue liberada. Se marcaron tres plantas en cada hoja seleccionada y el experimento se repitió una vez.

¹ Recibido para publicación el 15 de mayo 1989. Este trabajo es parte de un proyecto subvencionado por la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), Provincia de Buenos Aires, Arg.; y por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), Arg.

* Miembro de la Carrera de Investigador Científico; Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), Provincia de Buenos Aires, Arg.

** Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS), Bahía Blanca, Arg.

Los capítulos fueron cosechados 12 h después de realizada la marcación y seccionados de acuerdo con el esquema descrito en la Fig. 1. Las hojas utilizadas para la marcación y los frutos de cada sector del capítulo fueron lavados, secados a 80°C y molidos. La materia grasa de los frutos se extrajo mediante la utilización de

solventes. La actividad en el aceite, en el residuo sólido (harina de extracción) y en las hojas se midió con un detector de flujo gaseoso (Frieske & Hoepfner, G.m.b.H.) con una eficiencia del 3 por ciento. En cada muestra analizada se realizaron tres mediciones por medio de lecturas de un minuto. Secciones transversales del tallo de aproximadamente 3 mm de espesor se tomaron de la región superior e inferior al nudo correspondiente a cada hoja marcada; luego se secaron y expusieron durante 30 días sobre película radiográfica Agfa Mamoray RP 3.

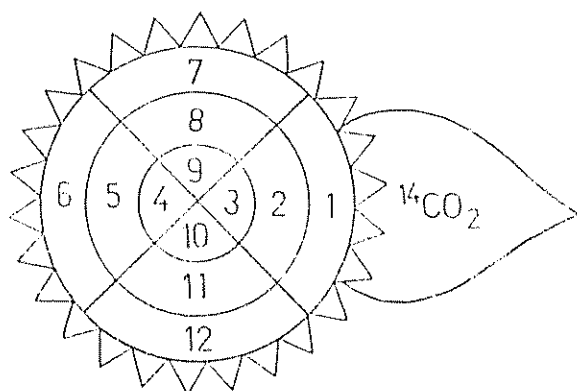


Fig. 1. Representación esquemática de un capítulo: Forma en que se realizó su fraccionamiento para determinar la radiactividad en los frutos y la posición relativa de la hoja utilizada para la alimentación con $^{14}\text{CO}_2$.

RESULTADOS Y DISCUSION

La mayor actividad específica medida en los frutos de cada sector del capítulo mostró una estricta correspondencia con la posición de la hoja marcada (Cuadro 1). Cuando la marcación se realizó en las hojas superiores, la mayor cantidad de radiactividad se detectó casi exclusivamente en el sector del capítulo correspondiente al ortóstico de tales hojas (Cuadro 1). La actividad proveniente de la marcación en las hojas intermedias fue menor, pero con una distribución más uniforme que en el caso anterior (Cuadro 1). La marcación realizada en las hojas inferiores no se reflejó en la detección de una alta radiactividad en el capítulo, aunque nuevamente se pudo observar la estricta verticalidad del flujo de fotoasimilados (Cuadro 1).

La distribución de radiactividad observada en el estudio autorradiográfico de las secciones transversales del tallo (Fig. 2) también coincidió con la zona de inserción de las hojas utilizadas para la marcación. En este caso se observó la presencia de alta radiactividad en la sección tomada encima del nudo de la hoja superior (Fig. 2a) y en la sección tomada debajo de la hoja inferior (Fig. 2b). No ocurrió lo mismo en la sección encima de la hoja inferior (Fig. 2c). Esta observación, si bien no fue cuantificada, evidenciaría la preferencia de la movilización de fotoasimilados desde las hojas inferiores hacia la raíz. Estos resultados coinciden con lo observado en otras especies (1, 13, 14, 15, 17, 18, 20)

Cuadro 1. Peso seco de las secciones del capítulo, contenido porcentual de aceite y radiactividad detectada en el aceite y en la harina de extracción en los frutos de las plantas alimentadas con $^{14}\text{CO}_2$ en hojas superiores, intermedias e inferiores.

Sección del capítulo	Peso de los frutos por sección de capítulo (g)	Contenido de aceite (% sps)	Marcación en la hoja superior		Marcación en la hoja intermedia		Marcación en la hoja inferior	
			R.e.ac.	R.e.ha.	R.e.ac.	R.e.ha.	R.e.ac.	R.e.ha.
1	25.31 (6.9)	26.4 (6.5)	4 264 (68)	32 176 (723)	3 947 (81)	11 370 (433)	nd	nd
2	12.62 (4.1)	14.4 (3.1)	6 709 (123)	81 002 (1 734)	6 123 (230)	20 111 (615)	98 (30)	120 (43)
3	5.40 (1.2)	6.2 (2.9)	10 162 (301)	144 566 (10 163)	7 837 (301)	25 857 (560)	115 (75)	160 (29)
4	5.62 (3.3)	6.9 (3.7)	197 (38)	1 004 (332)	1 122 (291)	3 930 (607)	nd	nd
5	14.00 (5.9)	14.5 (5.2)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
6	25.51 (8.7)	28.2 (8.6)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
7	26.32 (7.1)	27.1 (8.9)	nd	nd	471 (115)	860 (87)	nd	nd
8	15.09 (4.9)	13.9 (2.7)	nd	nd	1 212 (403)	3 144 (502)	nd	nd
9	14.91 (2.1)	6.7 (3.2)	108 (35)	937 (193)	1 438 (301)	4 882 (317)	nd	nd
10	5.29 (2.2)	6.3 (2.6)	186 (43)	1 194 (234)	2 275 (291)	7 571 (229)	nd	nd
11	12.83 (4.0)	14.5 (4.3)	nd	nd	1 351 (332)	4 412 (434)	nd	nd
12	28.13 (7.0)	26.2 (5.7)	nd	nd	291 (53)	461 (129)	nd	nd

Leyenda:

Cada valor representa el promedio de tres plantas y dos repeticiones

R.e.ac. = Radiactividad específica en el aceite (cpm g fruto⁻¹)

R.e.ha. = Radiactividad específica en la harina (cpm g fruto⁻¹)

nd = Radiactividad no detectada

Valores entre paréntesis = error estándar.

y demuestran que los fotoasimilados exportados por cada hoja siguen haces vasculares definidos, sin mezclarse en gran medida con el contenido de haces paralelos correspondientes a otras hojas.

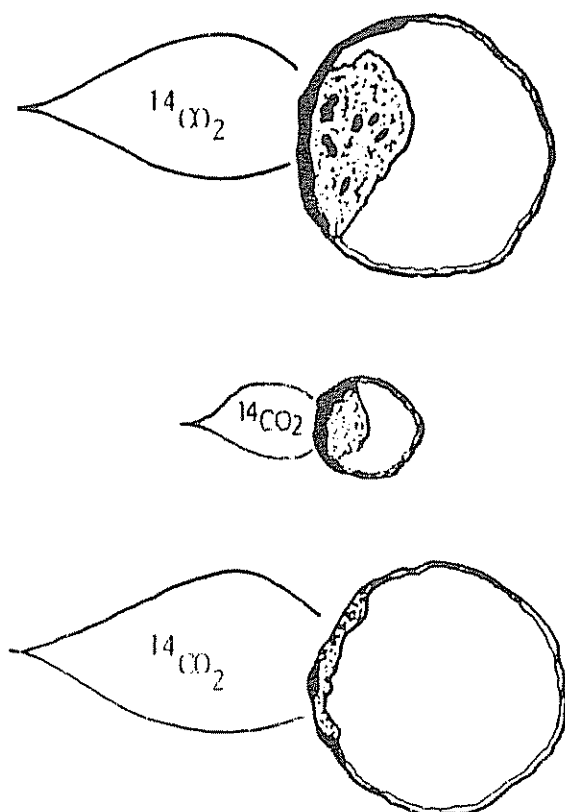


Fig. 2. Distribución del ^{14}C en secciones transversales del tallo correspondientes a diferentes regiones de las plantas marcadas. En todos los casos se observa la mayor localización de radiactividad en el sector correspondiente al nudo de inserción de la hoja alimentada con $^{14}\text{CO}_2$. Las zonas radiactivas (áreas sombreadas) fueron ubicadas por autorradiografías: a) Sección del tallo tomada por encima de la hoja superior; b) sección del tallo tomada 10 cm por debajo de la hoja inferior; c) sección del tallo tomada 15 cm por encima de la hoja inferior.

La diferencia de actividad específica encontrada entre el aceite y la harina de extracción (Cuadro 2) puede atribuirse al retraso que existe entre la lipogénesis y la incorporación global de carbohidratos en los frutos (7, 11). Por otro lado, la harina de extracción contiene restos de tejido del pericarpio, en el cual se puede incorporar un alto porcentaje de los fotoasimilados importados por los frutos (9).

Cuadro 2. Actividad específica porcentual total detectada en los frutos y en el aceite y harina de extracción, luego de la marcación con $^{14}\text{CO}_2$.

Hoja marcada	Actividad detectada en los frutos (cpm %)	VAR (%)	Actividad detectada en el aceite (cpm %)	Actividad detectada en la harina (cpm %)
Superior	100	—	8.0	92.0
Intermedia	38.5	-61.5	24.0	76.0
Inferior	0.17	-99.8	43.0	57.0

Leyenda:

Cada valor representa el promedio de tres plantas y dos repeticiones.

% VAR = porcentaje de variación

Los valores de la actividad específica calculados para los frutos (Cuadro 1) muestran que su capacidad de polarizar fotoasimilados depende más de su actividad metabólica que de su tamaño (19, 21). Considerando entonces al flujo de fotoasimilados como una relación entre las concentraciones de carbohidratos solubles de las fuentes (hojas) y los destinos (frutos) (6, 19, 21), el sistema de la forma se puede definir de la siguiente manera:

$$F = (Sh - Sf)/R \quad (\text{Ecuación 1})$$

donde F es el flujo de fotoasimilados; Sh, el nivel de sacarosa en las hojas; Sf, el de sacarosa en los frutos; y R, la resistencia al transporte. Esta será directamente proporcional a la distancia entre las hojas y los frutos (19).

Teniendo en cuenta, entonces, la movilidad de los metabolitos marcados con ^{14}C en función de la distancia fuente-destino (2), se infiere que los fotoasimilados producidos por las hojas superiores se exportarán más eficientemente hacia los frutos, ya que en este caso R tendrá menor magnitud. Por otro lado, algunos caracteres fisiológicos de estas hojas, como por ejemplo mayor capacidad de fijación de CO_2 (3, 4, 16), hacen que su eficiencia sea aún mayor (Cuadro 3).

La menor radiactividad total encontrada en el capítulo, cuando ésta proviene de las hojas inferiores (Cuadro 1), se debe a que: a) Sh-Sf es menor, posiblemente por una disminución en su capacidad de exportación; b) R se incrementa al aumentar la distancia; y c) los fotoasimilados, provenientes de estas hojas, se dispersan, se descargan en otras hojas o se dirigen hacia las raíces (Fig. 2b). El aporte de los fotoasimilados al rendimiento de la planta podría considerarse poco significativo, por causa de su limitada

capacidad de fijación de CO₂, la que se debe a su edad fisiológica y a su posición en el cultivo (Cuadro 3), (3, 9, 10, 12, 16).

Cuadro 3. Características morfológicas de las hojas utilizadas para la marcación con ¹⁴CO₂ y actividad específica remanente detectada en ellas al finalizar el experimento. Los valores son el promedio de tres plantas por hoja considerada en cada posición y dos repeticiones.

Hoja marcada	Superficie (cm ²)	Peso (g)	Distancia capítulo (cm)	Actividad específica detectada después de la marcación (cpm g ⁻¹) 10 ⁻⁴
Superior	305 a	4.22 a	23.0 a	131.8 a
Intermedia	698 b	7.47 b	75.0 b	77.1 b
Inferior	738 b	7.63 b	113.0 c	74.9 b

Legenda:

Los valores de una misma columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente por la prueba de rango múltiple de Duncan al nivel del 5 por ciento. Cada valor representa el promedio de tres plantas y dos repeticiones

CONCLUSIONES

Al considerar el aporte de fotoasimilados a los frutos en desarrollo se nota una marcada división de la arquitectura del canopeo de la planta de girasol. Aproximadamente los dos tercios de hojas superiores exportan fotoasimilados hacia el capítulo, mientras el resto lo hace hacia la raíz. Fotoasimilados provenientes del tercio superior de hojas del canopeo se dirigen estrictamente hacia el sector del capítulo ubicado en el ortóstico de tales hojas. Las hojas ubicadas más abajo mantienen el mismo patrón de respuesta, pero la incorporación de fotoasimilados marcados se puede observar en una región más amplia del capítulo, hecho que sugiere una mayor dispersión durante el transporte.

El número de hojas en la planta de girasol varía de acuerdo con el cultivar y las condiciones climáticas durante el desarrollo del cultivo. Por lo tanto, es de esperar que el rendimiento de esta especie se vea beneficiado en aquellos cultivares que lleguen a antesis con una arquitectura foliar que permita una buena captación de luz en el estrato superior de hojas del canopeo, y con una duración del área foliar superior capaz de suministrar una cantidad apropiada de fotoasimilados al capítulo durante la mayor parte del período de llenado de los frutos.

LITERATURA CITADA

1. BARLOW, H.W.B. 1979. Sectorial patterns in leaves of fruit tree shoots produced by radioactive assimilates and solutions. *Annals of Botany* 43:593-602.
2. COOK, M.G.; EVANS, L.T. 1978. Effect of relative size and distance of competing sinks on the distribution of photosynthetic assimilates in wheat. *Australian Journal of Plant Physiology* 5:495-509.
3. ENGLISH, S.D.; McWILLIAM, J.R.; SMITH, R.C.G.; DAVIDSON, J.L. 1979. Photosynthesis and partitioning of dry matter in sunflower. *Australian Journal of Plant Physiology* 6:149-164.
4. EVANS, L.T. 1975. The physiological basis of crop yield. In *Crop Physiology*. L.T. Evans (Ed.) London, Cambridge University Press. p. 327-355.
5. EVANS, L.T.; WARDLAW, L.E. 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. *Advances in Agronomy* 28:301-359.
6. GIFFORD, M.; EVANS, L.T. 1981. Photosynthesis, carbon partitioning and yield. *Annual Review of Plant Physiology* 32:485-509.
7. GREWAL, S.S.; SUKHJIA, P.S.; BHATIA, L.S. 1978. Polar lipid composition during sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed development. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen-BPP* 173:11-16.
8. HERNANDEZ, L.F. 1983. Estudios sobre el desarrollo de los frutos de girasol (*Helianthus annuus* L.) y su respuesta a factores de estrés. Tesis Mag. Sc. Bahía Blanca, Arg., Universidad Nacional del Sur. 178 p.
9. HERNANDEZ, L.F.; ORIOLI, G.A. 1983. Estudio comparativo de la estructura foliar, interceptación de luz y rendimiento en girasol (*Helianthus annuus* L.). *Anales de Edafología y Agrobiología* 42:2137-2148.
10. HIROI, T.; MONSI, M. 1966. Dry-matter economy of *Helianthus annuus* communities grown at varying densities and light intensities. *Journal of the Faculty of Agronomy* 3(9):241-285.
11. HOPKINS, C.W.; CHISHOLM, M.J. 1961. Development of oil in the seed of *Helianthus annuus* L.. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 39:1481-1487.
12. HORIE, T.; UDAGAWA, T. 1971. Canopy photosynthesis of sunflower plants: Its measurements and modelling. *Bulletin of the National Institute of Agricultural Sciences (Series A) (Japan)* no. 18:1-54.
13. JOY, K.W. 1964. Translocation in sugar-beet. 1. Assimilation of ¹⁴CO₂ and distribution of materials from leaves. *Journal of Experimental Botany* 45:485-494.
14. KURSANOV, A.L. 1963. Metabolism and the transport of organic substances in the phloem. *Advances in Botanical Research* 1:209-274.
15. LARSON, P.R.; DICKSON, R.E. 1973. Distribution of imported ¹⁴CO in developing leaves of eastern cottonwood according to phylotaxy. *Planta* 108:95-112.

16. RAWSON, H.M.; CONSTABLE, G.A. 1980. Carbon production of sunflower cultivars in field and controlled environments. 1. Photosynthesis and transpiration of leaves, stems and heads. *Australian Journal of Plant Physiology* 7:555-573.
17. SHIROYA, M.; LISTER, G.R.; NELSON, C.D.; KROTKOV, G. 1961. Translocation of ^{14}C in tobacco at different stages of development following assimilation of $^{14}\text{CO}_2$ by a single leaf. *Canadian Journal of Botany* 39:855-864.
18. THODAY, D. 1922. On the organization of growth and differentiation in the stem of the sunflower. *Annals of Botany* 36:489-510.
19. WALKER, A.J.; THORNLEY, J.H.M. 1977. The tomato fruit: Import, growth, respiration and carbon metabolism at different fruit sizes and temperatures. *American Journal of Botany* 41:977-985.
20. YAMAMOTO, T. 1967. The distribution of carbon-14 assimilated by a single leaf in tobacco plant. *Plant and Cell Physiology* 8:353-362.
21. ZEEVART, J.A.D. 1979. Regulation of assimilate partitioning. In *Partitioning of assimilates*. Michigan State University p. 14-17. (Reports of a Workshop).

Diallel Analysis and Heterosis for Yield and Associated Characters in Durum Wheat under Upland Conditions¹

S. Kuruvadi*

ABSTRACT

The combining ability studies were made in ten F₁ progenies involving five diverse parents in durum wheat. The analysis of variance for 15 populations and variances of general combining ability (GCA) showed highly significant differences for grain yield, spikes per plant, 1000 kernel weight, plant height and days to heading. The estimated specific combining ability (SCA) variances were slightly higher to GCA variances for grain yield, indicating considerable non-additive gene action in the inheritance of this complex trait. The two parents 'DT367' and 'Wascana' were superior general combiners for grain yield and spikes per plant, while the variety Pelissier was the best combiner for 1000 kernel weight, flag leaf area and plant height. The cross combinations 'Pelissier' x '7561-EZ2E', 'DT367' x '7461-Q4A' and 'DT367' x 'Pelissier' recorded higher values for SCA effects for yield and related characters. Heterosis over superior parent ranged from -27.6% to 22.1% for grain yield and five out of 10 F₁ progenies excelled their better parent.

INTRODUCTION

The objective of many plant breeding programs in the self- and cross-pollinated crops is to develop high yielding varieties, superior hybrids and potential populations like synthetics and composites through hybridization programs. Success in crossing programs depends upon the choice of suitable parental material which will combine well to generate superior progeny. Several guidelines for parental choice have been used with some success in developing outstanding cultivars like high mean yield, diversity in pedigree between parents (12, 14) and studying combining abilities (5, 6, 11, 14). However, if the trait to be improved is not highly heritable, methods of selecting superior parents will be moderately successful (14).

COMPENDIO

Se estudió la aptitud combinatoria en diez progenies F₁, descendientes de cinco progenitores diversos en trigo duro. El análisis de variancia para 15 poblaciones y de variancias de la aptitud combinatoria general (GCA) mostraron diferencias altamente significativas en el rendimiento de granos, espigas por planta, peso de mil granos, altura de planta y días a floración. Las variancias estimadas de aptitud combinatoria específica (SCA) fueron ligeramente más altas que las de GCA en rendimiento de granos, lo que indica una considerable acción no aditiva de genes en la herencia de esta característica compleja. Los progenitores 'DT 367' y 'Wascana' fueron los mejores combinadores para rendimiento de granos y espigas por planta, mientras que la variedad Pelissier fue el mejor combinador para peso de mil granos, área de hoja-bandera y altura de planta. Los cruces entre 'Pelissier' y '7561-EZ2E', entre 'DT367' y '7461-Q4A', y entre 'DT367' y 'Pelissier' registraron altos valores de SCA en rendimiento y características relacionadas con éste. La heterosis sobre el progenitor superior varió entre -27.6% y 22.1% para rendimiento de granos y cinco de las diez progenies F₁ superaron a sus mejores progenitores.

A knowledge of general and specific combining abilities (GCA, SCA) influencing yield and its components has become increasingly important to plant breeders in the choice of suitable parents for developing potential hybrids in many crop plants (2, 13, 15). Several studies (2, 3, 7, 8, 16) have attempted to determine the GCA and SCA for yield and related characteristics in wheat crosses under irrigated conditions, but such information is scant under dryland conditions. The objective of this research was thus to identify superior parents based on higher GCA values and better crosses with higher SCA values, and to study hybrid vigor for yield and associated characters in the F₁ generation of a five parent diallel cross in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. Durum) in a dryland environment.

MATERIALS AND METHODS

The five cultivars (DT367, Wascana, Pelissier, 7461-Q4A and 7561-EZ2E) of spring durum assumed to be homogeneous and homozygous were selected as parents. The four parents 'DT367', 'Wascana', 'Pelissier' and '7561-EZ2E' were selected because of their excellent rooting abilities, tall stature, drought

¹ Received for publication 23 May 1989.

* The author is most grateful to the authorities of the International Development Center, Ottawa, Canada for financial help and to the authorities of the Agricultural Research Station, Swift Current, Canada, for providing facilities to carry out this investigation.

resistance and high yield under dryland conditions in different yield trials and greenhouse experiments. The cultivar 7461-Q4A was chosen for its short-statured and early maturity qualities. These cultivars differed in yield and their components, plant height, days to heading, grain size and drought resistance. These lines were crossed in all possible combinations excluding reciprocals to obtain ten hybrids in the greenhouse. A diallel set involving these parents and their ten F₁ hybrids were seeded in a randomized block design at the Agricultural Experiment Station, Swift Current, Saskatchewan, Canada. Each treatment was seeded in a single row of 2 m length and the plants in each row were spaced 10 cm apart, keeping a row to row distance of 23 cm. The seeding was effected with the conserved moisture in the soil and afterwards the crop was grown strictly under drought conditions. A random sample of five plants was chosen for each entry for recording data on six traits, grain yield per plant, spikes per plant, 1000 kernel weight, plant height, days to heading and flag leaf area.

The plot means of the characters were utilized to calculate the statistical analysis of variance and combining ability effects following Griffing (6) Method II and Model I.

RESULTS AND DISCUSSION

The analysis of variance for genotypes and GCA variance (Table 1) indicated highly significant differences for grain yield, spikes per plant, 1000 kernel weight, plant height and days to heading, and SCA for the last three characters listed revealed a considerable variability in these traits among the genotypes included in the study. However, close examination revealed that

the estimates of SCA variance were slightly higher than GCA variance for grain yield, indicating considerable non-additive gene action involved in the inheritance of this character. Bhatia *et al.* (2) and Kuruvadi (9) have reported that the SCA component of variance was higher than that of GCA variance for grain yield in durum wheat, revealing the predominant role of non-additive gene effects in the genetic control of grain yield. Several researchers (7, 8, 12) detected significant SCA effects for grain yield in the space planted in experiments in wheat. Cregan and Busch (5) indicated that the absence of SCA effects in competitive growth conditions in the field suggests that non-additive genetic variance may not be well-expressed in wheat under such circumstances. The variances due to GCA effects were greater than those due to SCA effects for the characters spike number and plant height, indicating the predominant role of additive gene effects for these traits. The estimates of SCA variance were greater than GCA variance for 1000 kernel weight and days to heading, revealing the greater magnitude of non-additive gene effects on these two characters (Table 1).

The grain yield per plant varied from 8.2 g to 13.5 g and 9.6 g to 14.8 g in the parents and hybrids respectively (Table 2) and the hybrids recorded 11.9% more grain yield over parents. 'Wascana' produced maximum grain yield of 13.5 g per plant followed by 'DT367' (12.3 g) in the parents. Among the crosses 'DT367' x 'Wascana' topped in yield with 14.8 g per plant followed by 'DT367' x 'Pelissier' with 14 g, and 'Pelissier' x '7561-EZ2E' also with 14 g.

The estimates of GCA effects (Table 3) revealed that the parent 'DT 367' and 'Wascana' were excellent general combiners for grain yield and spikes per plant.

Table 1. Analysis of variance for combining ability in durum wheat.

Source of variation	Degrees of freedom	Mean sum of squares					
		Grain yield per plant	Spikes per plant	1000 kernel weight	Plant height	Days to heading	Flag leaf area
Replication	1	0.00	0.66	3.22	0.96	41.36	33.36
Genotypes	14	3.49**	2.13**	12.19**	118.58**	52.06**	1.20NS
GCA	4	7.57**	4.57**	4.51**	395.88**	117.02**	2.08NS
SCA	9	1.86NS	1.15NS	15.26**	7.66**	26.08**	0.85NS
σ_g^2	-	0.94	0.10	-2.88	74.83	1.24	0.17
σ_g^2	-	0.99	0.03	26.72	8.99	2.40	-0.14

** Significant at 1 percent level.

NS Non significant

Table 2. Mean values of parents and their hybrids for different characters in durum wheat.

Parents and hybrids	Grain yield per plant (g)	Spikes per plant	1000 kernel weight (g)	Plant height (cm)	Days to heading	Flag leaf area (cm ²)
DT367	12.3	5.3	57.6	88.3	61.9	21.1
Wascana	13.5	6.4	57.9	98.3	60.8	22.0
Pelissier	9.4	4.3	60.1	97.5	64.5	23.8
7461-Q4A	8.2	4.3	53.2	56.4	60.7	21.4
7561-EZ2E	11.4	5.0	58.5	86.9	60.6	23.2
1 x 2	14.8	5.7	63.2	93.7	62.5	23.2
1 x 3	14.0	5.8	68.2	100.0	65.3	22.2
1 x 4	13.0	4.9	68.4	75.2	59.5	22.4
1 x 5	11.8	5.2	60.3	88.0	62.3	23.9
2 x 3	11.8	5.2	65.7	103.6	64.2	23.0
2 x 4	9.8	4.3	66.9	84.3	60.8	20.5
2 x 5	13.1	5.8	60.0	98.1	63.8	21.0
3 x 4	9.7	5.0	67.5	81.7	64.9	22.1
3 x 5	14.0	5.5	67.7	98.2	65.9	32.9
4 x 5	9.6	4.3	64.9	73.8	68.7	22.0
Mean for parents	11.0	5.1	57.5	85.5	61.7	22.3
Mean for hybrids	12.2	5.2	65.3	98.2	70.0	27.5
General mean	11.8	5.1	62.7	88.3	62.4	22.4

The variety Pelissier was the best combiner for the three characters, 1000 kernel weight, tall stature and flag leaf area. Kuruvadi and Smith (10) studied the root models of 14 varieties in durum wheat and mentioned that the variety Pelissier produced a remarkably good root model, increasing the quantity of root mass in the soil profile from 60 cm to 120 cm depth in the rhizotron. The same authors (11) studied the combining abilities for root potential in F₁ and F₂ generations in durum wheat and identified 'Pelissier' as a good general com-

biner for root mass and recommended it as the best donor for breeding improved varieties under drought conditions based on root potential. In addition, Clark and Smith (4) demonstrated that the tetraploid variety Pelissier retains high water content in the excised-leaf experiments which contributes to drought resistance in the field condition. The advance generation line 7461-Q4A was a superior combiner for dwarfness and earliness.

Table 3. General combining ability effects for parents and specific combining ability effects for crosses in durum wheat.

Parents and crosses	Grain yield per plant	Spikes per plant	1000 kernel weight	Plant height	Days to heading	Flag leaf area
DT367	1.90	0.20	-0.10	0.56	-0.16	-0.06
Wascana	0.84	0.43	-0.63	6.67	-0.23	-0.37
Pelissier	-0.32	-0.10	1.89	6.99	2.10	0.65
7461-Q4A	-1.72	-0.53	-0.28	-14.54	-1.33	-0.65
7561-EZ2E	0.11	0.10	-0.88	0.33	-0.37	0.43
1 x 2	1.06	-1.62	1.28	-1.80	0.47	1.19
1 x 3	1.46	0.57	3.71	4.19	0.94	-0.80
1 x 4	1.86	0.10	6.06	0.92	-1.43	0.76
1 x 5	-1.16	-0.13	-1.38	-1.15	0.41	1.11
2 x 3	-0.46	-0.26	1.80	1.68	-0.09	0.33
2 x 4	-0.10	0.73	5.17	3.91	-0.06	-0.87
2 x 5	0.37	0.24	-1.13	2.83	1.99	-1.34
3 x 4	-0.28	0.50	3.22	0.99	1.61	-0.29
3 x 5	2.40	0.47	4.01	2.26	1.76	0.45
4 x 5	-0.10	-0.30	-8.93	-0.25	-2.01	0.27

Generally the parents with higher mean performance of a character were mostly involved with superior values of GCA effects and vice versa. Bailey *et al.* (1) studied the heterosis and gene action for yield in wheat and mentioned that the ranking of the parents based on parental means was the same as ranking based on additive effects. However, Bhatia *et al.* (2) concluded that the mean performance of parents and their GCA effects were generally inconsistent, indicating that breeding values of the parents may not be precisely predicted for their performance in durum wheat. Considering the mean and direction and magnitude of the general combining ability, the overall best combiners identified were 'DT367', 'Wascana' and 'Pelissier' for yield and other related traits, and these varieties could be exploited for higher grain productivity under dryland conditions as these lines contain considerable frequency of desirable additive genes for grain yield and other associated characters. The general combining ability is attributable to additive gene action and additive x additive epistasis, and conventional pedigree breeding methods would therefore be more fruitful in the improvement of this crop.

Considering magnitude and direction of SCA effects, the crosses 'Pelissier' x '7561-EZ2E', 'DT367' x '7461-Q4A' and 'DT367' x 'Pelissier' have manifested positive and higher values of SCA effects for grain yield, spikes per plant and 1000 kernel weight, and offers greatest promise for further exploitation. The parents 'DT367', 'Pelissier' and 'Wascana' were mostly involved in many productive crosses.

Heterosis over midparental value for grain yield ranged from -10% to 33.7% and 7 out of 10 F₁ progenies produced higher yields than midparental values. Heterosis above the better parent ranged from -27.6% to 22.1% and five out of 10 F₁ progenies surpassed their better parent. Winder and Lebsack (16) and Kuruvadi (9) have demonstrated significant hybrid vigor for grain yield of F₁ population in durum wheat. The crosses 'Pelissier' x '7561-EZ2E' for grain yield (22.1%); 'Pelissier' x '7461-Q4A' for spikes per plant (16.3%); 'Wascana' x '7461-Q4A' for 1000 kernel weight (15.7%); 'Pelissier' x '7461-Q4A' for dwarfism (-16.2%); 'DT367' x '7461-Q4A' for earliness (-3.9%) and 'DT367' x 'Wascana' for flag leaf area (5.2%), expressed highest heterotic effect over superior parent. The high heterotic effect for these characters may be attributed to high GCA of one or both parents, desirable and higher SCA effect of the cross, or a combination of high GCA and SCA effect of the parents and the crosses respectively. These high yielding crosses could be directly exploited for practical breeding under rainfed conditions.

LITERATURE CITED

1. BAILEY, T.B.; QUALSET, C.O.; COX, D.F. 1980. Predicting heterosis in wheat. *Crop Science* 20:339-342.
2. BHATIA, A.; BHULLAR, G.S.; GILL, K.S. 1979. Combining ability in durum wheat. *Cereal Research Communication* 7(1):49-53.
3. BHULLAR, G.S.; GILL, K.S.; BHATIA, A. 1979. Combining ability over successive generations in diallel crosses of bread wheat. *Cereal Research Communication* 7(3):207-213.
4. CLARKE, J.M.; SMITH, T.T.F. 1986. Heritability and relationship to yield of excised-leaf water retention in durum wheat. *Crop Science* 26:289-232.
5. CREGAN, P.B.; BUSCH, R.H. 1978. Heterosis, inbreeding and line performance in crosses of adapted spring wheats. *Crop Science* 18:247-251.
6. GRIFFING, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Australian Journal of Biological Sciences* 9:463-493.
7. GYAWALI, K.K.; QUALSET, C.O.; YAMAZAKI, W.T. 1968. Estimates of heterosis and combining ability in winter wheat. *Crop Science* 8:322-324.
8. KRONSTAD, W.E.; FOOTE, W.M. 1964. General and specific combining ability estimates in winter wheat (*Triticum aestivum* Vill., Host.). *Crop Science* 4:616-619.
9. KURUVADI, S. 1980. Genetic studies on dryland wheat. Ottawa, Canada, International Development Research Centre. p 1-17.
10. KURUVADI, S.; SMITH, T.T.F. 1986. Modelos de raíces en trigo macarronero en fitotronos. *Turrialba* 36(4):473-478.
11. KURUVADI, S.; SMITH, T.T.F. 1987. Combining ability and heterosis for root potential in durum wheat. *Rachis. Barley and Wheat Newsletter* 6(2):33-36.
12. KURUVADI, S. 1988. Multivariate analysis of genetic divergence in wheat. *Turrialba* 38:267-271.
13. KURUVADI, S. 1989. Heterosis and combining ability analysis in bread wheat under dryland conditions. *Rachis. Barley and Wheat Newsletter*. (In press).
14. STUTHMAN, D.D.; STUCKER, R.E. 1975. Combining ability analysis of near homozygous lines derived from a 12-parent diallel cross in oats. *Crop Science* 15:800-803.
15. WILSON, N.D.; WEIBEL, D.E.; McNEEW, R.W. 1978. Diallel analysis of grain yield, percent protein and protein yield in grain sorghum. *Crop Science* 18:491-494.
16. WINDER, J.N.; LEBSACK, K.L. 1973. Combining ability in durum wheat. *Crop Science* 13:164-167.

Fenologia de *Ipomoea aristolochiaefolia* (H.B.K) Don. (Convolvulaceae)¹

R.C.S. Maimoni-Rodella*, R.A. Rodella*

ABSTRACT

Ipomoea aristolochiaefolia (H.B.K) Don., a common annual weed, was studied in Jaboticabal, SP, southeastern Brazil. Two experiments were carried out on two different planting dates: in the early summer and mid winter. Weed development was analysed weekly. Plants sown in summer had a shorter life cycle (six months) than those sown in winter (eight months). Summer plants had better performance and greater fruit production. These variations, conditioned by planting date, indicate the dependence of *I. aristolochiaefolia* on the environmental conditions and can define its occurrence in summer cultures. Concerning growth pattern, *I. aristolochiaefolia* may be described as ruderal, in relation to the type of establishment strategy of the vegetational components.

RESUMO

I. aristolochiaefolia (H.B.K) Don., planta daninha anual ocorrente em diversas culturas, foi estudada sob condições experimentais em Jaboticabal - SP, Brasil. Foram realizados dois ensaios sendo um deles iniciado em princípios do verão e o outro em meados do inverno. Semanalmente foi avaliado, em ambos os ensaios, o desenvolvimento das plantas, durante todo o seu ciclo vital. Houve menor duração do ciclo de desenvolvimento para plantas semeadas no verão (6 meses) em relação àquelas semeadas no inverno (8 meses). As primeiras apresentaram melhor desempenho e maior produção de frutos. Estas variações condicionadas pela época de estabelecimento das plantas indicam a dependência de *I. aristolochiaefolia* em relação às condições ambientais e podem determinar sua maior ocorrência em cultivos de verão. Quanto ao padrão de crescimento pode-se considerá-la uma espécie ruderal, em relação ao tipo de estratégia de estabelecimento dos componentes da vegetação.

INTRODUÇÃO

Entre as espécies do gênero *Ipomoea* encontram-se as Convolvulaceae são as mais problemáticas à agricultura no Brasil. Este é o caso de *I. aristolochiaefolia* (H.B.K.) Don., planta daninha bastante frequente em todas as áreas cultivadas do estado de São Paulo (16) e em culturas anuais e perenes das regiões Sudeste, Sul e Centro-oeste do Brasil (18), especialmente em culturas de algodão, milho, soja e pomares cítricos (5).

Estudos fenológicos contribuem para o conhecimento da biologia de plantas daninhas, pois são fontes de informação para a elaboração de métodos de manejo e controle da flora daninha, bem como para a compreensão das formas de adaptação dessas plantas aos ambientes alterados pela ação do homem. Recentemente diversos estudos têm sido realizados visando o conhecimento dos padrões de crescimento e das estratégias de reprodução de muitas Convolvulaceae daninhas (6, 8, 10, 15, 20, 21, 22-24). Os dados obtidos têm permitido, frequentemente, melhor controle sobre a permanência e a dispersão de plantas daninhas em

áreas agrícolas pois tomam-se conhecidas as épocas e as formas de reprodução das plantas, entre outros aspectos. Portanto, o presente estudo tem por objetivo caracterizar o ciclo de desenvolvimento de *I. aristolochiaefolia* em duas épocas do ano, visando contribuir para o conhecimento de sua ecologia e fornecer subsídios para futuros programas de controle dessa planta.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados ensaios em dependências da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP), em Jaboticabal - SP, Brasil, em área de solo pertencente à unidade de mapeamento Latossol Vermelho Escuro, Fase arenosa (7), série Santa Teresa (1).

Sementes de *I. aristolochiaefolia* foram obtidas a partir de plantas de ocorrência espontânea, nos arredores da área experimental em 1978. As sementes colhidas foram mantidas em câmara seca até o início dos ensaios. Para a semeadura, foram preparados 40 recipientes de papel jornal com cerca de 300 ml de terra e neles foram colocadas 3 sementes à profundidade de 2-3 cm. Quando as mudas apresentavam pelo menos 2 folhas definitivas, realizou-se o desbaste deixando-se uma muda por recipiente, 20 das quais foram transplantadas

1 Recebido para publicação em 30 de agosto de 1989.

* Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, UNESP, 18600-Botucatu - SP - Brasil.

para o campo. Este procedimento foi adotado em ambos os ensaios realizados.

A semeadura foi efetuada, no primeiro ensaio, a 19 de janeiro e o transplante das mudas para o campo a 22 de fevereiro de 1980. Para o segundo ensaio, realizou-se a semeadura a 30 de agosto e o transplante das mudas para o campo a 06 de outubro de 1980. Em ambos os ensaios o plantio foi efetuado em canteiros, utilizando-se o espaçamento de 4 m x 4 m entre mudas. Em seguida foram marcadas, ao acaso, 6 plantas, as quais foram utilizadas para observações e mensurações fenológicas semanais, desde os 39 dias após a semeadura até o final do ciclo das plantas, em ambos os ensaios. Em cada planta observada foi contado o número de ramos por planta e marcaram-se, ao acaso, 4 ramos nos quais foram avaliadas semanalmente as seguintes características: comprimento do ramo e números de folhas, botões, flores e frutos por ramo.

Durante toda a fase de floração foi realizada a contagem das flores produzidas por dia, por planta, nas 6 plantas marcadas. Os dados meteorológicos, referentes ao período de desenvolvimento das plantas, nas duas épocas de semeadura, foram fornecidos pela Estação Climatológica da FCAV-UNESP, Jaboticabal - SP.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados meteorológicos referentes ao período de estudos encontram-se registrados na Figura 1, observando-se a ocorrência de um período mais quente e úmido (outubro a março) e outro mais frio e seco (abril a setembro), durante a realização dos ensaios.

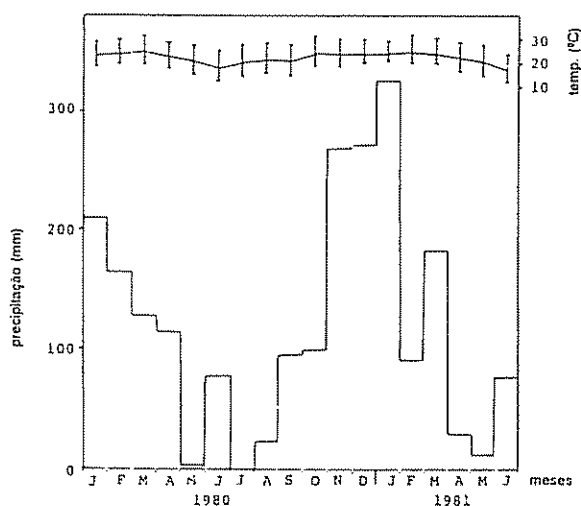


Fig. 1. Distribuição anual da média das temperaturas máxima, mínima e média mensais e da precipitação pluviométrica mensal, na região de Jaboticabal.

Em ambos os ensaios a emergência ocorreu, predominantemente, entre o quarto e o sétimo dia após a semeadura. O ciclo de desenvolvimento de *I. aristolochiaefolia* no primeiro ensaio (Fig. 2) teve 6 meses de duração, desde a semeadura até a senescência, a qual parece estar relacionada como o início do inverno. As plantas apresentaram um crescimento rápido e vigoroso com a produção final média de 89 ramos por planta. Os ramos marcados atingiram, em média, 306 cm de comprimento ao final do ciclo, o que evidencia o potencial de crescimento das plantas. Pode-se observar que o crescimento vegetativo foi expressivo e ocorreu mais acentuadamente nos 3 meses iniciais. Em seguida houve diminuição do número de folhas por ramo, com estabilização do crescimento dos ramos e do número de ramos por planta.

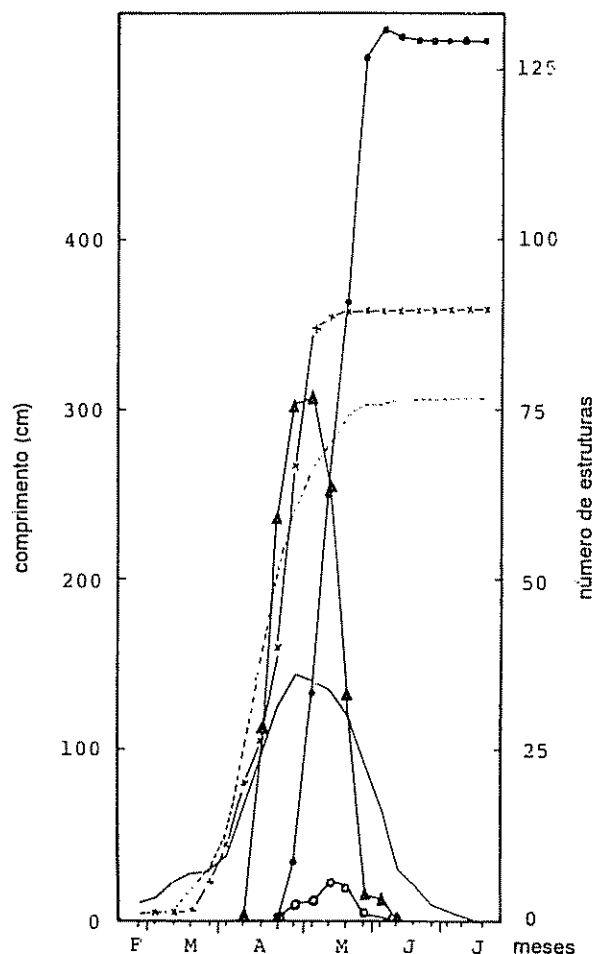


Fig. 2. Variação do número de ramos por planta (x — x), do comprimento dos ramos, em cm (-----) e dos números de folhas (—●—), botões (Δ—Δ), flores (●—●) e frutos (○—○) por ramo, do início ao final do ciclo de desenvolvimento (Jaboticabal, 1980).

O florescimento foi tardio e ocorreu 3 meses após a semeadura (Figs. 2 e 3). Tendo em vista que *I. aristolochiaefolia* reproduz-se exclusivamente através de sementes (5, 16, 18), quanto mais precoce fosse o florescimento, maiores as chances de ocorrer produção e dispersão rápida de sementes, o que representaria maior probabilidade da espécie permanecer em determinada área (2, 3, 14). Portanto, sob este aspecto a espécie apresenta certa vulnerabilidade, podendo-se planejar seu controle na fase vegetativa, que é relativamente longa, para evitar que haja produção de sementes. A floração durou aproximadamente 2 meses e foi bastante intensa, sendo a produção total de flores por planta, no período, da ordem de 3916 flores, em média (Fig. 3). Houve a produção diária de 200 flores por planta, em média, na época de maior pico de floração. Esta estratégia de florescimento pode ser considerada do tipo "cornucópia" definido por Gentry (9), onde as plantas produzem grande número de flores durante várias semanas, atraindo diversos tipos de polinizadores potenciais, estando associada à melitofilia. De fato, Maimoni-Rodella (19, 20, 21), verificou que a polinização de *I. aristolochiaefolia* é efetuada por abelhas. Além disso, essa estratégia de floração é vantajosa para plantas daninhas pois pos-

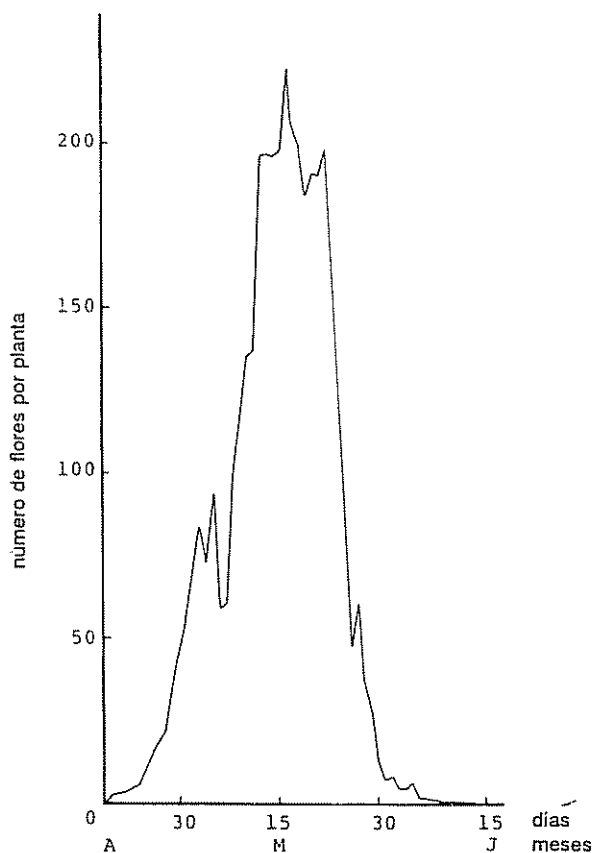


Fig. 3. Número de flores por planta, por dia, do início ao final da floração (Jaboticabal, 1980)

sibilita maior garantia na produção de frutos, quando há necessidade de polinizadores (12). Houve intensa produção de frutos, registrando-se 129 frutos por ramo, em média (Fig. 2), indicando a ocorrência de condições extremamente favoráveis à planta, nessa estação de crescimento.

Para o segundo ensaio (Fig. 4), o ciclo de desenvolvimento das plantas foi mais longo (8 meses de duração). Foram registrados maior comprimento (380 cm, em média) e maior número de ramos (199 ramos/planta, em média), em relação ao primeiro ensaio. O florescimento foi extremamente tardio, ocorrendo 6 meses após a semeadura. De acordo com Barret & Wilson (4), atrasos no florescimento podem levar a um maior desenvolvimento de estruturas vegetativas em plantas anuais, a este efeito parece ter ocorrido em *I. aristolochiaefolia*, durante o segundo ensaio.

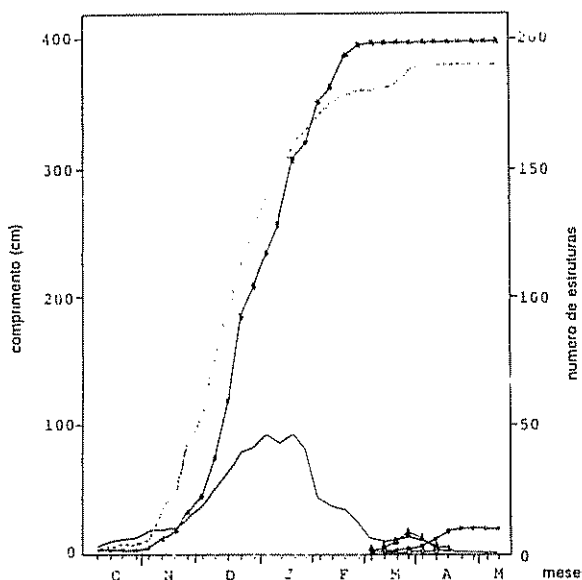


Fig. 4. Variação do número de ramos por planta (x—x), do comprimento dos ramos, em cm (---) e dos números de folhas (—), botões (Δ—Δ), flores (○—○) e frutos (●—●) por ramo, do início ao final do ciclo de desenvolvimento (Jaboticabal, 1980-1981).

O período de floração foi mais longo, durando cerca de 3 meses (Fig. 5) e houve produção de menor quantidade total de flores por planta (2845 flores por planta, em média). Embora as plantas tenham permanecido mais tempo em floração, houve produção de menor número total de flores por planta e menor número de flores por dia, raramente ultrapassando a marca das 100 flores por planta por dia, mas, em geral, um número considerável de flores foi produzido. Esperava-se, uma

certa diminuição no número de frutos produzidos por ramo, em consequência dessa queda na produção de flores. No entanto houve produção de um número muito pequeno de frutos (9.4 frutos por ramo), o que foi totalmente inesperado.

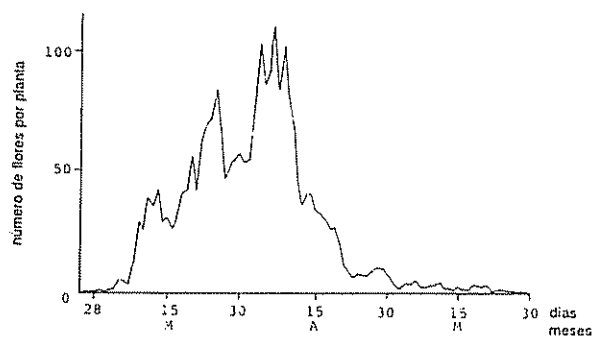


Fig. 5. Número de flores por planta, por dia, do início ao final da floração (Jaboticabal, 1981).

Analisando-se os níveis de precipitação pluviométrica (Fig. 1) durante a época de máxima floração das plantas no segundo ensaio, pode-se notar a ocorrência de grande incidência de chuvas no referido período. Parece ter ocorrido, desta forma, uma ação prejudicial das chuvas sobre o pegamento dos frutos pois a forma tubulosa da corola e a posição ereta ou levemente inclinada das flores de *I. aristolochiaefolia* favorecem a retenção de água das chuvas, o que levaria à destruição dos grãos de pólen depositados sobre o estigma, devido à diminuição da concentração osmótica da superfície estigmática, com consequente arrebatamento dos grãos de pólen (17). Em consequência ocorre frustração de polinização e abscisão da flor. O efeito prejudicial das chuvas sobre o pegamento dos frutos foi anteriormente relatado para *Merrremia dissecta* (22).

De forma geral, as condições climáticas ocorridas na época do segundo ensaio não favoreceram a produção de sementes, a despeito da ocorrência de considerável florescimento. No entanto, pelo menos algumas foram formadas, representando maior possibilidade de permanência de espécie no meio ambiente. Este comportamento é característico de plantas daninhas (2, 3, 22). O comportamento diferencial de *I. aristolochiaefolia* em função da época de estabelecimento das plantas evidencia o grau de sua dependência em relação aos fatores ambientais e pode determinar sua maior ocorrência em cultivos de verão. Hickman (13) observou este mesmo comportamento em espécies ocorrentes em ambientes abertos e altamente variáveis, e que apresentam mecanismos controladores do desenvolvimento dependentes das variações ambientais.

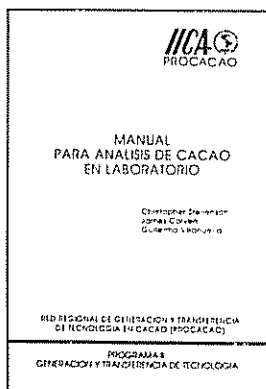
Quanto ao tipo de estratégia de estabelecimento (11), pode-se considerar *I. aristolochiaefolia* como espécie ruderal, uma vez que possui ciclo de desenvolvimento curto, alta produção de sementes e se estabelece em ambientes severamente perturbados, mas potencialmente produtivos. Entretanto, devido à fase vegetativa inicial relativamente longa, e à produção de longos ramos, pode-se considerar que, embora tendo características de planta ruderal, *I. aristolochiaefolia* se localizaria, dentro de um gradiente, em posição mais próxima ao tipo ruderal-competitivo, que também engloba plantas anuais de grande porte, colonizadoras de ambientes alterados (11, 23).

LITERATURA CITADA

1. ALOISI, R.R.; DEMATTÊ, J.L.T. 1974. Levantamento dos solos de Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia de Jaboticabal. Científica 2(2):123-136
2. BAKER, H.G. 1965. Characteristics and modes of origin of weeds. In The genetics of colonizing species. H.G. Baker, G.L. Stebbins (Eds.). New York, Academic Press. p. 147-172.
3. BAKER, H.G. 1974. The evolution of weeds. Annual Review of Ecology and Systematics 5:124
4. BARRET, S.C.H.; WILSON, B.F. 1981. Colonizing ability in the *Echinochloa crus-galli* complex (barnyard grass). I. Variation in life history. Canadian Journal of Botany 59(10):1844-1860.
5. BLANCO, H.G. 1978. Catálogo das espécies de mato infestantes de áreas cultivadas no Brasil-Família das campainhas (Convolvulaceae). O Biológico 44:259-278.
6. CHANDLER, J.M.; MUNSON, R.L.; VAUGHAN, C.E. 1977. Purple moonflower emergence, growth, reproduction. Weed Science 25(2):163-167.
7. COMISSÃO DE SOLOS. 1960. Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo e Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Bra., CNEPA, SNPA. Boletim no. 12. 634 p.
8. CROWLEY, R.H.; BUCHANAN, G.A. 1982. Variations in seed production and the response to pests of morning glory (*Ipomoea*) species and smallflower morning glory (*Jakquemontia tamnifolia*). Weed Science 30(2):187-190.
9. GENTRY, A.H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. Biotropica 6(1):64-68
10. GOMES, L.F.; CHANDLER, J.M.; VAUGHAN, C.E. 1978. Aspects of germination, emergence and seed production of three *Ipomoea* taxa. Weed Science 26(3):245-248.
11. GRIME, J.P. 1979. Plant strategies and vegetation processes. Chichester, Wiley. 222 p.
12. HEINRICH, B. 1976. Flowering phenologies: Bog, woodland and disturbed habitats. Ecology 57(5):890-899.

13. HICKMAN, J.C. 1975. Environmental unpredictability and plastic energy allocation strategies in the annual *Polygonum cascadense* (Polygonaceae). *Journal of Ecology* 63:689-701.
14. HILL, T.A. 1977. *The biology of weeds*. Southampton, Camelot Press. 64 p.
15. KEELEY, P.E.; THULLEN, R.J.; CARTER, C.H. 1986. Influence of planting data on growth of ivyleaf morning glory (*Ipomoea hederacea*) in cotton (*Gossypium hirsutum*). *Weed Science* 34(6):906-910.
16. LEITÃO FILHO, H.F.; ARANHA, C.; BACCHI, O. 1972. Plantas invasoras de culturas no Estado de São Paulo. Bra., HUCITEC. v.1. 291 p.
17. LEOPOLD, A.C.; KRIEDEMANN, P.E. 1975. *Plant growth and development*. 2 ed. New York, McGraw. 545 p.
18. LORENZI, H. 1982. Plantas daninhas do Brasil: Terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. Nova Odessa, H. Lorenzi. 425 p.
19. MAIMONI-RODELLA, R.C.S. 1982. Biología floral de *Ipomoea aristolochiaefolia* (H.B.K.) Don. (Convolvulaceae). In *Seminário Regional de Ecología* (3., UFSCar, São Carlos). Resumos. 66 p.
20. MAIMONI-RODELLA, R.C.S. 1983. Aspectos da fenología e da biología floral de quatro espécies de plantas daninhas da familia Convolvulaceae. Jaboticabal, FCAV - UNESP. 128 p. (Dissertação).
21. MAIMONI-RODELLA, R.C.S. 1987. Padrões e crescimento, distribuição de recursos e estratégias de reprodução em *Ipomoea acuminata* Roem. et Schult e *Ipomoea aristolochiaefolia* (H.B.K.) Don. (Convolvulaceae). Tese de Doutorado. Rio Claro, I.B. - UNESP. 259 p.
22. MAIMONI-RODELLA, R.C.S.; RODELLA, R.A.; RODRIGUEZ, J.D. 1985. Aspectos da fenología de *Merremia dissecta* (Jacq.) Hall f. var. *Edentata* (Meisn.) O'Donnell (Convolvulaceae). *Revista Agrícola* 60(3):267-277.
23. RAYNALL, D.J.; BAZZAZ, F.S. 1975. The contrasting life-cycle strategies of three summer annuals found in abandoned fields in Illinois. *Journal of Ecology* 63:587-596.
24. THULLEN, R.J.; KEELEY, P.E. 1983. Germination, growth and seed production of *Ipomoea hederacea* when planted at monthly intervals. *Weed Science* 31(6):837-840.

LIBRO RECOMENDADO



Manual para Análisis de Cacao en Laboratorio. Christopher Stevenson, James Corven y Guillermo Villanueva. Programa II. 68 p. Serie Publicaciones Misceláneas (ISSN 0534-5391) AI/SC-93-06.

El objetivo de este manual es presentar las metodologías de pruebas de laboratorio para determinar algunos aspectos de la calidad del cacao, y por ende, satisfacer las necesidades de la industria y lograr que los productores reciban precios adecuados por la venta del producto.

US\$

Ver lista de publicaciones disponibles para la venta y boleta de solicitud en la última sección de la revista Turrialba.

Biologia Floral de *Ipomoea aristolochiaefolia* (H.B.K) Don. (Convolvulaceae)¹

R.C.S. Maimoni-Rodella*

SUMMARY

The floral biology of the annual weed *Ipomoea aristolochiaefolia* was studied at Jaboticabal, São Paulo, southeastern Brazil, between 1978 and 1981. The weed presents odourless, tubular flowers and lilac corollas whose inner tube are violaceous. The nectar is scanty, the flowers are exposed outside the foliage, and they last just one day. The anthesis is diurnal and the flowers are open around 5:30 h. The ephemeral flowers fade by 11:30 h. The enclosed white anthers and stigma present simultaneous exposure. The flowers of *I. aristolochiaefolia* are visited by several insects, and pollination is carried out by hymenoptera. *Apis mellifera* (Apidae), *Augochloropsis artemisia* (Halictidae), *Thygater analis* (Anthophoridae) and a Scollidae are the most frequent and effective pollinators. Butterflies are nectar robbers. Concerning the breeding system, the species is facultative autogamous. Promiscuous pollination and autogamy may improve the weed colonizing abilities in disturbed areas.

RESUMO

A biologia floral de *Ipomoea aristolochiaefolia*, planta daninha anual presente em diversas culturas, foi estudada na região de Jaboticabal - SP de 1978 a 1981. A espécie apresenta flores tubulosas, inodoras, de coloração lilás com o tubo interior violáceo. Produzem pouco néctar, ficam expostas fora da folhagem e duram apenas um dia. A antese é diurna e as flores se abrem por volta de 5:30 horas, já estando murchas a partir das 11:30 horas. O estigma e as anteras são brancos e inclusos, apresentando exposição simultânea. Vários insetos visitam as flores de *I. aristolochiaefolia*, sendo a polinização realizada por himenópteros. *Apis mellifera* (Apidae), *Augochloropsis artemisia* (Halictidae), *Thygater analis* (Anthophoridae) e uma espécie de Scollidae são os polinizadores mais eficientes e frequentes. Borboletas são pilhadores de néctar. Quanto ao sistema de reprodução verificou-se que a espécie é autógama facultativa. A ocorrência de polinização promíscua e de autogamia favorece a manutenção da planta em ambientes continuamente alterados pelo homem, os quais sendo bastante imprevisíveis não oferecem condições adequadas a espécies com exigências estritas em relação à polinização.

INTRODUÇÃO

Entre os diversos fatores que afetam a economia agrícola mundial, as plantas daninhas ocupam lugar de destaque, pois causam volumosas perdas na produção agropecuária (13). Diversas espécies do gênero *Ipomoea* (Convolvulaceae) estão incluídas entre as plantas daninhas mais nocivas que ocorrem no Brasil (6, 7). Entre elas se encontra *I. aristolochiaefolia* (H.B.K.) Don., espécie anual frequentemente encontrada em culturas de algodão, milho, soja e pomares cítricos (7). Apresenta reprodução exclusivamente sexuada e dispersão por meio de pequenas sementes duras, lisas e de coloração castanha (7, 18, 21).

A biologia floral de plantas daninhas tem sido objeto de interessantes estudos (25, 26, 27), os quais revelaram as principais características adaptativas deste grupo de plantas em relação a formas de reprodução e ecologia

da polinização. Quanto a este último aspecto, diversos representantes da família Convolvulaceae têm sido estudados desde o início do século, sendo as abelhas citadas como visitantes bastante frequentes às suas flores (16). Observações sobre as relações entre abelhas e flores de diversas espécies da família Convolvulaceae foram registradas posteriormente por Burkill (8, 9), van der Pijl (29), Vogel (36), Linsley (19), Linsley *et al.* (20), Schlising (31, 32), Houston (14), Grozdanic y Vasic (12), Kugler (17), Keeler (15), Waddington (37), Austin (1), Real (30), Stucky y Beckman (34), Sutcky (35) e, para as condições brasileiras, por Maimoni-Rodella *et al.* (24) e Maimoni-Rodella y Rodella (23, 24).

O estudo das formas de reprodução e dos mecanismos de polinização de plantas daninhas são essenciais pois fornecem informações importantes para a elaboração de programas de controle (6, 10), principalmente de controle integrado, o qual se baseia amplamente em diversos aspectos de ecologia das espécies-alvo (5). Desta forma o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estudar a morfologia floral, os mecanismos de polinização e o comportamento dos insetos visitantes junto às flores de *I. aristolochiaefolia*, importante planta daninha em diversas regiões agrícolas brasileiras.

¹ Recebido para publicação em 25 de julho de 1989.
O autor agradece ao Prof. João M.F. de Camargo pela identificação das abelhas e ao Dr. Roberto A. Rodella pelo auxílio no trabalho de campo e pelas sugestões apresentadas.

* Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, UNESP, 18600, Botucatu, São Paulo, Bra.

MATERIAL E MÉTODOS

As observações foram realizadas em indivíduos de *I. aristolochiaefolia* (H.B.K.) Don. de ocorrência espontânea em áreas de experimentação agrícola da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, no Município de Jaboticabal-SP, Brasil, bem como em plantas semeadas para fins de observação em áreas adjacentes. O trabalho foi desenvolvido no período de fevereiro de 1978 a fevereiro de 1981, tendo-se efetuado observações principalmente nos meses de março a junho, quando a floração era mais intensa.

Foram registrados o horário da antese, formato, tamanho, odor, coloração, duração e murcha das flores, bem como localização e tipo de alimento oferecido aos visitantes. Os animais visitantes foram estudados em relação ao seu comportamento junto às flores, o tipo de alimento procurado (pólen e/ou néctar) e o resultado das visitas (polinização ou pilhagem). Diversos desses animais foram coletados para identificação e preservados a seco.

A abundância relativa (AR) dos visitantes foi estimada, relacionando-se o número total de visitas observadas para cada espécie com o número total de visitas observadas. Em seguida os visitantes foram classificados, quanto à abundância, de acordo como o seguinte critério: abundante ($AR \geq 10\%$), comum ($10\% > AR > 3\%$) e raro ($AR \leq 3\%$). Realizou-se também a classificação dos visitantes quanto à eficiência na polinização, com base nos dados de abundância, comportamento junto às flores e tendência das espécies a visitarem diversas plantas, estabelecendo-se, subjetivamente, as seguintes categorias de polinizadores: muito bom, bom, ocasional e mau.

Com a finalidade de determinar se os visitantes eram necessários para a produção de sementes, 35 botões controle foram encobertos com sacos de tecido de Nylon, de forma a isolar as flores de eventuais polinizadores. Na ocasião em que flores adjacentes, livremente polinizadas, produziram frutos, retirou-se a cobertura dos botões controle e investigou-se o sucesso na produção de frutos e sementes.

Exemplares de *I. aristolochiaefolia* foram herborizados e depositados no Herbário do Departamento de Botânica da Universidade Estadual Paulista (BOTU). Os insetos se encontram depositados na coleção particular da autora.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As flores de *I. aristolochiaefolia* são infundibuliformes, de cor lilás, com a superfície interna do tubo violácea. Apresentam corola delicada e ficam, geralmente, em posição ereta ou inclinada em relação à

folhagem. As flores estão reunidas em inflorescências que podem conter de 2 a 8 flores, encontrando-se, no entanto, apenas uma ou duas flores abertas ao mesmo tempo. Os pedúnculos apresentam cerca de 50 mm de comprimento, o que permite às flores se sobressair em relação à folhagem. A corola tubulosa mede cerca de 20 mm de comprimento e 20 mm de diâmetro na região do limbo; a porção afunilada da corola mede cerca de 9 mm de diâmetro e a superfície estigmática e os 5 estames de tamanhos desiguais estão localizados no início do tubo floral, ao nível da fauce (Fig. 1). Os estames se inserem na base da corola onde há abundantes tricomas.

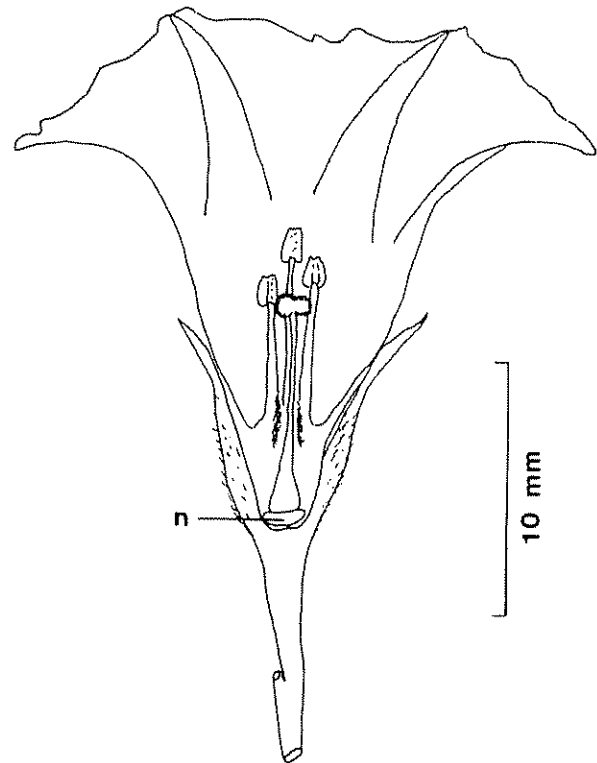


Fig. 1 Flor de *I. aristolochiaefolia* em corte longitudinal mediano, notando-se o disco nectarífero (n) e o diâmetro do tubo floral.

As flores tem antese diurna e são efêmeras. Sua abertura se dá entre 5:30 e 6:30 horas, já apresentando os grãos de pólen e o estigma expostos; o murchamento ocorre entre 11:00 e 12:00 horas. Ao murchar, a corola sofre um enrolamento em direção ao centro da flor, obstruindo a entrada do tubo floral. Na manhã seguinte a corola desprende-se e cai. As flores são inodoras e produzem pequenas quantidades de néctar em um disco nectarífero localizado na base de ovário (Fig. 1)

Quadro 1. Abundância relativa, classes de abundância, eficiência na polinização e alimento coletado pelos insetos observados em flores de *Ipomoea aristolochiaefolia* (H.B.K.) Don., no período de fevereiro de 1978 a fevereiro de 1981, em Jaboticabal.

Visitantes	Abundância relativa (%)	Classes de abundância	Eficiência na polinização	Alimento coletado
HYMENOPTERA				
Andrenidae				
<i>Oxaea flavescens</i> Klüg	3.7	C	4	NE
Anthophoridae				
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) auropilosa</i> Spinola	1.2	R	3	NE
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) sp.</i>	1.8	R	3	NE
<i>Exomalopsis (Megamalopsis) fulvofasciata</i> Smith	0.6	R	3	NE
<i>Exomalopsis sp.</i>	0.6	R	3	NE
<i>Melissodes (Eclipetica) migroaenia</i> (Smith)	0.6	R	3	NE
<i>Thygater analis</i> (Lepeletier)	6.1	C	2	NE
Apidae				
<i>Apis mellifera</i> Linné	30.5	A	1	NE
<i>Trigona (Trigona) epinipes</i> (Fabricius)	1.2	R	4	NE
Halictidae				
<i>Augochlora (Mycterochlora) sp.</i>	0.6	R	4	NE
<i>Augochloropsis aphroditae</i> (Schrottky)	1.2	R	3	NE
<i>Augochloropsis artemisia</i> (Smith)	13.4	A	1	NE
<i>Augochloropsis illustris</i> (Vachal)	0.6	R	3	NE
<i>Augochloropsis cf. melanochaeta</i> Moure	1.2	R	3	NE
Megachilidae				
<i>Anthidium (Anthidium) manicatum</i> (Linné)	0.6	R	3	NE
Scoliidae				
	10.4	A	1	NE
LEPIDOPTERA				
Hesperiidae				
	14.6	A	4	NE
Pieridae				
	5.5	C	4	NE
COLEOPTERA				
Chrysomelidae				
	5.5	C	4	PF

Simbolos: Classes de abundância: A = Abundante, C = Comum, R = Raro
 Eficiência na polinização: 1 = Muito Bom, 2 = Bom, 3 = Ocasional, 4 = Mau
 Alimento coletado: NE = Néctar, PO = Pólen, PF = Partes Florais

As características morfológicas das flores de *I. aristolochiaefolia* se aproximam bastante de síndrome de melitofilia descrita por Faegri y Van der Pijl (11). De fato, os visitantes mais abundantes foram abelhas, conforme se observa no Quadro 1. Entretanto foram observados junto às flores outros Hymenoptera e, além destes, alguns Lepidoptera e Coleoptera. Em relação a Hymenoptera foram registradas espécies das famílias Andrenidae, Anthophoridae, Apidae, Halictidae, Megachilidae e Scoliidae. Uma espécie bastante abundante junto às flores foi *Apis mellifera* que visitava as flores em busca de néctar e, ao entrar no tubo floral para sugá-lo tocava, com a porção ventral do corpo, as anteras e o estigma (Fig. 2). Algumas vezes, ao penetrar no tubo floral, tocava os órgãos reprodutivos da flor como a porção dorsal do tórax que ficava coberto

de grãos de pólen (Fig. 3). Essa abelha visitava muitas flores localizadas em diversos indivíduos, no período de 9:00 a 12:00 horas. *Augochloropsis artemisia* também foi polinizadora bastante eficiente, apresentando o mesmo comportamento de *A. mellifera*. Suas visitas ocorreram entre 8:30 e 11:00 horas.

Foi também observada uma espécie de família Scoliidae que visitava as flores em busca de néctar, tocando, com a região ventral do corpo, as anteras e o estigma (Fig. 4). Ao sair da flor, apresentava o corpo coberto de grãos de pólen e prosseguia visitando várias flores, podendo-se observá-la desde 8:00 até 12:00 horas. *Thygater analis* apresentou comportamento idêntico ao dos Scoliidae sendo, entretanto, menos abundante junto às flores. Além dessas espécies, uma

série de outras abelhas atuaram como polinizadores, pois foram observadas apresentando esse comportamento. No entanto pode-se considerá-las como polinizadores ocasionais pois sua ocorrência junto às flores foi bem menos frequente. Enquadram-se nesta última categoria as seguintes espécies: *Exomalopsis (Exomalopsis) auropilosa*, *Exomalopsis (Exomalopsis) sp.*, *Exomalopsis (Megamolopsis) fulvofasciata*, *Exomalopsis sp.*, *Melissodes (Eclipctica) nigroaenia*, *Augochloropsis aphroditae*, *Augochloropsis illustris*, *Augochloropsis cf. melanochaeta*, *Anthidium (Anthidium) manicatum*.



Fig. 2. *A. mellifera* coletando néctar na flor de *I. aristolochiaefolia*. Notar como a abelha se aprofunda no tubo floral.

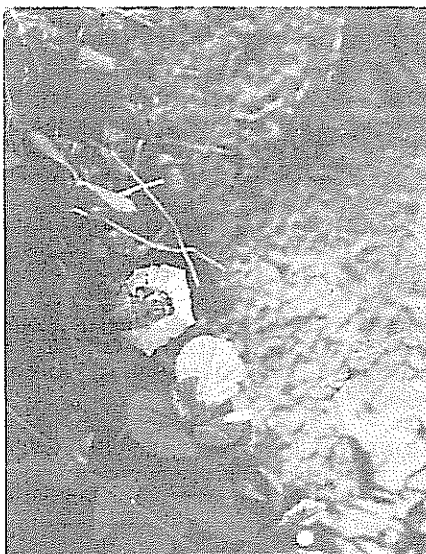


Fig. 3. *A. mellifera* após coletar o néctar na flor de *I. aristolochiaefolia*, exibindo grãos de pólen aderidos à porção dorsal do tórax.



Fig. 4. Himenóptero da família Scoliidae coletando néctar na flor de *I. aristolochiaefolia*.

Diversos pilhadores de néctar foram observados, como por exemplo, *Augochlora (Mycterochlora) sp.*, que coletava néctar entrando no tubo floral sem tocar os órgãos reprodutivos flor. *Oxaea flavescens* e *Trigona (Trigona) spinipes* roubavam néctar, perfurando a corola. Borboletas Hesperíidae e Pierídae sugavam o néctar pousadas na margem da corola, atingindo o disco nectarífero com seu longo aparato bucal sem tocar as anteras e o estigma. Coleópteros Chrysomelidae predavam as flores, comendo estigmas, anteras e parte da corola.

A variedade de abelhas que podem atuar como polinizadores de *I. aristolochiaefolia* permite considerá-la melitófila e oportunista em relação à polinização e pode explicar, em parte, seu sucesso como planta daninha largamente distribuída no Brasil. O considerável diâmetro do tubo floral torna o pólen e/ou o néctar facilmente acessíveis a visitantes de diversos tamanhos e isto possibilita a ocorrência de polinização promiscua (28). Em adição, o diâmetro da flor na região do limbo (20 mm), além de torná-la bastante atraente para os insetos (27), permite que ela seja utilizada como área de pouso para os visitantes, característica esta comum em flores melitófilas (11). Este conjunto de características florais foi igualmente observado em outras espécies daninhas da família Convolvulaceae (22, 23, 24) e parece ser bastante frequente entre as plantas daninhas (3, 4, 26, 27).

Houve formação de 10 frutos contendo sementes aparentemente normais e sadias, a partir dos 35 botões inicialmente cobertos para investigação da ocorrência de autogamia espontânea. Isto evidencia a ocorrência de autopolinização em cerca de 28% das flores testadas, mostrando que a planta é autógena facultativa,

beneficiando também da visita dos insetos que promovem certa proporção de polinização cruzada. A existência de um balanceamento entre autofecundação e polinização cruzada confere uma adaptação bastante adequada para plantas autógamas (33) e em especial para plantas daninhas (3, 4, 25) pois representa uma fonte para o surgimento de heterozigose e, consequentemente, de novas estratégias adaptativas.

As características de biologia floral de *I. aristolochiaefolia* indicam que, sob o aspecto reprodutivo, esta espécie apresenta vantajosas adaptações à colonização de ambientes alterados que são possuidores de uma fauna também alterada e escassa. A não especificidade em relação à polinização é, portanto, um caráter que contribui para o sucesso do estabelecimento da população em ambientes perturbados pela ação do homem. Por outro lado, a possibilidade de ocorrer autofecundação representa uma adaptação igualmente vantajosa e importante pois garante o estabelecimento rápido de população em locais onde a presença e a disponibilidade de polinizadores não seja adequada (2, 3, 4, 33). Assim pode-se considerar que *I. aristolochiaefolia* apresenta um comportamento reprodutivo que favorece sua manutenção em áreas agrícolas e ruderais, sendo também importante fonte de alimento para as diversas espécies de himenópteros que foram observados junto à suas flores.

LITERATURA CITADA

- AUSTIN, D.F. 1978. Morning glory bees and the *Ipomoea pandureta* complex (Hymenoptera: Anthophoridae). Society of Washington. Proceedings of the Entomological 80(3):397-402.
- BAKER, H.G. 1955. Self-compatibility and establishment after "long distance" dispersal. *Evolution* 9:347-348.
- BAKER, H.G. 1965. Characteristics and modes of origin of weeds. In *The genetics of colonizing species*. H.G. Baker, G.L. Stebbins (Eds.). New York, Academic Press. p. 147-172.
- BAKER, H.G. 1974. The evolution of weeds. *Annual Review Ecology System* 5:1-24.
- BATRA, S.W.I. 1982. Biological control in agroecosystems. *Science* 215:134-139.
- BLANCO, H.G. 1972. A importância dos estudos ecológicos nos programas de controle das plantas daninhas. *O Biológico* 38:343-350.
- BLANCO, H.G. 1978. Catálogo das espécies de mato infestantes de áreas cultivadas no Brasil - Família das campainhas (Convolvulaceae). *O Biológico* 44:259-278.
- BURKILL, I.H. 1916. Notes on the pollination of flowers in India. *J Asiat Soc Beng (New Ser.)* 12(5):239-265.
- BURKILL, I.H. 1919. Some notes on the pollination of flowers in the Botanic Gardens, Singapore, and in other parts of the Malay Peninsula. *Gardens' Bulletin (Singapore)* 2:165-176.
- ESTES, J.R.; AMOS, B.B.; SULLIVAN, J.R. 1983. Pollination from two perspectives: The agricultural and biological sciences. In *Handbook of experimental pollination biology*. C.E. Jones, R.J. Little (Eds.). New York, Scientific and Academic. 558 p.
- FAEGRI, K.; PILL, L. VAN DER. 1979. *The principles of pollination ecology*. 3 ed. London, Pergamon Press. 244 p.
- GROZDANIC, S.; VASIC, Z. 1973. Biological observations of *Systropha planidens* Gir. (Apoidea, Hymenoptera). *Bull. Nat. Hist. Mus. Belgr. Ser. B. Biol. Sci.* 23:145-151.
- HILL, T.A. 1977. *The biology of weeds*. Southampton, Carnclot Press. 64 p.
- HOUSTON, T.F. 1971. Notes on the biology of a lithurgine bee (Hymenoptera: Megachilidae) in Queensland. *Journal of the Australian Entomology Soc.* 10(1):31-36.
- KEELER, K.H. 1975. *Ipomoea carnea* Jacq. (Convolvulaceae) in Costa Rica. *Brenesia* 5:1-6.
- KNUTH, P. 1905. *Handbuch der Blütenbiologie*. Leipzig, Engelmann. v.3, 601 p.
- KUGLER, H. 1973. Zur Bestäubung von *Scaevola plumieri* (L.) Vahl. und *Ipomoea pes-caprae* Sweet., zwei tropischen strandpflanzen. *Flora* 162:381-391.
- LEITÃO FILHO, H.F.; ARANHA, C.; BACCHI, O. 1972. Plantas invasoras de culturas no Estado de São Paulo, Bra. HUCITEC. v 1, 291 p.
- LINSLEY, E.G. 1960. Observations on some matinal bees at flowers of *Cucurbita*, *Ipomoea* and *Datura* in desert area of New Mexico and Southeastern Arizona. *Journal of the New York Entomological Society* 68:13-20.
- LINSLEY, E.G.; RICK, C.M.; STEPHENS, S.G. 1966. Observations on the floral relationships of the Galapagos carpenter bee (Hymenoptera: Apidae). *Pan Pacific Entomologist* 42(1):1-18.
- LORENZI, H. 1982. Plantas daninhas do Brasil: Terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. Nova Odessa, H. Lorenzi. 425 p.
- MAIMONI-RODELLA, R.C.S.; RODELLA, R.A.; AMARAL, A.; YANAGIZAWA, Y. 1982. Polinização em *Ipomoea cairica* (L.) Sweet. (Convolvulaceae). *Naturalia* 7:167-172.
- MAIMONI-RODELLA, R.C.S.; RODELLA, R.A. 1986. Aspectos da biologia floral de *Merremia dissecta* (Jacq.) Hall f. var *Edentata* (Meissn.) O'Donnell (Convolvulaceae). *Revista Agrícola* 61(3):213-222.
- MAIMONI-RODELLA, R.C.S.; RODELLA, R.A. 1986. Biologia floral de *Merremia cissoides* (Lam.) Hall f. (Convolvulaceae). *Naturalia* 11/12:117-123.

25. MULLIGAM, G.A.; FINDLAY, J.N. 1970. Reproductive systems and colonization in Canadian weeds. *Canadian Journal of Botany* 48:859-860.
26. MULLIGAM, G.A. 1972. Autogamy, allogamy and pollination in some Canadian weeds. *Canadian Journal of Botany* 50:1767-1771.
27. MULLIGAM, G.A.; KEVAN, P.G. 1973. Color, brightness and other floral characteristics attracting insects to the blossoms of some Canadian weeds. *Canadian Journal of Botany* 51:1939-1952.
28. PERCIVAL, M.S. 1965. *Floral biology*. London, Pergamon Press. 243 p.
29. PIJL, L. 1954. *Xylocopa* and flowers in the tropics. II. Observations on *Thunbergia*, *Ipomoea*, *Costus*, *Contraceptum* and *Canavalia*. *Proc. K. Ned. Akad. Wet., Ser. C.* 57:541-551.
30. REAL, L.A. 1981. Nectar availability and bee-foraging on *Ipomoea* (Convolvulaceae). *Biotropica* 13 (suppl.): 64-69.
31. SCHLISING, R.A. 1970. Sequence and timing of bee foraging in flowers of *Ipomoea* and *Aniseia* (Convolvulaceae). *Ecology* 51(6):1061-1067.
32. SCHLISING, R.A. 1972. Foraging and nest provisioning behavior of the oligolectic bee *Diadasia bituberculata* (Hymenoptera, Anthophoridae). *Pan Pacific Entomologist* 48(3):175-188.
33. STEBBINS, G.L. 1957. Self fertilization and population variability in the higher plants. *American Naturalist* 91:337-354.
34. STUCKY, J.M.; BECKMANN, R.L. 1982. Pollination biology, self-incompatibility and sterility in *Ipomoea pandurata* (L.) G.F.W. Meyer (Convolvulaceae). *American Journal of Botany* 69(6):1022-1031.
35. STUCKY, J.M. 1984. Forager attraction by sympatric *Ipomoea hederacea* and *I. purpurea* (Convolvulaceae) and corresponding forager behavior and energetics. *American Journal of Botany* 71(9):1237-1244.
36. VOGEL, S. 1954. *Blutenbiologische typen als element der Sipplgliederung*. Jena, Fischer. *Botanische Studien* no. 1. 338 p.
37. WADDINGTON, K.D. 1976. Foraging patterns of Halictid bees at flowers of *Convolvulus arvensis*. *Psyche* 83(1):112-119.

LIBRO RECOMENDADO



US\$5.00

Prospectiva de las Agrobiotecnologías. No. 34. Rodolfo Quintero. Programa II. 164 p. Serie Documentos de Programas (ISSN 1011-7741).

Consciente de la importancia de la biotecnología, el IICA ha desarrollado una serie de actividades de apoyo a los países miembros, tendientes a la formulación de políticas apropiadas para la difusión y la generación de agrobiotecnologías. En este contexto se ubica esta publicación, producto de una consultoría realizada por el Dr. Rodolfo Quintero, con el apoyo de ACIDI.

Ver lista de publicaciones disponibles para la venta y boleta de solicitud en la última sección de la revista Turrialba.

Efecto del Fósforo Nativo Adsorbido en el Suelo sobre la Medida de la Capacidad "Buffer" de Fosfato¹

R. Mendoza*

ABSTRACT

Twelve unfertilized Argentinean soils were used to study the effect of the native adsorbed phosphate on both the description of the phosphate adsorption by the Freundlich equation and the measure of the buffering capacity of the soil for phosphate. Two measures of the native adsorbed phosphate were used: an extra coefficient of the Freundlich equation and the isotopically exchangeable phosphate. They were included in the equation as an intercept term. The inclusion of the two measures of the native sorbed P to the sorption data improved the description of the phosphate adsorption by the soil. In most cases not only was a downward displacement of the adsorption curve observed but also an increase of the slope when any of the two measures were taken into account. As a consequence, appreciable differences in the values of the phosphate buffering capacity were obtained among adsorption curves, especially when buffering was measured at low phosphate concentrations in solution. This suggests that before characterizing soils for buffering, an estimation of the native sorbed P should be considered prior to deciding on the inclusion of the measure of native sorbed P to the sorption data.

INTRODUCCION

La característica de la reacción entre el fósforo agregado y el suelo se estudia corrientemente mediante la "isoterma de adsorción". Los motivos que originaron el empleo de las isotermas de adsorción de fósforo, y su aplicación en estudios de suelo y en relaciones suelo-planta, han sido ampliamente descritos por distintos investigadores (3, 7, 8, 11, 15). Gran parte de los estudios de esta naturaleza han coincidido en que la ecuación de Freundlich resultó ser, por su simplicidad y precisión, una de las más adecuadas para describir la partición del fósforo agregado entre la fase sólida y líquida del suelo.

Uno de los problemas, en el ajuste de los valores experimentales mediante una ecuación de adsorción, ha sido la dificultad de considerar el fósforo nativo adsorbido en el suelo por medio de una adecuada medición, puesto que el fósforo nativo también forma parte de la

COMPENDIO

Se estudiaron doce suelos argentinos, sin fertilización, en los que se determinó el efecto de los fosfatos nativos adsorbidos sobre la descripción de la adsorción de fosfatos según la ecuación de Freundlich y la capacidad amortiguadora del suelo hacia los fosfatos. Se usaron dos tipos de medidas de los fosfatos nativos adsorbidos: un coeficiente adicional de la ecuación de Freundlich y los fosfatos isotópicos intercambiables. Ambos fueron incluidos en la ecuación como un término interceptador. La inclusión de las dos medidas mejoró la descripción de la adsorción de los fosfatos en la mayoría de los suelos. Cuando se tomó en consideración cualquiera de las dos mediciones, se observó un desplazamiento hacia abajo de la curva de adsorción y un aumento en la inclinación de esa curva. Consecuentemente se observaron diferencias apreciables en los valores de capacidad "buffer" de fosfatos obtenidos entre las curvas de adsorción, especialmente cuando se midió la capacidad amortiguadora a bajas concentraciones de fosfatos. Esto sugiere que al caracterizar la capacidad "buffer" de los suelos, se debe considerar la estimación del fósforo nativo adsorbido, antes de decidir su inclusión en los cálculos.

reacción durante el período de equilibrio. Generalmente, este inconveniente ha sido sobrepasado asumiendo la posibilidad de un pequeño efecto del fósforo nativo en la reacción, como consecuencia de la utilización de suelos no fertilizados o con bajos niveles de fósforo extractable; sin embargo, el efecto del fósforo nativo sobre el trazado de la isoterma y sobre la medida de la capacidad "buffer" de fosfato ha sido poco estudiado.

Es razonable pensar que en suelos con altas deficiencias de fósforo y con bajos niveles de fósforo extractable, el efecto del fósforo nativo sobre el ajuste de la ecuación de adsorción podría resultar despreciable; en consecuencia, la línea de ajuste en un gráfico de fósforo adsorbido (Pd) versus concentración de fósforo en solución (c) pasaría por el origen. En este caso se tiene:

$$Pd = a c^b \quad \text{Ecuación (1)}$$

¹ Recibido para publicación el 13 de diciembre de 1989.

* Centro de Ecofisiología Vegetal, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires, Arg.

donde a y b son coeficientes. Sin embargo, existen suelos en los cuales, luego de un período de agitación con una solución libre de fósforo y aún en algunos casos

con soluciones que contienen bajas concentraciones de fósforo, se obtienen apreciables cantidades de fósforo en la solución final; por tanto, los primeros puntos experimentales, y especialmente el primer punto de la curva de adsorción, se encuentran notablemente desplazados respecto del origen. En estos casos debería considerarse el efecto del fósforo nativo en el ajuste.

Una de las formas más simples es incluir una ordenada al origen en la Ecuación (1) y estimar el valor del fósforo nativo a partir de un coeficiente:

$$P_d = a c^b - q \quad \text{Ecuación (2)}$$

donde q es el coeficiente que representa el valor del fósforo nativo adsorbido por el suelo. El empleo de la Ecuación (2) implica aceptar que la ecuación de Freundlich puede ser extrapolada hasta el eje de ordenadas; sin embargo, algunos investigadores han expuesto algunas reservas sobre este aspecto.

Otros investigadores han estudiado el fósforo nativo adsorbido directamente de manera experimental mediante el fósforo extraído por resinas (5, 18), el fósforo intercambiable (6, 11) y el fósforo desplazado por soluciones extractantes (17). Fitter y Sutton (5) encontraron que el valor de q , obtenido a partir de la Ecuación (2), estuvo correlacionado con el fósforo extraído por resinas, y Barrow (3) obtuvo correlación entre q y el fósforo intercambiable.

Una de las propiedades más importantes del suelo relacionadas con la dinámica de fósforo es, sin duda, la capacidad "buffer" de fosfato. Esta propiedad puede medirse derivando la ecuación de adsorción y obteniendo el valor de la pendiente de la curva a una concentración definida de fósforo en solución.

Comparando las ecuaciones (1) y (2) se observa que la pendiente en cada punto de la curva es independiente del valor de fósforo nativo medido. Sin embargo, existen evidencias de que previas incorporaciones de fósforo al suelo provocan un desplazamiento de la isoterma de adsorción y disminuyen el valor de la pendiente (2, 12).

Este trabajo tiene por fines: estudiar el efecto del fósforo nativo adsorbido sobre el ajuste de la ecuación de Freundlich en un grupo de suelos de distintas características y diferentes niveles de fósforo nativo, y sobre la base de esos ajustes; cuantificar las diferencias en la medición de la capacidad "buffer" de fosfato como consecuencia de la inclusión de mediciones del fósforo nativo adsorbido en la ecuación de adsorción.

MATERIALES Y METODOS

Suelos, isotermas de adsorción y fósforo nativo

Se emplearon doce suelos de distintas características (Cuadro 1), diez de los cuales habían sido utilizados previamente (3, 14, 15) y los otros dos (suelos nos. 11 y 12) se recolectaron de una loma y de un bajo salino de la Depresión del Río Salado en el partido de Chascomús (Buenos Aires, Arg.).

La metodología de rutina empleada para la obtención de las isotermas de adsorción ha sido descrita anteriormente (13). Se emplearon once valores experimentales que se repitieron una vez y se ajustaron mediante la ecuación de Freundlich.

El fósforo nativo adsorbido en el suelo se estimó de dos maneras: a partir del coeficiente q , de acuerdo con la Ecuación (2), y mediante la medición del fósforo isotópicamente intercambiable (P_i). El P_i se determinó en las mismas condiciones utilizadas para la obtención de las isotermas, pues su valor es dependiente de las condiciones de medición (9). Finalizado el período de equilibrio utilizado (17 h), se agregó a la suspensión 0.5 ml de una solución que contenía $1 \mu\text{Ci}$ de p^{32} y, luego, se continuó la agitación por 30 min más; finalmente se determinó el p^{32} en la solución.

Ajuste de los datos experimentales

Para el trazado de la isoterma de adsorción, el valor de c se obtiene directamente a partir de la medición de la concentración de fósforo en la solución; y, a partir de éste, se obtiene P_d en forma indirecta por diferencia respecto del fósforo inicialmente agregado. De aquí entonces que c y P_d no sean independientes. Si se supone un error por exceso en la medición de c ; de acuerdo con la Ecuación (2), esto determinaría también un error por exceso en la estimación de P_d . Sin embargo, si se relacionan P_d y c , mediante las variables experimentales, tales como fósforo agregado (P_a) y relación solución:suelo (S), se obtiene también otra ecuación de adsorción:

$$P_d = P_a - cS \quad \text{Ecuación (3)}$$

De acuerdo con la Ecuación (3), un error por exceso en la medición de c determina otro por defecto en la estimación de P_d . Resulta, entonces, que a partir de un determinado valor de c , sea por exceso o por defecto, se obtienen distintos valores de P en cada una de las ecuaciones de adsorción. Este efecto tiene más importancia cuando se utilizan altas relaciones solución:suelo, como consecuencia del aumento en el error de la medición de c .

Cuadro 1. Algunas características de los suelos utilizados.

Suelo (núm.)	Clasificación	pH ¹	M.O.(%)	P extractado (ppm)		P interc. (ppm)	P resina (ppm)	CBF ² (ml.g ⁻¹)	valor de q ³
				Bray I	Olsen				
1	Albacualf	4.8	4.3	5.8	4.9	14.6	4.5	16.3	0.02
2	Udifluvent	4.9	2.2	4.7	2.4	18.6	2.3	8.3	70.57
3	Oxisol	4.5	4.8	2.2	2.3	24.3	7.7	115.6	114.16
4	Oxisol	4.2	2.8	2.9	3.2	26.1	4.1	89.5	114.48
5	Pelludert	7.4	4.4	4.4	4.4	7.0	8.6	35.7	0.83
6	Pelludert	5.1	5.0	8.0	4.4	26.8	5.0	27.5	119.17
7	Chromudert	5.0	4.9	11.3	7.9	28.9	17.8	30.8	61.84
8	Natraquoll	5.2	4.0	12.4	8.6	24.2	13.2	20.6	58.08
9	Arguidol	5.2	4.2	11.4	7.9	15.9	13.2	21.5	52.28
10	Natraquoll	7.9	2.3	12.7	9.7	16.3	18.4	8.2	21.39
11	Argialbol	4.7	4.4	13.2	6.9	25.3	11.4	35.5	44.30
12	Natraquoll	5.4	5.4	12.9	7.5	11.6	15.9	10.8	27.62

Leyenda:1 1:5; CaCl₂ 0:01 M

2 (a.b) en Ecuación (1)

3 Valor de q estimado por Ecuación (2)

Para emplear la ecuación de Freundlich y relacionar c y P_d con las variables experimentales P_a y S , es necesario combinar las ecuaciones (2) y (3). La sustitución de la Ecuación (3) en Ecuación (2) por P_d genera otra difícil de resolver por c . Sin embargo, es posible tratar ambas ecuaciones simultáneamente hasta encontrar por iteración el valor estimado de c para cada observación que determina iguales valores de P_d en ambas ecuaciones. Este método simultáneo de ajuste genera una ecuación de adsorción con menores desviaciones que el método simple de ajuste. Una discusión acerca de los métodos simple y simultáneo de ajuste ha sido publicada anteriormente por Barrow (3) y un estudio específico sobre diez suelos, por Mendoza (13).

Efecto del fósforo nativo en el ajuste

El efecto del fósforo nativo sobre el ajuste de los valores experimentales se evaluó al estudiar tres casos diferentes:

- Sin la inclusión del fósforo nativo, tal es el caso de Ecuación (1):

$$P_d = a c^b \quad \text{Ecuación (1)}$$

- inclusión del fósforo nativo estimado por el valor del coeficiente q en Ecuación (2):

$$P_d = a c^b - q \quad \text{Ecuación (2)}$$

- inclusión del fósforo nativo estimado por la medición del fósforo intercambiable (P_i):

$$P_d = a c^b - P_i \quad \text{Ecuación (4)}$$

Estrictamente, la variable medida en la experimentación fue c ; por lo tanto, ésta debe ser tratada como variable dependiente. De aquí que las ecuaciones (1), (2) y (4) se reformularon llevando a c como variable dependiente, ajustando cada una de ellas en forma simultánea con la Ecuación (3). La comparación estadística entre estas ecuaciones se realizó sobre la base de la diferencia entre la suma residual de cuadrados de las desviaciones entre los valores observados y calculados de c , utilizando el método simple x de Nelder y Mead (16); y teniendo en cuenta el efecto del distinto número de coeficientes entre ecuaciones. La Ecuación (4) se consideró con dos coeficientes, debido a que P_i es una constante ex-

perimental determinada independientemente de los datos de c obtenidos en el ensayo.

RESULTADOS

Efecto del fósforo nativo en el ajuste

La estimación del fósforo nativo adsorbido mediante el coeficiente q (Ecuación (2)) mejoró significativamente el ajuste de los datos experimentales con respecto a la Ecuación (1) en ocho de los suelos (ej.: suelos 9 y 12 en Cuadro 2); en los cuatro restantes la mejora encontrada en el ajuste no fue significativa, al tomar en cuenta el número de coeficientes distintos que poseen las dos ecuaciones comparadas (ej.: suelos 1 y 3, Cuadro 2).

En la Ecuación (4), la estimación del fósforo nativo adsorbido en el suelo se determinó experimentalmente (fósforo intercambiable) y su valor se incluyó en la ecuación como una constante experimental. En diez casos la Ecuación (4) disminuyó la desviación residual del ajuste respecto de la Ecuación (1) (Ej.: suelos 3, 9 y 12 en Cuadro 2) y en dos casos la desviación residual

aumentó (Cuadro 2). En dos casos (suelos 1 y 5), el valor de q estimado por la Ecuación (2) fue cercano a cero y, por lo tanto, la Ecuación (2) no fue superior en ajuste a la Ecuación (1). Los altos valores de P_i respecto de q en estos dos suelos determinaron un aumento de la desviación total del ajuste cuando se incluyó a P_i como estimación del fósforo nativo (suelo 1 en Cuadro 2).

Finalmente, la comparación entre las dos ecuaciones que incluyen estimaciones del fósforo nativo adsorbido (ecuaciones (2) y (4)) demuestra que la Ecuación (2) fue significativamente superior a la Ecuación (4) en sólo dos casos (ej.: suelo 12 en Cuadro 2 y suelo 6), mientras que en los diez casos restantes las ecuaciones (2) y (4) no evidenciaron entre sí diferencias significativas en el ajuste.

El Cuadro 2 también muestra que en los suelos donde la inclusión de q fue significativa (suelos 9 y 12), la diferencia relativa en los valores de los coeficientes a y b entre las ecuaciones comparadas (Ecuaciones (1) y (2)) fue alta en relación con las diferencias observadas en los suelos donde la inclusión de q no fue significativa (suelos 1 y 3).

Cuadro 2. Coeficientes obtenidos para la descripción de la adsorción de fósforo en los suelos números 1, 3, 9 y 12, mediante el ajuste de las ecuaciones (1), (2) y (4)¹, con c como variable dependiente.

Suelo (núm.)	Observaciones (núm.)	Ecuación	coeficientes			R	F	
			a	b	q		(2)	(3)
1	11	1	35.06	0.47	-	0.9975		
	11	2	35.07	0.46	0.02	0.9975	ns	ns
	11	4	50.33	0.34	-	0.9960	ns	
3	10	1	346.36	0.33	-	0.9967		
	10	2	461.26	0.26	114.16	0.9985	ns	ns
	10	4	371.07	0.32	-	0.9973	*	
9	11	1	44.11	0.49	-	0.9957		
	11	2	97.24	0.25	52.28	0.9987	*	ns
	11	4	60.21	0.38	-	0.9980	*	
12	11	1	17.00	0.63	-	0.9922		
	11	2	45.23	0.28	27.62	0.9981	*	*
	11	4	28.92	0.41	-	0.9974	*	

Leyenda:

1 Ecuación (1) $c = (Pd/a)^{1/b}$

Ecuación (2) $c = (Pd + q/a)^{1/b}$

Ecuación (4) $c = (Pd + P_i/a)^{1/b}$

2 Diferencia significativa en favor de las ecuaciones (2) y (4) respecto de la ecuación (1).

3 Diferencia significativa en favor de la ecuación (2) respecto de la ecuación (4). Probabilidad del 5% (*); ns (no significativo).

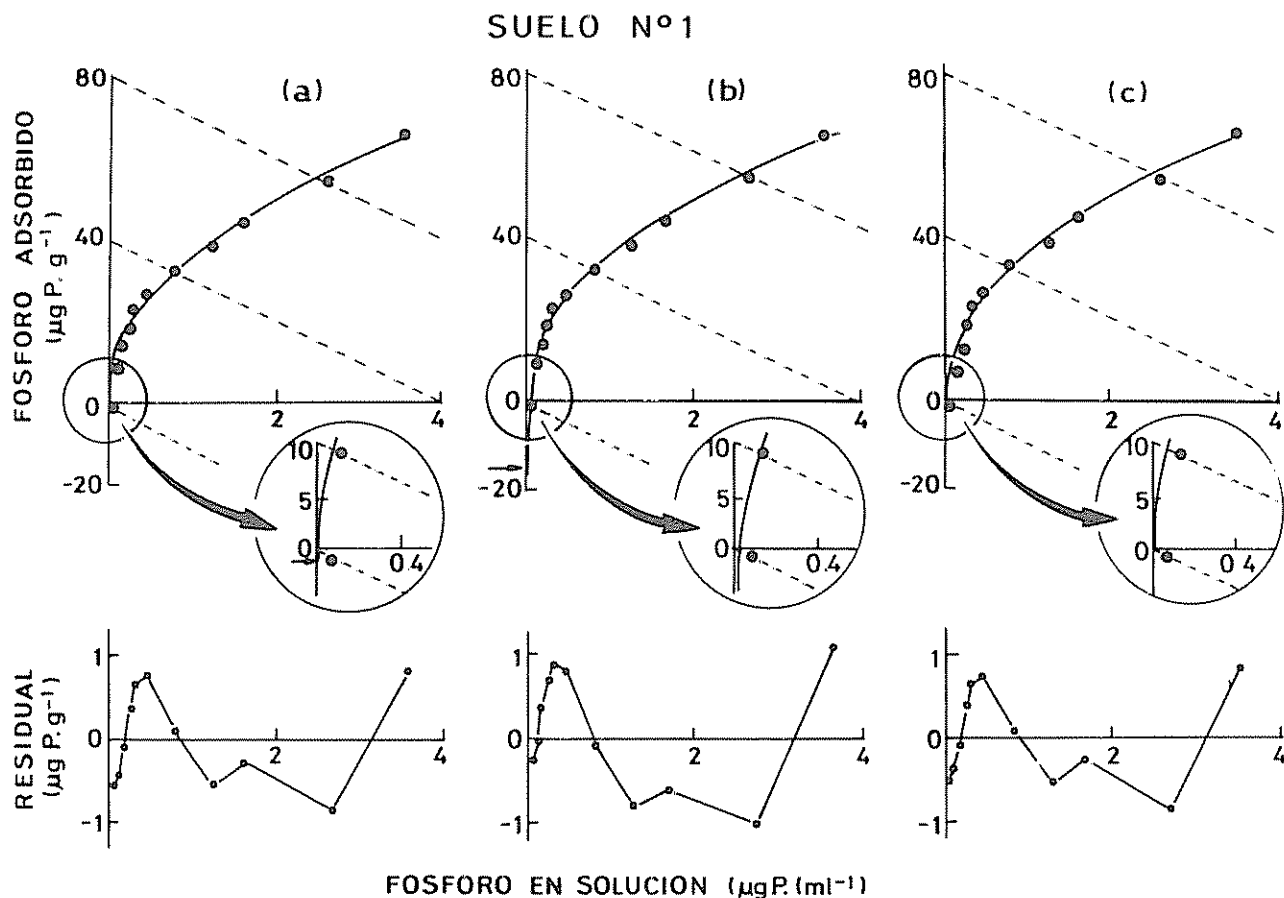


Fig. 1. Relación entre el fósforo adsorbido y de solución en el suelo no. 1 descrita por: c) Ecuación 1; a) Ecuación 2, y b) Ecuación 4, en forma simultánea con la Ecuación 3

Notas: Las líneas punteadas representan la Ecuación 3 para cada valor de fósforo agregado (0.40 ppm y 80 ppm P), y su intersección con la línea de ajuste corresponde a la resolución simultánea de ajuste de ambas ecuaciones. La flecha indica el valor de q ó de P_i en cada caso.

Las diferencias en el ajuste de las tres ecuaciones se debieron principalmente a las diferencias entre las desviaciones de los primeros puntos experimentales; en el resto de los valores observados, las desviaciones respecto de la línea de ajuste fueron similares en las tres ecuaciones (Figs. 1 y 2). En el caso del suelo 1, las desviaciones de los primeros puntos no fueron tan importantes como para mejorar el ajuste general de una ecuación sobre otra (Fig. 1). Por otro lado, en el caso del suelo 12, los primeros puntos se encontraron apreciablemente desplazados respecto del origen y, en consecuencia, la inclusión de cualquiera de las medidas del fósforo nativo adsorbido (q ó P_i) mejora el ajuste de la curva de adsorción (Fig. 2).

Efecto del fósforo nativo en la medición de la capacidad "buffer" de fosfato (CBF)

El valor de la pendiente de la curva de adsorción a una concentración definida de fósforo en solución, es una medida adecuada de la CBF. En el caso de las ecuaciones (1), (2) y (4), la pendiente en cada punto está dada por:

$$\frac{dPd}{dc} = abc^{b-1} \quad \text{Ecuación (5)}$$

donde dPd/dc es el valor de la CBF con unidades de mililitro por gramo.

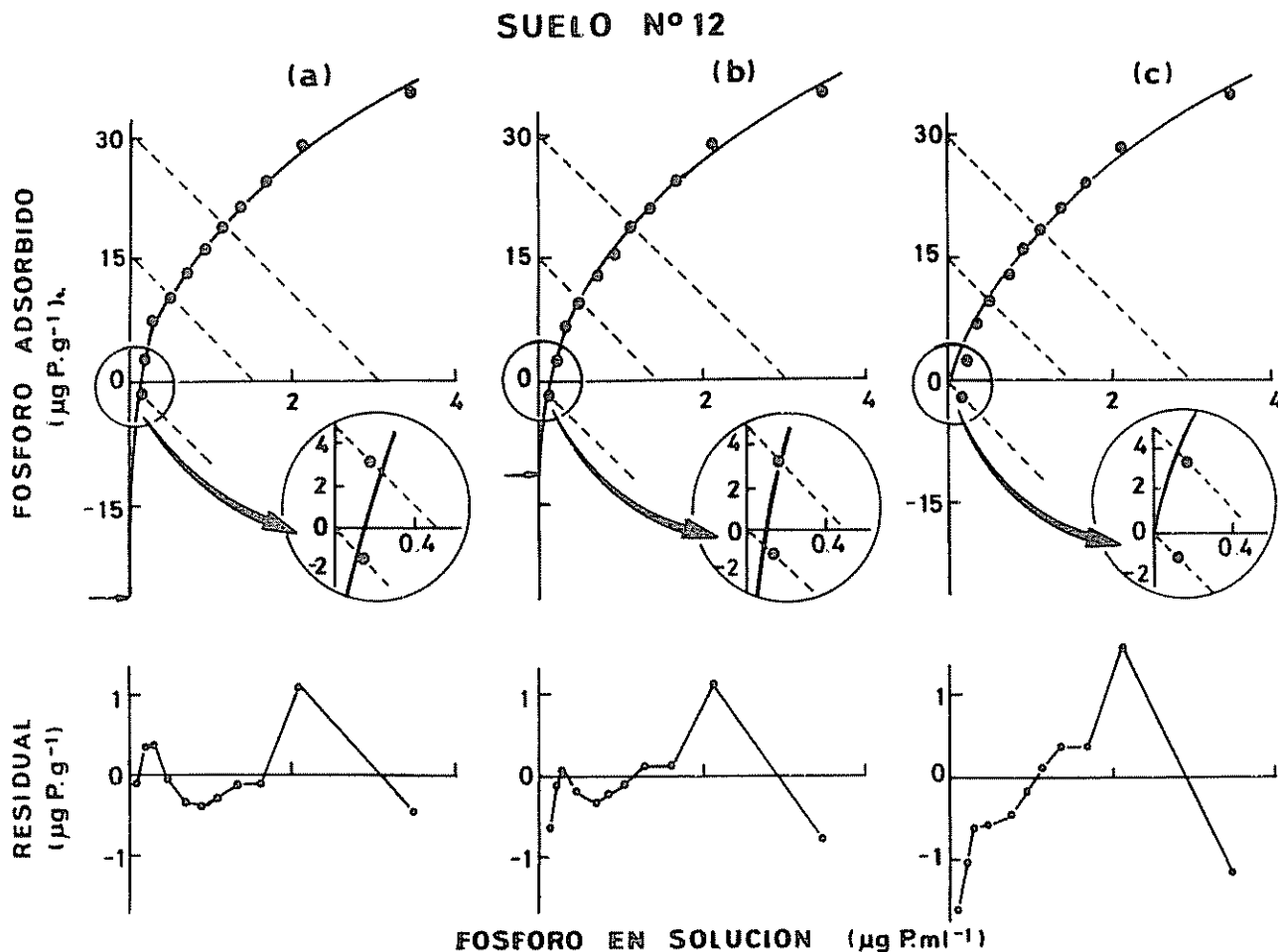


Fig. 2. Relación entre el fósforo adsorbido y de solución en el suelo no. 12 descrita por: c) Ecuación 1; a) Ecuación 2, y b) Ecuación 4, en forma simultánea con la Ecuación 3.

Notas: Las líneas punteadas representan la Ecuación 3 para cada valor de fósforo agregado (0.15 ppm y 30 ppm P), y su intersección con la línea de ajuste corresponde a la resolución simultánea de ajuste de ambas ecuaciones. La flecha indica el valor de q ó de P_i en cada caso.

La Fig. 3 muestra que las líneas de ajuste correspondientes a las ecuaciones (1), (2) y (4) difirieron notablemente con bajas concentraciones de fósforo en solución, mientras que, a partir de una concentración cercana a la unidad, las líneas de ajuste fueron casi coincidentes. En consecuencia, para cada suelo, la diferencia en los valores medidos de CBF entre ecuaciones fue grande a bajas concentraciones, disminuyendo hasta acercarse a la unidad (Figs. 4 y 5).

Las Figuras 4 (en el caso de q) y 5 (en el caso de P_i) muestran, además, que la diferencia en la medida de la CBF entre las ecuaciones se incrementa con el aumento del valor del fósforo nativo en cada caso. La ecuación utilizada para describir este efecto fue:

$$\Delta \text{CBF} = z c^m P_n \quad \text{Ecuación (6)}$$

donde ΔCBF representa la diferencia en el valor de la pendiente de la Ecuación (2) y de la Ecuación (4) respecto de la Ecuación (1); c es el valor de la concentración de fósforo en solución donde se realiza la medición de la pendiente; P_n es la medida utilizada de fósforo nativo en valores de q ó P_i ; y z y m son coeficientes.

Las Figs. 3, 4 y 5 muestran que, a partir de una concentración de fósforo en solución cercana a la unidad, las pendientes de las ecuaciones (1), (2) y (4) son similares. De aquí entonces que los valores de

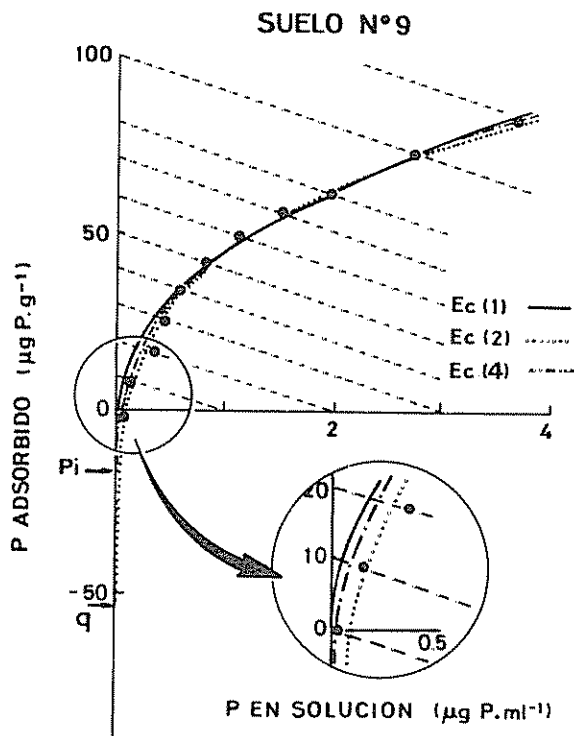


Fig. 3. Relación entre el fósforo adsorbido y de solución en el suelo no. 9 descrita por las ecuaciones (1), (2) y (3) en forma simultánea con la Ecuación (3).

Notas: Las líneas punteadas representan la Ecuación 3 para cada valor de fósforo agregado, y su intersección con la línea de ajuste corresponde a la resolución simultánea de ajuste de ambas ecuaciones. La flecha indica el valor de q ó de P_i en cada caso.

Δ CBF medidos a concentraciones iguales o superiores a la unidad resultaron cercanos a cero (Figs. 4 y 5). El ajuste de los valores de Δ CBF mediante la Ecuación (6) fue significativamente superior cuando los valores de Δ CBF calculados para las concentraciones de 1, 2 y 4 mg P/ml se fijaron a cero que cuando la Ecuación (6) ajustó libremente los datos (Figs. 4 y 5).

Relación entre las medidas del fósforo nativo

Los valores de fósforo nativo de los suelos medidos por el método de Bray I, Olsen y Resina estuvieron correlacionados entre sí; sin embargo, ninguno estuvo relacionado ni con P_i ni con q (Cuadro 3).

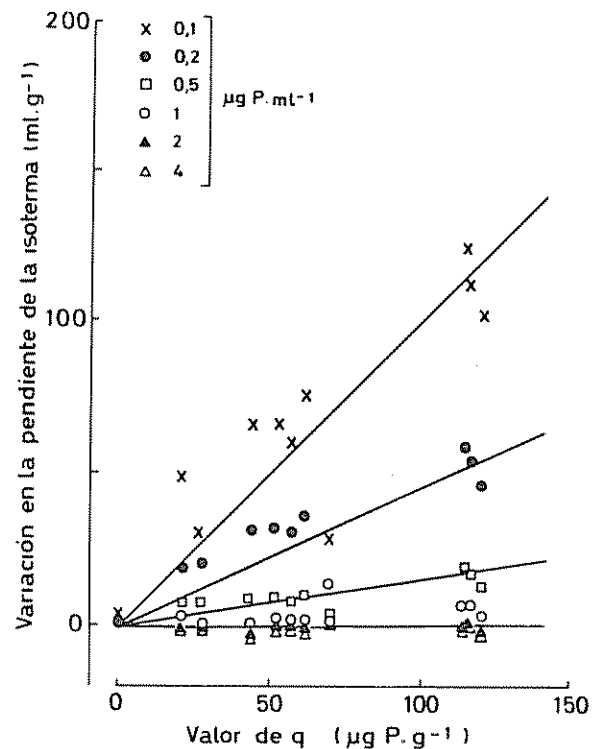


Fig. 4. Relación entre la variación en el valor de la CBF (CBF Ecuación (2) - CBF Ecuación (1)), medida en las concentraciones indicadas y el valor de q obtenido a partir de la Ecuación (2).

Por otra parte, las mediciones de P_i y q estuvieron directamente correlacionadas (Cuadro 3). Existen entonces dos grupos de medidas estimadas del fósforo nativo adsorbido bien diferenciadas; y, por otro lado, las mediciones que involucran una verdadera extracción de fósforo del suelo (Bray I, Olsen y Resina); por lo general, estos valores fueron muy inferiores a las mediciones realizadas por medio de q y de P_i que contemplan otro mecanismo de evaluación del fósforo nativo.

DISCUSION

La inclusión de la medida del fósforo nativo adsorbido por el suelo en el trazado y ajuste de la curva de adsorción de fósforo tuvo un efecto significativo en la mayoría de los suelos estudiados, tanto en el valor de la pendiente como también en el desplazamiento de la ordenada al origen. En consecuencia, este efecto provocó apreciables diferencias en la capacidad "buffer" de fosfato del suelo, medida como el valor de la pendiente de la curva de adsorción a definidos valores de concentración de fósforo en solución.

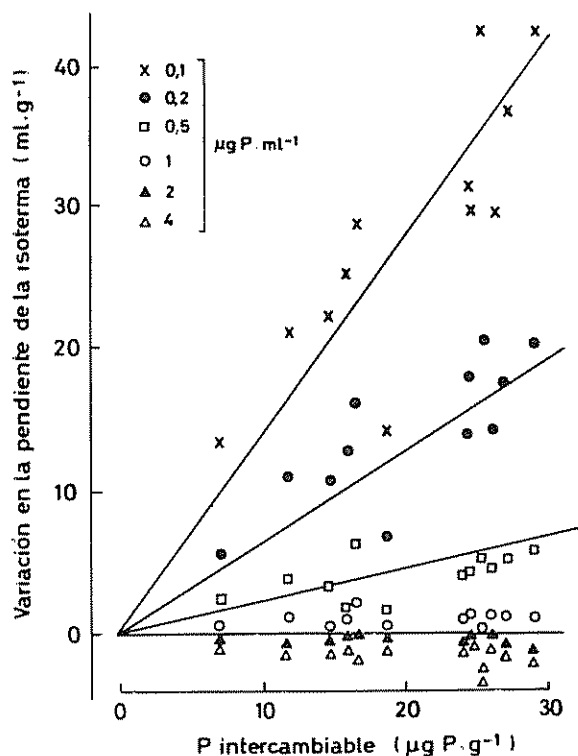


Fig. 5. Relación entre la variación en el valor de la CBF (CBF Ecuación (4) - CBF Ecuación (1)), medida en las concentraciones indicadas y el valor de P_i obtenido experimentalmente.

Cuadro 3. Matriz de correlación entre algunas de las medidas utilizadas corrientemente para estimar el fósforo nativo adsorbido en doce suelos.

	P_i	Resina	Olsen	Bray I
q	0.76	-0.37	-0.47	-0.36
P_i		-0.06	-0.07	0.03
Resina			0.89	0.80
Olsen				0.89

$P < 5\% = 0.58$; $P < 1\% = 0.71$; $P < 0.1\% = 0.82$.

En líneas generales, tanto la medida de q como la de P_i produjeron significativas mejoras en el ajuste de la curva de adsorción de fósforo en la mayoría de los suelos, por lo que no se pueden establecer ventajas a nivel estadístico de una medida sobre otra. Además, ambas medidas estuvieron correlacionadas, aunque los valores de q fueron generalmente mayores a los de P_i .

Similar relación encontró Barrow (3) en veinte observaciones sobre cuatro suelos tratados con distintos niveles de fósforo. Su interpretación fue que el valor de q, obtenido por extrapolación de la ecuación de Freundlich al eje de ordenada, genera valores que podrían sobrestimar el fósforo nativo adsorbido. De aquí entonces que la medida de P_i lograda en las mismas condiciones experimentales que las utilizadas para la obtención de los puntos de la curva de adsorción, resulta un mejor reflejo del fósforo nativo adsorbido por el suelo.

El efecto de la inclusión de la medida del fósforo nativo adsorbido sobre el valor de la pendiente de la curva de adsorción fue proporcionalmente más alto a bajas concentraciones de fósforo en solución que a altas concentraciones. Una conclusión similar obtuvo Singh (19) al estudiar el efecto del sulfato nativo adsorbido sobre el trazado de la curva de adsorción de sulfato en suelos ácidos.

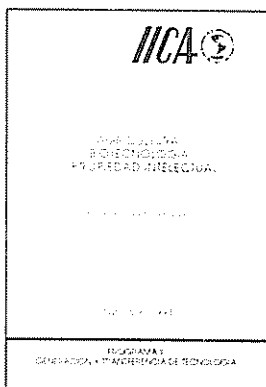
Según una revisión realizada por Kamprath y Watson (10), la concentración de fósforo en solución en suelos no fertilizados se encuentra entre valores de 0.01 a 0.05 $\mu\text{g P/ml}$; y los niveles críticos para diversas especies están entre 0.06 a 0.68 $\mu\text{g P}$ por mililitro. Surge entonces que para caracterizar suelos mediante la CBF a concentraciones de fósforo en solución entre las que se encuentran la mayoría de los suelos, es necesario conocer previamente el efecto del fósforo nativo sobre la pendiente de la isoterma de adsorción para, posteriormente, decidir acerca de su inclusión en el ajuste de los datos experimentales. Por otra parte, mediciones de la CBF a concentraciones altas (superiores a 1 $\mu\text{g P/ml}$) resultarían independientes de la consideración del fósforo nativo adsorbido. Arines y Alvarez (1) también observaron pequeños cambios en el valor de la CBF a partir de concentraciones en solución superiores a la unidad.

LITERATURA CITADA

1. ARINES, J.; ALVAREZ, M. I. 1981. Contribución al estudio del fósforo en suelos ácidos. I Características de adsorción y fracciones de P en una tierra parda del noroeste de España. Turrialba 31:217-226
2. BARROW, N.J. 1974. Effect of previous additions of phosphate on phosphate adsorption by soil. Soil Science 18:82-89.
3. BARROW, N.J. 1978. The description of phosphate adsorption curves. Journal of Soil Science 29:447-462.
4. BARROW, N.J. 1980. Differences among some North American soils in the rate of reaction with phosphate. J. Env. Qual. 9:644-648.

5. FITTER, A.H.; SUTTON, C.D. 1975. The use of the Freundlich isotherm for soil phosphate adsorption data. *Journal of Soil Science* 26:241-246.
6. HOLFORD, I.C.R.; WEDDERBUR, R.W.; MATTINGLY, G.E.C. 1974. A Langmuir two-surface equation as a model for phosphate adsorption by soil. *Journal of Soil Science* 25:242-255.
7. HOLFORD, I.C.R. 1982. The comparative significance and utility of the Freundlich and Langmuir parameters for characterizing sorption and plant availability of phosphate in soils. *Australian Journal of Soil Research* 20:233-242.
8. IÑIGUEZ, J.; VAL, M.R. 1984. Evaluation of phosphorus sorption by an allophanic soil. *Geoderma* 33:119-134.
9. JOSE, A.I.; DRISHNAMOORTHY, K.K. 1972. Isotopic exchange of phosphates in soil: "E" value. *Soils and Fertilizers* 35:620-627.
10. KAMPRAATHI, E.J.; WATSON, M.E. 1980. Conventional soil and tissue tests for assessing the phosphorus status of soils. In *The role of phosphorus in agriculture*. F.E. Khasawneh, E.C. Sample, E.J. Kamprath (Eds.), p. 433-469.
11. MEAD, J.A. 1981. A comparison of the Langmuir, Freundlich and Temkin equations to describe phosphate adsorption properties of soils. *Australian Journal of Soil Research* 19:333-342.
12. MENDOZA, R.E. 1983. Efecto residual del fósforo sobre la capacidad de fijación del suelo, el fraccionamiento del fósforo inorgánico y la producción de *Trifolium repens* L. *Agrochimica* 27:357-371.
13. MENDOZA, R.E. 1986a. Isotermas de adsorción de fósforo en suelos argentinos. I. Métodos de ajuste y comparación entre ecuaciones. *Ciencia del Suelo* 2:107-116.
14. MENDOZA, R.E. 1986b. Isotermas de adsorción de fósforo en suelos argentinos. II. Aplicabilidad de las isotermas e interrelación de sus parámetros con variables de suelo y planta. *Ciencia del Suelo* 2:117-124.
15. MENDOZA, R.E. 1986c. Isotermas de adsorción de fósforo en suelos argentinos. III. Relación entre la capacidad reguladora de fosfato del suelo y la eficiencia de aplicación de fósforo para el crecimiento. *Ciencia del Suelo* 2:187-191.
16. NELDER, J.A.; MEAD, R. 1965. A simplex method for function minimization. *Comput. J.* 7:308-313.
17. RYDEN, J.C.; SYERS, J.K. 1977. Origin of the labile phosphate pool in soil. *Soil Science* 123:353-361.
18. SIBBESEN, E. 1981. Some new equations to describe phosphate sorption by soils. *Journal of Soil Science* 32:67-74.
19. SINGH, B.R. 1984. Sulfate sorption by acid forest soils. I. Sulfate adsorption isotherm and comparison of different adsorption equations in describing sulfate adsorption. *Soil Science* 138:189-197.

LIBRO RECOMENDADO



Agricultura, Biotecnología y Propiedad Intelectual. Fernando Suárez de Castro. Programa II. 136 p. Serie Publicaciones Misceláneas (ISSN 0534-5391) AI/SC-93-05.

Importante contribución a la protección de las innovaciones tecnológicas. Se discute ampliamente el desarrollo, su relevancia actual y el potencial de las nuevas agrobiotecnologías. Además enfoca los aspectos técnicos y legales de la evolución de estas tecnologías.

US\$6.00

Ver lista de publicaciones disponibles para la venta y boleta de solicitud en la última sección de la revista Turrialba.

Dinâmica Parasitária de *Dermatobia hominis* L. J.R. 1781, em Bovinos. II. Densidade, Relação entre Regiões Corpóreas e Efeito da "Vassoura" Caudal¹

G P. de Oliveira*

ABSTRACT

For parasite-counting purposes, the bodies of 360 Canchim animals (5/8 Charolais + 3/8 Zebu) were divided into 10 regions: head, dewlap, neck, shoulder, foreleg, ribs, belly, rump, perineal and hindleg. The surface of each region was measured in square decimeters and its number of Berne nodules counted. The average number of Berne nodules and density was then calculated, expressed by nodules/dm². The foreleg and shoulder regions on the left side had the highest average, while the foreleg, the dewlap and the shoulder regions had the highest density. When the repulsive effect of the tail brush on the fly was studied, it was verified that the tail brush covers the hindleg and the rump regions, more frequently up to the 7th rib. These more frequently covered regions represent 41.06% of the body surface of the animals and had 16.20% of the total number of nodules.

RESUMO

Bovinos da raça Canchim tiveram suas superfícies tegumentar demarcadas em 10 regiões: cabeça, barbela, pescoço, espádua, membro anterior, costado, ventral, poupão, membro posterior e períneo. Cada região foi medida, computando-se a área média em dm². Com a contagem de nódulos de berne realizada em 360 animais, dos lados esquerdo e direito, por região, obteve-se o número médio absoluto e a densidade parasitária em cada região corpórea estimada em número de berne/dm². Em número médio absoluto, as regiões da espádua e membro anterior do lado esquerdo foram as mais parasitadas de berne. As regiões de maior densidade foram o membro anterior, barbela e espádua. A "vassoura" caudal quando embebida em solução de tintura preta, em sua movimentação demarcou várias posições na superfície tegumentar dos bovinos, demonstrando que seu alcance atinge com mais frequência as regiões do membro posterior, e o poupão, estendendo-se parcialmente a região do costado, à altura a 7ª costela. Esta abrangência da cauda representa 41.06% da superfície corpórea do bovino. Em termos de parasitismo (berne/dm²) esta superfície foi responsável por 16.20% da população de berne computados sobre os bovinos da raça Canchim.

INTRODUÇÃO

A intensidade parasitária por larvas de *Dermatobia hominis* relacionada aos lados esquerdo e direito, e as regiões corpóreas, tem sido abordada como fatores de importância na economia de couros de bovinos.

As primeiras observações nesse sentido foram enfocadas por Mateus (3), que relata uma maior frequência das moscas veiculadoras em aportar o lado esquerdo do animal, conseqüentemente, provocando uma maior incidência de berne neste lado e, Lombardero e Fontana (2) que verificaram maior incidência de berne nas regiões compreendidas do lado esquerdo do bovino, 45%, contra 33% situado do lado direito.

Trabalhos verificando as regiões corpóreas de maior incidência foram também realizados em algumas localizações do território da Costa Rica. Sancho *et al.* (6, 7, 8) estudaram entre outros aspectos as posições de maior intensidade de berne dos lados esquerdo e direito do corpo de bovino, computando e comparando em todos os parâmetros. Esse fator é de grande importância para se estabelecer a região da superfície tegumentar de maior perda para a economia do couro.

MATERIAL E MÉTODOS

Fases do experimento

– Regiões corpóreas

Para efeito de divisão da superfície tegumentar do corpo do bovino, foram demarcadas 10 regiões corpóreas, segundo Bennett (1): cabeça, barbela, pescoço, espádua, membro anterior, costado, ventral, poupão, membro posterior e períneo (Fig. 1).

¹ Recebido para publicação em 22 de maio de 1989.

* Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual (UEPAE) de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil.

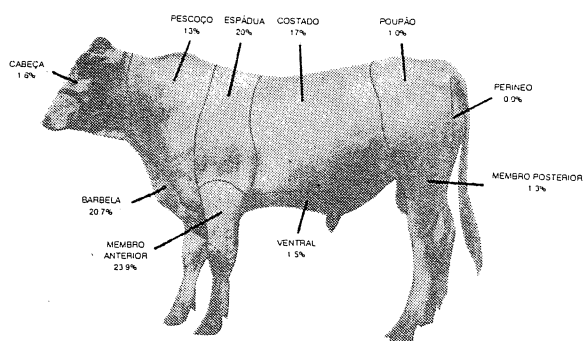


Fig. 1. Frequência relativa da densidade (nódulos/dm²) do berne do lado esquerdo e direito, por região corpórea em bovinos de raça Canchim. Período: outubro de 1984 a fevereiro de 1985.

– Areas das regiões corpóreas

Foram medidas as áreas de cada região corpórea do lado esquerdo de um lote de 25 bovinos de raça Canchim, formada 5/8 charolês + 3/8 zebu, Vianna *et al.* (10), na faixa etária de 24-36 meses. A medida era tomada nos animais mantidos em troncos de contenção, usando-se papel pardo grosso apoiado sobre a face lateral de cada região corpórea, demarcada com "pincel atômico", e em seguida eram recortados, constituindo-se o molde. Processadas as 10 regiões do lote, as suas áreas foram computadas utilizando-se o aparelho dotado de células fotoelétricas "Contador Digital Medpel" - MPF, modelo S-1633 utilizado para medir couros, expressando a metragem em dm².

Quadro 1. Área em dm² da pele das regiões corpóreas de um lote de 25 bovinos da raça Canchim na faixa etária de 24 a 36 meses. Valores individuais, médias (X), mediana (Md), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV) e percentis (25 e 75).

Nº animal	Cabeça	Barbeta	Pescoço	Espádua	Membro anterior	Costado	Ventral	Poupão	Períneo	Membro posterior
1	13	2	20	19	21	50	23	40	11	31
2	14	3	20	26	20	57	26	41	5	31
3	11	2	21	15	19	43	13	21	8	26
4	12	5	17	16	19	46	21	31	6	29
5	12	5	19	20	23	49	23	33	7	32
6	10	6	18	18	26	38	22	34	6	31
7	11	2	22	25	27	42	19	31	9	30
8	14	7	24	24	17	45	24	38	10	34
9	12	6	23	24	18	42	23	33	6	32
10	13	8	25	20	16	40	24	31	8	30
11	11	3	26	19	19	46	26	37	7	30
12	12	7	17	17	20	39	20	31	5	30
13	10	2	16	20	20	46	24	37	10	32
14	13	1	18	17	15	45	19	31	8	30
15	11	5	20	21	14	47	25	41	6	32
16	10	5	19	22	22	50	28	45	5	34
17	12	5	26	17	19	46	23	30	5	30
18	10	5	18	17	20	49	25	35	7	32
19	13	4	19	17	20	40	20	30	8	30
20	11	5	15	18	17	39	19	31	8	34
21	15	2	28	27	22	43	20	40	8	30
22	14	6	22	20	22	49	23	43	9	34
23	12	5	23	19	20	40	20	31	10	31
24	11	4	20	25	21	57	26	44	8	35
25	17	6	23	17	18	49	20	41	8	29
\bar{X}	12.16	4.44	20.76	20.0	19.80	45.48	22.24	35.20	7.52	31.16
Md	12	5	20	19	20	46	23	34	8	31
s	1.724	1.872	3.369	3.403	2.986	5.108	3.205	5.722	1.734	2.014
CV	14.180	42.175	15.233	17.017	15.081	11.231	14.411	16.257	23.071	6.463
P25	11	2	18	17	18	40	20	31	6	30
P75	13	6	23	22	21	49	24	40	8	32

Fonte: Dados da Pesquisa.

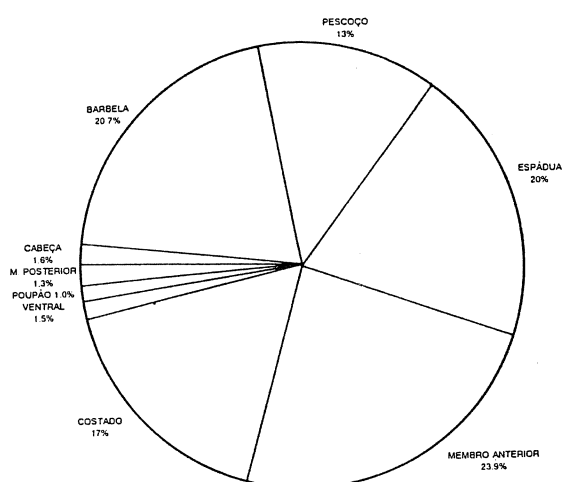


Fig. 2. Septograma da frequência relativa da densidade (nódulos/dm²) de berne dos lados esquerdo e direito, por região corpórea, em bovinos da raça Canchim. Período: janeiro de 1982 a dezembro de 1983.

– Contagem de nódulos de berne

Nódulos de berne foram contados do lado esquerdo e direito, nas 10 regiões corpóreas, em 24 lotes de 15 bovinos, no período de outubro de 1984 a fevereiro de 1985. Os lotes eram compostos de animais machos e/ou fêmeas, na faixa etária de 20-36 meses.

– Comprimento da cauda

Foram medidas as caudas de 30 bovinos de raça Canchim com idade média de 24 meses, na distância compreendida da 3^a vértebra coccígea à ponta da "vassoura" caudal.

– Alcance da "vassoura" caudal sobre a superfície corpórea do bovino

Imergiu-se a "vassoura" caudal de 20 bovinos da raça Canchim em solução de tinta preta, para avaliar

Quadro 2. Numero de nódulos de berne por região corpórea dos lados esquerdo (E) e direito (D), de 24 lotes de 15 bovinos da raça Canchim. Período: outubro de 1984 a fevereiro de 1985.

Lote	Cabeça		Barbela		Pescoço		Espádua		Membro anterior		Costado	
	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D
1	2	0	1	1	11	9	7	1	33	25	18	17
2	0	0	7	4	13	8	36	10	27	7	41	30
3	0	0	7	3	6	9	24	10	36	3	44	22
4	16	7	28	12	41	12	59	30	73	31	129	83
5	10	13	12	15	65	51	56	62	68	60	76	106
6	0	0	27	11	34	18	64	25	64	30	97	66
7	0	0	16	8	18	12	29	9	24	15	58	24
8	0	1	7	2	7	5	22	6	18	4	39	18
9	1	0	3	5	13	2	21	8	15	6	42	14
10	0	0	13	8	12	11	32	12	26	14	56	50
11	0	0	12	6	15	8	29	9	26	9	50	34
12	16	36	19	13	84	76	61	80	64	45	85	71
13	39	37	12	3	73	49	72	121	21	43	145	38
14	9	4	14	11	51	34	49	47	52	45	66	54
15	10	1	8	21	55	41	97	62	56	49	108	97
16	4	0	6	4	49	28	29	27	44	31	74	57
17	9	6	4	5	34	23	16	20	39	44	63	87
18	4	1	10	2	26	13	32	25	47	36	43	44
19	15	6	8	4	32	32	48	32	58	35	56	71
20	1	2	11	5	21	41	43	34	38	28	49	62
21	3	1	7	6	13	21	36	29	53	28	60	47
22	2	1	0	2	24	15	22	17	49	37	72	53
23	1	0	11	6	23	2	37	25	40	13	58	32
24	0	4	1	3	35	46	38	18	44	48	82	54
Nº total	142	120	244	160	755	566	959	719	1 015	686	1 611	1 231
Nº bemes/ região	0.394	0.333	0.677	0.444	2.097	1.572	2.663	1.992	2.819	1.905	4.475	3.419

(Cont. Quadro 2)

Lote	Região Ventral		Poupão		Períneo		Membro posterior		Total		Nº médio berne/anim.	
	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D
1	2	0	0	2	0	0	7	2	81	57	5.4	3.8
2	0	1	3	1	0	0	1	1	128	62	8.5	4.1
3	0	0	2	0	0	0	3	1	122	47	8.1	3.1
4	24	5	8	4	0	0	23	7	401	191	26.7	12.7
5	4	2	8	4	0	0	6	7	305	320	20.3	21.3
6	20	17	10	5	0	0	12	3	328	175	21.8	11.6
7	5	0	4	1	0	0	1	2	155	71	10.3	4.7
8	0	0	1	2	0	0	1	0	95	38	6.3	2.5
9	0	1	2	2	0	0	1	1	98	39	6.5	2.6
10	1	3	4	2	0	0	6	0	150	100	10.0	6.6
11	4	1	8	5	0	0	4	2	148	74	9.8	4.9
12	54	57	1	5	0	5	3	8	387	396	25.7	26.4
13	0	2	2	2	0	0	10	8	374	303	24.9	20.2
14	3	0	6	4	0	0	3	17	253	216	16.7	14.4
15	0	0	2	3	0	0	13	16	349	290	23.3	19.3
16	13	6	2	2	0	0	4	5	224	160	14.9	10.6
17	6	5	0	4	0	0	1	4	172	198	11.5	13.2
18	1	0	5	0	0	0	12	6	180	127	12.0	8.4
19	6	3	5	5	0	0	9	2	237	190	15.8	12.6
20	10	4	3	3	0	0	5	4	181	183	12.0	12.2
21	1	1	4	1	0	0	1	4	178	138	11.7	9.2
22	6	4	1	2	0	0	1	0	177	131	11.8	8.7
23	5	1	4	1	0	0	2	0	181	80	12.0	5.3
24	2	2	5	1	0	0	3	0	210	176	14.0	11.7
Nº total	167	115	90	61	0	5	132	100	5 114	3 763	14.2	10.4
Nº bemes/ região	0.463	0.319	0.2	0.169	0	0.013	0.366	0.277	14.20	10.452	1.4	1.0

Fonte: Dados da Pesquisa

o seu alcance sobre a superfície corpórea. Após 30 minutos as regiões corpóreas pinceladas como o movimento caudal foram determinadas e avaliadas às suas proporções.

RESULTADOS

As divisões corpóreas da superfície tegumentar dos bovinos em 10 regiões foi realizada com base na esquematização de Bennett (1) (Fig. 1).

As medidas das regiões corpóreas, cujos valores estão expressos em dm (Quadro 1), são provenientes de 25 bovinos machos e fêmeas na faixa etária de 24-36 meses.

Para quantificar e comparar as infestações de berne na superfície tegumentar do bovino, foram contados os

nódulos de berne dos lados esquerdo e direito, por região corpórea (Quadro 2).

Em números médios absolutos, a intensidade de nódulos por região quando comparadas entre os lados, pode-se observar que o esquerdo foi significativamente maior ($P < 0.001$) para a região da espádua e membro anterior, sendo que as demais regiões não diferiram estatisticamente.

As regiões quando avaliadas de cada lado guardaram a seguinte ordem (dms=80):

– lado esquerdo:

(costado= membro anterior= espádua= pescoço= bar-bela) > (ventral= cabeça= membro posterior= poupão) >= períneo; e

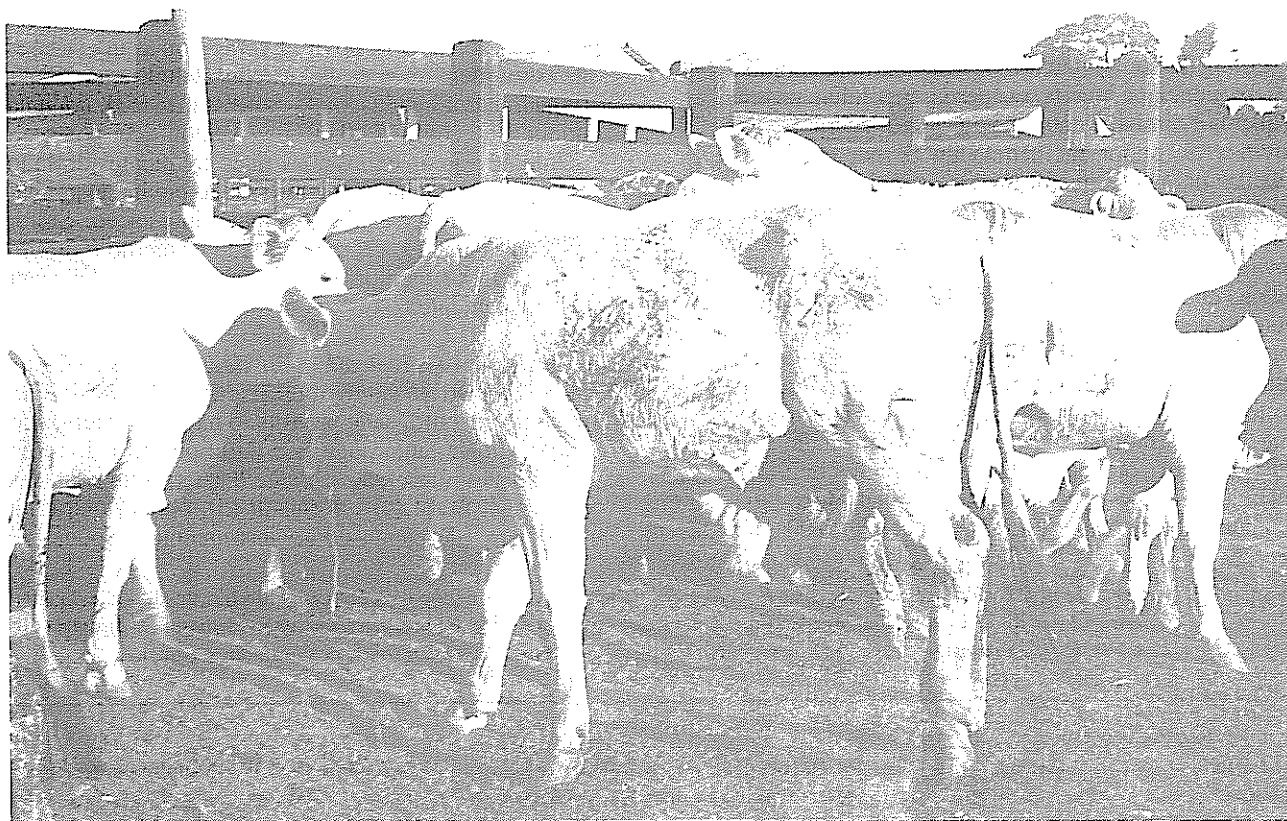


Fig. 3. Localização das manchas impressas pela "vassoura" da cauda demonstrando o seu alcance sobre as regiões corpóreas.

– lado direito:

(costado= espádua= membro anterior= pescoço=barbela) > (cabeça= ventral= membro posterior= poupão) >= períneo.

Observa-se que pelos seus valores houve uma alteração na sequência de ordem, tanto em relação ao lado esquerdo quanto ao direito.

A avaliação de densidade de nódulos por região dos lados esquerdo e direito (berne/dm²), estimada dentro dos parâmetros (dms = 125) mostrou que houve diferença significativa ($P < 0.001$) entre as regiões (Quadro 3) com as seguintes variações para os lados esquerdo e direito.

(membro anterior= barbela= espádua= costado= pescoço) > (cabeça= ventral= membro posterior= poupão) >= períneo.

De acordo com a intensidade parasitária de cada região corpórea, verificou-se que as mesmas se agruparam em três níveis. O primeiro, formado pelo membro anterior, barbela e espádua, com as frequências relativas de intensidade de 23.9%, 20.7% e 20.0%, respectivamente, quantificando em 64.6% do total das infestações. O segundo grupo, formado pelo

pescoço e costado, com frequências de 17.0% e 13.0%, respectivamente, o que representa 30.0% das infestações. O último formado pelas regiões de cabeça, ventral, poupão, períneo e membro posterior, tiveram as frequências das infestações computadas como as menores, de 1.6%, 1.5%, 1.0%, 0.0% e 1.3% respectivamente, alcançando a soma de 5.4% do total (Figs. 1 e 2).

A medida de cauda serviu para caracterizar o alcance da "vassoura" caudal sobre a superfície tegumentar. A distância da 3ª vértebra coccígena à ponta da "vassoura" de cauda variou de 96.0 cm a 117.0 cm, com média \pm desvio padrão de 105.36 cm \pm 7.26. Este comprimento de cauda foi suficiente para, quando embebido de tinta, imprimir manchas sobre a superfície tegumentar com maior frequência nos membros posteriores e poupão, estendendo-se parcialmente até o costado, à altura da 7ª costela (Fig. 3). Com base nas medidas das regiões corpóreas (Quadro 1) estimou-se que a "vassoura" caudal atinge a 41.06% da superfície tegumentar dos bovinos. Essas regiões, quando avaliadas em termos parasíticos, densidade de berne/dm² (Quadro 3), representou 16.20% da infestação total de berne computada na superfície corpórea dos bovinos de raça Canchim, no presente estudo.

DISCUSSÃO

Lombadero e Fontana (2) relacionaram pela ordem de frequência a paleta esquerda e direita, costela esquerda e direita, como sendo as regiões corpóreas de bovinos de maior incidência de berne; destas, as situadas do lado esquerdo foram as mais expressivas em parasitismos. Sancho *et al.* (6) também observaram como mais incidente de berne o lado esquerdo do bovino, sendo a paleta esquerda, quarto esquerdo e a paleta / quarto esquerdo, as regiões de maior destaque. Quando comparando a intensidade de infestação nas partes anterior e posterior do animal, concluíram serem semelhantes. Oliveira (5) observando o comportamento etológico de 40 grupos aleatórios de bovinos da raça Canchim em momento de repouso, totalizando 2630 animais, verificou que 55.0% tinham preferência pelo ducúbito látero-esternal direito. Analizando estatisticamente constatou que esta distribuição ($P < 0.001$) era

altamente significativa. Em grupos diferentes compostos de 24 lotes de 15 bovinos computou as infestações de berne de ambos os lados, constatando que 57.6% tinham maior incidência do parasitismo de *D. hominis* do lado esquerdo ($P < 0.001$). Aventou que, possivelmente devido às exposições mais frequentes do lado esquerdo em momento de repouso, o bovino expunha-se acidentalmente este lado à maior infestação. Sartor (9) computando os bernes do lado esquerdo e direito verificou que os números encontrados não deferiam estatisticamente.

Em trabalhos realizados em várias regiões da Costa Rica, Sancho *et al.* (8) observaram que 18.64% do rebanho encontrava-se parasitado na parte anterior do corpo, e o restante possuía a parte posterior livre de parasitismo. Observações semelhantes foram relatadas por Moya Borja (4) e Roncalli (5), que atribuíram a "vassoura" de cauda como instrumento responsável

Quadro 3. Numero de nódulos de berne por dm^2 de área de pele, de acordo com a região corpórea e o lado (esquerdo - E e direito - D) em 24 lotes de 15 bovinos da raça Canchim. Período: outubro de 1984 a fevereiro de 1985. Mediana (Md), percentis (25 e 75). Estatística qui-quadrado (X^2), respectivo nível descritivo e diferença mínima significante (dms).

Lado Repet.	Cabeça		Barbela		PESCOÇO		Espádua		Membro anterior	
	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D
1	0.1645	0	0.2252	0.2252	0.5299	0.4335	0.3500	0.0500	1.6667	1.2626
2	0	0	1.5766	0.9009	0.6262	0.3854	1.8000	0.5000	1.3636	0.3535
3	0	0	1.5766	0.6757	0.2890	0.4335	1.2000	0.5000	1.8182	0.1515
4	1.3158	0.5757	6.3063	2.7027	1.9750	0.5780	2.9500	1.5000	3.6869	1.5657
5	0.8224	1.0691	2.7027	3.3784	3.1310	2.4566	2.8000	3.1000	3.4343	3.0303
6	0	0	6.0811	2.4775	1.6378	0.8671	3.2000	1.2500	3.2323	1.5152
7	0	0	3.6036	1.8018	0.8671	0.5780	1.4500	0.4500	1.2121	0.7576
8	0	0.0822	1.5766	0.4505	0.3372	0.2408	1.1000	0.3000	0.9091	0.2020
9	0.0822	0	0.6757	1.1261	0.6262	0.0963	1.0500	0.4000	0.7576	0.3030
10	0	0	2.9279	1.8018	0.5780	0.5299	1.6000	0.6000	1.3131	0.7071
11	0	0	2.7027	1.3514	0.7225	0.3854	1.4500	0.4500	1.3131	0.4545
12	1.3158	2.9605	4.2793	2.0279	4.0462	3.6609	3.0500	4.0000	3.2323	2.2727
13	3.2072	3.0428	2.7027	0.6757	3.5164	2.3603	3.6000	6.0500	1.0606	2.1717
14	0.7401	0.3289	3.1532	2.4775	2.4566	1.6378	2.4500	2.3500	2.6263	2.2727
15	0.8224	0.0822	1.8018	4.7297	2.6493	1.9750	4.8500	3.1000	2.8283	2.4747
16	0.3289	0	1.3514	0.9009	2.3603	1.3487	1.4500	1.3500	2.221x	1.5657
17	0.7401	0.4934	0.9009	1.1261	1.6378	1.1079	0.8000	1.0000	1.9697	2.2222
18	0.3239	0.0822	2.2523	0.4505	1.2524	0.6262	1.6000	1.2500	2.3737	1.8182
19	1.2336	0.4934	1.8018	0.9009	1.5414	0.5414	2.4000	1.6000	2.9293	1.7677
20	0.0822	0.1645	2.4775	1.1261	1.0116	1.9750	2.1500	1.7000	1.9192	1.4141
21	0.2467	0.0822	1.5766	1.3514	0.6262	1.0116	1.8000	1.4500	2.6768	1.4141
22	0.1645	0.0822	0	0.4505	1.1561	0.7225	1.1000	0.8500	2.4747	1.8687
23	0.0822	0	2.4775	1.3514	1.1079	0.0963	1.8500	1.2500	2.0202	0.6566
24	0	0.3289	0.2252	0.6757	1.6859	2.2158	1.9000	0.9000	2.2222	2.4242
Md	0.164	0.082	2.030	1.126	1.204	0.794	1.800	1.250	2.121	1.540
P25	0	0	1.351	0.675	0.626	0.433	1.200	0.500	1.313	0.656
P75	0.740	0.328	2.702	1.801	1.975	1.637	2.450	1.600	2.676	2.171

 $X^2 = 354.808$ $P < 0.001$

DMS = 125

(Cont. Quadro 3.)

Repet.	Região											
	Lado		Costado		Ventral		Poupão		Períneo		Membro poster.	
	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D
1	0.3958	0.3738	0.0899	0	0	0.0568	0	0	0.2246	0.0642		
2	0.9015	0.6596	0	0.0450	0.0852	0.0284	0	0	0.0321	0.0321		
3	0.9675	0.4837	0	0	0.0568	0	0	0	0.0963	0.0321		
4	2.8364	1.8250	1.0791	0.2248	0.2273	0.1136	0	0	0.7381	0.2246		
5	1.6711	2.3307	0.1799	0.0899	0.2273	0.1136	0	0	0.1926	0.2246		
6	2.1328	1.4512	0.8993	0.7644	0.2841	0.1420	0	0	0.3851	0.0963		
7	1.2753	0.5277	0.2248	0	0.1136	0.0284	0	0	0.0321	0.0642		
8	0.8575	0.3958	0	0	0.0284	0.0568	0	0	0.0321	0		
9	0.9235	0.3078	0	0.0450	0.0568	0.0568	0	0	0.0321	0.0321		
10	1.2313	1.0994	0.0450	0.1349	0.1136	0.0568	0	0	0.1926	0		
11	1.0994	0.7476	0.1799	0.0450	0.2273	0.1420	0	0	0.1284	0.0642		
12	1.8690	1.5611	2.4281	2.5629	0.0284	0.1420	0	0.6649	0.0963	0.2567		
13	3.1882	0.8355	0	0.0899	0.0568	0.0568	0	0	0.3209	0.2567		
14	1.4512	1.1873	0.1349	0	0.1705	0.1136	0	0	0.0963	0.5456		
15	2.3747	2.1328	0	0	0.0568	0.0852	0	0	0.4172	0.5135		
16	1.6271	1.2533	0.5845	0.2698	0.0568	0.0568	0	0	0.1284	0.1605		
17	1.3852	1.9129	0.2698	0.2248	0	0.1136	0	0	0.0321	0.1284		
18	0.9455	0.9675	0.0450	0	0.1420	0	0	0	0.3851	0.1926		
19	1.2313	1.5611	0.2698	0.1349	0.1420	0.1420	0	0	0.2888	0.0642		
20	1.0774	1.3632	0.4496	0.1799	0.8552	0.0852	0	0	0.1605	0.1284		
21	1.3193	1.0334	0.0450	0.0450	0.1136	0.0284	0	0	0.0321	0.1284		
22	1.5831	1.1653	0.2698	0.1799	0.0284	0.0568	0	0	0.0321	0		
23	1.2753	0.7036	0.2248	0.0450	0.1136	0.0284	0	0	0.0642	0		
24	1.8030	1.1873	0.0899	0.0899	0.1420	0.0284	0	0	0.0963	0		
Md	1.297	1.132	0.157	0.067	0.099	0.056	0	0	0.112	0.080		
P25	0.967	0.659	0	0	0.056	0.028	0	0	0.032	0.032		
P75	1.671	1.451	0.269	0.179	0.142	0.113	0	0	0.224	0.192		

 $X^2 = 354.808$ $P < 0.001$

DMS = 125

Fonte: Dados da Pesquisa.

pela repulsividade das moscas veiculadoras de larva de *D. hominis*.

Sancho *et al.* (7) comparando as infestações de berne por região e dos lados esquerdo e direito de bovinos, verificaram que a paleta esquerda e direita estavam entre as regiões mais parasitadas.

A maioria dos trabalhos consultados ressaltam como região de maior infestação de berne a paleta, e de um modo geral a predominância das regiões corpóreas que compõe o lado esquerdo do bovino.

CONCLUSÕES

1. Em número médio absoluto de berne, quando comparando os lados esquerdo e direito, as regiões de espádua e membro anterior foram superiores as demais;

2. quando analisado em número médio relativo (berne/dm²) as regiões de maior densidade parasitária foram: membro anterior, barbela e espádua; e
3. a "vassoura" de cauda atinge cerca de 41.06% da superfície tegumentar do bovino, o que representa uma área infestada por 16.20% dos bernes; efetivamente pode-se atribuir a "vassoura" caudal como responsável pelo baixo índice de parasitismo nessa área.

LITERATURA CITADA

1. BENNETT, G.F. 1975. *Boophilus microplus* (Canestrini) (Acarina: Ixodidae) on the bovine host. II. Distribution of stages during development. *Acarologia* 17(1):43-52.

2. LOMBARDERO, O.J.; FONTANA, B.A.J. 1968. La "ura" (*Dermatobia hominis*) en la provincia de Formosa. Gaceta Veterinaria 30(215):297-306
3. MATEUS, V.G. 1967. El nuche y su ciclo de vida. Instituto Colombiano Agropecuario 2(1):3-19
4. MOYA BORJA, G.E. 1982. O berne, comportamento e controle. São Paulo Agroquímica 17:19-26.
5. OLIVEIRA, G.P. de. 1991. Dinâmica parasitária de bernes em bovinos. I. Incidência em relação ao decúbito. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Serie Zootecnia 26(4):467-471.
6. RONCALLI, R.A. 1984. The biology and control of *Dermatobia hominis*, the tropical warblefly of Latin America. Preventive Veterinary Medicine 2:569-578
7. SANCHO, E.; BOLAÑOS, L.; TORRES, L. 1981. Estudio del tórsalo en ganado vacuno: Análisis preliminar de la distribución en el animal y posibles factores que interviene en parasitosis. Ciencias Veterinarias 3(2-3):157-162.
8. SANCHO, E.; BOSCHINI, C.; BOLAÑOS, J. 1983. Estudio sobre *Dermatobia hominis* (tórsalo) en ganado vacuno (Frecuencia y distribución de la parasitosis en ganado vacuno para exportación). Ciencias Veterinarias 5(1):15-19.
9. SANCHO, E.; BOSCHINI, J.; BOLAÑOS, J. 1983. Estudio del tórsalo en ganado vacuno. III. Distribución de la parasitosis en Costa Rica por zona geográfica y en el cuerpo del hospedero (ganado vacuno). Ciencias Veterinarias 5(2-3):69-78.
10. SARTOR, A.A. 1986. Parasitismo por larvas de *Dermatobia hominis* (Linnaeus Jr., 1781) em bovinos no Município de Lorena, Estado de São Paulo. Tesis Mag. Sc. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 76 p.
11. VIANNA, A.T.; GOMES, F.P.; SANTIAGO, M. 1978. Formação do gado Canchim pelo cruzamento zebu-charolês. 2.ed. São Paulo, Nobel. 193 p.

Ecologia de *Dermatobia hominis* L. JR. 1781 (Diptera: Cuterebridae) na Região de São Carlos, Estado de São Paulo, Brasil¹

G.P. de Oliveira*

ABSTRACT

Dermatobia hominis larvae were exposed to the natural outdoor conditions prevailing at the São Carlos region, São Paulo State, Brazil, for the study of the living stage 3rd instar. Larvae were dropped into wooden boxes measuring 50 cm x 30 cm x 20 cm mounted 70 cm above the ground and containing soil with *Paspalum notatum* grass. An iron-framed cage covered in nylon mesh was placed in each box over the larvae. The longest pupal stages, averaging 63.0, 69.7 and 62.5 days, were observed in May, June, and July, the coldest months, and the shortest stages, averaging 35.2, 34.2 and 37.3 days, were observed in November, December and January, the warmest months. The differences between monthly averages were statistically significant ($P < 0.001$). The overall yearly percentage of imago emergence was 37.2 per cent. The lowest monthly percentage, 15.0%, occurred in July, while the highest occurred in November, with a 51.6 per cent emergence. Statistical analysis showed a difference ($P < 0.001$) between monthly imago emergence. The imago's life span ranged from 1 to 19 days. The longest average survival time was observed in August and the shortest one in September. Statistical analysis showed significant time differences among months for the winged stage of the fly.

RESUMO

Larvas de *Dermatobia hominis* foram expostas, em condições naturais, para estudo da fase de vida livre, em caixas medindo 0.50 m x 0.30 m x 0.20 m, suspensas a 0.70 m de altura, contendo solo, mantida com cobertura viva de grama batatais (*Paspalum notatum*). Cobrindo a caixa era colocada uma gaiola sem fundo de estrutura de ferro, recoberta com tela de "nylon" branca. O estágio pupal mais longo foi observado nos meses mais frios, a maio, junho, julho, com 63.0, 69.7 e 62.5 dias, respectivamente, o mais curto, nos meses mais quentes, novembro, dezembro e janeiro, com 35.2, 34.2 e 37.3 dias, respectivamente. A análise mostrou que houve diferença ($P < 0.001$) entre os meses em relação a variação do período pupal. A proporção de emergência das larvas expostas durante o ano foi em média de 37.2%. O menor índice de emergência aconteceu em julho com 15.0%, enquanto que o mais elevado em novembro com 51.6% de eclosão. A análise estatística demonstrou que houve diferença ($P < 0.001$) em relação aos índices de proporção de emergência entre os meses. A longevidade da mosca variou de um período mínimo de 1 dia e o máximo de 19 dias. O período médio de sobrevivência da mosca foi mais elevado em agosto com 14.2 dias, enquanto que o mais curto em setembro com 2.6 dias. A análise estatística mostrou que houve diferença ($P < 0.001$) entre os meses em relação à longevidade das moscas.

INTRODUÇÃO

A *Dermatobia hominis* é um inseto cuja forma larvar produz uma parasitose de extrema importância à economia da pecuária bovina na maioria dos países da América Latina. Dependendo da intensidade parasitária, a sua ação pode causar danos ao animal comprometendo a sua produção de carne ou leite (5, 7, 21). Entretanto, os prejuízos que mais se recente são aqueles que afetam diretamente a indústria coureiro-calçadista, através dos danos aos couros pelas perfurações, causadas pelo estágio larval, e que são conhecidos desde longa data (2, 3, 13, 14, 17, 19, 23)

O conhecimento de sua biologia ficou restrito ao longo dos anos a inúmeros trabalhos realizados em condições de laboratório. Assim, as pesquisas a nível de campo resumem-se, até então, em Urbina (22), que analisou o período pupal em relação a quatro tipos de solo, levando em conta as suas condições, e Sanavria (20) que observou o desenvolvimento pupal em diferentes tipos de exposições do solo: desnudo, cobertura morta e cobertura viva.

MATERIAL E METODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Canchim, base física da Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual (UEPAE) de São Carlos, pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), situada no Município de São Carlos, Estado de São Paulo, a 22° 01' Lat.S e 47° 53' Long. W Gr., com altitude de 856 m.

A temperatura média, compensadas de 19.8°C, média das máximas de 26.0°C, média das mínimas de

¹ Recebido para publicação em 22 de maio de 1989
Parte de Tese de Doutorado apresentada a Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil

* Pesquisador de Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)/Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual (UEPAE) de São Carlos, São Paulo, Brasil

14.8°C, média do gradiente térmico de 161 m/C e índice pluviométrico de 1492 mm, classificam o clima da região em temperado, de inverno seco com verão quente e úmido, tipo C W B, segundo classificação de Koeppen (6).

Para a execução do experimento, larvas de 3^o ínstar de *D. hominis* foram colhidas de bovinos naturalmente infestados, sob pressão manual. As larvas eram expostas em caixas de madeira, medindo 0.50 m x 0.30 m x 0.20 m, dispostas a 0.70 m de altura. No interior foi colocado solo, sendo plantada para servir de cobertura viva a grama batatais (*Paspalum notatum*). Cobrindo cada caixa era colocada uma gaiola sem fundo, de estrutura de ferro, medindo 0.30 m x 0.20 m x 0.15 m com tela de "nylon" branca (Figs. 1 e 2).

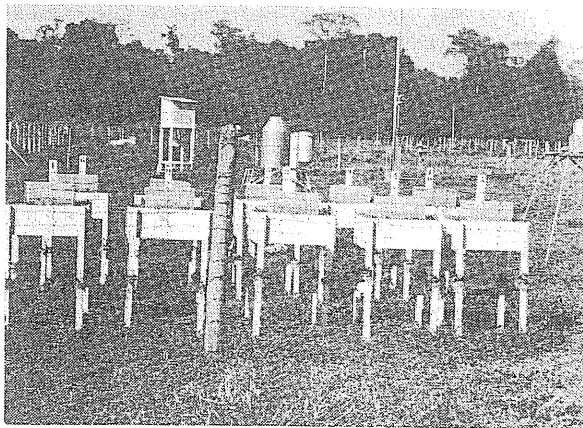


Fig. 1. Local do experimento com *D. hominis*. Fase de vida livre junto ao Posto Meteorológico da UEPAE de São Carlos.

O experimento foi realizado durante o período de abril de 1986 a março de 1987. As larvas de *D. hominis* coletadas eram expostas a campo mensalmente com o mínimo de 30 larvas por repetição, sendo observados o estágio pupal, proporção de emergência das imagos e sua longevidade.

RESULTADOS

Estágio pupal

O número mínimo de dias registrado para o período pupal foi de 32 em dezembro, e o máximo 71 dias para o mês de julho (Quadro 1). Em média (média ponderada) o mínimo foi de 34.2 em dezembro, e o máximo 69.7 dias em junho (Quadro 4). A análise estatística mostrou que houve diferença significativa ($P < 0.001$) entre os meses, com relação à extensão do estágio pupal.

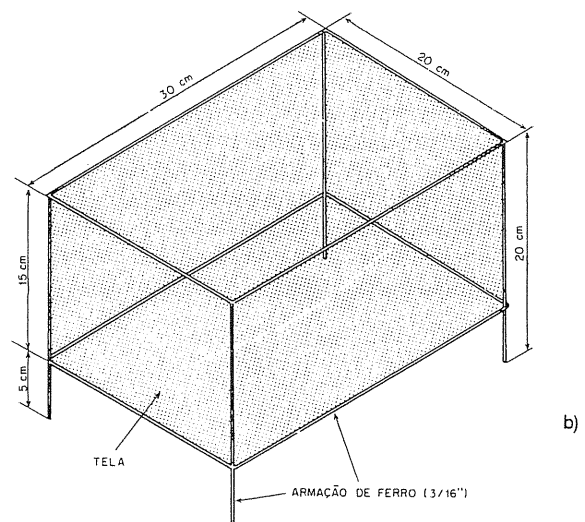
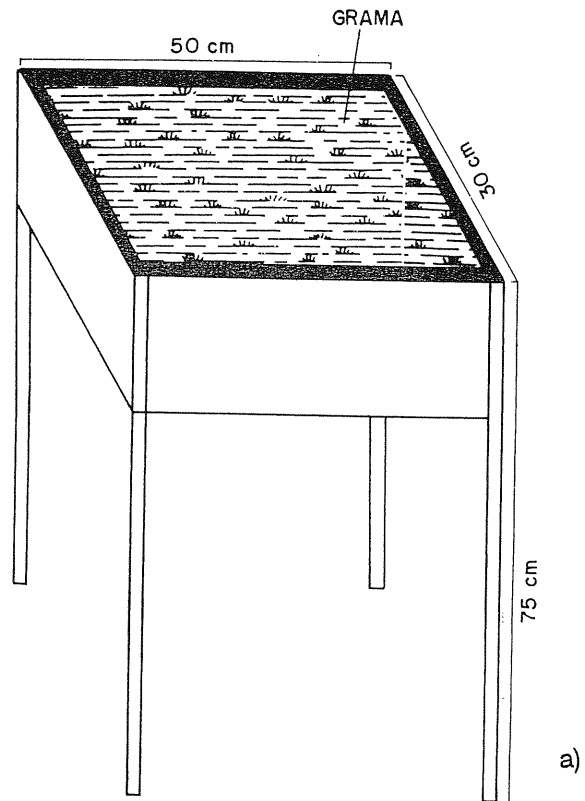


Fig. 2. Esquematização do caixote suspenso (a) e da gaiola (b) utilizados no estudo da fase de vida livre de *D. hominis*.

Quadro 1. Duração em dias do estágio pupal de *D. hominis* em condições naturais. Período iniciado em abril de 1966 a março de 1987. Número de exemplares entre parênteses. Mediana (Md) percentis (25 e 75) e posto médio (\bar{R}). Resultado da estatística H para comparação entre os meses e respectivo nível descritivo.

Estatística	Mês											
	Abril	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.
	44 (3)	58 (1)	68 (1)	64 (1)	48 (3)	47 (5)	36 (6)	33 (7)	32 (6)	33 (4)	37 (2)	37 (3)
	46 (3)	62 (2)	70 (6)	66 (1)	49 (2)	48 (4)	40 (6)	34 (5)	35 (6)	34 (7)	38 (5)	38 (2)
	47 (2)	67 (1)	—	67 (1)	52 (4)	49 (3)	—	37 (2)	38 (3)	36 (1)	38 (6)	39 (2)
	51 (2)	70 (1)	—	71 (1)	53 (2)	—	—	33 (2)	34 (7)	39 (2)	42 (1)	40 (1)
	52 (3)	—	—	57 (2)	55 (1)	—	—	34 (8)	36 (6)	35 (4)	43 (2)	41 (2)
	53 (3)	—	—	57 (1)	60 (1)	—	—	35 (4)	38 (3)	36 (6)	37 (3)	46 (1)
	54 (1)	—	—	61 (1)	—	—	—	36 (2)	33 (3)	40 (3)	39 (6)	40 (4)
	—	—	—	63 (1)	—	—	—	—	35 (8)	33 (2)	40 (1)	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	36 (4)	37 (8)	43 (1)	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39 (4)	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39 (8)	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40 (2)	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41 (1)	—	—
n	17	5	7	9	13	12	12	31	46	52	27	15
Md	51	62	70	63	52	48	39.5	34	35	37	38	40
P25	46	58	70	57	48	47	39	33	34	34	38	38
P75	52	67	70	66	53	48	40	34	36	39	39	46
\bar{R}	200.7	233.9	241.4	232.5	211.2	195.1	154.8	41.7	60.8	97.2	132.6	156.6

H = 195.135
(P < 0.001)

Nos grupos formados pelos meses de abril, maio, junho, julho e setembro ocorreram os estágios pupais mais longos, correspondendo aos meses mais frios e secos do ano. Nos meses de novembro, dezembro e janeiro, ocorreram os estágios pupais mais curtos, coincidindo com a época mais quente e úmida.

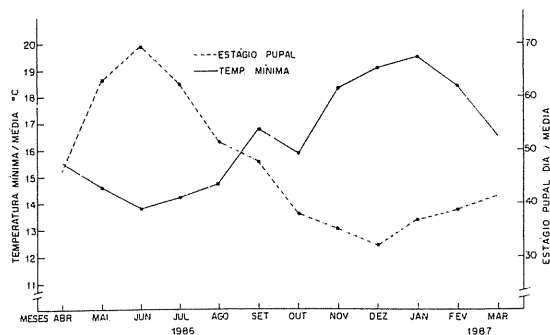


Fig. 3. Estágio pupal (dia/média) de *D. hominis* em condições naturais e temperaturas médias das mínimas, relativos aos meses de abril de 1986 a março de 1987.

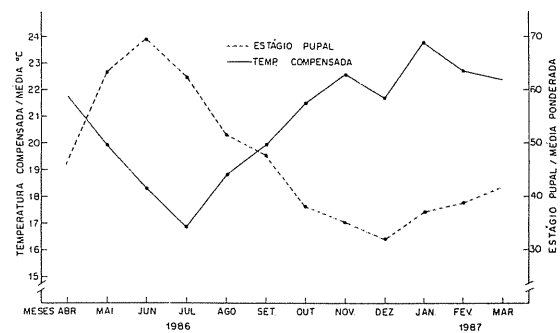


Fig. 4. Estágio pupal (dia/média) de *D. hominis* em condições naturais e temperaturas médias compensadas, relativos aos meses de abril de 1986 a março de 1987.

Os resultados relativos ao estágio pupal da *D. hominis*, quando avaliados junto aos elementos climáticos, caracterizaram influências positivas. Junto aos resultados, foram analisados os dados das temperaturas médias das mínimas (Fig. 3),

temperaturas médias compensadas (Fig. 4), temperaturas médias do solo a 2 cm de profundidade (Fig. 5), precipitação pluvial (Fig. 6) e radiação solar global ao nível do solo (Fig. 7).

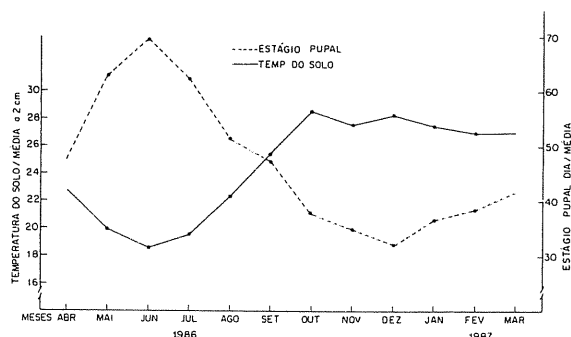


Fig. 5. Estágio pupal (dia/média) de *D. hominis* em condições naturais e temperaturas médias do solo a 2 cm de profundidade, relativos aos meses de abril de 1986 a março de 1987.

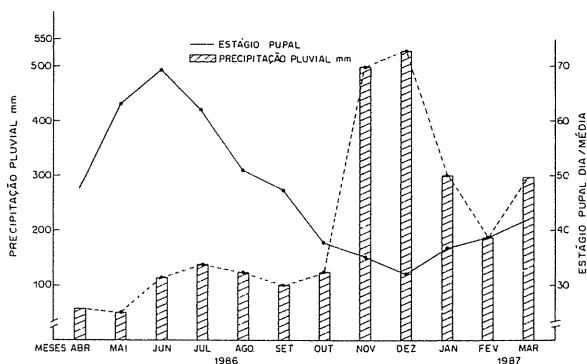


Fig. 6. Estágio pupal (dia/média) de *D. hominis* em condições naturais e precipitação pluvial, relativos aos meses de abril de 1986 a março de 1987.

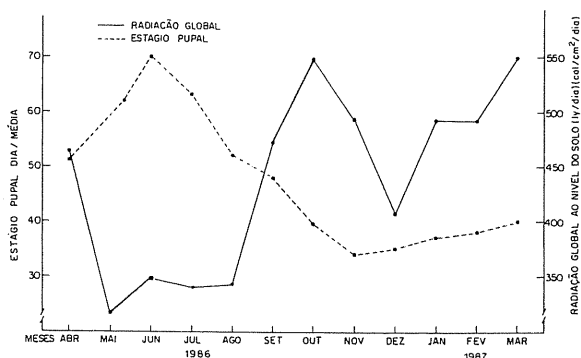


Fig. 7. Estágio pupal (dia/média) de *D. hominis* em condições naturais e radiação solar global ao nível do solo, relativos aos meses de abril de 1986 a março de 1987.

Proporção de emergência dos insetos

A análise estatística mostrou que houve diferença significativa ($P < 0.001$) em relação aos índices de emergências de *D. hominis* entre os meses. Essa diferença foi mais acentuada quando comparados em dois grupos de meses. O primeiro formado por abril, maio, junho, julho, agosto e setembro, o segundo por outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março. O segundo grupo evidenciou maior índice de emergência ($P < 0.0001$) em relação ao primeiro (Quadros 2 e 4). Entre os meses do grupo 1 não foi constatada diferença significativa ($P > 0.05$). Entretanto, dentre os meses do grupo 2 ($P < 0.05$), março apresentou menor índice de emergência em relação aos meses de janeiro, fevereiro, outubro, novembro e dezembro.

Quadro 2. Proporção de emergência de *D. hominis* em condições naturais. Período abril de 1986 a março de 1987. Estatística qui-quadrado (X^2), e respectivos níveis descritivos.

Mês	No. larvas expostas	No. emergência	Proporção
Abril	60	17	0.2833
Mai	30	5	0.1667
Junho	30	7	0.2333
Julho	60	9	0.1550
Agosto	30	13	0.4333
Setembro	30	12	0.4000
Outubro	30	12	0.4000
Novembro	60	31	0.5167
Dezembro	90	46	0.5111
Janeiro	120	52	0.4333
Fevereiro	60	27	0.4500
Março	60	15	0.3737
Total	660	246	0.3727

1. Diferença entre os 12 meses: $X^2 = 43.357$ ($P < 0.001$).
2. Diferença entre os grupos 1 e 2 de meses, sendo:
 $G_1 = \text{abr, mai, jun, ago, set.}$
 $G_2 = \text{out, nov, dez, jan, fev, mar.}$
 $X^2 = 19.599$ ($P < 0.001$) $G_1 < G_2$.
3. Diferença entre os meses de G_1 : $X^2 < 10.818$ ($P > 0.05$)
4. Diferença entre os meses de G_2 : $X^2 = 12.940$ ($P < 0.05$).

Quadro 3. Longevidade em dias de *D. hominis* (imago) em condições naturais. Período iniciado em abril de 1966 a março de 1987. Número de exemplares indicado entre parênteses. Mediana (Md) percentis (25 e 75) e posto médio (\bar{R}). Resultado da estatística H para comparação entre os meses e respectivo nível descritivo.

Estatística	Mês											
	Abril	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.
	2 (3)	4 (1)	11 (1)	7 (1)	6 (1)	1 (1)	—	6 (2)	1 (1)	1 (8)	3 (2)	2 (2)
	3 (1)	8 (2)	13 (4)	9 (1)	9 (12)	2 (12)	—	3 (4)	2 (3)	2 (4)	4 (7)	3 (8)
	4 (1)	12 (1)	14 (3)	10 (1)	10 (1)	3 (5)	—	4 (4)	3 (1)	3 (2)	5 (7)	4 (4)
	6 (1)	14 (3)	15 (7)	14 (1)	11 (1)	5 (3)	—	—	4 (4)	7 (6)	6 (5)	5 (11)
	8 (1)	15 (1)	16 (2)	—	12 (4)	—	—	—	6 (3)	8 (6)	7 (5)	6 (2)
	15 (1)	—	—	—	—	—	—	—	7 (1)	9 (4)	8 (9)	—
	17 (1)	—	—	—	—	—	—	—	8 (1)	10 (2)	9 (4)	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	9 (6)	11 (4)	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	10 (2)	12 (4)	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	11 (2)	13 (4)	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	13 (2)	14 (3)	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16 (1)	—	—
Md	4	13	15	9.5	11.5	2	—	2.5	7.5	8	6	6
P25	2	8	13	7	9	2	—	2	4	2	5	4
P75	8	14	15	10	12	3	—	3	9	11	8	8
\bar{R}	105.6	186.6	227.3	178.3	184	39.7	—	43.3	126.2	132.5	116.1	119.5

H = 99.021
(P < 0.001)

Quadro 4. Sinopse das medias ponderadas, amplitudes e índices percentuais dos dados referentes à fase de vida livre de *D. hominis* durante os meses de abril de 1986 a março de 1987.

Mês	Período pupal (média ponderada)	Amplitude pupal (dia)	Emergência (%)	Longevidade da mosca (média ponderada)	Amplitude longevidade (dia)
Abril	46.0	44 — 54	28.3	6.5	2 — 17
Maio	63.0	58 — 67	16.6	11.1	4 — 15
Junho	69.7	68 — 70	23.3	14.2	11 — 16
Julho	62.5	57 — 71	15.0	10.0	7 — 14
Agosto	51.6	48 — 60	43.3	10.5	6 — 12
Setembro	47.8	47 — 49	40.0	2.6	1 — 5
Outubro	38.0	36 — 40	40.0	—	—
Novembro	35.2	33 — 37	51.6	4.0	3 — 6
Dezembro	34.2	32 — 38	51.1	6.9	1 — 13
Janeiro	37.3	33 — 40	43.3	7.7	1 — 16
Fevereiro	38.9	37 — 43	45.0	6.2	3 — 19
Março	41.9	37 — 49	37.2	4.1	2 — 6

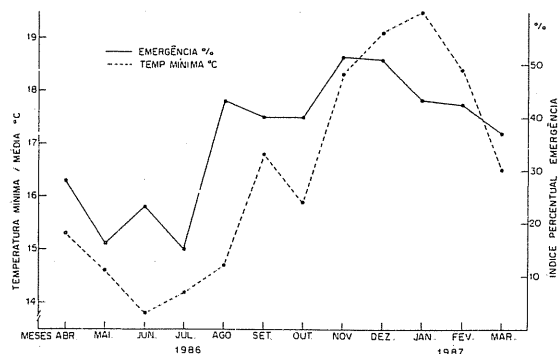


Fig. 8. Índice percentual de emergência de *D. hominis* condições naturais e temperaturas médias das mínimas, relativos aos meses de abril de 1986 a março de 1987.

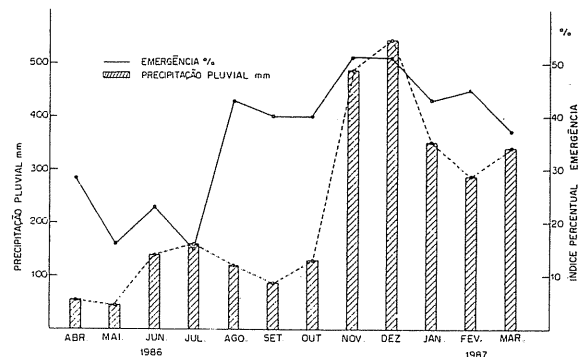


Fig. 11. Índice percentual de emergência de *D. hominis* condições naturais e precipitação pluvial, relativos aos meses de abril de 1986 a março de 1987.

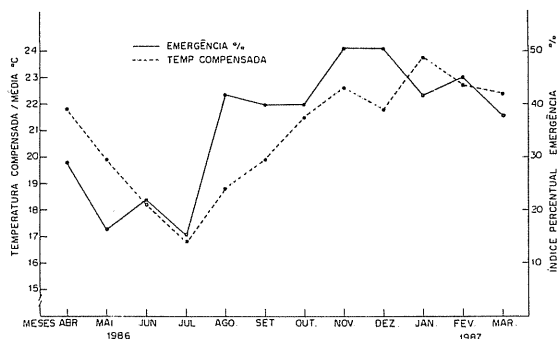


Fig. 9. Índice percentual de emergência de *D. hominis* condições naturais e temperaturas médias compensadas, relativos aos meses de abril de 1986 a março de 1987.

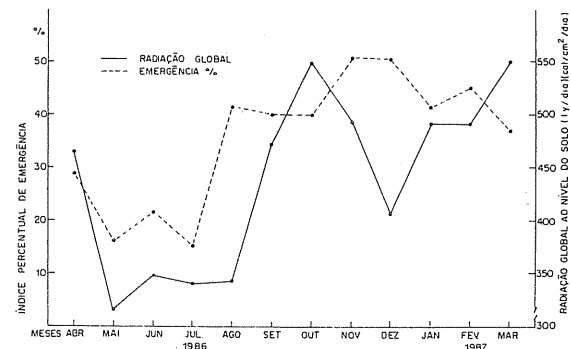


Fig. 12. Índice percentual de emergência de *D. hominis* condições naturais e radiação solar global ao nível do solo, relativos aos meses de abril de 1986 a março de 1987.

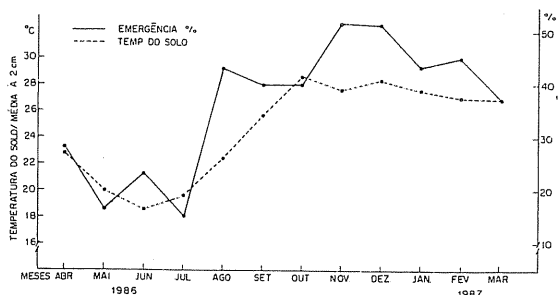


Fig. 10. Índice percentual de emergência de *D. hominis* condições naturais e temperaturas médias do solo a 2 cm de profundidade, relativos aos meses de abril de 1986 a março de 1987.

Os resultados, quando relacionados junto aos elementos climáticos, revelaram influência na sua variação, com tendência positiva como mostram os dados de temperaturas médias das mínimas (Fig. 8), temperaturas médias compensadas (Fig. 9), temperaturas médias do solo a 2 cm (Fig. 10), precipitação pluvial (Fig. 11) e radiação solar global ao nível do solo (Fig. 12).

Longevidade da imago

A longevidade da imago variou de um período mínimo de 1 dia a um máximo de 19 dias (Quadro 3). O período médio (média ponderada) de sobrevivência mínima foi de 2.6 dias em setembro, e o máximo de 14.2 dias em julho (Quadro 4). Entre os meses, a longevidade demonstrou diferença significativa, de

acordo com a época de eclosão ($P < 0.001$). O período de maior sobrevivência foi durante os meses de maio, junho, julho e agosto, meses mais frios e secos; enquanto que o mais curto ocorreu nos meses de setembro e novembro. O grupo formado pelos demais meses, dezembro a abril, apresentou, longevidade considerada como intermediária.

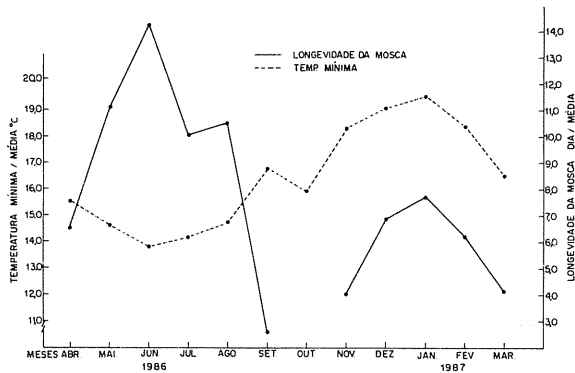


Fig. 13. Longevidade (dia/média) de *D. hominis* adulta em condições naturais e temperaturas médias das mínimas, relativos aos meses de abril de 1986 a março de 1987.

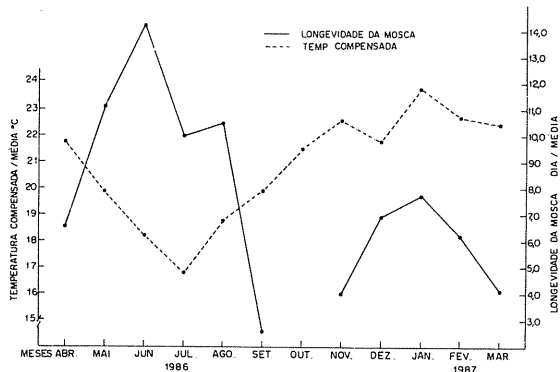


Fig. 14. Longevidade (dia/média) de *D. hominis* adulta em condições naturais e temperaturas médias compensadas, relativos aos meses de abril de 1986 a março de 1987.

A observação de longevidade média de mosca revelou variações quando relacionadas com os elementos climáticos, conforme a descrição dos gráficos, referente aos dados de temperaturas médias das mínimas (Fig. 13), temperaturas médias compensadas (Fig. 14), precipitação pluvial (Fig. 15) e radiação solar global ao nível do solo (Fig. 16).

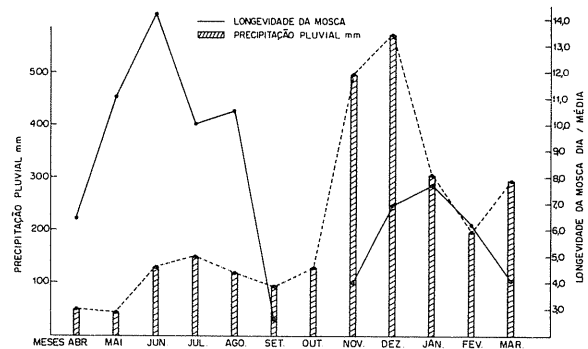


Fig. 15. Longevidade (dia/média) de *D. hominis* adulta em condições naturais e precipitação pluvial, relativos aos meses de abril de 1986 a março de 1987.

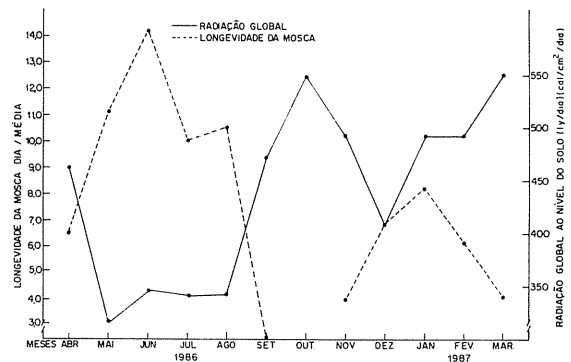


Fig. 16. Longevidade (dia/média) de *D. hominis* adulta em condições naturais e radiação solar global ao nível do solo, relativos aos meses de abril de 1986 a março de 1987.

DISCUSSÃO

A maioria dos trabalhos experimentais desenvolvidos ao longo dos anos com *D. hominis* se realizaram em condições de laboratório.

Brum *et al.* (4) encontraram uma variação no período pupal, em condições ambiente de 39 a 112 dias e Ribeiro *et al.* (18) de 26 a 112 dias. Em ambos os trabalhos, foi constatada a influência da temperatura de forma inversamente proporcional ao desenvolvimento pupal. Urbina (22) e Néil *et al.* (11) observaram o período pupal em diversos tipos de solo e condições ambientais, ressaltando a importância da umidade como relevante para o estágio pupal.

Sanavria (20), em resultados obtidos em meio contendo cobertura viva, sem considerar o sexo das larvas, registrou um período pupal médio de 25.3 dias na época de temperatura mais elevada e 37.4 dias na de temperatura mais baixa.

Os presentes resultados, quando comparados àqueles realizados em condições naturais, foram concordantes, sendo observado um período mais curto nos meses mais quentes e úmidos, e mais longo nos meses mais frios e secos.

A proporção de emergência foi assinalada por Sanavria (20) com melhores índices no condicionamento de solo com cobertura morta, onde observou a proporção de 22.7% de emergência de moscas. Apesar de afirmar que as larvas que puparam em solo com cobertura viva encontraram melhores condições de desenvolvimento no período chuvoso, pode verificar que tal situação exerce um efeito deletério sobre as pupas. Brum *et al.* (4), também em condições naturais, observaram um índice de emergência de moscas um pouco mais elevado, 27.6%, que aquele observado por Sanavria (20) para as larvas expostas. O índice de emergência em o presente trabalho foi em média, durante o período experimental, de 37.2%, e os meses quentes e úmidos foram os de maior emergência. Estes resultados concordam com aqueles constatados por Sanavria (20) para o experimento realizado em condições de cobertura viva.

A longevidade da mosca *D. hominis* é assinalada na literatura com trabalhos realizados sob condições de laboratório (1, 2, 8, 9, 10, 11, 12). Essas descrições do período de sobrevivência da mosca registram uma variação de 1 a 19 dias, amplitude também observada em nosso resultados em condições naturais.

Influenciadas pelas condições climáticas, as larvas de *D. hominis* que liberam-se de hospedeiro durante a primavera e verão, têm um desenvolvimento mais rápido e um índice de emergência mais elevado, havendo assim, uma maior incidência de moscas adultas. Com isto, em presença de uma maior população de insetos *Mosca domestica* nesta época junto aos estábulos (15), como possibilidade de exercer foresia, faz com que haja uma maior infestação de berne em bovinos nesta estações (16). Nos meses mais frios, o estágio pupal é mais lento, e a emergência menor, fazendo com que as pupas caídas no final do outono atravessem o inverno em desenvolvimento eclodindo no final desta estação e início da primavera.

CONCLUSÕES

- Os elementos climáticos observados em forma de radiação solar global ao nível do solo, precipitação pluvial, temperaturas médias das mínimas médias

das compensadas e médias do solo a 2 cm de profundidades, demonstraram influência marcante sobre a fase de vida livre de *D. hominis*.

- Os meses mais quentes e úmidos foram mais favoráveis para a pupação, o mesmo acontecendo para a emergência da imago; ao contrário, a longevidade da imago foi mais pronunciada nos meses de temperaturas mais baixas.
- Esses resultados levam-nos à lógica de que na época onde as temperaturas são mais elevadas, o estágio pupal é mais curto e o índice de emergência é mais elevado; em contraste, a sobrevivência da imago tem período curto. Em compensação, no inverno, quando os fatores se invertem, a longevidade da imago é maior.

LITERATURA CITADA

- 1 ANDERSEN, E. H. 1960. Biology distribution and control of *Dermatobia hominis*. *Veterinary Medical* 55(1):72-78.
- 2 ANDERSEN, E. H. 1962. Control of *Dermatobia hominis* in Central América. *Veterinary Record* 74(28):784-786.
- 3 BARAI, S. K. 1975. Cueros, pieles y subproductos animales. *Revista Mundial de Zootecnia* (14):20-25
- 4 BRUM, J. G. W.; RIBEIRO, P. B.; RIBEIRO, W. M. 1982. Período de pupa de *Dermatobia hominis* (Diptera: Cuterebridae) em laboratório e no meio ambiente. In *Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária* (18., Santa Catarina)
- 5 DUNN, L. H. 1934. Prevalence and importance of the tropical warble fly, *Dermatobia hominis* L., in Panama. *Journal of Parasitology* 20(4):219-226
- 6 KOEPPEN, N. 1948. *Climatología*. Trad. por Pedro R. Mandriche Peres. Buenos Aires, Arg., Gráfica Panamericana 478 p
- 7 MAGALHAES, F. E. P.; LESSKIU, C. 1982. Efeito de controle do berne sobre o ganho de peso e qualidade dos couros em novillo de corte. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 17(2):329-336.
- 8 MATEUS, V. G. 1967. El nuche y su ciclo de vida. *Instituto Colombiano Agropecuario*, Col. v. 2, no. 1. p. 3-19.
- 9 MATEUS, V. G. 1977. Ecología y control de *Dermatobia hominis* (L. Jr. 1781) en Colombia. *Centro Internacional de Agricultura Tropical* p. 141-146.
- 10 MOYA BORJA, G. E. 1966. Estudio sobre la biología, morfología y esterilización del tórsalo *Dermatobia hominis* (L. Jr.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., IICA. 46 p
- 11 NEEL, W. W.; URBINA, O.; VIÁLE, E.; ALBA, J. 1955. Ciclo biológico del tórsalo (*Dermatobia hominis* L. Jr.) en Turrialba, Costa Rica. *Turrialba* 5(3):91-104.

12. NEIVA, A.; GOMES, J.F. 1917. Biologia de mosca do berne *Dermatobia hominis* observada em todas as suas fases. *Annaes Paulistas de Medicina e Cirurgia* 8(9):192-209.
13. OLIVEIRA, G. P. 1983. Fatores que afetam economicamente a produção de couro de bovinos. *Arquivo de Biologia e Tecnologia* 26(3):353-357.
14. OLIVEIRA, G. P. 1985. Variação dos índices de perfurações em couros de bovinos, provocadas pela *Dermatobia hominis* L. Jr., observada em curtumes. *Revista Ciência e Cultura* 37(1):81-83.
15. OLIVEIRA, G. P. 1986. Distribuição sazonal de dípteros muscóides, sinantrópicos, simbovinos e foréticos de *Dermatobia hominis* L. Jr. em São Carlos, Estado de São Paulo I. Estábulo. *Arquivo de Biologia e Tecnologia* 29(2):311-325.
16. OLIVEIRA, G. P. 1988. Ecologia, epidemiologia e dinâmica parasitária de *Dermatobia hominis* L. Jr. 1781 (Diptera: Cuterebridae) na região de São Carlos, Estado de São Paulo. Tesis Ph.Sc. Universidade Federal de São Carlos. 104 p.
17. OLIVEIRA, G. P. 1988. Fatores que prejudicam economicamente a qualidade do couro de bovinos. In Conferência Anual da Sociedade Paulista de Medicina Veterinária (43, Campinas, São Paulo).
18. RIBEIRO, P.B.; COSTA, P. R. P.; BRUM, J. G. W.; WIEGAND, M. M. 1985. Influence of temperature upon pupal period of *Dermatobia hominis* (L. Jr. 1781). In Conference World Association Advance Veterinary Parasitology (11., Rio de Janeiro, Bra.).
19. ROCHA, V. F.; OLIVEIRA, W. F. 1985. Medidas aconselháveis para a melhoria da qualidade do couro: Couros e calçados. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo 9(1):1-6.
20. SANAVRIA, A. 1987. Biocologia, patologia e alternativas de controle de *Dermatobia hominis* (Linnaeus Junior, 1781) (Diptera: Cuterebridae) no Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
21. SANCHO, E.; BOLAÑOS, J.; TORRES, L. 1981. Estudio del tórsalo en ganado vacuno: Analisis preliminar de la distribución en el animal y posibles factores que intervienen en la parasitosis. *Ciencias Veterinarias* 3(2-3):157-162.
22. URBINA, O. 1954. Efecto del tórsalo *Dermatobia hominis* (L. Jr. 1781) en la productividad del ganado de carne y algunos aspectos que determinan su infestación. Tesis Mag Agr. Turrialba, C.R., IICA. 78 p.
23. ZUERN, F. A. 1872. Tentative annotated bibliography of *Dermatobia hominis* (Linnaeus Jr. 1781) (Diptera: Cuterebridae). *Archivos de Zoologia* 14(4):224-294.

Predicción de Rendimientos de Caña de Azúcar (*Saccharum* sp.) en Guanacaste, Costa Rica¹

O.E. Rojas*

ABSTRACT

This paper analyzes and gives mathematical expression to the effect of climatic factors (rainfall, evapotranspiration, maximum and minimum temperatures) on sugar cane production. Aspects of crop production were analyzed individually: tons of cane by hectare and kilograms of sugar by ton of cane. At the same time, the results of the mathematical model were compared with the estimation of production obtained by the traditional method. It is concluded that there is considerable precision in yield estimation when the model is used.

COMPENDIO

En el presente artículo se analiza y se expresa matemáticamente la influencia de varios parámetros climáticos (precipitación, evapotranspiración, temperaturas máxima y mínima) sobre la producción de caña de azúcar. Independientemente se estudian dos aspectos de la producción de este cultivo: tonelaje de caña por hectárea y kilogramos de azúcar por tonelada de caña. También se comparan los resultados del modelo matemático con los estimados de producción, obtenidos por el método tradicional. Se concluye que existe una mayor precisión en la estimación cuando se emplea el modelo.

INTRODUCCION

Existe gran interés en el campo de la agrometeorología por la creación y utilización de modelos de predicción de rendimiento para los cultivos, basados en los datos de clima de la región o país considerado. Entre los modelos generados por medio de métodos estadísticos se encuentran, por ejemplo, aquellos para los cultivos de trigo (12) y soja (5) y las praderas de Canadá (14). Los modelos han sido desarrollados a partir de una muestra de datos de rendimiento para un área determinada y de otra sobre el clima y suelo para la misma región.

Al ser válidos sólo para la región específica en que fueron creados, no se pueden extrapolar las ecuaciones resultantes. Además, por medio de ellos, no se llega fácilmente a una explicación de la relación causa y efecto. Sin embargo, a pesar de las limitaciones anotadas, su aplicación práctica los convierte en una herramienta útil para la programación y planeamiento de las tareas agrícolas.

El interés de estos modelos, en el caso del cultivo de caña de azúcar, reside en que los ingenios azucareros necesitan estimar la producción meses antes de la zafra (cosecha), para poder realizar las proyecciones financieras y diseñar el programa de molienda. Generalmente esa estimación se realiza en forma empírica, con base en una gira de campo y en la experiencia que sobre el cultivo se posee.

El objeto del presente artículo es determinar una relación matemática entre las variables del clima y el rendimiento en caña de azúcar, y poder disminuir el error en la predicción.

Relación entre clima y rendimiento de caña de azúcar

El clima es el factor que establece el rendimiento de la caña de azúcar. Esto se comprende fácilmente si se estudia la influencia que ejerce cada uno de los agentes climáticos sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Varios autores (2, 4, 6) han definido que la temperatura, la radiación y la precipitación son los principales factores climáticos que inciden en el desarrollo de la caña. Postulan que, para que exista una buena germinación, amacollamiento y sobre todo un buen crecimiento, deben predominar temperaturas supe-

¹ Recibido para publicación el 1 de febrero de 1989.
El autor agradece el apoyo brindado por el Ing. Mario Berrocal, Ingenio Taboga, C.R.

* Especialista en Agroclimatología; Estación Experimental Fabio Baudrit y Escuela de Ingeniería Agrícola, Universidad de Costa Rica.

riores a los 20°C, encontrándose el óptimo térmico para estos procesos entre 25°C y 33 grados centígrados. Además se comprobó que la asimilación clorofílica aumenta de los 23°C a los 32°C aproximadamente, para decrecer luego, mientras que la respiración máxima se sitúa entre los 36°C y 38 grados centígrados. De acuerdo con estos datos, la adquisición de materia seca decrece por encima de 33°C, para quedar anulada completamente a cierta temperatura.

Por otro lado, existe una relación estrecha entre las bajas temperaturas y la riqueza de la caña de azúcar. Los productos de la fotosíntesis son utilizados para la formación de sacarosa cuando el crecimiento se retarda. Se insiste especialmente en la diferencia térmica importante entre el día y la noche, es decir de las temperaturas máxima y mínima (3, 6).

Este cultivo requiere buena disponibilidad de humedad en el suelo durante el período de crecimiento, pues el agua desempeña un papel importante en la turgencia, traslocación y presión de crecimiento. Sin embargo, durante el período de maduración se debe reducir la presencia de agua para restringir el crecimiento e iniciar la acumulación de la sacarosa. Si durante la zafra se presenta precipitación de cierta magnitud, puede que en el momento no se reduzcan los rendimientos, pero después de unos días el efecto será perjudicial (3, 8, 13).

En resumen, para el cultivo de la caña de azúcar la luz es esencial, pues exige calor y humedad para su crecimiento; además que, para dar óptimos frutos, se necesitan temperaturas nocturnas bajas y una privación paulatina de agua.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron los datos sobre producción procedentes del Ingenio Taboga, uno de los principales ingenios de Guanacaste y de Costa Rica. El Ingenio está dividido en tres zonas que presentan características de clima y suelo diferentes y que influyen sobre los rendimientos.

Se emplearon los datos sobre precipitación, brillo solar, temperaturas máxima y mínima (1970-1986) de la estación meteorológica Taboga (latitud 10°21', longitud 85°09', altitud 40 msnm). También se utilizó la información de la precipitación (1979-1986), registrada por tres pluviómetros ubicados en cada una de las tres zonas de producción.

En relación con la producción, se tienen registros desde 1971 hasta 1987. Estos incluyen el tonelaje de caña de azúcar por hectárea y el rendimiento de fábrica expresado en kilogramos de azúcar por tonelada de caña. Los datos de rendimiento de fábrica fueron ajustados, con el propósito de reducir el efecto de la

adquisición de nueva tecnología y de la adopción de prácticas culturales a partir de 1979. Estas fueron: a) cosecha de la Zona 1 en primer lugar; b) empleo en 1980 de molinos nuevos con mayor eficiencia de extracción y; c) programación de la cosecha con base en un muestreo de "madurez" comercial y no por edad de la caña (madurez fisiológica). El ajuste consistió en medir el incremento porcentual (17%) debido a la adopción de estas nuevas prácticas. Con él se ajustó el rendimiento de fábrica para los años anteriores a 1979. De esta manera se asume que las variaciones en el rendimiento se deben a factores diferentes a la aplicación de nueva tecnología y de prácticas culturales; entre ellos el clima.

Para el análisis se emplearon técnicas de regresión y correlación para saber cómo se interrelacionan dos o más variables en una población. La correlación mide la fuerza de relación entre variables y la regresión da lugar a una ecuación en términos matemáticos (11).

En la técnica de regresión, la estimación se realiza con el método de mínimos cuadrados. La ecuación tiene la forma:

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_i X_i + e$$

en donde:

a = Intercepción con el eje Y.

b = Pendiente de Y con la variable X_i , manteniendo constantes las otras variables X.

e = Error aleatorio en Y para la observación i.

Este procedimiento se aplica a las dos variables dependientes en estudio: toneladas de caña por hectárea y kilogramos de azúcar por tonelada de caña. Además, el procedimiento se repite con la información disponible para cada una de las zonas de producción en que se divide el Ingenio Taboga.

La precipitación es, en los países de la zona intertropical, uno de los principales factores climáticos que regulan el crecimiento de los cultivos y el que con mayor frecuencia limita su desarrollo (9). Por esta razón, en este estudio, es considerada uno de los predictores de mayor importancia.

En una primera fase, se estudió la relación existente entre la precipitación mensual y el rendimiento de caña de azúcar en los aspectos de tonelaje y kilogramos de azúcar. Se aplicó la técnica de regresión múltiple, utilizando el método de "stepwise"; es decir, se analizó cuidadosamente la importancia de la precipitación mensual sobre el rendimiento de campo y fábrica. Se consideraron en la ecuación sólo los meses que, por su mayor peso, podían explicar el comportamiento de las variables dependientes.

La segunda fase consistió en introducir el valor de la evapotranspiración potencial (ETP), con el propósito de calcular el balance climático potencial. Se emplearon los datos de la ETP calculada por la fórmula de Perman (1).

En la última fase se introdujo la diferencia entre la temperatura máxima y mínima de cada mes (amplitud térmica) entre las variables independientes. Lo anterior se fundamenta en los resultados obtenidos por Martínez (8) al tratar de explicar la causa de los bajos rendimientos de fábrica obtenidos en el Ingenio de Xicotécatl, en México.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de correlación entre la precipitación mensual, el tonelaje de caña de azúcar por hectárea y los kilogramos de azúcar por tonelada de caña arrojó los siguientes resultados:

En la variable tonelaje de caña por hectárea se destaca la influencia, en mayor grado (0.489, $\alpha=0.01$), de la precipitación en el mes de enero y, en menor grado (relación inversa, -0.239, $\alpha=0.01$), la de mayo, setiembre, octubre y noviembre.

La influencia de la precipitación del mes de enero sobre el tonelaje de caña podría deberse a dos razones:

Al ser retenida por la reserva hídrica del suelo, es aprovechada en las primeras etapas fenológicas de la caña de azúcar (germinación de la caña e inicio del crecimiento vegetativo). Como resultado, al final del ciclo, se obtendría, si no se presentan condiciones climáticas adversas, mayor tonelaje por hectárea que en los años en que no llueve en enero.

El inicio de las precipitaciones en enero induce una mejor repartición de la lluvia en el transcurso del año; es decir, si llueve en enero, por lo general, también lloverá en los meses siguientes. Esto coincide con los resultados obtenidos por Sivakumar (10) en el oeste de Africa. Lo más probable es que esta mejor distribución de la precipitación provoque el aumento en el tonelaje de caña por hectárea.

Por otro lado, al interpretar estos resultados en relación con el rendimiento de fábrica, se aprecia la influencia en mayor grado (relación inversa, -0.455, $\alpha=0.01$) de la precipitación de octubre, y, en menor grado, de la precipitación de marzo, julio y setiembre. Además, es interesante observar la relación inversa (-0.43, $\alpha=0.01$) existente entre el tonelaje de caña por hectárea y los kilogramos de azúcar por tonelada; esto confirma, en cierta forma, que los requisitos climáticos de estas fases fenológicas son diferentes.

De los resultados del análisis de regresión múltiple, por el método de "stepwise" para estimar el tonelaje de caña por hectárea, se encontró la siguiente relación matemática:

$$Y = 61.5439 + 1.6247 X_1 - 0.0353 X_2 + 0.0397 X_3$$

Ecuación (1)

en donde:

Y = Toneladas de caña de azúcar por hectárea.

X₁ = Precipitación (mm) en enero.

X₂ = Precipitación (mm) en mayo.

X₃ = Precipitación (mm) en octubre.

En orden de importancia, las variables que entraron en el modelo son: precipitación en enero, octubre y, por último, en mayo. El error estándar estimado es de 5.7 y el coeficiente de determinación tiene un valor de 0.65; lo que indica que el 65% de la variación en el tonelaje de caña de azúcar por hectárea se puede explicar por la variación de la precipitación en enero, mayo y octubre. Se obtuvo un coeficiente de correlación múltiple alto (0.81, $P < 0.01$).

Con este modelo (Ecuación 1) se calculó el valor estimado de producción en toneladas de caña por hectárea para cada año de la serie analizada. En la Figura 1 se compara este valor a partir de los datos climáticos con el valor real de la producción. Se aprecia claramente el buen ajuste del modelo, lo que refleja el papel primordial que desempeña el clima sobre la producción de la caña de azúcar.

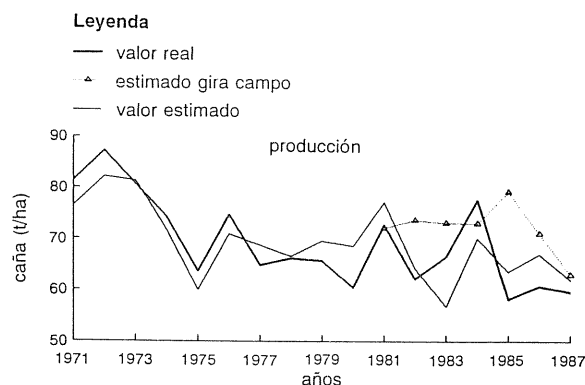


Fig. 1. Comparación del valor estimado por el modelo y por el método tradicional con el valor real de producción (Ingenio Taboga, C.R.).

De igual forma (Fig. 2) se comparan los datos reales de producción de caña con el valor estimado por el método tradicional empleado hasta la fecha por el Ingenio Taboga. A pesar de que no se contó con todos los estimados para la serie de años analizados, se aprecia bien que este pronóstico tiene un comportamiento totalmente ajeno al comportamiento de la producción. Se nota que cuando se pronosticó un aumento de la producción (1982 y 1985), en realidad ocurrió lo contrario: una disminución en el tonelaje por hectárea. En 1985, ocurrió el mayor desfase entre lo estimado y el valor real: 21 toneladas (error de estimación sumamente grande).

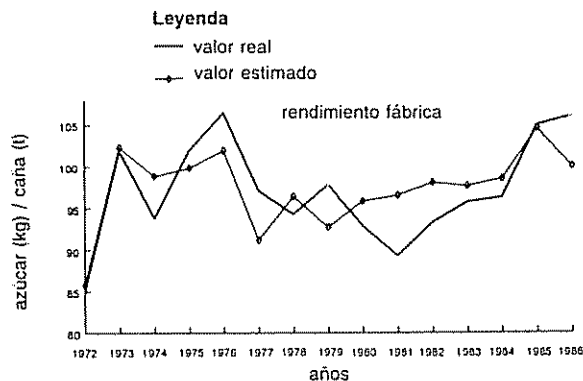


Fig. 2. Comparación del valor estimado del rendimiento de fábrica y el valor real (kg/ha), (Ingenio Taboga, C.R.).

Si se comparan los tres valores analizados para 1985, en los párrafos precedentes (valor estimado por el modelo, valor estimado por el método tradicional y valor real), se aprecia que la predicción realizada por el modelo hubiera sido más acertada con una desviación de cinco toneladas en lugar de veintiuna.

Por último, con los datos sobre precipitación de la estación meteorológica Taboga correspondientes a los meses de enero (0), mayo (102.3 mm) y octubre (185.4 mm) se estimó, en noviembre de 1987, en 65.28 t el tonelaje de caña por hectárea para 1988. En mayo de 1988 la producción reportada por el Ingenio Taboga difiere en sólo cuatro toneladas menos, en relación con la estimada por medio del modelo.

Cuando se aplica esta técnica de regresión múltiple a la variable rendimiento de fábrica (kilogramos de azúcar por tonelada), la única considerada por el modelo es la precipitación de octubre, con un error estándar de 5.14, un valor de 0.31 para el coeficiente de determinación, y de -0.55 para el coeficiente de correlación múltiple ($P < 0.05$).

Se introduce el estudio del balance hídrico climático o potencial; sin embargo, la variación en los valores de los parámetros estadísticos no es significativa. Además, con el propósito de mejorar el modelo de predicción del rendimiento de fábrica, se agrega, como variable independiente, la amplitud de temperaturas por mes. Del análisis de regresión múltiple resulta que el modelo mejora cuando se considera la precipitación de octubre y la amplitud de temperaturas de noviembre. El valor del error estándar de lo estimado es de 4.3, el coeficiente de determinación, de 0.58, y el coeficiente de correlación múltiple, de 0.76 ($P < 0.01$).

La expresión matemática de esta relación es:

$$Y = 145.2921 - 0.0355 X_1 - 4.0922 X_2$$

Ecuación (2)

donde:

Y = Kilogramos de azúcar por tonelada de caña.

X₁ = Precipitación (mm) en octubre.

X₂ = Amplitud de temperaturas (°C) en noviembre.

En la Figura 2 se compara el valor estimado por el modelo con los datos reales de kilogramos de azúcar por tonelada de caña para los años en estudio.

En cada una de las tres zonas de producción del Ingenio Taboga se efectuaron los análisis para buscar una relación entre precipitación y tonelaje de caña por hectárea. No se cuenta con datos de rendimiento de fábrica por zona.

Como ejemplo, se presentan los resultados obtenidos para la Zona 1. En el modelo donde se aplica el método de "stepwise" de regresión múltiple, entran, primero, la precipitación de noviembre y, después, la de febrero. La expresión matemática del modelo es:

$$Y = 49.89824 + 0.03815 X_1 - 0.13928 X_2$$

Ecuación (3)

donde:

Y = Toneladas de caña por hectárea para la Zona 1.

X₁ = Precipitación (mm) en noviembre.

X₂ = Precipitación (mm) en febrero.

El error estándar tiene un valor de 2.38; y el coeficiente de determinación (0.88), que indica el 88% de la variación en el tonelaje de caña por hectárea de la Zona

1, se puede explicar por la variación en precipitación de noviembre y febrero. El coeficiente de correlación múltiple tiene un valor de 0.94 ($P < 0.01$).

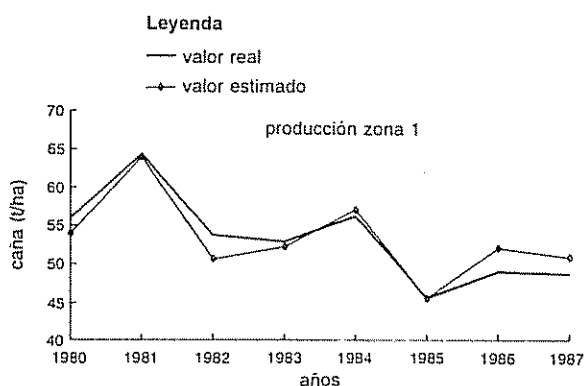


Fig. 3. Comparación del valor real de producción estimado con el valor real (Zona 1, Ingenio Faboga, C.R.).

En la Figura 3 se compara el valor estimado por el modelo y el tonelaje de caña por hectárea de la Zona 1.

CONCLUSION

Los resultados obtenidos demuestran que es factible, a nivel del ingenio azucarero (unidad de producción), mejorar la predicción de rendimientos en caña de azúcar mediante un método sencillo y bastante práctico. Además, el ajuste por zona resultó mucho mejor, ya que se reduce el error aleatorio de lo estimado. Esto se debe a que las condiciones por zona son más homogéneas, por ejemplo la influencia de diferentes tipos de suelos de la finca total del ingenio se reduce. Lo mismo se podría pensar para el efecto de variedades y algún otro factor no considerado en el proceso de aplicar el modelo.

LITERATURA CITADA

- CASTRO, V. 1985. Estudio climático de Costa Rica. San José, C.R., SEPSA, MIDEPLAN v. 5.
- DILLEWIJN, V. 1952. Botany of sugar cane. Mass, USA, Waltham. 371 p.
- FAUCONNIER, R.; BASSEREAU, D. 1975. La caña de azúcar. Barcelona, Blume 433 p.
- GOMEZ, F. 1975. Caña de azúcar. Caracas, Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 669 p.
- HAIG, P. 1977. Separating the effects of weather and management on crop production. Columbia, Mo., Charles F Kettering Foundation. St. 77(4):93.
- HUMBER, R. 1974. El cultivo de la caña de azúcar Méx., Compañía Editorial Continental. 719 p.
- MALAVOLTA, E. 1964. Cultura e adubao de caña de auca. Bra., Instituto Brasileiro de Potassa. 367 p.
- MARTINEZ, A. 1972. Diseño y análisis de experimentos con caña de azúcar. Méx., Colegio de Post-Graduados, Escuela Nacional de Agricultura. 203 p.
- ROJAS, O. 1985. Estudio agroclimático de Costa Rica. San José, C.R., IICA. Serie de Publicaciones Misceláneas no. 617. 178 p.
- SIVAKUMAR, M. 1988. Predicting rainy season potential from the onset of rains in southern Sahelian and Sudanian climatic zones of west Africa. Agricultural and Forest Meteorology 42:295-305.
- STEEL, R.; TORRIE, J. 1980. Principles and procedures of statistics: Biometrical approach. 2 ed. New York, Mc Graw-Hill. 633 p.
- THOMPSON, L.M. 1969. Weather and technology in the production of corn in the U.S. corn belt. Agron. J. 61:453-56.
- VARA, F.; ALCOLEA, F. 1979. Agrotecnia de la caña. Cuba, Oriente 227 p.
- WILLIAMS, G. 1979. Canadian prairie cereal crop production 1962-1977. In Crop Modeling Workshop. Proceedings U.S., Dept of Commerce NOAA, Environmental Data and Information Service.

Ecology and Behaviour of *Plutella xylostella*

IV. Fecundity with and without Host Plant¹

P. Salinas*

ABSTRACT

The adults of *Plutella xylostella* L. lay different numbers of eggs in the presence and absence of the host plant. Experiments were carried out in controlled environment rooms (20°C, 16 h light/day, 44% - 52% relative humidity). Specially developed, individual oviposition cages were used. The mated females in presence of the host plant lived a maximum of sixteen days, and in its absence 28 days. The females started to lay within 24 h; in the absence of the host plant, there was a pre-oviposition period of one day in a few females. The maximum number of eggs laid per female in one day was 56 in the absence and 86 in the presence of the host plant. The females laid until the day they died. The mean oviposition period was 11.3 d for females in the presence of the host plant, and 18.6 d in its absence. The mean and standard deviation of the number of eggs/female was 246.4 ± 29.9 in presence and 162.9 ± 11.2 in absence of the host plant.

INTRODUCTION

The diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae), is a very serious pest of cruciferous crops in all the countries where these vegetables are cultivated (2, 3, 5, 6). The economic importance of the species is highlighted in the presentations given in three recent international meetings convened to discuss its biology, ecology, damage and control: the First International Workshop on Diamondback Moth Management, Tainan, Taiwan, 1985; The International Workshop on Integrated Pest Management of Cabbage, El Zamorano, Honduras, 1988; and the Second International Workshop on the Management of Diamondback Moth and Other Crucifer Pests, Tainan, Taiwan, 1990.

¹ Received for publication 30 March 1989
Thanks go to Prof. T.R.E. Southwood for granting facilities at Imperial College Field Station; Prof. M.J. Way for his supervision, and criticism of the manuscript; and all those who collaborated in the elaboration of the present work. Financial support from the Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, the Universidad de Los Andes and the CDCH-ULA is gratefully acknowledged.

* Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes, Mérida, Ven.

COMPENDIO

Los adultos de *Plutella xylostella* (L.) ponen diferente número de huevos en la presencia o en la ausencia de la planta hospedadora. Se llevaron a cabo experimentos en cuartos de ambiente controlado (20°C, 16 horas luz por día, 44% - 52% de humedad relativa). Se usaron jaulas individuales de oviposición especialmente diseñadas para el estudio. Las hembras apareadas en presencia de la planta hospedadora vivieron un máximo de dieciséis días, y aquellas apareadas en su ausencia, un máximo de veintiocho días. Las hembras comenzaron a poner huevos en las primeras veinticuatro horas; aunque en la ausencia de la planta hospedadora hubo un período de pre-oviposición de un día en unas pocas hembras. El número máximo de huevos puestos por hembra en un día fue de 56 en ausencia de la planta hospedadora y de 86 en su presencia. Las hembras pusieron hasta el día en que murieron. El período medio de oviposición fue de 11.3 días por hembra en presencia de la planta hospedadora y de 18.6 días en ausencia de ésta. La media y la desviación estándar del número de huevos por hembra fue 246.4 ± 29.9 en presencia de la planta hospedadora y 162.9 ± 11.2 en su ausencia.

MATERIALS AND METHODS

Fecundity was studied under constant conditions described previously by Salinas (5) and summarized as follows: 20°C temperature, 16 h light/day from six 125-watt fluorescent tubes, and 44% - 52% relative humidity.

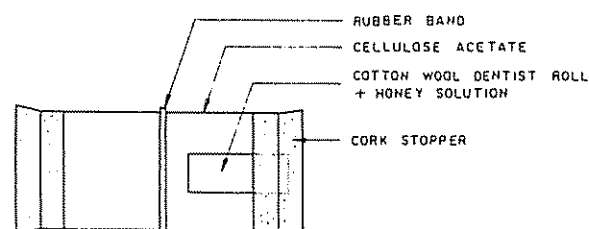


Fig. 1. Fecundity cage

Recently-emerged adults were paired in individual oviposition cages especially developed for the study. Each cage consisted of a piece of thin transparent

cellulose acetate (5 x 10 cm) rolled into a cylinder and held by a rubber band at the middle with two cork stoppers of 2.5 cm diameter at each end (Fig. 1). These cages have the advantages of being small and easy to store, unbreakable, and can be opened for the examination and collection of eggs, and cleaning. One of the cork stoppers had a hole in the center to hold half of a dental cotton wool roll impregnated with a honey solution. Inside the cage, a piece of leaf from a young cabbage leaf was introduced together with a pair of recently-emerged adults. Every day the adults were transferred to new cages, and the number of eggs laid was recorded.

RESULTS

The longevity was recorded in mated females only, and there was a great difference between those which were kept in the presence of the host plant (a piece of cabbage leaf inside the oviposition cage) and those kept in its absence. Those kept in the presence of the host plant lived for a maximum of 16 d and those kept without the host plant lived for 28 d (Fig. 2). This difference may be because the female, in the presence of the host plant, laid more eggs than in its absence and therefore deteriorated more quickly, having fulfilled her biological function.

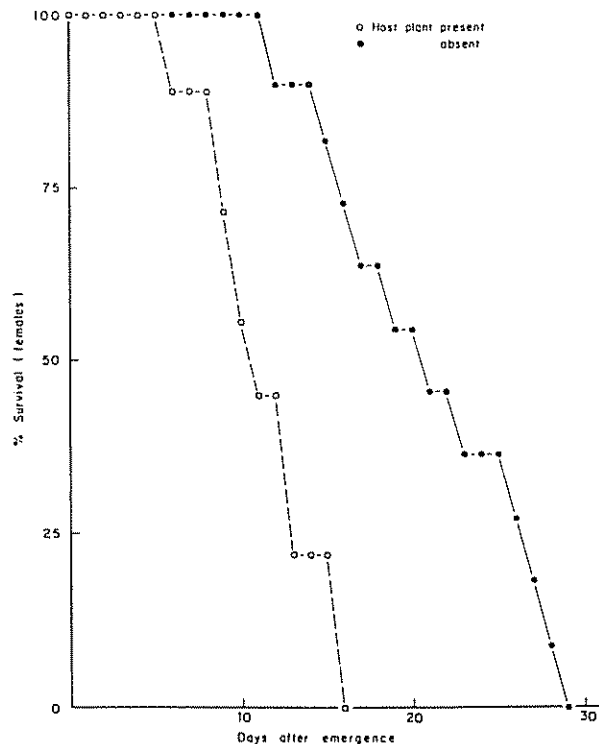


Fig. 2. Adult (females) longevity.

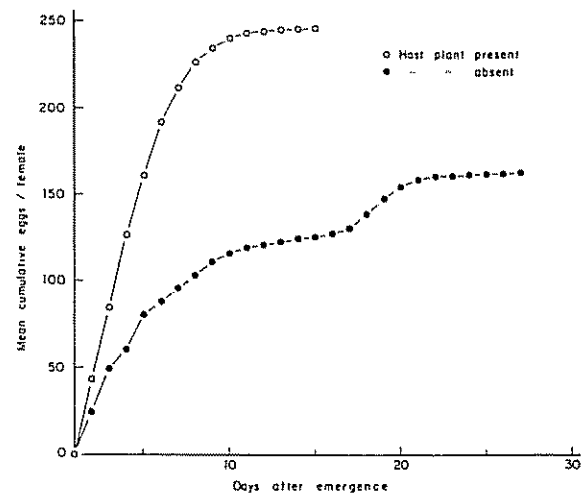


Fig. 3. Fecundity (mean cumulative number of eggs per female)

Fecundity was recorded in terms of eggs laid daily (Figs. 3 and 4). The adults were paired on the day of emergence and normally the females started to lay within 24 h, although, in the absence of the host plant,

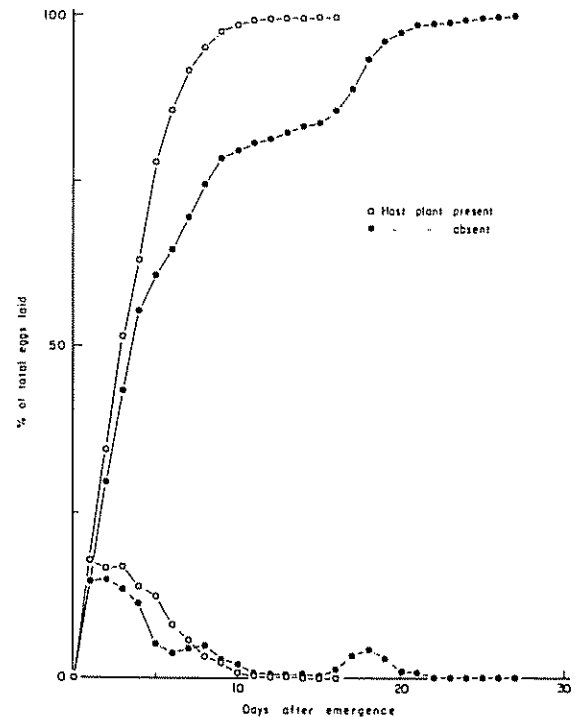


Fig. 4. Oviposition pattern (daily and cumulative).

Table 1. Longevity and fecundity.

	Number observed	Mean + (Range) Oviposition period	Mean Longevity (days)	Eggs/female (Mean ± S.E.)
Females in presence of host	8	11.3 (7-16)	11.4 (8-16)	246.4 ± 29.9
Females in absence of host	11	18.6 (5-27)	19.7 (11-27)	162.9 ± 11.2

there was a pre-oviposition period of one day in a few females. The maximum number of eggs laid by one female in any day was 56 in the absence and 86 in the presence of the host plant. The females generally laid until the day they died, although those kept in the absence of the host plant laid no eggs at all for up to 10 days and then began laying, sometimes more than they did prior to the resting period (Fig. 4). This is probably due to behavioral rejection by the female in the absence of the host plant, as later it was forced to oviposit as eggs accumulated inside.

The average number of eggs/female laid in the absence of host plant was 162.9, compared with 246.4 in the presence of the host plant (Table 1).

DISCUSSION

No significant pre-oviposition period was found, in contrast to the findings of Hyllier and Thorsteinson (1) who observed a mean pre-oviposition period of 4.2 days for mated females and 8.6 days for virgin ones. They also found that, of 67 freshly-emerged females, only nine contained eggs, and the rest had only immature cocytes in the ovaries. In the present study, virgin females were dissected within a few hours of emergence. All the ovaries were normally developed and contained mature eggs, immature eggs and cocytes. As it is difficult to differentiate the cocytes in the last section of the ovalioles, about 1 mm in length, they were not counted. The mean number of recognizable eggs contained in the four ovarioles of each ovary of newly emerged females were:

Right ovary: 123 eggs + cocytes
 Left ovary: 131 eggs + cocytes
 Total: 254 eggs + cocytes

LITERATURE CITED

- HYLLIER, 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.
- 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. 357 p.
- SALINAS, P.J. 1977. Studies on the ecology of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae): Description of instars and world distribution. *Acta Biologica Venezuelica* 9:271-282.
- 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.
- SALINAS, P.J. 1986. Studies on diamondback moth in Venezuela with reference to other Latin American countries: Diamondback moth management. In *International Workshop (1., 1985, Tainan, Taiwan)*. Proceedings. p. 17-24.
- SALINAS, P.J. 1988. The pests of cruciferous crops in Venezuela. In *International Workshop on Integrated Pest Management of Cabbage (Zamorano, Hond.)*. 10 p.

Factores Culturales y Ambientales sobre Asociaciones entre Componentes del Rendimiento y Rendimiento en Trigo¹

M.R. Simón*

ABSTRACT

Over three years, experiments were conducted on three wheat cultivars, four seeding rates and two fertility conditions. The purpose was to determine the relationships between morphological characters and yield components with grain yield/plant and grain yield/m². Single correlations were evaluated across cultivars, seeding rates and fertilizers and within seeding rates. Partial correlation and multiple regression analyses were also carried out. Spikelets/spike, grains/spike, and spikes/plant during the three years, and peduncle diameter, spike length and flag leaf area in two of the three years showed significant relationships with grain yield per plant, across the different sources of variation. Spikes/plant showed the most important coefficients. Grain yield/m² showed significant relationship with spikes /m² during the three years and with grain yield/plant, kernel weight, peduncle diameter, flag leaf area and spike length in two of the three years. Spikes/m² presented the most important coefficients. Significant correlations were found between spikes/plant and spikes/m² with grain yield/plant and between grain yield/plant, spikes/plant and spikes/m² with grain yield/m² within each seeding rate. These correlations were more important for the lowest seeding rates. Multiple regression analysis determined that about 80% of the variation in grain yield/m² was accounted for by grains/spike, kernel weight and spikes/m²; the latter was the most important component. Furthermore, about 90% of the variation in grain yield/plant was accounted for by grains/spike, kernel weight and spikes/plant, with the latter being the most important. Morphological characters were of little importance. Similar associations were found within each seeding rate.

COMPENDIO

Para determinar las relaciones entre caracteres morfológicos y componentes del rendimiento con el rendimiento por planta y por metro cuadrado, se realizaron experimentos con tres cultivares, en cuatro densidades de siembra y en dos condiciones de fertilidad durante tres años. Se evaluaron correlaciones simples a través de cultivares, densidades y tratamientos de fertilización, y dentro de cada densidad; además, de un análisis de correlaciones parciales y de regresión múltiple. Se determinó que el número de espiguillas y de granos por espiga, y de espigas por planta, en tres años, y la longitud de espiga, diámetro del pedúnculo y superficie de la hoja-bandera, en dos años, presentaron correlaciones significativas con el rendimiento por planta, a través de las diferentes fuentes de variación. Las asociaciones de mayor magnitud correspondieron al número de espigas por planta. El rendimiento por metro cuadrado tuvo correlación con el número de espigas por metro cuadrado en tres años, y con el rendimiento por planta, peso de mil granos, diámetro del pedúnculo, superficie de la hoja-bandera y longitud de espiga, durante dos años. Las asociaciones de mayor magnitud correspondieron al número de espigas por metro cuadrado. Dentro de cada densidad, las mayores correlaciones se produjeron entre espigas por planta y espigas por metro cuadrado con el rendimiento por planta, y entre el rendimiento por planta, espigas por planta y espigas por metro cuadrado con el rendimiento por metro cuadrado. Estas correlaciones fueron más importantes para las densidades más bajas. El análisis de regresión múltiple indicó que más del 80% de la variación del rendimiento por metro cuadrado se debió al número de granos por espiga, peso de mil granos y número de espigas por metro cuadrado, siendo este último componente el más importante. Y, más del 90% de la variación del rendimiento por planta, al número de granos por espiga, peso de mil granos y número de espigas por planta, siendo este último componente el más importante. Los caracteres morfológicos fueron no significativos en la mayoría de los casos. Dentro de cada densidad, el comportamiento de los componentes fue similar a lo sucedido en todas las variables.

INTRODUCCION

La selección directa por rendimiento en grano parece no ser el método más eficiente para aumentarlo en el caso del trigo (*Triticum aestivum* L.). De ahí la importancia de determinar las asociaciones entre caracteres morfológicos y componentes del rendimiento con el rendimiento, para ser utilizados como criterios de selección.

Durante los últimos años se han realizado varios trabajos, mediante los cuales se ha intentado establecer correlaciones entre dichos caracteres y el rendimiento; sin embargo, sus resultados no han coincidido. Con

¹ Recibido para publicación el 10 de mayo de 1989. Los autores agradecen la colaboración del señor José Morinigo en el análisis estadístico; al Criadero José Buck S.A., por el suministro de semilla para los experimentos; y a la Cátedra de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional de la Plata, por el uso del integrador de área foliar. Este trabajo fue subvencionado por la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), provincia de Buenos Aires, Arg.; y por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), Arg.

* Cátedra de Cerealicultura, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Plata, Arg.

base en estas disidencias, se presupone que diversas variables, tales como los factores culturales, ambientales y genéticos, influyen en estas relaciones.

Por otra parte, esas diferencias en los resultados pueden deberse a que las correlaciones se han realizado, en algunos casos, con el rendimiento por macollo, en otros con el rendimiento por planta, y en otros con el rendimiento por unidad de superficie (3).

La densidad de siembra parece ser uno de los factores que puede influir en estas relaciones. A pesar de que se han utilizado distintas distancias de siembra, son pocos los investigadores que han tratado de evaluar su influencia utilizando diferentes densidades en un mismo trabajo.

Respecto de los caracteres morfológicos, Briggs y Aytensu (2) utilizaron varias densidades y fechas de siembra en un año de ensayos, y determinaron que, a través de diferentes genótipos, la longitud del pedúnculo estuvo correlacionada negativamente con el rendimiento por parcela, en tanto que el rendimiento por planta y el número de granos por espiga tuvieron una correlación positiva. Consideraron las densidades por separado y evaluaron las correlaciones simples entre caracteres morfológicos con el rendimiento. Señalan que, entre las asociaciones con el rendimiento por parcela, la longitud del pedúnculo estuvo correlacionada negativamente, en tanto que, entre las correlaciones con el rendimiento por planta, la longitud de espiga, la superficie de la hoja-bandera y la longitud del pedúnculo (negativamente) fueron las más consistentes. Señalaron, además, que las mayores correlaciones correspondieron a las fechas de siembra más tempranas y a densidades que variaron entre 100 y 170 plantas/m² contadas al estado de dos o tres hojas.

Ledent (3) trabajó con una sola densidad durante cuatro años, determinando frecuentes asociaciones entre ciertos caracteres morfológicos y el rendimiento por macollo, pero no con el rendimiento por metro cuadrado. Encontró correlaciones simples entre el ancho de la segunda hoja y de la hoja-bandera, la longitud y el peso de la vaina de la hoja-bandera, el peso de la segunda y tercera hoja y de la vaina de la hoja-bandera con el rendimiento por macollo. Determinó, además, que en el análisis de regresión múltiple, el rendimiento por macollo y el número de macollos por metro cuadrado fijaron aproximadamente el 44% de la variación del rendimiento por metro cuadrado, y que el número de granos por espiguilla, número de espiguillas por espiga y peso de mil granos determinaron entre el 96% y 99% de la variación en el rendimiento por macollo.

Regresiones en el rendimiento y componentes del rendimiento, como variables dependientes, y caracteres morfológicos, como variables independientes, es-

tablecieron que ni la duración de la superficie de las hojas ni el peso de las hojas estuvieron asociados significativamente con el rendimiento por macollo ni con el rendimiento por metro cuadrado. El autor mencionado encontró asociaciones significativas entre la superficie de la tercera hoja con el rendimiento por macollo y espiguillas por espiga, pero no con el rendimiento por metro cuadrado o con los otros componentes de la ecuación, incluyendo la superficie de las tres láminas superiores como variable independiente.

Monyo y Whittington (4) hallaron correlaciones significativas entre la superficie de la hoja-bandera por macollo y el rendimiento por macollo.

Simpson (7) asoció el rendimiento por planta con el incremento de la superficie de la hoja-bandera, superficie de la vaina, área fotosintética total y macollaje.

Walton (8) utilizó plantas provenientes de cruzamientos, espaciadas a 15 cm x 30 cm, señalando una correlación positiva entre la longitud de extrusión (longitud del pedúnculo) y el rendimiento por planta.

En cuanto a las relaciones entre componentes del rendimiento y el rendimiento por planta, algunos investigadores han señalado que el peso de mil granos establece el rendimiento por planta (6) o el rendimiento por macollo (3, 5). Otros han propuesto que el número de espigas por planta es el determinante del rendimiento por planta (6). También se ha asociado al número de granos por espiga con el rendimiento por macollo (1, 3), y al rendimiento por planta con el rendimiento por metro cuadrado (2).

Este trabajo presupone que factores culturales, tales como la densidad de siembra y el ambiente, pueden influir sobre las asociaciones mencionadas y que éstas varían según el rendimiento por planta o por metro cuadrado.

Con base en lo anterior, el objetivo de esta investigación es determinar las correlaciones existentes entre caracteres morfológicos y componentes del rendimiento con el rendimiento por planta y el rendimiento por unidad de superficie, a través de un rango amplio de condiciones de cultivo; y definir su comportamiento dentro de diferentes densidades de siembra, en distintos años.

MATERIALES Y METODOS

Durante tres años (1984, 1985 y 1986), se realizaron ensayos factoriales en la Estación Experimental Julio Hirschhorn (Los Hornos, La Plata, Argentina). En ellos se utilizaron cuatro densidades de siembra (100, 180, 260 y 340 plantas/m²), tres variedades ("La Paz INTA",

"Victoria INTA" y "Buck Patacón") y dos condiciones de fertilidad (con y sin fertilizantes), con tres repeticiones.

Las parcelas midieron 4 m² (cuatro surcos de 5 m de largo, distanciados a 20 cm).

Las siembras se realizaron en la primera quincena de julio durante los tres años.

Los tratamientos de fertilización se efectuaron con 50 kg de N por hectárea y 50 kg de P por hectárea, como urea y fosfato diamónico, a la siembra y 50 kg de N como urea en espigazón, en las parcelas correspondientes.

Las precipitaciones totales durante el ciclo del cultivo fueron de 610 mm, 615 mm y 562 mm para los tres años de cultivo, respectivamente. En los dos primeros años los lotes tuvieron buena fertilidad, pero en el tercero el lote fue de menor fertilidad.

Los caracteres evaluados fueron diámetro y longitud del pedúnculo, longitud de espiga, número de espiguillas por espiga, número de granos por espiga, peso de mil granos, superficie de la hoja-bandera, número de espigas por planta, número de espigas por metro cuadrado, rendimientos por planta y rendimiento por metro cuadrado.

En el estado de tres hojas se recontaron las plantas obtenidas en los dos surcos centrales de cada parcela.

El número de espiguillas por espiga, el número de granos por espiga y el peso de mil granos se evaluaron sobre el promedio de 30 macollas por parcela.

La superficie de la hoja bandera se midió con un integrador de área foliar.

El número de espigas por metro cuadrado se calculó al contar el número total de espigas en tres fracciones de un metro de longitud, en los dos surcos centrales de cada parcela.

El número de espigas por planta se obtuvo al dividir el número de espigas por metro cuadrado entre el número de plantas contadas por metro cuadrado.

El rendimiento por metro cuadrado se calculó al cosechar, trillar y pesar las dos hileras centrales de cada parcela, eliminando 25 cm de cabeceras. De esta manera la superficie cosechada fue de 1.80 metros cuadrados.

Para obtener el rendimiento por planta se dividió el rendimiento por metro cuadrado entre la cantidad de plantas contadas al estado de tres hojas.

Se calcularon las correlaciones simples entre los caracteres estudiados, a través de todas las condiciones de cultivo (variedad, densidad y fertilización), para evaluar los cambios que las grandes variaciones de los caracteres pudieran producir en ellas.

Se consideraron 72 valores en cada variable, provenientes de las cuatro densidades por tres cultivares por dos tratamientos de fertilización por tres bloques.

También se establecieron las correlaciones dentro de cada densidad, a través de genótipos y fertilización, para evaluar las variaciones que el factor densidad pudiera ocasionar en ellas. En este caso, se consideraron 18 valores de cada variable, provenientes de tres cultivares por dos tratamientos de fertilización por tres bloques.

Se efectuó un análisis de correlaciones parciales y uno de regresión múltiple, a través de todas las condiciones de cultivo y dentro de cada densidad, tomando el rendimiento por planta o el rendimiento por metro cuadrado como variables dependientes, e incluyendo en las variables independientes aquellas que no presentaron fenómenos de multicolinealidad.

Además, los datos fueron evaluados mediante el cálculo de un factorial de 3 x 4 x 2 factores para observar la variación de los caracteres, y la variable densidad fue analizada por regresión. El análisis de estos datos se realiza en otro trabajo; en el presente se dan sólo los promedios, que permiten apreciar los rangos de valores de los distintos caracteres.

RESULTADOS

Las correlaciones simples generales de algunos caracteres (número de espiguillas por espiga, número de granos por espiga, número de espigas por planta) a través de las diferentes densidades, variedades y tratamiento de fertilización fueron más consistentes con rendimientos por planta que con el rendimiento por metro cuadrado, siendo a la inversa para el número de espigas por metro cuadrado y peso de mil granos (Cuadro 1).

Las asociaciones más consistentes con rendimiento por metro cuadrado se presentaron con el carácter número de espigas por metro cuadrado en los tres años y con rendimiento por planta, peso de mil granos, diámetro del pedúnculo, longitud de espiga, superficie de la hoja-bandera en dos de los tres años. La escasa asociación que presentó la longitud del pedúnculo, en un solo año, fue negativa.

Con el rendimiento por planta, hubo relaciones consistentes con el número de espiguillas por espiga,

Cuadro 1. Correlaciones generales entre las variables y el rendimiento.

	Rendimiento/planta			Rendimiento (m ²)		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986
Diámetro del pedúnculo	0.46**	0.32**	0.20	0.24**	0.30**	0.02
Longitud de espiga	0.41**	0.44**	0.20	0.35**	0.32**	0.01
Número de espiguillas/espiga	0.62**	0.35**	0.32**	0.33**	0.08	-0.18
Número de granos/espiga	0.60**	0.20*	0.42**	0.20	-0.01	-0.14
Peso de mil granos	0.23*	0.07	-0.01	0.28*	0.25*	0.19
Superficie de hoja-bandera	0.29*	0.31**	0.11	0.23*	0.06	0.28*
Longitud del pedúnculo	0.08	-0.20	0.03	-0.14	-0.28*	0.20
Espigas/planta	0.85**	0.89**	0.92**	0.38**	0.22	0.05
Espigas/m ²	0.04	0.16	-0.14	0.84**	0.77**	0.81**
Rendimiento/planta				0.56**	0.44**	0.20

* significativo P<0.05

** significativo P<0.01

número de granos por espiga y espigas por planta en los tres años, y con diámetro del pedúnculo, longitud de espiga y superficie de la hoja-bandera, en dos de los tres años. En los casos en que se manifestaron correlaciones en dos de los tres años, generalmente el tercer año (1986) no presentó asociaciones.

Considerando cada densidad separadamente (Cuadro 2), las únicas relaciones consistentes se dieron entre espigas por planta y espigas por metro cuadrado con el rendimiento por planta y entre espigas por planta, espigas por metro cuadrado y rendimiento por planta con el rendimiento por metro cuadrado y fueron ligeramente más consistentes en las densidades más bajas (100-180 plantas/m²), que en las más altas (260-340 plantas/m²). Los caracteres restantes indicaron algunas asociaciones que resultaron inconsistentes, ya que sólo

se manifestaron en alguno de los años o densidades. Las escasas asociaciones manifestadas por la longitud del pedúnculo también fueron negativas.

Mediante el análisis de correlaciones parciales, a través de todas las condiciones de cultivo, se identificaron asociaciones consistentes entre el número de granos por espiga y peso de mil granos con el rendimiento por planta y rendimiento por planta y rendimiento por metro cuadrado, muchas de las cuales no se habían manifestado en las correlaciones simples, como así también la pérdida de asociaciones con los caracteres morfológicos (Cuadro 3).

El análisis de regresión múltiple, a través de todas las condiciones de cultivo (variedad, densidad, fertilización), determinó que en todos los años el

número de espigas por metro cuadrado por granos espiga y el peso de mil granos explicaron más del 80% de la variación en el rendimiento por metro cuadrado, siendo sus tres coeficientes altamente significativos (Cuadro 4). La contribución realizada por el número de espigas por metro cuadrado fue la más importante en los tres años, en tanto que el número de granos siguió en importancia en dos de los años y el peso de mil granos en el otro.

Los caracteres morfológicos considerados en la regresión múltiple diámetro del pedúnculo, longitud de espiga y superficie de hoja presentaron multicolinealidad: asociaciones entre ellos. En ningún caso

lograron explicar más del 13% de la variación en el rendimiento por metro cuadrado (datos no presentados), y generalmente no tuvieron significancia.

Respecto de la variación en el rendimiento por planta, el número de espigas por planta, el peso de mil granos y el número de granos por espiga explicaron más del 90% de ella, siendo el número de espigas por planta el más importante (Cuadro 4).

Los caracteres morfológicos, también denotaron multicolinealidad entre sí. No obstante, en ningún caso explicaron más del 27% de la variación del rendimiento por planta y en la mayoría casos no presentaron significancia (datos no presentados).

Cuadro 2. Correlaciones simples entre los caracteres y el rendimiento dentro de cada densidad a través de variedades y fertilización.

	Densidad 100 pl/m ²						Densidad 180 pl/m ²					
	Rendimiento/planta			Rendimiento (m ²)			Rendimiento/pl.			Rendimiento/m ²		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986
Diámetro del pedúnculo		0.50*			0.50*							
Longitud de espiga		0.47*			0.47*			0.62*			0.62**	
Número de espiguillas/espiga												
Número de granos/espiga												
Peso de mil granos							0.47*		0.52*	0.47*		0.47*
Superficie de hoja-bandera		0.52*		0.68**	0.52*							0.49*
Longitud el pedúnculo		-0.57*			-0.47*				-0.52*			-0.52*
Espigas/planta	0.78**	0.90**	0.70**	0.78**	0.67**	0.66**	0.74**	0.77**	0.89**	0.74**	0.78**	0.88**
Espiga/m ²	0.78**	0.61**	0.50*	0.70**	0.90**	0.76**	0.74**	0.78**	0.77**	0.74**	0.78**	0.87**
Rendimiento/planta				0.90**	0.87**	0.83**				0.90**	0.90**	0.89**

* Significativo P < 0.05

** Significativo P < 0.01

Continuación Cuadro 2.

	Densidad 260 pl/m ²						Densidad 340 pl/m ²					
	Rendimiento/planta			Rendimiento (m ²)			Rendimiento/pl.			Rendimiento/m ²		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986
Diámetro del pedúnculo												
Longitud de espiga	0.54*											
Número de espiguillas/espiga	0.64**			0.57*								
Número de granos/espiga								0.50*			0.50*	
Peso de mil granos							0.51*			0.52*		
Superficie de hoja-bandera												0.49*
Longitud del pedúnculo								-0.67**				-0.69**
Espigas/planta	0.69**	0.65**	0.69**	0.59**		0.64**	0.58*		0.30*	0.58*		0.57*
Espigas/m ²	0.68**	0.64**	0.84**	0.59**	0.65**	0.89**	0.62**	0.57*		0.62**	0.58*	0.62**
Rendimiento/planta				0.86**	0.90**	0.86**				0.90**	0.90**	0.55*

* Significativo P < 0.05

** Significativo P < 0.01

Cuadro 3. Matriz de correlaciones parciales significativas entre los caracteres.

	2			3			4			5			6		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986
1					0.32**							-0.34**	0.30**	0.38**	0.38**
2				0.57**		0.34**			0.36**				0.31**		
3							0.35**	0.32**	0.44**						-0.24*
4										-0.69**	-0.74**	-0.33**			-0.32**
5															
6															
7															
8															
9															
10															

(Cont. Cuadro 3.)

	7			8			9			10			11		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986
1															
2	-0.63**	-0.64**	-0.24**												
3			-0.29*												
4		0.31**		-0.26*			-0.67**	-0.57**	-0.34**	0.31**			0.66**	0.58**	0.23*
5		0.26*		-0.31**	-0.26*		-0.72**	-0.47**	-0.37**	0.33**	0.24*	0.26*	0.76**	0.52**	0.43**
6			0.29*												
7															
8							0.52**	0.44**		0.97**	0.99**	0.96**		-0.51**	-0.47**
9											-0.52**	-0.50**	0.97**	0.98**	0.92**
10														0.52**	0.53**

Referencias

- | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Diámetro de pedúnculo | 7. Longitud del pedúnculo |
| 2. Longitud de espiga | 8. Número de espigas/planta |
| 3. Número de espiguillas/espiga | 9. Número de espigas/m ² |
| 4. Número de granos/espiga | 10. Rendimiento/planta |
| 5. Peso de mil granos | 11. Rendimiento/m ² |
| 6. Superficie de hoja-bandera | |

* Significativo P < 0.05

** Significativo P < 0.01

En relación con las cuatro densidades de siembra, el número de espigas por metro cuadrado, el número de granos por espiga y peso de mil granos determinaron más del 80% de la variación del rendimiento por metro cuadrado, siendo el número de espigas por metro cuadrado el más importante. El rendimiento por planta estuvo determinado en más de un 80% por espigas por planta, número de granos por espiga y peso de mil granos, siendo el primero de los componentes el más importante (datos no presentados).

En pocos casos los caracteres morfológicos manifestaron significancia.

Si bien hubo diferencias entre los distintos años con respecto a la magnitud de algunas asociaciones, los datos demostraron una tendencia general bastante similar.

DISCUSION

La gran incidencia del número de espigas por metro cuadrado en el rendimiento por metro cuadrado puede explicar el que las correlaciones simples generales hayan sido más consistentes con el rendimiento por

planta que con el rendimiento por metro cuadrado, para caracteres tales como número de espiguillas por espiga, número de granos por espiga y espigas por planta. Los caracteres mencionados tuvieron una asociación negativa con el número de espigas por metro cuadrado en forma directa o a través de su asociación positiva con otras variables, que, a su vez, tuvieron relaciones negativas con el número de espigas por metro cuadrado, como se desprende de las correlaciones parciales (Cuadro 3).

Resultados similares fueron encontrados por Ledent (3), quien trabajó con una sola densidad y fertilidad del suelo, pero a través de numerosos cultivares, determinó que las correlaciones con rendimiento por macollo fueron más consistentes que con el rendimiento por metro cuadrado. En dicho trabajo estos resultados fueron explicados por la asociación negativa entre el rendimiento por macollo y el número de espigas por metro cuadrado, aun cuando este último no determinó el rendimiento por metro cuadrado.

En lo referente a las correlaciones simples con el rendimiento por metro cuadrado, la asociación positiva entre el número de espigas por metro cuadrado y el rendimiento por metro cuadrado no coincide con lo

Cuadro 4. Regresiones múltiples.

Variable dependiente: rendimiento/planta

Variable independientes: granos/espiga, peso de mil granos, espigas/planta

Variable independiente	1984		1985		1986	
	Coefficiente regresión parcial (error estándar)	Valor de T	Coefficiente regresión parcial (error estándar)	Valor de T	Coefficiente regresión parcial (error estándar)	Valor de T
Granos/espiga	0.11 (0.01)	10.42**	0.05 (0.004)	10.76**	0.02 (0.01)	3.63**
Peso de mil granos	0.15 (0.01)	12.02**	0.07 (0.01)	8.11**	0.04 (0.01)	7.11**
Espigas/planta	0.87 (0.03)	33.62**	0.91 (0.02)	45.96**	0.95 (0.04)	22.58**
R = 0.99**			R = 0.97**		R = 0.91**	

** significativo P < 0.01

Variable dependiente: rendimiento/m²Variable independientes: granos/espiga, peso de mil granos, rendimiento/m²

Variable independiente	1984		1985		1986	
	Coefficiente regresión parcial (error estándar)	Valor de T	Coefficiente regresión parcial (error estándar)	Valor de T	Coefficiente regresión parcial (error estándar)	Valor de T
Granos/espiga	8.34 (0.46)	17.96**	8.12 (0.58)	13.88**	4.34 (0.81)	5.34**
Peso de mil granos	11.99 (0.85)	14.13**	10.33 (1.06)	9.73**	5.98 (0.76)	7.89**
Espigas/m ²	0.76 (0.02)	39.40**	0.89 (0.03)	33.31**	0.84 (0.05)	17.57**
R = 0.96**			R = 0.95**		R = 0.83**	

** significativo P < 0.01

señalado por Ledent (3), quien no encontró correlaciones significativas. Una explicación podría ser la diferencia en los niveles de rendimiento entre estos ensayos y los del mencionado investigador. En tanto que Ledent trabaja con niveles de rendimiento de 6 t a 8 t y con un promedio de número de espigas de 653, en este estudio los promedios de rendimiento son inferiores a 3 t y el promedio del número de espigas por metro cuadrado es de 370, 311 y 258 para los tres años de ensayo. Asimismo, el número de espigas por metro cuadrado, en estos niveles de rendimiento, resultó ser

un carácter sumamente variable con las distintas variedades, densidades y fertilización, y produjo, por un efecto de compensación entre componentes, una reducción en el número de granos por espiga y otros caracteres.

Las asociaciones, bastante consistentes, entre el rendimiento por planta y el rendimiento por metro cuadrado, coinciden con lo señalado por Briggs y Aytenfisu (2), aunque, en este caso, se trataba de correlaciones a través de genótipos y no a través de

Cuadro 5. Efectos de las variedades, densidades y fertilización sobre los componentes del rendimiento, caracteres morfológicos y rendimiento en trigo.

	Diámetro del pedúnculo (mm)			Longitud de espiga (cm)			Número de espiguillas/espiga			Número de granos/espiga		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986
Variedades												
Victoria INTA	1.96	1.95	2.25	8.80	8.87	8.89	16.06	16.07	15.70	29.93	38.24	34.75
La Paz INTA	2.02	1.95	2.01	7.42	7.72	7.09	14.72	15.68	15.48	29.48	35.88	33.00
Buck Patacón	2.21	2.19	2.30	8.84	8.85	8.37	16.09	16.25	18.77	35.78	35.38	37.38
Densidades												
100 pl/m ²	2.17	2.08	2.24	8.76	8.77	8.80	16.69	16.40	17.61	33.10	37.82	38.05
180 pl/m ²	2.10	2.03	2.23	8.34	8.59	8.43	15.64	16.16	16.93	32.52	37.25	35.74
260 pl/m ²	1.97	2.03	2.14	8.24	8.37	8.35	15.40	15.84	16.36	31.09	37.46	34.20
340 pl/m ²	2.01	1.97	2.15	8.06	8.18	8.22	14.75	15.59	15.68	30.20	33.47	32.19
Fertilización												
con fertilizante	2.05	2.03	2.20	8.41	8.46	8.52	15.44	16.06	16.67	32.02	35.70	35.06
sin fertilizante	2.08	2.03	2.18	8.29	8.50	8.38	15.81	15.94	16.62	31.45	37.30	35.03
Promedio general	2.06	2.03	2.20	8.35	8.48	8.45	15.62	16.00	16.65	32.17	36.50	35.04

(Cont. Cuadro 5.)

	Peso de mil granos (g)			Superficie de hoja-bandera (cm ²)			Longitud del pedúnculo (cm)			Espigas/planta		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986
Variedades												
Victoria INTA	25.00	25.29	24.92	29.93	27.31	26.20	13.26	17.92	13.49	2.44	2.14	1.93
La Paz INTA	25.93	25.58	31.56	29.48	27.99	20.45	18.75	22.24	13.71	2.45	1.78	1.59
Buck Patacón	24.51	25.09	23.04	35.78	32.83	24.48	15.28	17.85	12.04	3.15	2.56	1.88
Densidades												
100 pl/m ²	25.63	24.46	25.26	33.10	29.59	23.83	16.28	19.36	12.92	4.49	3.44	2.79
180 pl/m ²	25.91	26.51	26.38	32.52	30.21	24.58	16.47	19.59	12.78	2.72	2.21	1.81
260 pl/m ²	24.58	24.49	27.51	31.09	29.15	22.49	15.49	19.54	13.38	1.95	1.54	1.36
340 pl/m ²	24.47	25.83	26.89	30.20	28.54	23.93	14.81	18.86	13.65	1.55	1.46	1.23
Fertilización												
con fertilizante	25.60	24.94	26.89	32.02	30.93	24.26	15.24	19.29	13.13	2.65	2.23	2.02
sin fertilizante	24.70	25.70	26.13	31.45	27.81	23.15	16.29	19.39	13.04	2.71	2.10	1.58
Promedio general	25.15	25.32	26.51	31.73	29.37	23.71	15.76	19.34	13.07	2.68	2.16	1.80

(Cont. Cuadro 5.)

	Espiga/m ²			Rendimiento/planta			Rendimiento/m ²		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986
Variedades									
Victoria INTA	331	306	281	2.15	2.11	1.71	2.828	2.975	2.413
La Paz INTA	342	268	228	2.12	1.63	1.64	2.780	2.575	2.252
Buck Patacón	438	359	266	2.54	2.34	1.63	3.330	3.172	2.241
Densidades									
100 pl/m ²	337	258	209	4.26	3.16	2.64	3.192	2.460	1.979
180 pl/m ²	367	299	244	2.25	2.16	1.70	3.032	2.918	2.293
260 pl/m ²	381	300	265	1.48	1.44	1.32	2.883	2.797	2.419
340 pl/m ²	394	387	315	1.10	1.36	0.99	2.816	3.454	2.516
Fertilización									
con fertilizante	368	319	289	2.29	1.97	1.89	2.985	2.851	2.585
sin fertilizante	372	303	227	2.25	2.08	1.43	2.976	2.963	2.019
Promedio general	370	311	258	2.27	2.03	1.66	2.981	2.907	2.301

genótipos, densidades y fertilización, como en este trabajo. También hay coincidencia en cuanto a la asociación negativa entre la longitud del pedúnculo y el rendimiento por metro cuadrado, aunque sólo se presentó en dos de los tres años y manifestó significancia sólo en uno. En cambio, la asociación positiva entre el número de granos por espiga y el rendimiento por metro cuadrado, encontrada por estos investigadores, no coincide con los resultados de este trabajo. Esto puede explicarse por el hecho, ya señalado, de que hubo fuertes variaciones en el número de espigas por metro cuadrado, muy importante en la determinación del rendimiento por metro cuadrado y que produjo reducciones en el número de granos por espiga las correlaciones parciales son asociaciones negativas entre el número de espigas por metro cuadrado y el de granos por espiga. El peso de mil granos, en cambio, presentó altas correlaciones parciales con el rendimiento por metro cuadrado, y pese a sus correlaciones parciales negativas con espigas por metro cuadrado y granos por espiga, denotó algunas asociaciones simples con el rendimiento por metro cuadrado.

En cuanto a las asociaciones con el rendimiento por planta, las correlaciones positivas con el número de espigas por planta, coinciden con lo señalado por otros autores (6), como también la asociación del número de granos por espiga, encontrada por diversos investigadores con el rendimiento por macollo (1, 3) o con el rendimiento por planta (2).

Asimismo, las asociaciones con la superficie de la hoja-bandera concuerdan con lo indicado por otros investigadores (2, 3, 4, 7), quienes consideraron, en algunos casos, el rendimiento por planta y en otros el rendimiento por macollo.

Las escasas asociaciones negativas, no significativas, de la longitud del pedúnculo coinciden en cierta forma con lo señalado por Briggs y Aytensu (2), quienes señalaron relaciones de este tipo, pero más consistentes. En cambio, Walton (8) había indicado relaciones positivas, pero trabajando con plantas distanciadas a 15 cm x 30 centímetros.

Dentro de una densidad homogénea de plantas, el genótipo y la fertilización produjeron, nuevamente, fuertes variaciones en el número de espigas por planta, espigas por metro cuadrado y rendimiento por planta, cuyo incremento produjo una reducción en otros componentes. Esto hizo que sólo los tres caracteres señalados determinaran el rendimiento por metro cuadrado.

El hecho de que las correlaciones simples hayan sido ligeramente más consistentes en las densidades más bajas, coincide con lo señalado por Ledent (3). Cuando se tomaron en cuenta las regresiones múltiples, se observó que los caracteres morfológicos que habían presentado correlaciones simples, tanto con rendimientos por planta como con rendimiento por metro

cuadrado en algunos de los años, no presentan en la mayoría coeficientes significativos de determinación en las regresiones múltiples. En cambio el número de granos por espiga y peso de mil granos explican parte de la variación de ambos rendimientos. La presencia de correlaciones simples en los caracteres morfológicos, que desaparecen al realizar el análisis de regresión múltiple, puede atribuirse a que denotan asociaciones con otros caracteres que determinan el rendimiento por planta o el rendimiento por metro cuadrado. Un análisis de correlaciones parciales entre todos los caracteres confirma este hecho, ya que al mantenerse constante el resto de las variables no hay asociaciones de caracteres morfológicos con el rendimiento.

En cambio, el número de granos por espiga, que no había presentado correlaciones simples con el rendimiento por metro cuadrado, y el peso de mil granos, que no había indicado correlaciones simples consistentes con el rendimiento por planta, intervinieron en forma significativa en las regresiones múltiples sobre ambos rendimientos, lo cual implica que la falta de asociaciones simples se debía a su correlación negativa con otras variables que determinan el rendimiento por planta y rendimiento por metro cuadrado. Este hecho también se confirma con el análisis de correlación parcial (Cuadro 3), donde ambos componentes presentan asociaciones significativas en todos los años con el rendimiento por metro cuadrado, y el peso de mil granos presenta asociaciones positivas, en todos los años, con el rendimiento por planta. Ledent (3) señala resultados similares en el análisis de regresión múltiple, excepto que indica asociaciones entre algunos caracteres morfológicos y el rendimiento por macollo o componentes del rendimiento. Tales caracteres fueron: superficie de la vaina y de la tercera hoja, que en este caso no han sido evaluados.

CONCLUSIONES

Las conclusiones que se extraen de este trabajo son las siguientes:

- Hay diferencias en las correlaciones simples en favor de rendimiento por planta. Estas diferencias desaparecen al considerar las correlaciones parciales y regresión múltiple, lo que indica que se deben a la intervención de otras variables.
- Lo similar ocurre al considerar las distintas densidades, ya que las más bajas presentan correlaciones simples más importantes, no siendo así en las parciales y en la regresión múltiple.

- Los análisis de correlaciones simples, parciales y regresión múltiple, a través de todas las condiciones de cultivo, permiten establecer que el número de espigas por planta es el principal determinante del rendimiento por planta, y que el número de espigas por metro cuadrado lo es del rendimiento por metro cuadrado.
- El peso de mil granos es un carácter importante en la determinación del rendimiento por metro cuadrado, ya que presenta significancia en la regresión múltiple y manifiesta correlaciones parciales y simples, pese a evidenciar asociaciones negativas con otras variables.
- El número de granos por espiga tiene incidencia en el rendimiento por metro cuadrado, a través de su asociación directa con éste, pero pierde importancia en las correlaciones simples por sus asociaciones negativas con otras variables.
- En la determinación del rendimiento por planta, el número de granos por espiga es, en cambio, indirectamente, más importante que el peso de mil granos, ya que este último manifiesta asociaciones negativas con otros caracteres.
- Los caracteres morfológicos sólo presentan asociación con el rendimiento por planta y el rendimiento por metro cuadrado, a través de su asociación con otros caracteres.
- En densidades uniformes, las asociaciones son similares a lo descrito, excepto que se pierden correlaciones simples entre el número de granos por espiga y el peso de mil granos con el rendimiento por planta y rendimiento por metro cuadrado, respectivamente.

LITERATURA CITADA

1. BINGHAM, J. 1967. Investigations on the physiology of wheat, by comparisons of varieties and by artificial variation in grain number per ear. *Journal of Agricultural Science* 68:411-422.
2. BRIGGS, K.G.; AYIENFISU, A. 1980. Relationships between morphological characters above the flag leaf node and grain yield in spring wheats. *Crop Science* 20:350-354.
3. LEDENI, J.F. 1982. Morphology and yield in winter wheat grown in high yielding conditions. *Crop Science* 22:1115-1119.
4. MONYO, J.H.; WHITTINGTON, W.J. 1971. Inheritance of plant growth characters and their relations to yield in wheat substitution lines. *Journal of Agricultural Science* 76:167-172.

5. RAWSON, H.M. 1970. Spikelet number, its control and relation to yield per ear in wheat. *Australian Journal of Biological Science* 23:1-15.
6. ROSSI, D., GIMBATTI, S., KOMOROVSKI, M. 1986. Efectos directos e indirectos de los componentes del rendimiento en trigo pan. In *Congreso Nacional de Trigo* (1, Pergamino). p. 213-221.
7. SIMPSON, G.M. 1968. Association between grain yield per plant and photosynthetic area above the flag node in wheat. *Canadian Journal of Plant Science* 48:253-260.
8. WALTON, P.D. 1969. Inheritance of morphological characters associated with yield of spring wheat. *Canadian Journal of Plant Science* 49:587-596.

RESEÑA DE LIBROS

MONTAGNES, I. 1991. *Editing and Publication: A Training Manual*. Manila, Philippines, International Rice Research Institute/International Development Research Centre. 429 p.

Los editores latinoamericanos de habla hispana, en el campo de las ciencias agrícolas, carecemos de materiales o manuales prácticos que nos ayuden a tener una lógica en nuestra labor de todos los días: poder comunicar de manera clara y útil. Es por eso que esta publicación, aunque en inglés, responde a la necesidad de manuales de orientación en el ámbito de la edición agrícola. Abarca también de modo práctico las facetas editoriales de quienes de alguna u otra manera hemos confluído en una de las más nobles profesiones: aquellos que trabajamos detrás de las bambalinas de las publicaciones, tratando de ordenar y hacer atractivo lo escrito. No sólo debemos ser claros y fieles a lo que los autores quieren comunicar, sino que también debemos ir detrás de cada punto, coma o simbología técnica que aparezca, tratando de satisfacer tanto a los autores como a la Real Academia de la Lengua Española y, en nuestro caso, también a la Informal y Poderosa Academia del Uso Cotidiano de la Lengua Latinoamericana.

De la lectura de esta valiosa publicación, cuyos contenidos pueden ser adaptados a cualquier idioma, se concluye que no sólo basta aplicar rígida y, eventualmente, fanáticamente las reglas gramaticales sino que en edición, y muy especialmente en la agrícola, muchas veces hay que saber qué decir, cómo decir, cuándo decir y a quién dirigir el mensaje. Para aproximarnos a esta "regla de oro" se necesita experiencia y conocimiento multidisciplinario para dar forma a lo que se intenta transmitir. Y, en este punto de encuentro, convergemos los editores técnicos desde diversas disciplinas.

Este manual es el resultado de tres años de experiencia en el entrenamiento de editores del Tercer Mundo, a cargo del IRRI y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), en colaboración con la University of Toronto Press.

El primer capítulo se refiere a las diversas responsabilidades y funciones de un editor, desde el proceso de comunicar, la planificación y el formato de una

publicación, el tipo de lenguaje según los usuarios hasta las cualidades que debe tener un buen editor.

El segundo capítulo trata sobre cómo conseguir el mejor efecto con el estilo editorial, sobre todo agrícola: la importancia del lenguaje concreto y abstracto; la selección cuidadosa de las palabras y su significado; el empleo de palabras directas; la construcción de frases enérgicas y convincentes; el uso de frases cortas y palabras simples. En el tercer capítulo se hace un análisis detallado de las funciones de un editor como revisor de estilo, desde el momento en que recibe el manuscrito, el control de galeras, la relación con los autores y la evaluación del trabajo de edición.

El cuarto y quinto capítulos tratan un aspecto, muchas veces, no tomado en cuenta por quienes están en el plano de la administración de la edición y las publicaciones: la necesidad de distinguir entre un usuario especialista y un usuario no especialista. De ello dependerá la elección del formato, el tiraje y el ingreso que se espera conseguir con la venta del libro o folleto.

El sexto y séptimo, se concentran en el diseño de la publicación: fotografías, ilustraciones, tipos de letras, diseño de la portada, entre otros; y el octavo focaliza la labor de impresión. Los últimos tres capítulos abarcan aspectos administrativos del proceso editorial y de publicación, y se sugieren maneras de reducir costos de impresión; asimismo se señalan pautas sobre mercadeo, promoción y envío de los materiales publicados.

El documento principal viene acompañado de un Manual de Entrenamiento para Capacitadores con los principales métodos de instrucción, desarrollados por Ian Montagnes, los que pueden ser adaptados a otros cursos de entrenamiento en edición. Recomiendo la lectura y aplicación del manual y felicito al IRRI y al CIID por fomentar este tipo de cursos y publicaciones.

FANNY DE LA TORRE
SEDE CENTRAL,
IICA

Tasas de Escorrentía Superficial y Erosión Laminar en Puriscal, Costa Rica¹

W. Vahrson*, C. Cervantes U.**

ABSTRACT

In the Puriscal area, in Costa Rica, run off and erosion plots were installed, in slopes of about 60% under coffee plantations and a pasture. A precipitation of about 2090 mm from 73 erosive rainfall events produced a total surface run off of between 13.3 mm and 51.1 mm, according to the different types of land use and the different hydraulic conductivities of the soils. The total erosion varied between only 185 kg/ha and 1500 kg/ha. These values are significantly lower than the values obtained with an application of the Universal Soil Loss Equation (USLE). We concluded that the USLE overestimated erosion rates significantly, especially when in mountainous regions; the slope factor is totally out of the range of its original calibration.

COMPENDIO

En la zona de Puriscal, Costa Rica, se instalaron tres parcelas para la medición de escorrentía superficial y erosión laminar en pendientes de alrededor del 60%, cultivadas con café y pastos. Una precipitación total alrededor de 2090 mm y, aproximadamente, 73 eventos erosivos produjeron una escorrentía superficial que varió entre 13.3 mm y 51.1 mm, de acuerdo con los diferentes usos del suelo. Las pérdidas totales anuales por erosión llegaron a valores entre 185 kg/ha y 1500 kg por hectárea. Estos valores son significativamente inferiores a los calculados por medio de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (EUPS). Se llegó a la conclusión de que la EUPS tiende a sobreestimar en forma considerable las tasas de erosión, especialmente cuando se aplica en zonas de pendientes fuertes totalmente fuera del rango de su calibración.

INTRODUCCION

La erosión hídrica, y en especial la erosión laminar y en surcos pequeños, es la forma de erosión que más afecta la agricultura por degradación y pérdida del horizonte A de los suelos, y la producción de sedimentos en los ríos. Este fenómeno es mundial, como lo confirman Stocking (8) para Zimbabue, y Dunne y Leopold (4) para los Estados Unidos de América (EE.UU.).

Una de las formas más comunes para determinar las tasas de erosión laminar y en pequeños surcos es la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (EUPS), desarrollada por Wischmeier y Smith (10) para el oeste de los EE.UU.

Existen varias aplicaciones de la EUPS y de sus componentes en Costa Rica, aunque la calibración original se efectuó en condiciones muy diferentes. La erosión pluvial fue determinada por Amézquita y Forsythe (1), para Turrialba, y por Vahrson (9), para 115 estaciones en el país. Mora (6) utilizó la ecuación completa en la cuenca del río Pejibayce, obteniendo valores de erosión entre 1 t/ha y 1575 t/ha por año; en un trabajo a pequeña escala, un grupo consultor de la FAO y del Servicio de Conservación de Suelos y Aguas (SENACSA) determinó pérdidas anuales de suelos en todo el país con valores a veces superiores a 800 t/ha y un promedio de 130 t/ha (3). Palacios y Alfaro (7) obtuvieron para la Quebrada Pital en la zona de Puriscal, valores de 10 t/ha en sólo el 3% de la superficie hasta más de 800 t por hectárea.

Asumiendo una densidad aparente promedio alrededor de $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ para el horizonte A de un suelo, una pérdida de $100 \cdot \text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ equivale a una pérdida de 1 cm del perfil del suelo, como promedio para una hectárea. Por lo tanto, los valores antes mencionados de más de $800 \cdot \text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ y hasta $1575 \cdot \text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ equivaldrían a pérdidas promedios entre 8 cm y 15 cm por año, o sea que provocarían la pérdida completa del horizonte A en muy pocos años.

¹ Recibido para publicación el 7 de junio de 1991. Este estudio es resultado de una cooperación entre la Dirección General Forestal (DGF), el Proyecto de Desarrollo Agrícola Forestal (PRODAF) de la Cooperación Técnica Alemana, y la Universidad Nacional (UNA), C.R. Le agradece al Ing F. Fernández; al técnico S. Díaz y a los señores D. Moreno y G. Palacios.

* Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Heredia, C.R.

** Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional, Heredia, C.R.

Debido a que estas tasas parecen muy altas y a la escasa disponibilidad de valores reales de la erosión en Costa Rica, se procedió a la instalación de parcelas para cuantificar estas pérdidas.

MATERIALES Y METODOS

La estación meteorológica y las tres parcelas actualmente instaladas se encuentran en Cerbatana de Puriscal, Costa Rica, América Central. Su ubicación es de 9°50' de longitud, con 84°21' de latitud y una altitud aproximada de 1100 m sobre el nivel del mar.

El clima se clasifica como tropical húmedo, con una marcada estación seca que se extiende desde diciembre hasta abril. La precipitación promedio anual medida en la estación Puriscal, a una distancia de 4 km, es de 2541 mm anuales. El valor de la erosión anual promedio (factor R de la EUPS) de la misma estación fue calculado en 255 unidades, moderado para las condiciones climáticas de Costa Rica (9).

El suelo ha sido clasificado como Udic Haplustalf, de textura arcillosa. Las dimensiones de las parcelas fueron de 7 m de ancho y de 22.1 m de largo, con una superficie horizontal de 134.5 metros cuadrados. Se situaron en un cafetal con árboles de sombra, cítricos y maderables, en uno sin sombra y en un pasto, en pendientes que oscilaron entre el 56% y 59 por ciento. La siembra se hizo en contorno, con una barrera viva de zacate citron (*Cymbopogon citratus*), aproximadamente en el centro de las parcelas. La edad del café al inicio de las mediciones fue de dos años. La cobertura foliar fue de alrededor del 70 por ciento. El pasto mostró formas de degradación ligera por terracetos, provocadas por el pisoteo del ganado. Las parcelas se aislaron con una cerca de zinc galvanizado de 40 cm de altura para evitar la entrada y salida de agua.

En el límite inferior de las parcelas se hizo una acequia tipo Gerlach (5). Esta captó la escorrentía superficial, la cual por medio de un tubo de pvc, se pasó a un sistema de dos tanques de almacenamiento. Todos los días, entre las 7 h y 9 h, se realizaron las mediciones y el muestreo.

Los parámetros meteorológicos provienen de la estación meteorológica del experimento, la cual se ubica a una distancia no mayor de 500 m de las parcelas, equipada con un pluviómetro, un pluviógrafo, un hidrotérmografo y un anemógrafo.

RESULTADOS

Características físicas de los suelos

El uso del suelo ha influido en las características físicas de estos suelos. La textura y estructura no varían

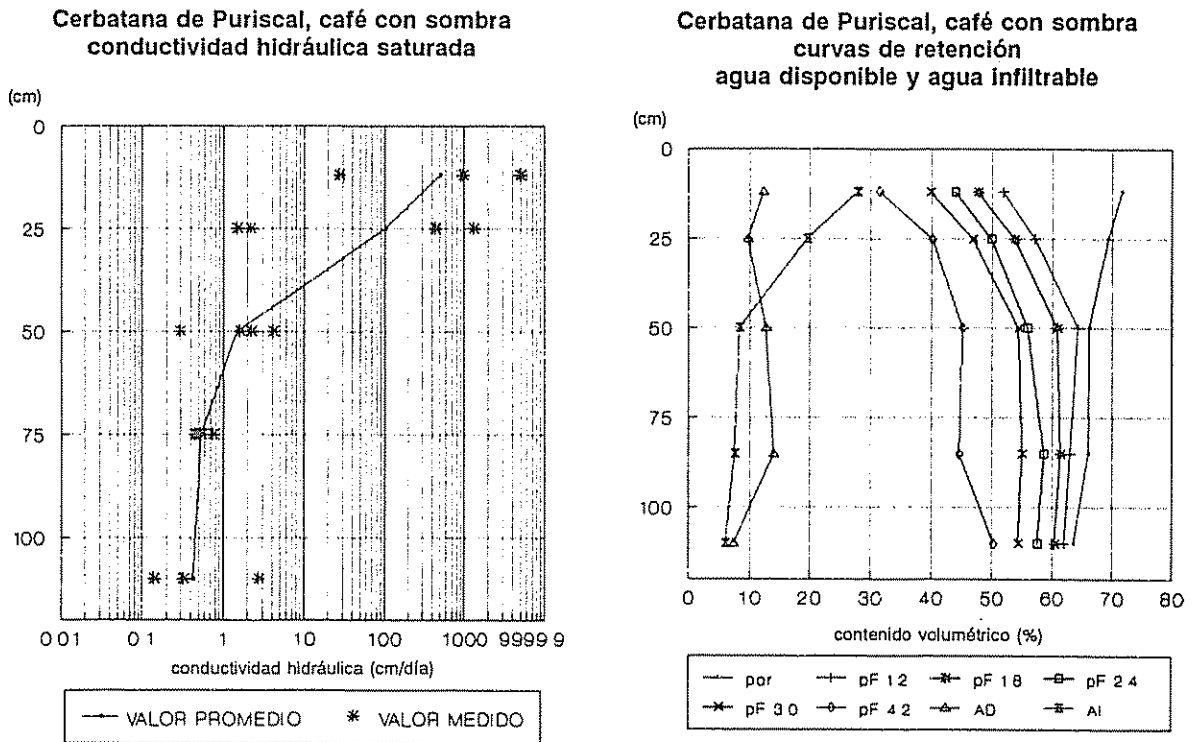
sustancialmente y la clase textural superficial es arcilla (Cuadro 1). Las curvas de retención y las conductividades saturadas presentan grandes variaciones (Figs. 1, 2 y 3).

Cuadro 1. Textura y estructura de los horizontes superiores de las diferentes parcelas.

Parcela/ Horizonte/ Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase	Estructura
Café con sombra					
A 0-5	33.0	18.2	48.8	arcilla	granular fina
A2 5-15	35.0	16.2	48.8	arcilla	bloques subang
B 50-120	32.2	17.4	50.4	arcilla	bloques subang.
Café sin sombra					
A 0-15	23.0	30.6	46.4	arcilla	granular
A2 15-37	42.2	25.4	32.4	franco- arcilloso	bloques subang.
AB 37-65	36.2	23.4	40.4	arcilla	bloques subang.
Pasto					
A 0-35	32.2	25.4	42.4	arcilla	granular/ bloques subang.
AB 35-50	24.2	17.4	58.4	arcilla	bloques subang.
B 50-130	26.2	11.4	62.4	arcilla	bloques subang.

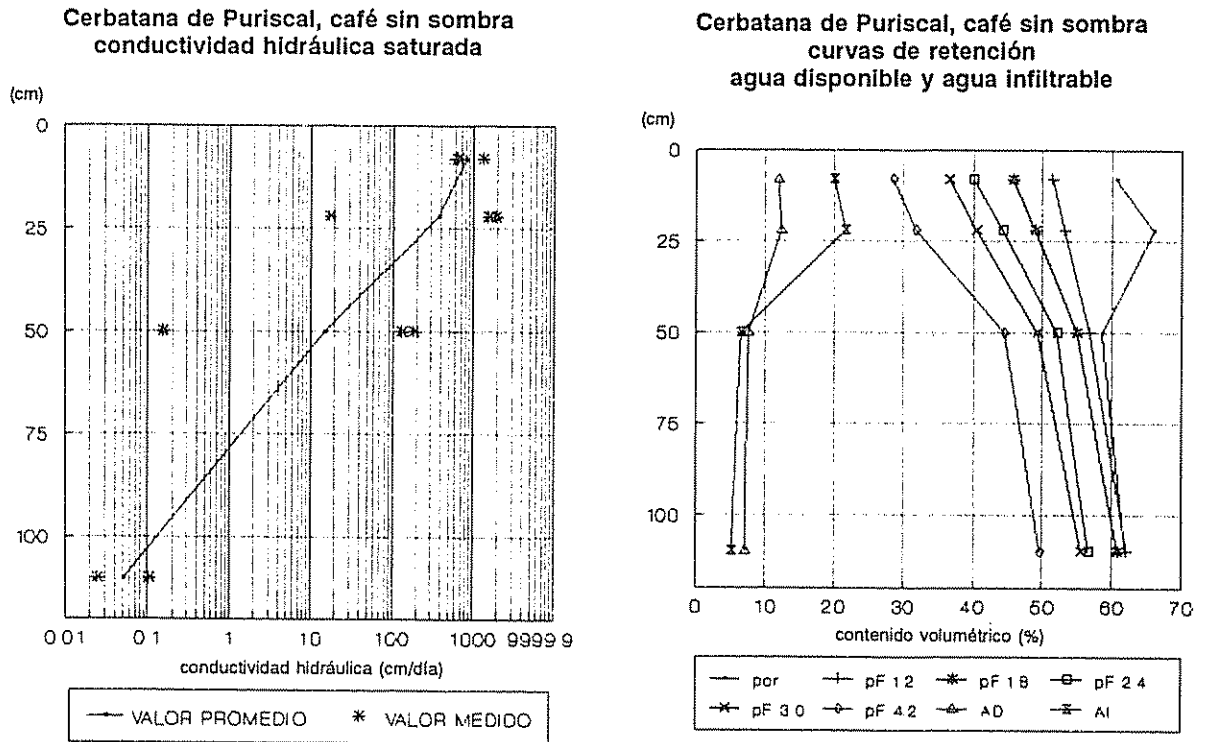
En el caso de las parcelas con café los promedios de las conductividades saturadas de los primeros 25 cm variaron entre 100 cm y 500 cm por día (con sombra) y entre 250 cm y 750 cm por día (sin sombra); estos valores se clasifican como moderados a rápidos. En el caso de las parcelas sembradas con pasto, en cambio, estos promedios variaron entre 12 cm y 2.5 cm por día, los cuales se clasifican como lentos a moderados e indican una posible compactación. En los horizontes inferiores, el comportamiento de las conductividades saturadas es relativamente homogéneo: todas las parcelas llegan a valores inferiores a 1 cm por día, clasificado como muy lento.

Las curvas de retención y la porosidad total indican un comportamiento parecido. La porosidad total en las parcelas muestra valores generalmente entre el 62% hasta el 65%, con un incremento hasta de un 72% respectivamente y del 67% en los horizontes superiores de las parcelas con café. Sin embargo, la distribución



Fuente: Vahrson 1990

Fig. 1. Agua retenida y conductividad saturada en la parcela de café con sombra según diferentes profundidades.



Fuente: Vahrson 1990

Fig. 2. Agua retenida y conductividad saturada en la parcela de café sin sombra según diferentes profundidades.

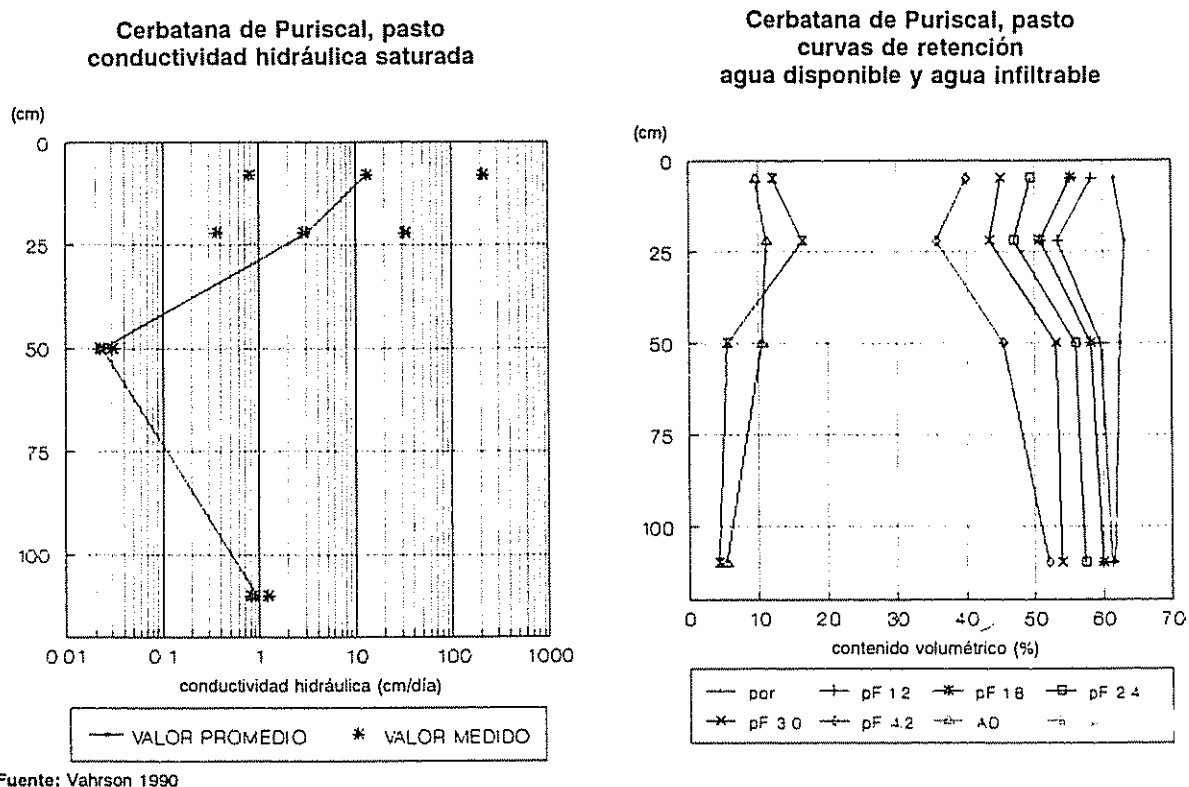


Fig. 3. Agua retenida y conductividad saturada en la parcela de pasto según diferentes profundidades.

de los tamaños de los poros, derivada de las curvas de retención, es más importante que la porosidad total de los poros; aquí se observa que la diferencia (AI) entre la porosidad total (por) y el agua retenida con un pF de 2.4 (capacidad del campo) tiene valores entre 20% y 28% en los casos de las parcelas con café, mientras que en el caso del pasto estos valores oscilan entre 12% y 16%, o sea que son significativamente menores. Esta diferencia corresponde a la presencia de poros gruesos con un diámetro mayor de 9.5 cm aproximadamente, indicando una fuerte reducción, supuestamente por compactación de los poros secundarios en el pasto. Este fenómeno provoca al mismo tiempo un aumento de los poros finos y muy finos (Figs. 1, 2, y 3).

Características climáticas

Las características climáticas más importantes, en relación con la erosión hídrica laminar, son la precipitación total y sus intensidades. Considerando sólo las lluvias superiores a los 10 mm como críticas, se llega a quince casos críticos en mayo, diez en junio, diez en julio, seis en agosto, diez en setiembre, trece en octubre, seis en noviembre y tres en diciembre.

Cuadro 2. Intensidades máximas observadas en Cerbatana de Puriscal y su período de retorno en Puriscal.

Duración (min)	Volumen (mm)	Intensidad (mm/h)	Período de retorno (años)
5	10.3	123.6	<< 2
10	20.0	120.0	< 2
15	28.0	112.0	2
30	49.0	98.0	5 - 10
60	57.2	57.2	2 - 5
90	59.7	39.8	< 2
120	60.5	30.3	2 - 5
1 440	65.0	2.7	<< 2

Los volúmenes mayores observados corresponden a cuatro tormentas con una precipitación entre 62 mm y 65 mm, las cuales tuvieron lugar en mayo, junio, setiembre y octubre. Estos valores son muy bajos todavía y su período de retorno como máximo anual es menor de dos años (con referencia al registro de Puriscal). Estos hechos indican que hubo un año con lluvias diarias de un volumen relativamente bajo, mientras las

intensidades de las lluvias llegaron a valores mayores: el volumen máximo de 49 mm durante 30 min corresponde a una intensidad de 98 mm/h, o sea a un período de retorno de cinco a diez años. El Cuadro 2 muestra esta relación para otras duraciones analizadas, e indica que 1990 fue un año regular sin eventos realmente muy altos.

Escorrentía superficial y pérdida de suelos

El Cuadro 3 muestra los resúmenes mensuales de la precipitación y de la escorrentía superficial. Los valores mayores de la escorrentía se presentaron en la parcela de pastos, seguida por la parcela de café con sombra, mientras los valores de la parcela de café sin sombra son los más bajos. En el Cuadro 3 se puede observar que el valor más alto corresponde a la parcela de pasto en noviembre y llega al 7.6% de la precipitación. Los promedios llegan a sólo un 1.2% en la parcela de café con sombra, a 0.6% en aquella de café sin sombra y a 2.1% en el caso del pasto, que coinciden con las conductividades saturadas analizadas.

Cuadro 3. Resúmenes mensuales de la escorrentía superficial en valores absolutos y como porcentaje de la precipitación.

Mes	Prec. (mm)	Café con sombra		Café sin sombra		Pasto	
		(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
Mayo	407	2.3	0.6	0.5	0.1	5.4	1.3
Junio	293	2.6	0.9	0.5	0.2	3.1	1.1
Julio	258	2.9	1.1	0.7	0.3	2.9	1.1
Agosto	201	1.2	0.6	0.6	0.3	1.5	0.7
Set.	255	2.3	0.9	1.3	0.5	1.5	0.6
Oct.	305	2.8	0.9	2.4	0.8	8.1	2.7
Nov.	261	8.9	3.4	4.0	1.5	22.8	8.7
Dic.	110	5.2	4.7	3.6	3.3	5.9	5.4
Total	2 092	27.9	1.3	13.3	0.6	51.1	2.4

Los valores de la pérdida de suelos también son muy bajos; en la parcela cultivada de café con sombra apenas sobrepasan 1 t/ha (Cuadro 4).

La relación entre estos valores puede explicarse de la siguiente manera: la mayor escorrentía ocurre en el pasto, pero debido a la buena cobertura del suelo, no logra una mayor erosión. En la parcela de café sin sombra los valores son muy bajos de la escorrentía son el factor limitante, mientras que la cobertura del suelo no llega a valores tan elevados como en el pasto. Por último, la parcela de café con sombra posee una cober-

Cuadro 4. Pérdida de suelos a nivel mensual.

Mes	Café con sombra (kg/ha)	Café sin sombra (kg/ha)	Pasto (kg/ha)
Mayo	554.3	1.3	18.9
Junio	165.3	0.5	23.9
Julio	42.2	1.3	2.9
Agosto	2.9	2.2	3.2
Setiembre	174.9	6.6	7.4
Octubre	13.0	16.8	23.2
Noviembre	368.3	101.9	232.8
Diciembre	42.6	37.4	27.1
Total	1 363.6	167.9	339.4

tura parecida a la de café sin sombra, pero la escorrentía mayor, provocada por una conductividad menor, produce la mayor pérdida de suelos observada.

Aplicación de la EUPS

Para la aplicación de la EUPS, se llega a los parámetros siguientes, utilizando los monogramas de Wischmeier y Smith (10):

Cuadro 5. Parámetros y cálculo de la pérdida de suelos mediante la EUPS para las diferentes parcelas.

Factor	Café con sombra	Café sin sombra	Pasto
K (Suelo)	0.09	0.08	0.19
R (Lluvias)	255	255	255
LS (Pendiente)	15	15	15
C (Cobertura)	0.07	0.07	0.007
P (Práctica)	0.95	0.95	1.0
Pérdida promedio:			
A (t/ha)	55.4	49.1	12.3

Estos valores calculados sobrepasan la pérdida real medida en forma considerable, aunque la estimación de los parámetros fue conservadora.

DISCUSION

Comparando los resultados del cálculo de la pérdida de suelos, mediante la EUPS, con los valores realmente medidos, se puede observar una gran diferencia, ya que la EUPS parece sobreestimar la pérdida real en un grado muy alto.

Las posibles causas de estas diferencias serían:

- El tiempo de las mediciones fue de mayo a diciembre de 1990, por lo que faltaron siete eventos de lluvias superiores a 10 mm/d en abril. Debido a la fuerte época seca de enero, febrero y marzo, la ausencia de mediciones en estos meses no es importante. Estos siete eventos corresponden aproximadamente a un 10% de las lluvias erosivas. Tomando en consideración que, debido a la baja humedad que antecedió a estas primeras tormentas, la escorrentía no puede haber llegado a valores muy altos, un factor de corrección de 1.1 de las pérdidas medidas parece una estimación razonable y eleva así los valores medidos a los siguientes valores corregidos:

	Café con sombra (kg/ha)	Café sin sombra (kg/ha)	Pasto (kg/ha)
Medición	1 363.6	167.9	339.4
Valor corregido	1 500.0	184.7	373.3

Sin embargo, esta corrección no resuelve la gran diferencia entre las observaciones y la EUPS.

- Las lluvias en 1990 no llegaron a valores muy elevados, y faltan los eventos catastróficos con períodos de retorno muy largos que, en una sola ocasión, pueden causar más daño que todos los eventos analizados, o sea que el factor R de 255 unidades sobreestima el potencial erosivo para 1990.
- Los valores de K (suelo muy bajo), C (coberturas relativamente densas) y P (prácticas de conservación) se encuentran dentro del rango de los valores de calibración de la EUPS. Se utilizaron siempre estimaciones conservadoras en el momento de determinarlos.
- El valor de LS (pendiente) está totalmente fuera del rango de calibración de la EUPS. El último valor calibrado para una pendiente con una longitud de

22.1 m existe para una inclinación del 20% y llega a sólo 3.2 unidades, mientras el valor para 55% - 60% llega a 15 unidades, sobrepasando casi por el factor 5 los valores dentro del rango calibrado.

- La EUPS sólo analiza la movilización de partículas y no la sedimentación, la que, a mayor longitud de pendiente, desempeña un papel cada vez más importante. Sin embargo, al haber utilizado parcelas de igual longitud que las originales de la calibración de la EUPS, se debería haber llegado a valores parecidos.

Por lo tanto, se concluye que el problema mayor de la aplicación de la EUPS en zonas de relieve fuerte es el factor LS, totalmente fuera del rango de la calibración.

Otro resultado interesante del estudio es la baja pérdida de suelos en el pasto. Este, aunque tenga los valores mayores de escorrentía superficial y presente una cierta degradación por terracetos, protege el suelo con su cobertura casi total de una manera muy eficiente contra la erosión laminar.

Las tasas analizadas, relativamente bajas en erosión, todavía son preocupantes. Según lo que Bork (2) indicó para Europa, en terrenos bajo uso agrícola, la formación del mismo suelo es casi nula. Es decir, que cualquier erosión necesariamente produce una degradación del suelo, porque no existe una recuperación, y el concepto de una "erosión permisible", muchas veces aplicado, es irreal y carece de base científica.

Finalmente, la erosión analizada es sólo la erosión laminar, y no es posible derivar de este estudio conclusiones con respecto a otras formas de la degradación de suelos, como erosión concentrada y formación de cárcavas, pérdidas de suelos por deslizamientos, reptación, pisoteo, entre otros.

CONCLUSIONES

- Los valores medidos de la escorrentía superficial y de la pérdida de suelos por erosión laminar resultan muy bajos.
- La aplicación de la EUPS produce, especialmente en zonas con pendientes fuertes, valores que sobrepasan los reales por órdenes de magnitud. Este problema aparentemente es producto de un factor LS que sale totalmente de su rango de calibración. Por lo tanto, los estudios en que se aplicó la EUPS en zonas de pendientes fuertes requieren una revisión profunda.

- Hacen falta más mediciones en el campo, en parcelas con otros cultivos, en otras pendientes, con otras características climáticas, y con otros suelos, para así llegar a valores más confiables en cuanto a la erosión laminar.
- El proceso de erosión, aunque sea más lento que lo esperado, siempre degrada los suelos, supuestamente en una manera irre recuperable para uso agrí-

cola. Por lo tanto, aunque las tasas de erosión observadas sean relativamente bajas, siempre hace falta una adecuada protección de los suelos, la cual no necesariamente significa la instalación y puesta en funcionamiento de más obras físicas como acequias de ladera y otras, sino que puede consistir simplemente en una cobertura más completa y permanente del suelo dentro de los cultivos y para prevenir la compactación del suelo.

LITERATURA CITADA

1. AMEZQUITA, C.E.; FORSYTHE, W.M. 1975. Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelos en Turrialba, Costa Rica. 30 p. (Mimeografía).
2. BORK, H.R. 1989. Bodenerosion und umwelt. Braunschweig. 249 p.
3. DERCKSEN, P.; JEFFERY, P.; SONNENVELD, B.; VASQUEZ, A. 1989. Erosión hídrica en Costa Rica.
4. DUNNE, T.; LEOPOLD, L. 1978. Water in environmental planning. New York, Freeman. 818 p.
5. KIRKBY, M.J.; MORGAN, R.P.C. 1984. Erosión de suelos. Trad por José Hurtado Vega. México, D.F., Limusa. 375 p.
6. MORA, I. 1987. Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación universal (EUPS): Aplicación para definir acciones de manejo en la cuenca del río Pejibaye, Vertiente Atlántica, Costa Rica. Tesis Mag Sc. Turrialba. 104 p.
7. PALACIOS, G.; ALFARO, M. 1991. Pérdida de suelo y procesos degradacionales en la microcuenca de la Quebrada Pital. Tesis Lic. Heredia, C.R., Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Geográficas. 139 p.
8. STOCKING, M. 1987. Measuring land degradation. In Land degradation and society. P. Blaikie, H. Brookfield (Eds.). London, Methuen. 296 p.
9. VAHRSON, W.G. 1990. El potencial erosivo de las lluvias en Costa Rica, América Central. Agronomía Costarricense 14(1). (En prensa).
10. WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. USDA. Agriculture Handbook no. 537.

Respuestas Contrastantes del Maíz Tropical ante la Sequía en el Período Vegetativo o Reproductivo¹

I. Vianello*, M.A. Sobrado*

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate and compare the growth response, plant survival and yield of tropical corn growing under drought conditions, during vegetative or reproductive stages. The experiments were carried out in the field with a drought resistant variety (Tuxpeño Selección Sequia Ciclo-8) and a double cross hybrid (Ceniap PB-8) and three treatments were imposed: T-1 (always irrigated), T-2 (non-irrigated during vegetative period) and T-3 (non-irrigated during reproductive period). Water deficits in non-irrigated plants were detected by lowered leaf water potential and by leaf rolling at midday. In non-irrigated plants a reduced leaf area ($T-1 > T-3 > T-2$) and plant weight ($T-1 = T-3 > T-2$) was observed. However, the percentage of dry matter in each compartment remained unchanged. Yield per unit of cultivated land was similarly lowered in T-2 and T-3 in respect to T-1, but the biological effects of drought were in different in both treatments. In T-2 plants, yield decreased with a large reduction in leaf area (source), floral maturity, grain number and weight (sink) and to lesser extent by plant mortality, whereas in T-3 plants there was a large proportion of floral immaturity and asynchrony (sink) and subsequent plant mortality but leaf area, grain number and weight were less affected.

Key words: Tropical corn, drought conditions, yield, flowering, leaf area, source-sink, harvest and partition index.

COMPENDIO

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar y cuantificar la magnitud relativa del efecto del déficit hídrico, durante el período vegetativo o reproductivo, sobre el crecimiento, supervivencia y producción de grano de maíz tropical. Para realizar los experimentos se seleccionaron una variedad resistente a la sequía (Tuxpeño Selección Sequía Ciclo-8) y un híbrido doble (Ceniap PB-8), que crecieron bajo tres tratamientos: T-1 (irrigación diaria), T-2 (sequía durante el período vegetativo) y T-3 (sequía durante el período reproductivo). El déficit hídrico de plantas en sequía (T-2 y T-3) se reflejó en la disminución del potencial hídrico y en el enrollamiento foliar a mediodía. Con la sequía impuesta, disminuyeron el área foliar, de modo que $T-1 > T-3 > T-2$, y el peso por planta, de forma que $T-1 = T-3 > T-2$. Sin embargo, el porcentaje de peso seco total en cada compartimiento no fue afectado por el régimen hídrico impuesto. La productividad por hectárea fue similar en T-2 y T-3 y menor que en T-1, pero el efecto biológico de la sequía fue distinto en T-2 y T-3. En T-2 el efecto marcado de la sequía sobre el área foliar (fuente), el porcentaje de inmadurez floral, el número y peso de granos (sumidero), y, en menor grado, la mortalidad de plantas disminuyeron la productividad. En T-3, en cambio, la disminución en la productividad se relacionó con el incremento del porcentaje de inmadurez y desincronización floral (sumidero) y la subsecuente mortalidad de plantas, y, en menor grado, con efectos sobre el área foliar (fuente) y el número y peso total de granos (sumidero).

Palabras claves: Maíz tropical, sequía, productividad, floración, fuente-sumidero, índice de cosecha y de partición.

INTRODUCCION

El maíz es uno de los cereales de mayor importancia productiva, pues ocupa el segundo lugar entre los cultivos que son fuente de alimento para la población mundial (26, 41). Su fisiología y agronomía han sido extensamente estudiadas y revisadas, fundamentalmente desde el punto de vista de la zona templada (13). La productividad del cultivo de maíz es alta en condiciones de adecuado suministro hídrico, pero disminuye cuando se dan sequías esporádicas que afectan los procesos morfológicos y fisiológicos de la planta (14, 16). El tipo de proceso afectado y la magnitud del efecto dependen de la susceptibilidad del genotipo, de la duración e intensidad de la sequía, y del estadio en que ésta ocurra.

¹ Recibido para publicación el 27 de julio de 1989.

Los autores agradecen al Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (CENIAP) y al Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT), por suministrar las semillas de maíz; al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), por la ayuda financiera; a la familia Croce, por permitir el uso de la finca maicera; a E. Klein, por la realización de los análisis estadísticos; a J. V. Seguro, por la ayuda en el campo; y, en especial, a los Vianello, Turco, Rezza y Martínez, y sobre todo a Pino, por la solidaridad incondicional.

* Departamento de Biología de Organismos, División de Ciencias Biológicas, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Ven.

Un déficit hídrico durante el desarrollo vegetativo de la planta ocasiona desajustes, tales como disminución del crecimiento foliar (2, 5, 6, 12, 15, 27, 29, 33, 35, 42, 45, 47, 49), del peso seco de la parte aérea (15, 35, 49), y de la altura (5, 6, 12, 13); inducción del crecimiento radical (42); e incremento de la senescencia foliar (4, 5, 32). También puede afectar el desarrollo de las inflorescencias (12, 15). Por otra parte, el déficit hídrico durante el período reproductivo retarda las salidas de los estilos (23) y disminuye el número de granos (19) y el peso por grano (25). Por tanto, la sequía, si ocurre durante el período vegetativo o reproductivo, disminuye la productividad del cultivo de maíz.

Sin embargo, es controversial asegurar cuál es el período que más influye en la disminución de la productividad, ya que una adecuada polinización contribuye a la óptima implantación de óvulos, pero, para garantizar a éstos el suplemento de carbohidratos, es importante que la planta alcance un tamaño adecuado de superficie foliar.

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar y cuantificar el efecto del déficit hídrico, durante el período vegetativo o reproductivo, sobre el crecimiento, la supervivencia y la producción final de grano de maíz tropical. Para realizar el experimento se seleccionaron una variedad resistente a la sequía (Tuxpeño Selección Sequía Ciclo-8) y un híbrido doble con un buen rendimiento en condiciones óptimas (Ceniap PB-8).

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en una finca maicera ubicada a cinco kilómetros de la ciudad de Calabozo (8° 52' N, 67° 18' O; 100 m). El clima de la región se define como tropical lluvioso de sabana (Aw, según Koeppen), con una precipitación promedio anual de 1186 mm con dos picos, uno en junio y otro en agosto (7, 48).

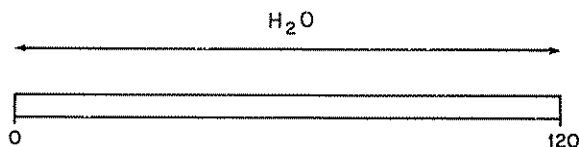
Para la caracterización climática de la época de siembra (enero a mayo de 1987) se usaron los datos climatológicos de radiación, temperaturas, humedad relativa, precipitación y evaporación obtenidos en una estación meteorológica situada a 12 km del área experimental.

Los dos cultivares del maíz (*Zea mays* L.) utilizados para este estudio fueron "Ceniap PB-8" y "Tuxpeño Selección Sequía Ciclo-8". El primero es un híbrido doble de baja altura (226 cm) seleccionado por el Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (CENIAP) de Venezuela. Por su parte, "Tuxpeño Selección Sequía Ciclo-8" es también una variedad de porte bajo (220 cm), con características de resistencia a la sequía durante el período reproductivo, seleccionado por el Centro Internacional para el

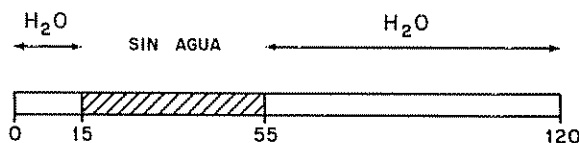
Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT) de México. Ambos cultivares fueron sembrados el 4 de enero en bloques completamente al azar con dos réplicas por cultivar y por tratamiento, lo cual permitió realizar un análisis de variancia de los datos y de comparaciones múltiples entre las medias por medio del método GT2 de Scheffe (40).

En las parcelas de 7.5 m de largo por 6 m de ancho, se hicieron seis surcos y se sembraron de modo que hubiera una densidad de 43 000 plantas por hectárea. Para los experimentos se utilizaron solamente plantas de los cuatro surcos centrales. Los regímenes hídricos, a los que se sometieron las plantas, fueron irrigación diaria (T-1); sequía durante 40 días del período vegetativo (T-2), desde el 19 de enero al 28 de febrero; y sequía durante 43 días del período reproductivo (T-3), desde el 14 de febrero al 29 de marzo (Fig. 1). Para asegurar un buen suplemento nutricional las plantas fueron fertilizadas regularmente con N:P:K (12:24:12) y se controlaron las plagas cuando fue necesario.

T-1: suplemento hídrico diario



T-2: sequía durante el período vegetativo



T-3: sequía durante el período reproductivo

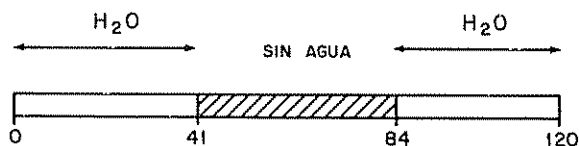


Fig. 1. Representación gráfica de los tres regímenes de irrigación. El día de siembra fue el 4 de enero de 1987 y el de cosecha el 4 de mayo (120 días). Los períodos de sequía fueron desde el 19 de enero hasta el 28 de febrero en T-1 y desde el 14 de febrero al 29 de marzo en T-3.

La cuantificación del estado hídrico de las plantas se realizó por medio de mediciones del potencial hídrico con una cámara de presión de Scholander (34)

siguiendo las recomendaciones metodológicas de Turner (43, 44). Estas mediciones se realizaron al amanecer (cada 15 días) y al mediodía (cada 30 días) en ocho plantas por cultivar por tratamiento.

Durante el ciclo de crecimiento del cultivo se hicieron observaciones fenológicas relacionadas con el proceso de floración. Diecisiete días después de la floración (20 de marzo), se realizó una evaluación exhaustiva del estado de madurez de las inflorescencias masculinas y femeninas en 100 plantas por cultivar, por lo menos, en cada uno de los tres tratamientos.

El área foliar de 16 plantas marcadas por cultivar y por tratamiento fue determinada midiendo el largo (L) y ancho máximo (A) de cada hoja cada 15 días. El área de cada hoja se obtuvo de la relación: $\text{Area} = L \times A \times 0.75$ (18). Con estos resultados se calculó el índice de área foliar (IAF) utilizando la relación: $\text{IAF} = \text{Area}/S$, donde S es la superficie ocupada por la planta. El peso seco por compartimientos se obtuvo cosechando 16 plantas por tratamiento por cultivar en tres ocasiones y a intervalos de 30 días. Al momento de la madurez (4 de mayo), se realizó una cosecha de 56 plantas por tratamiento por cultivar, con el fin de determinar rigurosamente la distribución de materia seca en los componentes del compartimiento mazorca. El peso seco se obtuvo secando el material fresco a 80°C por lo menos durante 48 horas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Condiciones climáticas y desarrollo del déficit hídrico

En la Fig. 2 se muestran las temperaturas máximas y mínimas, la evaporación en el tanque A y la precipitación en Calabozo durante el período de crecimiento del cultivo. Se observa que desde enero hasta finales de marzo no se registraron precipitaciones; por lo tanto, los tratamientos de sequía pudieron cumplirse tal como se habían programado. Durante las primeras etapas del desarrollo de la planta hubo ausencia de precipitaciones y niveles altos de evaporación (240 mm a 360 mm por mes), mientras que al final del período de crecimiento (mayo), la precipitación fue considerable (≈ 280 mm por mes) y la evaporación disminuyó (< 200 mm por mes) (Fig. 2). El promedio de los máximos diarios de humedad relativa fue del 87% y de los mínimos del 41 por ciento. La radiación promedio mensual fue de $17 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$; las temperaturas máximas oscilaron entre 31°C y 38°C y las mínimas entre 20°C y 27°C (Fig. 2). Así que el patrón climático durante el desarrollo de este experimento fue típico de la época de sequía en Calabozo, según la caracterización climática realizada por Walter y Medina (48).

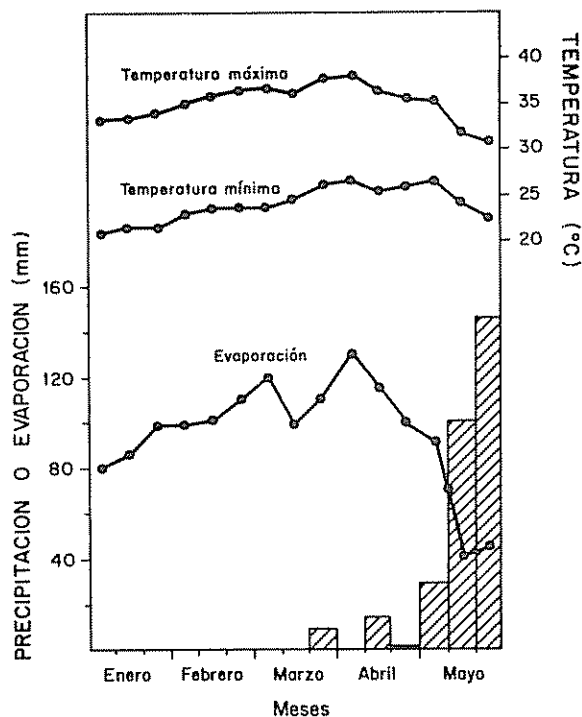


Fig 2. Temperaturas máximas y mínimas, evaporación en el tanque A y precipitación (barras) por décadas durante el período de crecimiento del cultivo de enero a mayo de 1987.

El potencial hídrico al amanecer mostró pocas diferencias entre cultivares y tratamientos. Hasta los 57 días después de la siembra (floración), el potencial hídrico fue de alrededor de -0.6 MPa en los tres tratamientos de ambos cultivares. Después de la floración, el potencial hídrico al amanecer declinó hasta -1.0 MPa, tanto en "Ceniap PB-8" como en "Tuxpeño". Otros autores han encontrado que la disminución del potencial hídrico al amanecer, conforme envejece la planta, es consecuencia de la disminución de la conductividad hidráulica en la raíz por suberización, y en los tallos y las hojas por la cavitación de elementos xilemáticos (24). La similitud observada en el potencial hídrico al amanecer entre plantas irrigadas y en sequía indica que la capacidad de recuperación del sistema no es afectada por la sequía impuesta, pero no refleja el grado de estrés en la planta.

En maíz, el potencial hídrico al mediodía sería un mejor indicador de la progresión del déficit hídrico en la planta (8). Así se observó que el potencial hídrico fue de -0.8 MPa (sequía) y de -0.65 MPa (irrigada) antes de la floración y, durante la floración fue de -1.6 MPa y de -0.9 MPa en planta en los tratamientos de sequía y control, respectivamente. Por otra parte, también se

observó al mediodía un enrollamiento foliar en las plantas del T-2 y T-3 durante los periodos sin riego, pero no en T-1 (controles). El enrollamiento foliar del maíz que creció en condiciones de sequía ha sido correlacionado con el potencial hídrico diurno, la presión de turgor foliar y la conductancia estomática (36).

Area foliar y acumulación de materia seca

El área foliar cambió en el tiempo en forma típica sinusoidal (31) en ambos cultivares y bajo los tres regímenes de irrigación (Fig. 3). La sensibilidad de la expansión foliar del maíz, en condiciones de sequía, ha sido documentada por diferentes autores con maíz de la zona templada y de la tropical (6, 29, 35, 37, 38, 42, 45, 49). Tal observación se aplica al presente estudio: con la sequía (T-2 y T-3) el área foliar por planta y el índice de área foliar disminuyeron en "Ceniap PB-8" y "Tuxpeño", en relación con las plantas controles (Fig. 3). A partir del momento de la floración (\approx 56 días después de la siembra), el área foliar por planta de ambos cultivares no mostró incremento alguno y difirió significativamente ($p < 0.05$) en los tres tratamientos, de forma que el área foliar en T-1 fue mayor que en T-3 y ésta, a su vez, mayor que en T-2.

En relación con el peso seco, se observó una disminución significativa ($p < 0.05$) en las plantas del T-2 en relación con los controles (T-1), a partir del vigesimoséimo día después de la siembra (46). En el caso de las plantas del T-3 no se apreció diferencia en relación con las plantas controles (T-1). Este comportamiento en épocas tempranas del crecimiento afectó el peso seco a la madurez (120 días después de la siembra), el cual en "Ceniap PB-8" fue de 144 g, 83 g y 159 g en T-1, T-2 y T-3, respectivamente. Para esta misma cosecha, los valores en "Tuxpeño" fueron de 188 g, 83 g y 147 g en T-1, T-2 y T-3, respectivamente. Sin embargo, el porcentaje del peso seco total en cada compartimiento de la parte aérea indicó que la distribución de asimilados dentro de la planta no fue substancialmente modificada por el régimen hídrico (Fig. 4).

Se mostró que la sequía impuesta en el período vegetativo (T-2) redujo substancialmente el área foliar y el peso seco de la planta (Figs. 3 y 4). La disminución del crecimiento foliar causaría la disminución del peso seco, pues afectaría la capacidad fotosintética de la planta (38, 39). Por otra parte, posibles deficiencias en el suplemento de nutrimentos, a consecuencia de la sequía, podrían interferir con el crecimiento. De hecho, se ha encontrado que la absorción de nitrógeno se reduce en plantas de maíz sometidas a sequía, por solamente 12 días, durante el crecimiento vegetativo,

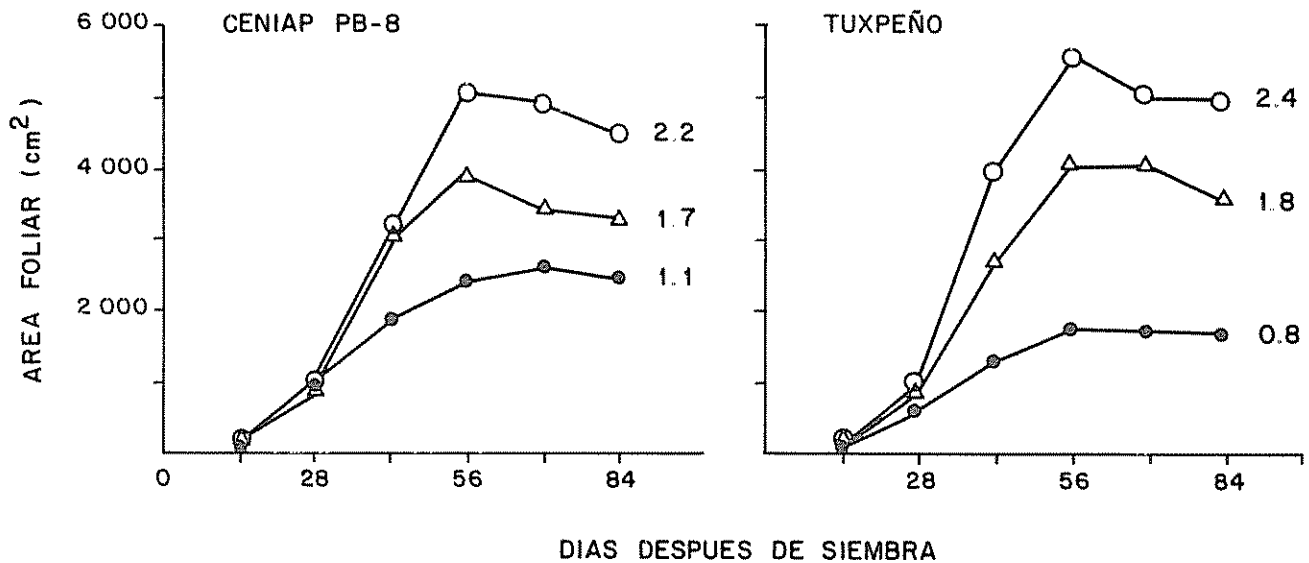


Fig. 3. El área foliar en función del tiempo de dos cultivares de maíz en crecimiento bajo irrigación (O) o sometidos a sequía durante el período vegetativo (●) o reproductivo (Δ). Las diferencias entre tratamientos fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$): a partir del día 42 en T-2 (●) fue menor que T-1 (O) y (Δ) y a partir del día 56, T-1 > T-3 > T-2. El número al lado de cada curva indica el

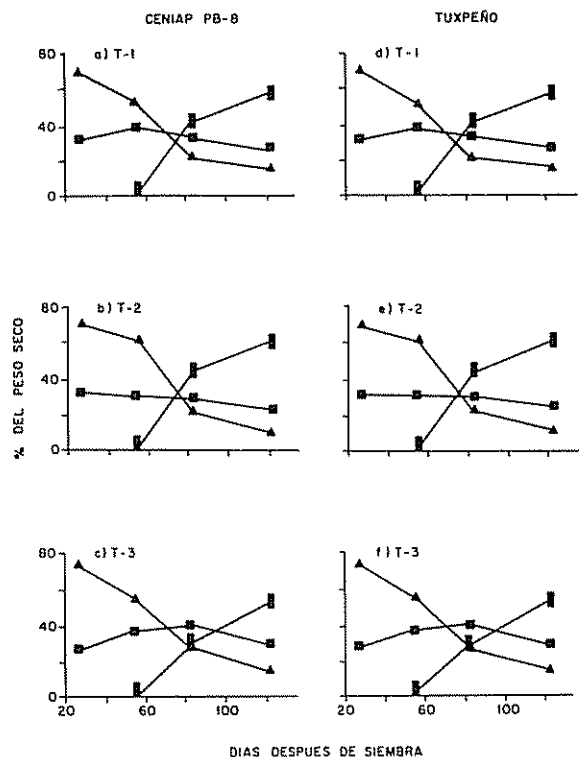


Fig. 4. El porcentaje del peso seco total invertido en tallo (■), hoja (▲) y mazorca (●) en función del tiempo de dos cultivares de maíz: Ceniap PB-8 (a-c) y Tuxpeño (d-f). Las plantas crecieron en condiciones de irrigación (T-1), de sequía durante el período vegetativo (T-2), y durante el período reproductivo (T-3).

por lo que las plantas son más pequeñas (42). Mas aún, un estudio reciente de Wolfe *et al.* (51) mostró claramente una disminución del contenido de nitrógeno por unidad de peso seco en plantas de maíz que crecieron con adecuada fertilización y régimen de sequía.

En las plantas privadas de agua durante el período reproductivo (T-3), el efecto sobre el área foliar y peso seco fue menor en relación con T-1. En este caso, la carencia de agua afectaría más la asimilación de carbono por unidad de área foliar que el área foliar por planta (1, 28, 49). Sin embargo, la probable disminución en la absorción de nutrimentos, debida a la sequía prevaeciente en el suelo, podría ser también un factor que determina la disminución del área foliar. Girardin *et al.* (20) encontraron que la privación de nitrógeno cerca del período reproductivo reduce el área foliar en el maíz en un 25% con respecto a plantas de control.

Evaluación del proceso de maduración floral

En ambos cultivares, la aparición de inflorescencias masculinas y femeninas en un 50% de la población de las plantas controles (T-1), se dio entre los 54 d y 58 d después de la siembra. Los resultados de la evaluación del proceso de maduración de las inflorescencias, realizada a los 75 días después de la siembra, se muestran en el Cuadro 1. En ella se aprecian tres síndromes fundamentales: madurez, inmadurez y desincronización con sus respectivas características.

Cuadro 1. Valores porcentuales de plantas con síndromes de madurez, inmadurez o desincronización floral observados 75 días después de la siembra en dos cultivares de maíz.

Síndrome	"CENIAP PB-8"			"Tuxpeño"		
	T-1	T-2	T-3	T-1	T-2	T-3
Madurez						
Panoja y mazorca madura	83.4	63.6	37.7	89.3	53.2	34.3
Inmadurez	4.1	27.7	36.8	6.6	33.3	41.2
1. Panoja y mazorca inmadura	3.4	17.5	36.8	4.1	28.8	40.2
2. Panoja verde	0.7	10.2	0.0	2.5	4.5	1.0
Desincronización	12.5	8.7	25.5	4.1	13.5	24.5
1. Mazorca y panoja inmadura	0.7	3.6	0.0	0.0	27.0	1.0
2. Ausencia de mazorca y panoja madura	9.7	4.4	23.6	2.5	6.3	20.6
3. Mazorca inmadura y panoja seca	2.1	0.7	1.9	1.2	4.5	2.9
n	145	137	106	122	111	102

Notas: Las plantas crecieron en condiciones de irrigación (T-1), de sequía durante el período vegetativo (T-2) y durante el período reproductivo (T-3). La antesis se dio entre los 54 y 58 días después de la siembra.

Como puede observarse, el valor porcentual de plantas maduras en ambos cultivares decreció con la sequía, siendo las plantas más afectadas las sujetas al T-3 (sequía durante la floración).

En las plantas del T-2 el síndrome más común fue el de inmadurez, pero no hubo una desincronización substancial. Esto podría deberse al efecto en las etapas tempranas del desarrollo de las inflorescencias, del déficit hídrico "per se" (12) o a una deficiencia nutricia, consecuencia de la sequía edáfica (20, 42). Contrariamente, en las plantas del T-3 se observaron ambos síndromes: inmadurez y desincronización (Cuadro 1). La sequía durante el periodo de floración afecta diferentes procesos, tales como la salida de las inflorescencias, el desarrollo de la megáspora, la apertura de las anteras, la elongación de los estilos y el desarrollo del embrión, los que se traducen en inmadurez, asincronía, o ambos, de las inflorescencias (9, 22, 23, 47, 50). En este estudio, la asincronía, tanto en "Ceniap PB-8" como en "Tuxpeño", se debió fundamentalmente a la ausencia de mazorca mientras la panoja estaba madura (Cuadro 1). Esto indica que el déficit hídrico afecta el crecimiento de los estilos, el cual es muy sensible al estrés hídrico (22, 23, 47).

Producción final de grano

El índice de cosecha (proporción de materia seca en granos en relación con el total de la parte aérea) refleja la capacidad del sumidero (granos) para captar asimilados de la fuente. En maíz tropical (30) es relativamente bajo (0.3 a 0.4), lo que podría deberse al bajo número de óvulos por implantarse (15, 21) y a la escasa translocación hacia el grano de asimilados acumulados en el tallo (17). Este índice fue relativa-

mente constante en los diferentes tratamientos en "Ceniap PB-8", pero decreció significativamente ($p < 0.05$) con la sequía en "Tuxpeño" (Cuadro 2). Los valores del índice de cosecha están dentro del rango encontrado en otros cultivares de maíz en Venezuela (37). En cuanto al índice de partición proporción de asimilados producidos después de la floración y que son destinados al grano, disminuyó en los tratamientos de sequía en ambos cultivares (Cuadro 2). La disminución observada de este índice, con respecto a T-1, fue similar en T-2 y T-3. La magnitud del índice de partición es también baja (< 1.0) en cultivares de maíz tropical, lo que indica la escasa capacidad de captación de asimilados por el sumidero (17). La reducción del índice de cosecha en "Tuxpeño" y del índice de partición de ambos cultivares, por efecto de la sequía, indican una limitación adicional a la baja capacidad de captación de asimilados por el sumidero en cultivares de maíz tropical.

El Cuadro 2 también muestra los valores en promedio del número de granos y de peso por grano. En las plantas con sequía durante el periodo vegetativo (T-2), se observó que el número de granos disminuyó significativamente ($P < 0.05$) en relación con las plantas de control (T-1) y en mayor extensión que en las plantas con sequía durante la floración (T-3). Otros trabajos que comparan el efecto de la sequía en ambos periodos sobre el número de grano han demostrado que el período de floración es el más sensible (10, 12, 15, 19). Sin embargo, esos estudios fueron realizados con periodos de sequía de un máximo de cuatro semanas; en este estudio, en cambio, la sequía duró 40 días en el T-2. En cuanto al peso por grano, éste disminuyó ligeramente en T-2 y T-3 de "Tuxpeño", pero no en los de "Ceniap PB-8". Esto concuerda con trabajos previos que indican que el peso de grano sólo disminuye

Cuadro 2. Índices de cosecha y de partición, número de granos por planta y peso por grano en dos cultivares de maíz.

Variable	"CENIAP PB-8"			"Tuxpeño"		
	T-1	T-2	T-3	T-1	T-2	T-3
Índice de cosecha	0.30a	0.27a	0.24a	0.37b	0.27a	0.26a
Índice de partición	0.48	0.35	0.34	0.58	0.33	0.33
Nº de granos	174a	93b	146b	249a	94b	143c
Peso por grano	0.24a	0.24a	0.24a	0.28b	0.23a	0.24a

Notas: Las plantas crecieron en condiciones de irrigación (T-1), de sequía durante el período vegetativo (T-2) y durante el período reproductivo (T-3). Dentro de un mismo cultivar los valores con letras diferentes indican diferencias significativas a un $P < 0.05$.

Cuadro 3. Productividad por unidad de área cultivada, peso de grano por planta y porcentaje de plantas inútiles en dos cultivares de maíz.

Variable	"CENIAP PB-8"			"Tuxpeño"		
	T-1	T-2	T-3	T-1	T-2	T-3
Productividad (kg/ha ⁻¹)	1 167	317	386	1 604	286	368
Grano por planta (g/planta ⁻¹)	43.49	22.64	38.27	69.73	22.65	38.03
Plantas inútiles (%)	37.50	67.7	76.68	46.87	70.84	77.61

Nota: Las plantas crecieron en condiciones de irrigación (T-1), de sequía durante el período vegetativo (T-2), o durante el período reproductivo (T-3)

substancialmente cuando la sequía se prolonga hasta la madurez (32). En nuestro estudio, la sequía no se prolongó hasta la madurez en ninguno de los tratamientos. Por otra parte, una disminución en la cantidad y peso de granos en condiciones de sequía ha sido asociada a un área foliar menor (fuente) (37), lo cual limitaría el suplemento de asimilados disponibles para el llenado de granos, sobre todo en T-2.

La productividad estimada por unidad de área cultivada disminuyó similarmente con la sequía, tanto en el período vegetativo como en el reproductivo, en "Ceniap PB-8" y "Tuxpeño" (Cuadro 3). Paradójicamente, el efecto observado fue igual en "Tuxpeño", seleccionado para resistir sequía durante la floración, y "Ceniap PB-8", seleccionado por un rendimiento alto de grano en condiciones adecuadas de cultivo. Esto podría ser consecuencia de la duración de la sequía en este estudio, la cual fue de unos 40 días en ambos T-2 y T-3.

El peso total de grano por planta disminuyó con la sequía, pero el efecto fue más severo en el T-2 (Cuadro 3). Esto concordaría con la disminución, a consecuencia de la sequía, del número de granos obtenidos en este estudio (Cuadro 2). A diferencia de lo observado con el peso total de grano por planta, el porcentaje de plantas inútiles (muertas y acamadas) fue mayor en el T-3 que el T-2, con respecto al tratamiento control (Cuadro 3). Se esperaba un porcentaje más alto de mortalidad en T-3, con un mayor índice de anomalías reproductivas que en T-2 (Cuadro 1), ya que la carencia de desarrollo de la mazorca se asocia a un incremento de la senescencia de la planta (3, 11).

En conclusión, este estudio ha demostrado que la disminución similar de la productividad del cultivo de maíz tropical, en condiciones de sequía durante el

período vegetativo o reproductivo, se explica por efectos biológicos diferentes, interfiriendo con la capacidad de la fuente y del sumidero, con la supervivencia de la planta o con ambos.

LITERATURA CITADA

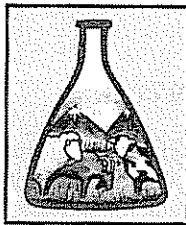
1. ACKERSON, R.C. 1983. Comparative physiology and water relations of two corn hybrids during water stress. *Crop Science* 23:278-283.
2. ADETILOYE, P.O.; OKIGBO, B.N.; EZEDIMA, F.O.C. 1984. Response by maize plant and ear shoot characters to growth factors in southern Nigeria. *Field Crops Research* 9:265-277.
3. ALLISON, J.; WEINMANN, H. 1970. Effect of the absence of the developing grain on carbohydrate content and senescence of maize leaves. *Plant Physiology* 46:435-436.
4. APARICIO-TEJO, P.M.; BOYER, J.S. 1983. Significance of accelerated leaf senescence at low water potentials for water loss and grain yield in maize. *Crop Science* 23:1198-1202.
5. BENNET, J.M.; HAMMOND, L.C. 1983. Grain yields of several corn hybrids in response to water stresses imposed during vegetative growth stages. *Proceedings of Soil and Crop Society of Florida* 42:107-111.
6. BOYER, J.M. 1970. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potentials. *Plant Physiology* 46:233-235.
7. BRITO, P.; GILABERT DE BRITO, J. 1984. Caracterización agroclimática de las áreas de desarrollo rural integrado en los ríos Guarico, Tizandos y Orituco del Estado Guarico. Maracay, Ven., Fondo Nacional de Investigaciones Agrícolas Generales. Series CN 6-02. 107 p.

8. CEULEMANS, R.; IMPENS, I.; LAKER, M.C.; VAN ASSCHE, F.M.G.; MOTTRAM, R. 1988. Net CO₂ exchange as a sensitive indicator of plant water status in corn (*Zea mays* L.). Canadian Journal of Plant Sciences 68:597-606
9. CLAASSEN, M.M.; SHAW, R.H. 1970a. Water deficit effects on corn II. Vegetative components. Agronomy Journal 62:649-652.
10. CLAASSEN, M.M.; SHAW, R.H. 1970b. Water deficit effects on corn II. Grain components. Agronomy Journal 62:652-655.
11. CRAFTS-BRANDNER, S.J.; BELOW, F.E.; HARPER, J.E.; HAGEMAN, R.H. 1984. Differential senescence of maize hybrids following ear removal. I. Whole plant. Plant Physiology 74:360-367.
12. DENMEAD, O.I.; SHAW, R.H. 1960. The effect of soil moisture stress and yield of corn. Agronomy Journal 52:272-274.
13. DUNCAN, W.G. 1975. Maize. In Crop physiology: Some case histories. L.T. Evans (Ed.) Cambridge University Press p. 23-50.
14. DWYER, L.M.; STEWART, D.W. 1986. Leaf area development in field-grown maize. Agronomy Journal 77:334-343.
15. ECK, H.V. 1986. Effects of water deficits on yield, yield components and water use efficiency of irrigated corn. Agronomy Journal 78:1035-1040.
16. FISHER, K.S.; JOHNSON, E.C.; EDMEADES, G.O. 1982. Breeding and selection for drought resistance in tropical maize. In Drought resistance in crop plants with emphasis on rice. Los Baños, Laguna, Filipinas, International Rice Research Institute. p. 377-399.
17. FISHER, K.S.; PALMER, F.E. 1983. Maize. In Potential productivity of field crops under different environments. Los Baños, Laguna, Filipinas. International Rice Research Institute. p. 155-180.
18. FRANCIS, C.A.; RUTGER, L.N.; PALMER, A.F.E. 1969. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). Crop Science 9:537-539.
19. FREY, N.M. 1981. Dry matter accumulation in kernels of maize. Crop Science 21:118-1223.
20. GIRARDIN, P.; TOLLENAAR, M.; DELFOUR, A.; MULDOON, J. 1987. Temporary N starvation in maize (*Zea mays* L.): Effects on development, dry matter accumulation and grain yield. Agronomie 7:289-296.
21. GOLDSWORTHY, P.R.; PALMER, F.E.; SPERLING, D.W. 1974. Growth and yield of lowland tropical maize in Mexico. Journal Agricultural of Science 83:223-230.
22. HALL, A.J.; VILELLA, F.; TRAPANI, N.; CHIMENTI, C. 1982. The effects of water stress and genotype on the dynamics of pollen-shedding and silk in maize. Field Crops Research 5:349-363.
23. HERRERO, M.P.; JOHNSON, R.R. 1981. Drought stress and its effects on maize reproductive systems. Crop Science 21:105-110.
24. HSIAO, T.C. 1973. Plant responses to water deficits. Annual Review of Plant Physiology 24:519-570.
25. JURGENS, S.K.; JOHNSON, R.R.; BOYER, J.S. 1978. Dry matter production and translocation in maize subjected to drought during grain fill. Agronomy Journal 70:678-682.
26. LLANOS-COMPANY, M. 1984. El maíz: Su cultivo y aprovechamiento. Madrid, Mundi-Prensa. 150 p.
27. LORENS, G.F.; BENNETT, J.M.; LOGGALES, L.B. 1987. Differences in drought resistance between two corn hybrids. II. Component analysis and growth rates. Agronomy Journal 79:808-812.
28. MCPHERSON, H.G.; BOYER, J.S. 1977. Regulation of grain yield by photosynthesis in maize subjected to water deficiency. Agronomy Journal 69:714-718.
29. MICHELENA, A.V.; BOYER, J.S. 1982. Complete turgor maintenance at low water potentials in the elongating region on maize leaves. Plant Physiology 69:1145-1149.
30. MILBOURN, G.M. 1977. Yield potential of maize in different regions of the world. Annual of Applied Biology 87:242-245.
31. MULDOON, J.F.; DAYNARD, T.B.; VAN DUINEN, B.; TOLLENAAR, M. 1984. Comparisons among rates of appearance of leaf tips, collars and leaf area in maize (*Zea mays* L.). Maydica 29:109-120.
32. QUATTAR, S.; JONES, R.J.; CROOKSTON, R.K. 1987. Effect of water deficit during grain filling on the pattern of maize kernel growth and development. Crop Science 27:726-735.
33. ROSENTHAL, W.D.; ARKIN, G.F.; SHOUSE, P.J.; JORDAN, W.R. 1987. Water deficit effects on transpiration and leaf growth. Agronomy Journal 79:1019-1026.
34. SCHOLANDER, P.F.; HAMMEK, H.I.; BRADSTREET, E.D.; HEMMING, E.A. 1965. Sap pressure in vascular plants. Science 148:339-346.
35. SOBRADO, M.A. 1986. Tissue water relations and leaf growth of tropical corn cultivars under water deficits. Plant, Cell and Environment 9:451-457.
36. SOBRADO, M.A. 1987. Leaf rolling: A visual indication of water deficit in corn (*Zea mays* L.). Maydica 32:9-18.
37. SOBRADO, M.A. 1990a. Drought responses of tropical corn. I. Leaf area and yield components in the field. Maydica 35(3):s.f. (En prensa).
38. SOBRADO, M.A. 1990b. Drought responses of tropical corn. II. Leaf expansion rate and water relations under controlled conditions. Maydica 35(3):s.f. (En prensa).
39. SOBRADO, M.A. 1990c. Drought responses of tropical corn. III. Water loss and carbon assimilation. Maydica 35(3):s.f. (En prensa).
40. SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. 1983. Biometria: Principios estadísticos en la investigación biológica. Madrid, Blume p. 832.

41. TANAKA, A J.; YAMASUCHI, J. 1972. Dry matter production, yield components and grain yield of the maize plant. *Journal of the Faculty of Agriculture of Hokkaido University* 57:71-132.
42. TANQUILIG, V.C.; YAMBAO, E B.; O'TOOLE, J.C.; DE DATTA, S.K. 1987. Water stress effects on leaf elongation, leaf water potential, transpiration and nutrient uptake of rice, maize and soybean. *Plant and Soil* 103:155-168.
43. TURNER, N.C. 1981. Techniques and experimental approaches for the measurements of plant water status. *Plant and Soil* 58:339-366.
44. TURNER, N.C. 1988. The use of a pressure chamber in studies of plant water status. *Irrigation Science* 9:289-308.
45. VAN VOLKENBURGH, E.; BOYER, J.S. 1985. Inhibitory effects of water deficits on maize leaf elongation. *Plant Physiology* 77:190-194.
46. VIANELLO, I. 1988. Comportamiento de tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) sometidos a sequía en el campo. Tesis de Lic. Caracas, Ven., Universidad Simón Bolívar, División de Ciencias Biológicas. 99 p
47. VINCENT, G.B.; WOOLEY, D.G. 1972. Effects of moisture stress at different stages of growth. II. Cytoplasmic male-sterile corn. *Agronomy Journal* 64:599-602.
48. WALTER, H.; MEDINA, E. 1971. Caracterización climática de Venezuela sobre la base de climadiagramas de estaciones particulares. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales* 29:211-240.
49. WESTGATE, M.E.; BOYER, J.S. 1985. Carbohydrate reserves and reproductive development at low leaf water potentials in maize. *Crop Science* 25:762-769.
50. WESTGATE, M.E.; BOYER, J.S. 1986. Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. *Crop Science* 26:951-956.
51. WOLFE, D.W.; HENDERSON, D.W.; HSIAO, T.C.; ALVINO, A. 1988. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize. I Leaf area duration, nitrogen distribution, and yield. *Agronomy Journal* 80:859-864.

NEW PUBLICATION

RUMINANT NUTRITION RESEARCH
Methodological Guidelines



RISPAL

US\$10.00

Ruminant Nutrition Research: Methodological Guidelines.
RISPAL/IICA/ALPA. 1992. 354 p. ISBN 92-9039-206-1.

In March 1988 a workshop was held at the Tropical Agricultural Research and Training Center (CATIE), the objective of which was to establish the basis for the standardization of methodological guidelines of ruminant nutrition research. This book presents all the documents prepared as basis for the working group discussions and all the recommendations of these groups. This book provides ideas and criteria which will facilitate the work of those scientists involved in ruminant nutrition and permit the establishment of more solid and uniform procedures for research and analysis.

Ver lista de publicaciones disponibles para la venta y boleta de solicitud en la última sección de la revista Turrialba.

Crecimiento Determinado e Indeterminado de la Soja en Dos Épocas de Siembra en Costa Rica¹

E. Villalobos*, G. Avila*, C. Echandi *

ABSTRACT

The development and agronomic performance of four determinate (dt_1) and six indeterminate (Dt_1) soybean genotypes were studied in response to two planting dates in Costa Rica: 18 May (increasing photoperiod) and 24 September (decreasing photoperiod). Supplemental irrigation was used at the end of the second growing period, to maintain soil moisture near field capacity, as it occurred during the first planting. Since other climatic factors were relatively constant, photoperiod was considered the major factor influencing plant development and productivity. Under decreasing photoperiods, the time to first flowering was reduced in seven and eight days, in the dt_1 and Dt_1 genotypes, respectively. The duration of the period between R_2 and R_7 was reduced in 12 days in both groups of genotypes. Consequently, a drastic reduction in total dry matter, branching, plant height, number of nodes on the main stem, leaf area index (LAI), leaf area duration (LAD), and a decrease of 17% in seed yield, occurred in both stem termination types. The Dt_1 genotypes also reduced the production of nodes after flowering and the degree of indeterminance [(nodes produced after flowering / total number of nodes) x 100], in the September planting. The Dt_1 genotypes flowered five and six days earlier than their dt_1 counterparts, in the first and the second growing period, respectively, but had a period between R_2 and R_7 two days longer than the dt_1 's, when planted in May and September. The Dt_1 types reached a plant height from 1.25 m to 1.63 m, and had a lodging score greater than the dt_1 's in the first planting. During the second growing period, plants of both stem termination types did not lodge. In general, dt_1 genotypes, and particularly the improved cultivar IAC-8, had greater LAI, LAD and seed yield than their Dt_1 counterparts.

COMPENDIO

Se estudiaron el desarrollo y el comportamiento agronómico de cuatro genótipos de soja con crecimiento determinado (dt_1) y seis con crecimiento indeterminado (Dt_1), en dos épocas de siembra: 18 de mayo (fotoperíodo creciente) y 24 de setiembre (fotoperíodo decreciente). Al final de la segunda época de siembra, se usó riego suplementario para mantener el suelo cerca de la capacidad de campo, igual ocurrió en forma natural en la primera época. Debido a que los demás factores climáticos fueron relativamente constantes, el fotoperíodo se consideró como el principal factor que determinó los cambios en el desarrollo de la planta y la productividad entre las dos épocas de siembra. En condiciones fotoperiódicas decrecientes, el período vegetativo se redujo en siete y ocho días en los genótipos dt_1 y Dt_1 , respectivamente. La duración entre los estados R_2 y R_7 se redujo en 12 días en ambos grupos. Consecuentemente, se dio una drástica reducción en la producción de materia seca total, en la altura de la planta, en el número de nudos en el tallo principal, en la ramificación, en el índice de área foliar (IAF) y en la duración del área foliar (DAF); y una disminución promedio del 17% en la producción de semilla, en ambos grupos de genótipos. En los Dt_1 también disminuyó la producción de nudos después de la floración, y su grado de indeterminación en la siembra de setiembre. Los Dt_1 florecieron cinco y seis días antes que los dt_1 , en la primera y en la segunda época de siembra, respectivamente, y mostraron un período de dos días más prolongado entre R_2 y R_7 , en ambas épocas. Los tipos Dt_1 alcanzaron una altura de planta de 1.25 m a 1.63 m, y un mayor índice de volcamiento que los dt_1 , en la siembra de mayo. En la segunda época no hubo volcamiento en ningún grupo. En general, los genótipos dt_1 , y en particular el cultivar mejorado IAC-8, mostraron mayor IAF, DAF y producción de semilla que los Dt_1 .

INTRODUCCION

En Costa Rica, la soja podría cultivarse todo el año, si existieran facilidades para irrigar durante la época seca. Tradicionalmente, la soja se siembra en la segunda mitad del año julio a noviembre, según la región, con el fin de aprovechar al máximo el período lluvioso y cosechar cuando hay poca o ninguna precipitación. Eventualmente, la soja se cultiva durante la primera mitad del año, sembrándose al inicio de la época lluviosa: abril o mayo. No obstante, debido a que la cosecha generalmente coincide con una precipitación alta, esta época de cultivo no se ha generalizado.

1 Recibido para publicación el 26 de febrero de 1990. Los autores agradecen al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) y a la Oficina Nacional de Semillas, Costa Rica, por el financiamiento parcial de esta investigación. El primer autor es beneficiario del Programa de Apoyo a Investigadores, patrocinado por el CONICIT.

* Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS), Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

En Costa Rica (9° 11' N), la diferencia entre el día más largo en junio y el más corto en diciembre, es de aproximadamente una hora (7). Estas variaciones relativamente pequeñas del fotoperíodo han contribuido a que no se haya documentado el efecto de estos cambios en el crecimiento y en la producción de semilla de soja. Este aspecto pasa incluso inadvertido cuando se recomiendan cultivares, para la siembra comercial, o prácticas culturales donde el desarrollo de la planta desempeña un papel importante. En las regiones tropicales, se ha encontrado que las plantas de soja expuestas a condiciones fotoperiódicas crecientes—diciembre a junio—retardan su floración y prolongan su ciclo de vida, en comparación con las que crecen en condiciones fotoperiódicas decrecientes—junio a diciembre—aunque la duración del día en el momento de la siembra sea igual en ambas épocas (21).

En el país se ha dado más importancia a la limitación que impone el fotoperíodo a la adaptación local de cultivares introducidos de latitudes mayores. Por ser la soja una especie de "día corto" (8), la mayoría de los cultivares del sur de los Estados Unidos de América (EE.UU.) y Brasil florecen demasiado temprano para dar una producción aceptable, en las condiciones de días más cortos del trópico (9, 14). Según Hartwig (9), un cultivar de soja que florezca antes de los 45 días, no alcanza el desarrollo vegetativo suficiente para dar una producción aceptable en el trópico. Por otra parte, la existencia de genótipos insensibles al fotoperíodo sólo ha sido confirmada en los grupos de madurez temprana (18).

Algunos autores (25, 26) han encontrado que los genótipos de soja con crecimiento indeterminado (Dt_1), florecen primero que aquellos con crecimiento determinado (dt_1), provenientes del mismo cruzamiento. Sin embargo, a pesar de que los genótipos Dt_1 de una generación F7 florecieron 18 días antes que los dt_1 , alcanzaron la madurez tres semanas más tarde, lo que les permitió reponerse del efecto negativo de la floración precoz y superar a los genótipos dt_1 , en la producción de semilla (25). Por otra parte, Nagata (17) también encontró que los Dt_1 mostraron un período de floración diez días más largo que los dt_1 , en una población F2. Sin embargo, solamente los genótipos Dt_1 precoces mostraron un período reproductivo de cinco a ocho días mayor que los dt_1 , que florecieron simultáneamente. Los genótipos tardíos mostraron un período reproductivo similar, independientemente de su hábito de crecimiento. Por otra parte, Wilcox y Frankengerger (28) no encontraron diferencia en la duración del período vegetativo o reproductivo en cultivares Dt_1 y dt_1 adaptados al norte de EE.UU. en respuesta a la época de siembra.

Algunos investigadores (26, 27) han demostrado que en condiciones ambientales variables, los genótipos Dt_1 manifiestan una mayor estabilidad de producción que los dt_1 .

Con esta investigación se pretendió documentar la influencia de la época de siembra mayo y setiembre en la duración entre los estados específicos del desarrollo de la planta, y el comportamiento agronómico de genótipos de soja con crecimiento determinado e indeterminado, y, en su mayoría, provenientes de un mismo cruzamiento.

MATERIALES Y METODOS

Se realizaron dos experimentos en la Estación Experimental Fabio Baudrit, ubicada a 10° 01' de latitud Norte, 84° 14' longitud Oeste y a 840 metros sobre el nivel del mar. La primera siembra se hizo el 18 de mayo de 1987 y la segunda el 24 de setiembre del mismo año, ambas en la misma parcela.

Se usaron seis genótipos indeterminados (Dt_1): el cultivar SIATSA-194 y las líneas L-40, L-79, L-75, L-108-7 y L-1; y cuatro genótipos determinados (dt_1): los cultivares IAC-8 y Júpiter-R, y las líneas L-108-4 y L-2. Las líneas experimentales Dt_1 y dt_1 fueron seleccionadas por el M. Sc. Rafael Montero, fitomejorador de la Universidad de Costa Rica, de una generación avanzada del cruzamiento (D49-2491 x Bilomi 3), introducida de Arkansas (EE.UU.) a Costa Rica, en 1984. De este cruzamiento se seleccionó el cultivar Júpiter hace varios años (6). El cultivar IAC-8 tiene un progenitor común con el cultivar Júpiter. El cultivar SIATSA-194 tiene diferente origen a los anteriores, pero se incluyó en el estudio porque, junto con 'IAC-8' y 'Júpiter', forman parte de los cultivares recomendados por el Comité Varietal de Soja, para la siembra comercial en Costa Rica.

En el primer experimento, no se pudo estudiar el comportamiento agronómico de las dos líneas determinadas, L-108-4 y L-2, ni del cultivar SIATSA-194, debido al bajo porcentaje de germinación que alcanzaron.

En los dos experimentos se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones.

La siembra se hizo en parcelas de siete surcos de 5 m de largo, separados 0.5 m entre sí. Los tres surcos centrales, después de eliminar 0.5 m de los extremos, se utilizaron para evaluar la producción de semilla y el comportamiento agronómico. Los dos surcos de los extremos se usaron como bordes, y los otros dos surcos para evaluar aquellas variables que requerían la eliminación de plantas.

La semilla se sembró aproximadamente a 4 cm de profundidad. A los 12 días se efectuó un raleo, para dejar 15 plantas por metro (300 000 plantas/ha). Al momento de ralear, la mayoría de las plantas tenían las hojas unifolioladas completamente expandidas y una hoja trifoliolada bien desarrollada.

En la Fig. 1 se presentan la temperatura promedio máxima y mínima, la humedad relativa, la precipitación pluvial, el fotoperíodo y la radiación solar que prevalecieron durante la investigación.

En la siembra del primer experimento, se aplicó un riego de 25 mm, para favorecer una germinación uniforme. Durante el segundo experimento se aplicaron siete riegos distribuidos durante el ciclo de cultivo de la siguiente manera: 73 mm a los 48, 54 y 60 días; 64 mm a los 67 días; 51 mm a los 72 días, y 38 mm a los 78 y a los 84 días de la siembra (Fig. 1).

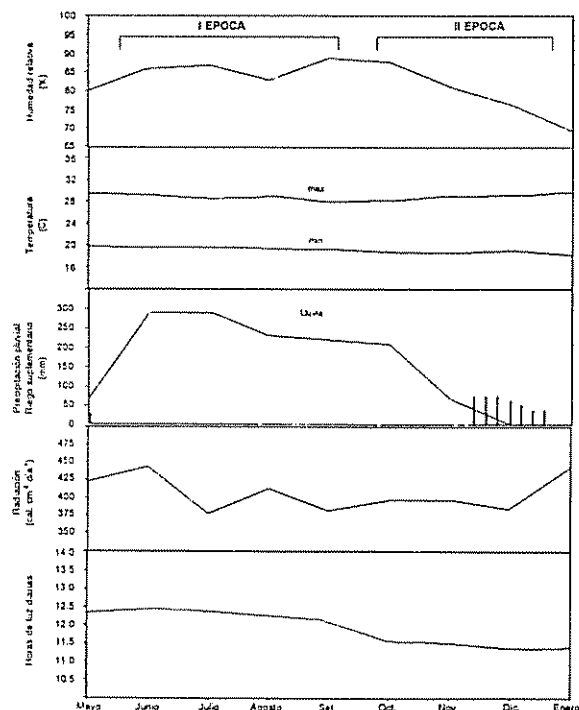


Fig 1. Datos climáticos prevalecientes en la Estación Experimental Fabio Baudrit durante el período del estudio (mayo de 1987 a enero de 1988).

En la segunda época de siembra, se aplicó agua abundante para mantener la humedad del suelo en condiciones similares al primer experimento. No obstante, con el fin de evitar la escorrentía excesiva, y

debido a la mayor precocidad que mostraron los materiales en el segundo experimento, la cantidad de agua aplicada a partir de los 54 días de la siembra fue menor que la lluvia que cayó a partir de ese momento, en la primera época (Fig. 1). Sin embargo, el contenido de humedad del suelo fue cercano a la capacidad de campo. Esto permitió minimizar la influencia del agua en el desarrollo y en la producción de semilla entre las dos épocas de siembra, y atribuir las diferencias principalmente al fotoperíodo.

El suelo de la parcela experimental fue un Typic Ustropept, de origen coluvial y de depósitos de cenizas volcánicas, con 7% de materia orgánica y contenidos de K, Ca y Mg de 0.5, 5.6 y 1.0 mEq/100 ml suelo, respectivamente. Sus contenidos de arena, limo, arcilla y agua disponible fueron del 33%, 45%, 22% y 16%, en ese orden.

La fertilización y la inoculación fueron similares en los dos experimentos. Se aplicaron 18.2 kg/ha N; 54.6 kg/ha P₂O₅ y 18.2 kg/ha K₂O, mediante el uso de la fórmula comercial 10-30-10. Inmediatamente antes de la siembra, se aplicaron aproximadamente 4 g de un inoculante granulada (Nitragin), a cada surco de 5 metros.

En cada siembra se aplicó una mezcla de herbicidas alaclor (Lazo) con linurón (Afalón), en preemergencia, a razón de 1.5 l/ha y 1 kg/ha de producto comercial, respectivamente. Esta mezcla ejerció un buen control de malezas monocotiledóneas y dicotiledóneas. El control químico de malezas se complementó con dos deshierbas manuales en cada experimento.

También se logró un control eficaz de insectos al realizar seis y cinco aplicaciones alternas de acefato (Orthene), metomil (Lannate) y metamidofos (Tamaron) a las dosis comerciales, en el primer y segundo experimento, respectivamente. Se pretendió así minimizar el daño por insectos para evitar alterar un análisis de crecimiento, el que se hizo como un estudio complementario (1). Tampoco se presentaron ataques significativos de bacterias, virus u hongos durante el ciclo de cultivo.

Se evaluaron la producción de semilla, el índice de cosecha [(peso seco semillas/peso seco total) x 100], el "grado de indeterminación" [(nudos después de la floración/total de nudos) x 100] (24), la altura de la planta, el número de nudos a la floración y a la cosecha, y el acame.

Muestras aleatorias que incluyeron las plantas en 0.5 m de los surcos destinados para ese propósito, se usaron para calcular el índice de área foliar máximo (IAF max.), la duración del área foliar (DAF), el peso seco total y de las ramas, y la proporción del peso seco de las ramas respecto del peso seco total. El peso seco de

las partes de la planta se obtuvo al secar las muestras por tres días consecutivos a 60°C, en una estufa con flujo de aire.

La estimación del área foliar (AF), requerida para calcular el IAF y la DAF, se logró al obtener un factor de conversión de peso seco en área, de una muestra foliar representativa de los diferentes estratos del dosel. Este factor, calculado cada vez que se hizo un muestreo, se usó para transformar en área el peso seco del follaje total, obtenido de los 0.5 m del surco.

Durante la primera y la segunda época de siembra, se hicieron siete y seis mediciones del AF, a intervalos de 14 d después de la siembra, excepto el último muestreo, hecho 22 y 10 d después del penúltimo, en la primera y en la segunda siembra, respectivamente. Estos valores de AF se emplearon para estimar la DAF, que es una integración del AF en el tiempo. La DAF se obtuvo calculando y sumando el área de los trapecios que se forman al graficar el AF (eje y) en el tiempo

(eje x), según lo proponen Kvet *et al.* (13). El valor máximo de IAF (metro cuadrado de follaje/metro cuadrado de suelo) coincidió con la época del llenado de vainas y se analizó como una variable independiente.

El peso seco del tallo y ramas se obtuvo en el momento en que se hizo el último muestreo foliar. El peso de la semilla se corrigió al 12% de humedad. Los estados del desarrollo de la planta se identificaron mediante el procedimiento propuesto por Fehr y Caviness (12).

Además del análisis estadístico individual de cada experimento, se hizo un análisis combinado de los dos experimentos, para comparar el comportamiento agronómico de los genótipos en las dos épocas de siembra, previa confirmación de la homogeneidad de las variancias. Para comparar las medias de los tratamientos en cada época de siembra, se usó la prueba de la diferencia mínima significativa.

Cuadro 1. Días entre estados del desarrollo vegetativo en genótipos determinados e indeterminados de soja, en respuesta a la época de siembra (I=18 mayo II=24 setiembre)¹

Genótipos	Siembra — VI		VI — V2		V2 — V3		V3 — V4		V4 — V5		V5 — V6	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Determinados												
IAC-8	11	9	4	7	6	6	3	4	4	4	4	5
Júpiter-R	11	9	4	7	7	5	5	5	4	4	4	4
L-108-4	11	9	4	7	6	5	3	5	4	4	4	4
L-2	11	9	4	7	6	5	3	4	4	4	5	5
Medias	11	9	4	7	6.2	5.2	3.5	4.5	4	4	4.2	4.5
Indeterminados												
L-40	11	9	4	7	6	5	6	4	4	4	3	4
L-79	11	9	4	7	6	5	3	5	4	4	3	4
L-75-10	11	9	4	7	7	6	5	4	4	4	4	4
L-108-7	11	9	4	7	6	5	3	4	5	4	3	4
L-1	11	9	4	7	6	5	3	5	4	4	5	4
Siatsa-194	11	9	4	7	6	6	3	3	4	4	4	4
Medias	11	9	4	7	6	5.3	3.8	4.2	4.2	4	3.7	4

Cuadro 1. (Continuación)

Genótipos	V6 - V7		V7 - V8		V8 - V9		V9 - RI		Siembra - RI	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Determinados										
IAC-8	5	5	3	—	3	—	—	—	43	40
Júpiter-R	3	5	4	4	3	—	7	—	52	43
L-108-4	4	5	4	7	3	—	11	—	54	46
L-2	4	5	3	3	3	4	10	—	53	46
Medias	4	5	3.5	4.7	3	—	9.3	—	51	44
Indeterminados										
L-40	4	—	4	—	—	—	—	—	42	33
L-79	4	5	4	—	3	—	6	—	48	39
L-75-10	2	5	3	—	3	—	4	—	47	39
L-108-7	4	6	3	—	3	—	5	—	46	39
L-1	4	5	3	—	3	—	2	—	45	39
Siatsa-194	4	4	3	—	3	—	5	—	46	37
Medias	3.7	4.2	3.3	—	3	—	3.7	—	46	38

1 Los estados de desarrollo vegetativo se determinaron de acuerdo con el procedimiento propuesto por Fehr y Caviness (12).

RESULTADOS Y DISCUSION

La reducción progresiva del fotoperíodo que ocurrió cuando la soja se sembró el 24 de setiembre (Fig. 1), indujo una merma en promedio del período vegetativo en 7 d y 8 d con respecto a la siembra de mayo, en los genótipos dt₁ y Dt₁, respectivamente. Por otra parte, en la segunda época de siembra, el período de floración a madurez temprana (R₂ a R₇) disminuyó en un promedio aproximado de 12 d, en ambos genótipos (Cuadros 1 y 2). Otros investigadores (21), en condiciones tropicales y en latitudes mayores (14, 16), también han observado una reducción en el período vegetativo y reproductivo de la soja entre genótipos con diferente hábito de crecimiento, en respuesta al fotoperíodo descendente.

La duración de intervalos entre estados específicos del desarrollo vegetativo, entre los genótipos dt₁ y Dt₁, fue muy similar en cada una de las épocas de siembra. Las diferencias en precocidad entre los dos grupos de genótipos ocurrieron básicamente después del estado V₉ en la primera época y después del V₇ en la segunda

(Cuadro 1), y no en el período en que los genótipos tardaron en alcanzar esos estados de desarrollo. Por el contrario, hubo más diferencias entre los dos grupos de genótipos, en la duración en promedio de los intervalos entre estados de desarrollo reproductivo, que en la duración entre estados específicos del desarrollo vegetativo (Cuadro 2). Sin embargo, esas diferencias no fueron consistentes en las dos épocas de siembra. En la primera época, los genótipos dt₁ tendieron a prolongar la duración del período R₇ a R₈, razón por la que se decidió aplicar paraquat en el estado R_{7.5}, para proceder a la segunda etapa de la investigación (Cuadro 2). En algunos casos, inclusive, hubo más diferencias entre genótipos con el mismo hábito de crecimiento, que entre el promedio de ambos grupos.

Debe considerarse que la duración entre estados específicos del desarrollo es afectada por otros factores ambientales, además del fotoperíodo y del genotipo (10, 11, 12). La temperatura tiene una gran influencia en el desarrollo vegetativo, especialmente en los estados iniciales (12), por lo que pueden esperarse cambios considerables en la duración de un estado

vegetativo al otro. Así por ejemplo, un incremento de tres días en la duración del estado V₁ al V₂, presente en todos los genótipos en la segunda época de siembra, con respecto a la primera, probablemente se debió a una ligera disminución en la temperatura promedio máxima que ocurrió en setiembre y octubre (Fig. 1).

Como consecuencia de la precocidad inducida en la segunda época de siembra en todos los genótipos, se dio una disminución en la materia seca total, en la ramificación, en la altura de la planta, en el número de nudos en el tallo principal, en el IAF, en la DAF y en la producción de semilla (Cuadro 3). La reducción promedio en la producción de semilla fue de aproximadamente un 17% en los genótipos Dt₁ y dt₁ que se evaluaron en las dos épocas de siembra, contrario a las observaciones de otros investigadores (26,27), quienes han determinado una mayor estabilidad en los genótipos Dt₁, en situaciones climáticas variables.

Además, hay dos aspectos negativos, desde el punto de vista de la productividad, que estuvieron asociados con el tipo de crecimiento indeterminado. En primer lugar, los genótipos Dt₁ iniciaron la floración más temprano que los dt₁ (cinco y seis días en la primera y en la segunda época de siembra, respectivamente), lo cual coincide con otras investigaciones realizadas con genótipos tropicales (26).

Este aspecto resulta indeseable, porque obliga a la planta a entrar en el desarrollo reproductivo, cuando aún no ha alcanzado un desarrollo vegetativo y un área foliar suficientes, para dar una producción de semilla aceptable (9, 15). De hecho, esto ha limitado la adaptación en el trópico de cultivares provenientes de otras latitudes (9). En segundo lugar, los Dt₁ mostraron un alto índice de volcamiento en la primera época de siembra, lo cual resulta contraproducente para la producción (5). Ese alto grado de volcamiento, probablemente habría imposibilitado la cosecha mecánica de esos genótipos.

Cuadro 2. Días entre estados de desarrollo reproductivo en genótipos determinados e indeterminados de soja, en respuesta a la época de siembra (I=18 mayo y II=24 setiembre)¹.

Genótipos	R2 — R3		R3 — R4		R4 — R5		R5 — R6		R6 — R7	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Determinados										
IAC-8	14	5	4	8	6	4	26	21	12	9
Júpiter-R	10	4	4	5	7	5	28	21	8	10
L-108-4	9	3	4	7	5	4	28	21	8	9
L-2	10	3	7	6	5	5	19	20	13	10
Medias	10.8	3.8	4.8	6.5	5.8	4.5	25.2	20.8	10.2	9.5
Indeterminados										
L-40	14	7	4	4	7	4	19	20	16	16
L-79	11	6	9	4	5	4	19	19	12	15
L-75-10	15	6	6	4	5	4	23	19	10	15
L-108-7	15	6	5	4	4	4	22	19	14	15
L-1	14	6	3	4	6	4	20	19	16	15
Siatsa-194	12	6	7	4	5	4	23	19	10	15
Medias	13.5	6.2	5.7	4	5.3	4	21	19.2	13	15.2

Cuadro 2. (Continuación)

Genótipos	R2 — R7		R7 — R8		Nudos a R1		Nudos a R8		G.I. (%)	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Determinados										
IAC-8	62	47	1	7	9	7	10	9	0.1	0.2
Júpiter-R	57	45	7	8	11	8	11	9	0.0	0.1
L-108-4	54	44	*	8	11	8	—	9	—	0.1
L-2	54	44	*	8	12	9	—	9	—	0.0
Medias	56.8	45	—	8	11	8	—	9	—	0.1
Indeterminados										
L-40	60	51	8	7	8	6	16	9	50	33
L-79	56	48	9	7	11	7	21	11	48	36
L-75-10	59	48	9	7	10	7	19	10	47	30
L-108-7	60	48	9	7	11	7	18	10	39	30
L-1	59	48	9	7	10	7	18	11	44	36
Siatsa-194	57	48	9	7	11	7	—	10	—	30
Medias	58.5	46.8	9	7	10	7	—	10	46	32

1 Simbología: G.I. = Grado de indeterminación según Thseng y Hosokawa (24). Los estados de desarrollo reproductivo se determinaron de acuerdo con el procedimiento propuesto por Fehr y Caviness (12).

* Se aplicó paraquat (1 l/ha) en el estado R_{7,5} para facilitar la cosecha.

Otros investigadores (25) han encontrado que los genótipos Dt₁ logran recuperarse del efecto negativo de la floración temprana, al prolongar el período reproductivo por varios días. En esta investigación, este aspecto no fue importante ya que la duración del período de la floración a la madurez temprana (R₂ a R₇), en los genótipos Dt₁, fue, en promedio, poco menos de dos días mayor que en los dt₁ (Cuadro 2). Por el contrario, la producción de nudos en el tallo principal (ocho y tres en la primera y segunda época, respectivamente) y en las ramas secundarias, si influyó positivamente en que los genótipos Dt₁ lograran contrarrestar el efecto negativo de la fotoinducción y del volcamiento, y alcanzar una producción en promedio de 2 t a 8 t en la primera siembra (Cuadro 3). Esa producción, si bien es inferior a la producción promedio de los cultivares mejorados dt₁, es aceptable en condiciones tropicales.

En la segunda época de siembra se dio una reducción de la altura de la planta a la cosecha, evidentemente

mayor en los genótipos Dt₁ (57% versus 17%, en los cultivares dt₁), lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Wilcox y Frankenberger (28), aunque la reducción en la altura de la planta, encontrada por estos investigadores en los cultivares Dt₁, fue de menor magnitud. Esta reducción en la altura de la planta evitó el acame en los dos grupos (Cuadro 3). De igual forma, el número de nudos en el estado R₁ y en el R₇ se redujo en todos los genótipos, pero esa merma fue mayor en los genótipos Dt₁, similar a lo observado por Wilcox y Frankenberger (28), en cultivares Dt₁ del norte de EE.UU. en respuesta a la siembra tardía. En los genótipos Dt₁ también disminuyó la producción de nudos después de la floración y, en consecuencia, se redujo su "grado de indeterminación" (Cuadro 2), como ha sido observado en otras ocasiones (3, 27).

En términos generales, los genótipos dt₁, y particularmente el cultivar IAC-8, mostraron un IAF y una DAF mayores que los Dt₁. Esto puede explicar, en

parte, las diferencias en la producción de semilla que se encontraron en los genótipos incluidos en el estudio, especialmente la mayor productividad del cultivar mencionado. A pesar de que no hubo diferencias marcadas en la producción de semilla, especialmente en la segunda época de siembra, la correlación del IAF y la DAF con la producción fue de 0.67** y 0.63**, respectivamente. Es evidente que la cantidad de superficie asimilatoria y su duración son elementos importantes para que un genótipo de soja pueda alcanzar una adecuada producción de semilla. La DAF es un buen indicador, en otras especies, de una alta productividad (23).

Es importante señalar que el IAF máximo de los genótipos que se incluyeron en esta investigación, aun en la primera época de siembra, fue muy bajo, en relación con los índices que se alcanzan en las principales regiones productoras de soja en el mundo (19, 22). Un IAF máximo de tres, como el que alcanzaron

la mayoría de los genótipos en la segunda época de siembra (Cuadro 3), puede incluso alcanzar la saturación de luz (22). Esta observación es preocupante, si se toma en cuenta que el cultivo de la soja en Costa Rica resulta más apropiado al final de la época lluviosa (julio a octubre, según la región), ya que de esta forma se hace coincidir la cosecha con la época seca y se obtiene una semilla de mejor calidad. Para esta época de siembra, debería procurarse el desarrollo de cultivares mejorados, que muestren una precocidad comparable con la de los genótipos usados en este estudio, durante la primera época de siembra (Cuadros 1 y 2). Esta observación coincide con la opinión de algunos investigadores (9, 15), quienes han estudiado la adaptación de la soja en condiciones tropicales.

El índice de cosecha disminuyó considerablemente en los cultivares dt₁, y aumentó ligeramente en los genótipos Dt₁ en la segunda época de siembra (Cuadro 3). El pequeño aumento del índice de cosecha en

Cuadro 3. Comportamiento agronómico de genótipos de soja con diferente hábito de crecimiento en dos épocas de siembra (I=18 mayo y II=24 setiembre), en Alajuela, Costa Rica^a.

Genótipos	Producción (kg.ha ⁻¹)		I.C. (%)		P.S. total P.S. ramas (g.m ⁻²)				Relación peso seco (ramas/total)	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Determinados										
IAC-8	3 740	2 791	44	26	1 193	693	130	33	0.105	0.040
Júpiter-R	3 000	2 794	40	34	1 052	694	88	20	0.080	0.025
L-108-4	—	2 525	—	31	—	565	—	13	—	0.027
L-2	—	2 523	—	30	—	666	—	33	—	0.047
Medias	3 370	2 658	42	30	1 122	654	109	25	0.092	0.035
Indeterminados										
L-40	3 081	2 453	41	42	1 022	592	36	12	0.032	0.017
L-79	2 710	2 467	35	39	1 076	564	80	17	0.070	0.030
L-75-10	2 838	2 313	38	43	1 039	520	66	12	0.063	0.020
L-108-7	2 671	2 232	39	42	993	458	60	13	0.058	0.022
L-1	2 937	2 275	39	39	939	545	48	12	0.047	0.017
Siatsa-194	—	2 577	—	41	—	495	—	27	—	0.050
Medias	2 847	2 386	38	41	1 014	529	58	16	0.054	0.026
DMS($\alpha=0.05$) ^a	470	605	7	5	256	173	22	9	0.017	0.011
ANDEVA^c										
Epoca (E)	**		ns		**		**		**	
Genótipo (G)										
HC	**		**		**		**		**	
G(HC)	ns		ns		ns		**		**	
HC * E	ns		**		ns		**		**	
G(HC) * E	ns		*		ns		**		**	

Cuadro 3. (Continuación)

Genótipos	IAF máximo (m ² . m ⁻²)		Altura de la planta floración cosecha (cm)				Duración área foliar (d.m ² . m ⁻²)		Acame	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Determinados										
IAC-8	4.1	2.7	69	51	84	65	228	107	2.5	1.0
Júpiter-R	3.5	2.1	64	48	70	62	184	100	1.0	1.0
L-108-4	—	2.5	—	51	—	62	—	99	—	1.0
L-2	—	2.5	—	53	—	60	—	109	—	1.0
Medias	3.8	2.5	67	51	77	62	206	104	1.8	1.0
Indeterminados										
L-40	3.3	2.1	61	40	126	66	171	86	3.2	1.0
L-79	3.8	2.0	65	38	163	64	199	85	3.8	1.0
L-75-10	3.3	1.7	49	36	134	54	187	77	3.0	1.0
L-108-7	3.2	1.7	51	34	125	53	185	82	2.5	1.0
L-1	2.8	1.6	66	38	146	65	176	79	2.5	1.0
Siatsa-194	—	1.8	—	40	—	56	—	89	—	1.0
Medias	3.3	1.8	58	38	139	60	184	83	3.0	1.0
DMS($\alpha=0.05$) ^b	0.9	0.6	8	4	18	8	32	16	1.4	—
ANDEVA^c										
Epoca (E)	**		**		**		**		**	
Genótipo (G)										
HC	**		**		**		**		**	
G(HC)	*		**		**		**		**	
HC * E	ns		ns		**		ns		**	
G(HC) * E	ns		*		**		ns		ns	

a Simbología: LC =Índice de cosecha; PS =Peso seco; IAF=Índice de área foliar; HC=Hábito de crecimiento.

b La prueba estadística de la diferencia mínima significativa (DMS $\alpha=0.05$) está basada en los análisis independientes, y permite comparar valores dentro de una misma época (columna)

c En el análisis combinado sólo se incluyeron los siete genótipos comunes a los dos experimentos; ** = $\alpha < 0.01$; * = $\alpha < 0.05$; ns = $\alpha > 0.05$.

los cultivares Dt₁ se debió a que en la segunda época de siembra no ocurrió el crecimiento desmedido del tejido de sostén que se presentó en la primera época.

No hubo correlación entre el índice de cosecha y la producción. Los coeficientes de correlación entre estas dos características, para los genótipos dt₁ en la primera y en la segunda época de siembra fueron 0.55ⁿ³ y 0.13ⁿ³, y para los genótipos, Dt₁ -0.07ⁿ³ y -0.18ⁿ³, respectivamente. En otras investigaciones (2, 20), esta asociación ha sido errática e incluso negativa (4). Tampoco se encontró una relación consistente entre el índice de cosecha y el hábito de crecimiento (Cuadro 3), lo que concuerda con Schapaugh y Wilcox (20). En la primera época, el índice de cosecha fue mayor en los genótipos dt₁, similar a los resultados obtenidos por

Beaver *et al.* (2) y por Wilcox y Frankenberger (28), pero en la segunda época se encontró una relación inversa (Cuadro 3).

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación ponen en evidencia la importancia del fotoperíodo y del hábito de crecimiento, en la adaptación de la soja en el trópico. Evidentemente, los genótipos Dt₁ son inapropiados para la siembra en condiciones fotoperiódicas ascendentes y de alta precipitación, debido al alto grado de volcamiento que alcanzan. En su lugar, los cultivares dt₁, incluso más precoces que los que se usaron en esta investigación, podrían adaptarse mejor a las con-

diciones climáticas que imperan en los primeros meses de la época lluviosa. De esta forma, se podría adelantar la siembra utilizando riego inicialmente, y se haría coincidir la cosecha con un período de menor humedad, que se presenta generalmente a finales de julio y principios de agosto. En condiciones fotoperiódicas decrecientes, el hábito de crecimiento pierde importancia como característica varietal. En estas condiciones, los cultivares Dt₁ ó dt₁, más tardíos que los que se emplearon en esta investigación, deben mostrar un mejor desarrollo y potencial productivo. Sin embargo, es prácticamente imposible lograr estos fines mediante la simple introducción de material genético adaptado a latitudes mayores. Estas observaciones señalan la necesidad de implementar programas locales de mejoramiento genético, tendentes a desarrollar cultivares de soja que se adapten a las condiciones agroclimáticas específicas que prevalecen en diferentes regiones del país y en diferentes épocas del año.

LITERATURA CITADA

1. AVILA, G. 1989. Desarrollo y comportamiento agronómico de genótipos de soja con diferente hábito de crecimiento, en condiciones fotoperiódicas crecientes y decrecientes. Tesis Ing. Agr. San Pedro de Montes de Oca, C.R., Universidad de Costa Rica. 52 p.
2. BEAVER, J.S.; COOPER, R.L.; MARTIN, R.J. 1985. Dry matter accumulation and seed yield of determinate and indeterminate soybeans. *Agronomy Journal* (EE.UU.) 77(5):675-679.
3. BERNARD, R. 1972. Two genes affecting stem termination in soybean. *Crop Science* (EE.UU.) 12:235-239.
4. BUZZELL, R.I.; BUTTERY, B.R. 1977. Soybean harvest index in hill-plots. *Crop Science* (EE.UU.) 17:968-970.
5. COOPER, R.L. 1971. Influence of early lodging on yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merr). *Agronomy Journal* (EE.UU.) 63:449-450.
6. FLORIDA AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION (EE.UU.). 1972. Jupiter: A new soybean variety for tropical latitudes. Circular S-127. 12 p.
7. FRANCIS, C.A. 1972. Natural daylengths for photoperiod sensitive plants. CIAT. Technical Bulletin 2:1-32.
8. GARNER, W.W.; ALLARD, H.A. 1920. Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction of plants. *Journal Agricultural Research* (EE.UU.) 18:553-606.
9. HARTWIG, E.E. 1970. Growth and reproductive characteristics of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) grown under short day conditions. *Tropical Science* (G.B.) 12:47-53.
10. HESKETH, J.D.; MYHRE, D.I.; WILLEY, C.R. 1973. Temperature control of time intervals between vegetative and reproductive events in soybeans. *Crop Science* (EE.UU.) 13:250-254.
11. HUXLEY, P.A.; SUMMERFIELD, R.J.; HUGHES, A.P. 1976. Growth and development of soybean cv. TK5 as affected by tropical daylengths, day/night temperatures and nitrogen nutrition. *Annals of Applied Biology* (U.K.) 82:117-133.
12. IOWA COOPERATIVE EXTENSION SERVICE. 1977. Stages of soybean development. Special Report no 80. 11 p.
13. KVEI, J.; ONDOK, J.P.; NECAS, J.; JARVIS, P.G. 1971. Methods of growth analysis. In Plant photosynthetic production: Manual of methods. Z. Sestak; J. Catsky; P.G. Jarvis (Eds.) La Haya, Holanda, W. Junk Pub. p. 343-391.
14. JOHNSON, H.W.; BORTHWICK, H.A.; LEFFEL, R.T. 1960. Effect of photoperiod and time of planting on rates of development of the soybean in various stages of the life cycle. *Botanical Gazette* (EE.UU.) 122:77-95.
15. LEAKEY, C.L.; BUBAIHAYO, P.R. 1970. Soybean as a potentially valuable crop for agricultural diversification in Uganda. *East African Agriculture and Forestry Journal* (Kenia) 36:39-44.
16. NAGATA, T. 1960. Agronomic studies on the genealogical differentiation of soybeans in Japan and the world. Scientific Report Hyogo University of Agriculture (Japón) 4:96-122-14.
17. NAGATA, T. 1960. Morphological, physiological and genetic aspects of the summer vs. autumn soybean habit, the plant habit and interrelation between them in soybeans. Scientific Report Hyogo University of Agriculture (Japón) 4:71-95.
18. NISSLY, C.R.; BERNARD, R.L.; HITTLE, C.N. 1981. Variation in photoperiod sensitivity for time of flowering and maturity among soybean strains of maturity group. III. *Crop Science* (EE.UU.) 21:833-836.
19. PEDRO, M.J.; MASCARENHAS, H.A.; TISSELI, O.; ANGELOCCI, L.R. 1984. Análise de crescimento em soja. *Turrialba* (C.R.) 35:323-327.
20. SCHAPAUGH, W.T.; WILCOX, J.R. 1980. Relationship between harvest index and other plant characteristics in soybeans. *Crop Science* (EE.UU.) 20:529-533.
21. SHANMUGASUNDARAM, S. 1979. Variation in the photoperiodic response on several characters in soybean, (*Glycine max* (L.) Merrill). *Annals of Botany* (U.K.) 42:213-222.
22. SHIBLES, R.M.; ANDERSON, I.C.; GIBSON, A.H. 1975. Soybean. In *Crop physiology*. L.T. Evans (Ed.). New York, Cambridge University Press. p. 151-189.

23. SPIERTZ, J.H.; TEN HAG B.A.; KUPERS, L.J. 1971. Relation between leaf area duration and grain yield in some varieties of spring wheat. *Netherland Journal of Agricultural Science (Holanda)* 19:211-222
24. THSENG, F.; HOSOKAWA, S. 1972. Significance of growth habit in soybean breeding. I. Varietal differences in characteristics of growth habit. *Japanese Journal of Breeding (Japón)* 22(5):261-268.
25. THSENG, F. 1975. Significance of growth habit in soybean breeding. IV. Progeny characteristic differences in growth habit of a cross between determinate and indeterminate varieties. *Journal of the Agriculture Association of China (China)* 90:44-53.
26. THSENG, F.; HUANG, P. 1976. Significance of growth habit in soybean breeding. V. Variabilities of several characters in determinate and indeterminate varieties in various cultural environments. *Journal of the Agriculture Association of China (China)* 93:43-54
27. VILLALOBOS, E.; SHIBLES, R. 1985. Response of determinate and indeterminate tropical soybean cultivars to water stress. *Field Crop Research (Holanda)* 59:45-52.
28. WILCOX, J.R.; FRANKENBERGER, E.M. 1987. Indeterminate and determinate soybean responses to planting date. *Agronomy Journal (EE.UU.)* 79:1074-1078.

LIBRO RECOMENDADO

ECOLOGÍA
basada en zonas de vida
L.R. Holdridge



Ecología Basada en Zonas de Vida L.R. Holdridge. 3a. reimpr. 1987. 216 p. ISBN 92-9039-131 6.

Esta obra, traducción de *Life Zones Ecology* (1966), presenta un sistema objetivo para clasificar los ecosistemas terrestres en unidades ecológicas básicas, denominadas zonas de vida, con base en los factores climáticos mayores: temperatura, precipitación y humedad. El texto está dirigido principalmente a ecólogos, dasónomos y otros profesionales y estudiosos de los recursos naturales.

US\$8.00

Ver lista de publicaciones disponibles para la venta y boleta de solicitud en la última sección de la revista Turrialba.

Características Morfoanatómicas y Productividad de Fibra en *Agave lecheguilla* Torr., en Nuevo León, México¹

L. Villarreal R.*, R.K. Maiti*

ABSTRACT

This study evaluates the qualitative and quantitative morpho-anatomic characteristics, growth and fiber productivity of *Agave lecheguilla* Torr. in different localities of Nuevo Leon, Mexico, and also the ecological conditions which influence the fiber productivity. Significant differences were found among morpho-anatomical variables and fiber yield. A regression model was established to estimate fiber yield as a function of different variables studied.

COMPENDIO

En este estudio se evalúan, cualitativa y cuantitativamente, las características morfoanatómicas, el desarrollo y la productividad de las fibras de *Agave lecheguilla* Torr., en diferentes localidades de Nuevo León, México, así como las condiciones ecológicas en que se desarrolla esta planta y que influyen en su productividad. Se hallaron diferencias significativas entre las variables morfoanatómicas y la producción de fibra. Se estableció un modelo de regresión como función de los parámetros estudiados.

INTRODUCCION

La lechuguilla (*Agave lecheguilla* Torr.) es una fuente importante de ingresos para los habitantes del área rural en las regiones áridas y semiáridas de México (12). Generalmente de la hoja joven (cogollo) de esta planta se extraen fibras en forma manual (8, 12). En algunas áreas de Nuevo León se explota intensamente.

La información científica disponible sobre la variabilidad en producción de fibra, estructura, calidad, y aspectos ecológicos y de productividad es escasa (8). Sí existen algunas publicaciones donde se estudian los parámetros fisiológicos relacionados con el rendimiento en agaves, incluyendo *A. lecheguilla* (9, 10, 11).

En este artículo se estudian las características morfoanatómicas relacionadas con la productividad de la fibra de lechuguilla en nueve localidades de Mina, Nuevo León, y se da atención especial a la estimación cuantitativa del crecimiento y desarrollo de la fibra celular en esta planta.

METODOLOGIA

Se seleccionaron nueve puntos de muestreo, denominados El Puerto, La Popa, San Felipe, San Bernardino, San Nicolás, Espinazo, Casa Blanca, La Soledad y Límites del Estado, en los cuales se recolectaron dos plantas completas representativas del área. Estas se trasladaron al laboratorio, para analizar aspectos morfológicos, anatómicos y de producción de fibra por hoja.

Morfología

Se evaluaron aspectos morfológicos con base en características cualitativas y cuantitativas. La planta se seccionó en tres partes: hoja externa, media y cogollo; y se escogieron cinco hojas de cada grupo, a las cuales se les tomaron los siguientes datos: largo de hoja, ancho de la hoja a nivel base, media y ápice. En total se analizaron 270 hojas: 15 hojas de cada una de las dos plantas recogidas en los nueve puntos de muestreo.

Producción de fibras

Se extrajeron las fibras de cada una de las hojas mediante el método tradicional (manual) (3), y se etiquetaron. Se secaron al medio ambiente (25°C - 34°C) durante diez días, y luego se determinaron el peso seco y el número de filamentos por hoja.

¹ Recibido para publicación el 18 de setiembre de 1989.

* Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Botánica, División de Postgrado, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, Méx.

Anatomía

Entre las características anatómicas estudiadas se incluyen el desarrollo de la fibra y la anatomía de ésta. Se realizaron cortes transversales y longitudinales en la hoja con una navaja fina a nivel de la base, parte media y ápice en cada uno de los tipos de hoja (cogollo, media y externa), para estudiar el desarrollo de la fibra (cinco hojas por cada tipo).

Para estudiar el desarrollo de la fibra celular, se marcó el macizo de fibra de cada una de las hojas en los tres niveles (basal, media y apical), utilizando la técnica de Johansen (4). Se tomaron 2430 datos para cada una de las variables, los cuales incluyen 15 hojas por planta (cinco hojas de cada tipo: cogollo, media y externa) a los tres niveles (base, media y ápice) de la hoja, en dos plantas de cada uno de los nueve sitios de muestreo. Las medidas de las variables (largo de célula, ancho de célula y grosor de pared celular) se expresan en micras (μ).

Diseño experimental

Para estudiar la variabilidad del rendimiento (peso seco de la fibra) por tipo de la hoja y localidad, se utilizó un método completamente aleatorio. Se efectuó un análisis de correlación múltiple para estimar el grado de asociación lineal entre las variables involucradas. También se realizó un análisis de regresión lineal para explicar, a través de este modelo, la relación de las

variables o factores involucrados y utilizar dicho modelo para predicciones de rendimiento (13).

RESULTADOS

Aspectos morfológicos y componentes de rendimiento

El análisis de las distintas variables morfológicas mostró una diferencia significativa entre las localidades del muestreo (Cuadro 1). También las variables morfológicas de la hoja (cogollo, media y externa) presentaron una diferencia en cada tipo de hoja, aunque en algunas variables no fue significativa (Cuadro 2). La correlación entre las variables morfológicas y componentes de rendimiento en las nueve localidades indicó diferentes grados de asociación (r): largo de hoja, ancho basal y número de filamentos tienen mayor contribución en el rendimiento (Cuadro 3).

Los análisis de regresión para estimar el rendimiento de fibra de cada hoja fueron calculados como una función de diferentes variables: X 5 (longitud de hoja), X 6 (ancho basal de la hoja), X 7 (ancho medio de hoja) y X 10 (número de filamentos), con una confiabilidad del 46.28 por ciento.

$$\Psi = -.0026 + 0.0814 (X 5) - 0.1841 (X 8) + 0.3044 (X 6) + 0.3513 (X 7) - 0.0026 (R^2 = 0.4626) \text{ (global)}$$

Cuadro 1. Estimaciones de la distribución F en la comparación de tipos de hoja de *Agave lecheguilla* Torr., en sus variables morfológicas por localidad.

Variab morfológicas	El Puerto	La Popa	San Felipe	San Bernardino	San Nicolás
Longitud de hoja (cm)	18.07**	34.19**	17.43**	13.99**	21.34**
Ancho basal de hoja (cm)	12.19**	15.59**	4.65*	17.64**	47.67**
Ancho medio de hoja (cm)	28.12**	7.24**	9.03**	11.89**	6.31**
Ancho apical de la hoja (cm)	3.84**	3.58**	7.65**	0.58	1.16
Peso seco de filamentos (g)	22.89*	15.07**	1.25	4.49*	106.10**
Número de filamentos por hoja	2.03	17.33**	0.08	7.54**	18.44**

Cuadro 1. (Continuación)

Variabes morfológicas	Espinazo	Casa Blanca	La Soledad	Límites del Estado
Longitud de hoja (cm)	20.11**	20.21**	21.84**	3.11
Ancho basal de hoja (cm)	19.19**	4.07*	4.78*	20.38**
Ancho medio de hoja (cm)	64.00**	7.31**	0.14	8.36**
Ancho apical de la hoja (cm)	1.34	0.99	0.51	4.50*
Peso seco de filamentos (g)	5.31*	9.86**	7.99**	8.97**
Número de filamentos por hoja	12.05**	0.87	1.20	16.84**

*: P < 0.05

**: P < 0.01

En la hoja de cogollo, el peso seco es función de los parámetros X 5 (longitud de hoja), X 8 (ancho apical de hoja), X 6 (ancho de hoja basal), X 10 (número de filamentos), X 7 (ancho de hoja parte media), con una confiabilidad del 41 por ciento.

Cuadro 2. ANOVA de las variables morfológicas de las hojas de cogollo, media y externa en *Agave lecheguilla* Torr.

Variabes	Cogollo F	Media F	Externa F
Longitud de hoja (cm)	18.06**	9.04**	8.91**
Ancho de hoja base (cm)	2.54**	18.25**	36.93**
Ancho de hoja media (cm)	3.04**	8.12**	6.63**
Ancho de hoja ápice (cm)	1.76	2.91**	4.93**
Peso seco de fibra (g)	7.02**	15.56**	9.80**
Número de filamentos	14.84**	30.66**	44.73**

* = P < 0.05

** = P < 0.01

$$\Psi = -1.7576 + 0.0891 (X 5) + 0.3356 (X 8) + 0.2268 (X 6) - 0.0028 (X 10) - 0.1289 (X 7) (R^2 = 0.4186)$$

En hoja media el peso seco es una función de los parámetros X 5 (longitud de hoja), X 7 (ancho de hoja parte media), X 10 (número de filamentos), X 8 (ancho de hoja parte apical) y X 6 (ancho de hoja parte basal) con una confiabilidad de 30 por ciento.

$$\Psi = -2.1967 + 0.0716 (X 5) - 0.3546 (X 8) + 0.4526 (X 10) - 0.4697 (X 6) (R^2 = 0.4582)$$

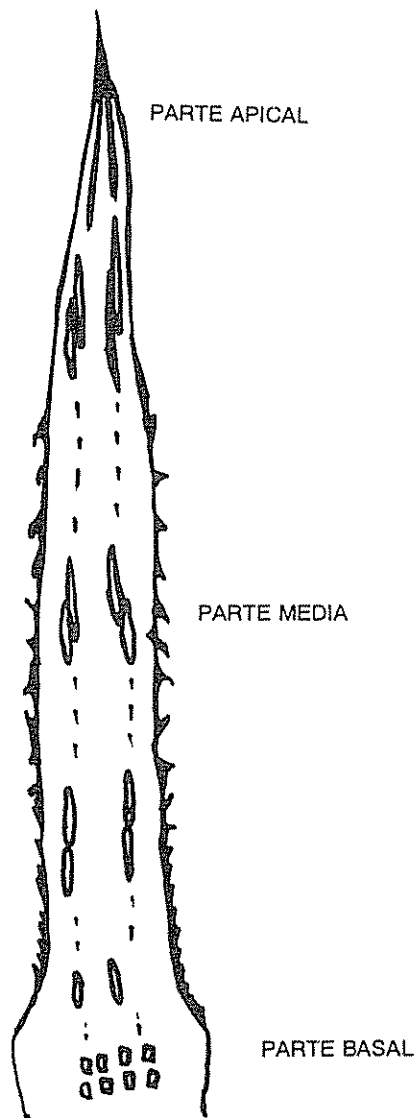
Aspectos anatómicos. Desarrollo de la fibra

La célula de la fibra se deriva por modificaciones del parénquima procambial que forma la fibra inicial. Esta célula presenta una gran cantidad de contenido protoplásmico, gránulos y una pared delgada; se desarrolla en la región meristemática de la base de la hoja, en donde las fibras iniciales aumentan por división celular repetida (Fig. 1).

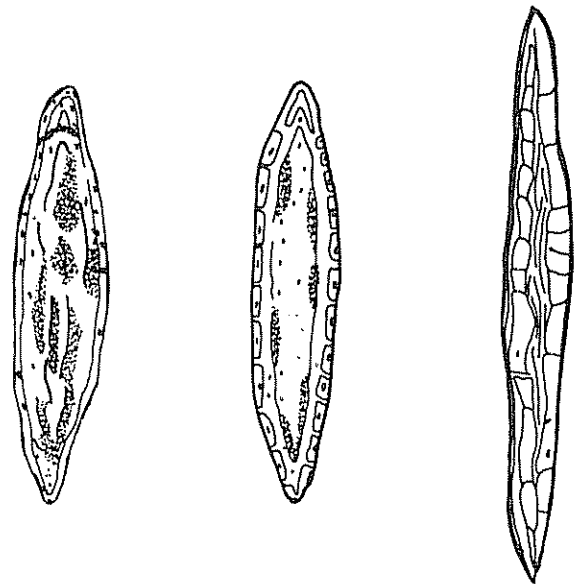
El desarrollo de la célula de fibra se presenta en dos fases: 1) expansión de la pared primaria y 2) engrosamiento de la pared celular. La expansión ocurre por la oposición y deposición de material protoplásmico sobre la pared primaria para formar la pared secundaria. Esta se origina después que la pared primaria termina su desarrollo, depositándose el material citoplasmático en forma de capas en los poros. Estos presentan una gran cantidad de gránulos que aparecen en la pared secundaria, dándole una aparien-

Cuadro 3. Correlación de peso seco con diferentes variables morfológicas en las nueve localidades (r).

Localidad	Long. hoja	Ancho basal	Ancho medio	Ancho apical	Núm. filamentos
El Puerto	0.69**	0.79**	0.64**	0.50**	0.50**
La Popa	0.84**	0.50**	0.46**	-0.03	0.78**
San Felipe	0.54**	0.42*	-0.02	0.27	-0.48**
San Bernardino	0.65**	0.29	0.03	0.07	0.47**
San Nicolás	0.87**	0.81**	0.60**	-0.04	0.76**
Espinazo	0.69**	0.70**	0.56**	-0.02	0.89**
Casa Blanca	0.71**	0.21	0.68**	0.54**	0.07
La Soledad	0.31*	0.75**	0.26	0.01	-0.12
Límites Estado	0.74**	0.53**	0.89**	0.17	0.79*

Fig. 1. Patrón de desarrollo de la fibra celular en hoja de *A. lecheguilla* Torr.

cia reticulada a toda la fibra celular. El material citoplasmático sigue condensándose dando un mayor grosor a la pared secundaria, mientras que el lumen se estrecha en toda la fibra hasta terminar su desarrollo (Fig. 2).

Fig. 2. Formación de la pared secundaria de la fibra celular de *A. lecheguilla* Torr.

Las variables anatómicas: largo de célula, ancho de la pared celular y ancho del lumen en tres niveles en las diferentes localidades demostraron que el valor de F difiere entre ellas; por ejemplo, algunas variables son altamente significativas en una localidad pero no significativas en otras (grosor de pared celular (ápice) en Espinazo ($F = 9.24$) y en La Soledad ($F = 2.09$)), (Cuadro 4).

También se demostró que el grado de significancia difiere en los tres tipos de hoja: cogollo, media y externa (Cuadro 5).

Cuadro 4. Estimaciones de la distribución F en la comparación de los tipos de hoja en *Agave lechuguilla* Torr., en sus variables anatómicas por localidad.

Variables anatómicas	El Puerto	La Popa	San Felipe	San Bernardino	San Nicolás
Pared celular base (μ)	0.69	8.93**	34.68**	12.29**	28.22**
Pared celular media (μ)	2.81	0.78	1.79	2.75	2.12
Pared celular ápice (μ)	2.85	0.004	4.74*	0.88	1.53
Ancho lumen base (μ)	1.81	1.16	8.31**	12.70**	2.95
Ancho lumen lumen (μ)	1.66	0.66	5.76**	5.85**	3.07
Ancho lumen ápice (μ)	2.08	2.55	0.33	6.31**	14.08
Ancho de célula base (μ)	1.18	6.74**	15.42**	5.20*	27.38**
Ancho de célula medio (μ)	7.23**	0.66	8.81**	2.77	5.78**
Ancho de célula ápice (μ)	0.35	2.06	2.63	0.04	0.77
Largo de célula base (μ)	7.30**	1.61	4.46*	3.44*	12.77**
Largo de célula medio (μ)	3.61	0.20	0.05	0.42	5.84**
Largo de célula ápice (μ)	2.66	3.13	2.07	3.44*	14.76**

Cuadro 4. (Continuación)

Variables anatómicas	Espinazo	Casa Blanca	La Soledad	Límites del Estado
Pared celular base (μ)	4.68	9.33**	15.28**	7.66**
Pared celular media (μ)	0.80	1.57	4.13*	2.15
Pared celular ápice (μ)	9.24**	5.71**	2.09	3.92*
Ancho lumen base (μ)	16.96**	10.29**	2.15	0.18
Ancho lumen lumen (μ)	2.78	6.48**	2.23	2.60
Ancho lumen ápice (μ)	2.54	1.38	4.41*	2.13
Ancho de célula base (μ)	0.003	4.66*	9.16**	4.29*
Ancho de célula medio (μ)	3.47*	2.10	2.49	3.53*
Ancho de célula ápice (μ)	10.96**	2.58	0.003	6.39**
Largo de célula base (μ)	5.42*	0.21	0.38	7.80**
Largo de célula medio (μ)	1.87	2.51	0.14	2.72
Largo de célula ápice (μ)	0.56	2.87	10.80**	0.60

* = P < 0.05

** = P < 0.01

Se observó que el grado de correlación de las variables anatómicas difiere marcadamente en cada localidad. Por ejemplo, algunas correlaciones altamente significativas en las diferentes localidades, para las variables pared celular y base con ancho de la célula a nivel base, fueron: El Puerto ($r = 0.74$), La Popa ($r = 0.82$), San Felipe ($r = 0.88$), San Bernardino ($r =$

0.85), San Nicolás ($r = 0.95$), Espinazo ($r = 0.49$), Casa Blanca ($r = 0.72$), La Soledad ($r = 0.75$) y Límites del Estado ($r = 0.82$). En las variables ancho de lumen a nivel apical con ancho de célula a nivel apical hubo una correlación altamente significativa en las localidades de El Puerto ($r = 0.72$) y La Popa ($r = 0.66$), y no fue significativa en San Nicolás.

Cuadro 5. ANOVA de diferentes variables anatómicas en hoja de cogollo, media y externa en *Agave lecheguilla* Torr. en las nueve localidades.

VARIABLES	Cogollo F	Media F	Externa F
Pared celular base	9.95**	3.33**	4.09**
Pared celular media	1.70	2.94**	3.02**
Pared celular ápice	1.71	4.59**	4.28**
Ancho lumen base	2.98**	1.01	15.45**
Ancho lumen media	2.04	9.39**	8.67**
Ancho lumen ápice	1.31	2.63*	10.07**
Ancho de célula base	3.65**	1.79	7.17**
Ancho de célula media	2.03	6.23**	2.69**
Ancho de célula ápice	1.53	2.96**	2.81**
Largo de célula base	4.36**	2.99**	7.31**
Largo de célula media	8.35**	4.26**	1.75
Largo de célula ápice	2.71	7.85**	1.92

* = P < 0.05

** = P < 0.01

Se encontró que existe una correlación significativa entre la pared celular en nivel base con el ancho de la célula y largo de la célula al mismo nivel ($r = 0.83$ y -0.26 respectivamente); a nivel medio, en cambio, la correlación fue para la pared celular en nivel medido con ancho de la célula media ($r = 0.54$) y lumen con ancho de célula ($r = 0.58$). En el ápice de la hoja fue significativamente alta la variable grosor de la pared celular con el ancho de la célula y largo de la célula ($r = 0.88$ y 0.26 , respectivamente).

DISCUSION

Aunque no se tomaron datos, se observó que las plantas de *A. lecheguilla* crecen con mayor vigor en suelos pedregosos, con pobre materia orgánica y con pendientes pronunciadas, lo cual coincide con Patoni (1917), citado por Marroquín (8) y Lozano (6). En las partes altas de los cerros existen plantas con gran vigor, pero hay menos abundancia de ellas.

Las plantas de lecheguilla mostraron gran variabilidad en las características cuantitativas de las siguientes variables morfológicas: largo de la hoja, ancho de la hoja, peso seco de la fibra y número de filamentos por hoja. La mayoría de las variables mostraron diferencias altamente significativas entre las distintas localidades, lo que demuestra que las condiciones ecológicas que prevalecen en ellas tienen efectos sobre la expresión de las características morfológicas mencionadas y el rendimiento de la fibra. Las características morfológicas en las hojas de cogollo, medias y externas, mostraron diferencias significativas entre ellas, en las distintas localidades, lo que representa diversos grados de maduración en la hoja y en la fibra, cuyo desarrollo empieza en el meristemo basal base de la hoja, siendo éste en sentido vertical y lateral (1, 3, 6).

Existen diferentes grados de correlación entre las variables morfológicas y de rendimiento y entre las localidades; el peso seco de la fibra tuvo alta correlación con el largo de la hoja y con el número de filamentos.

Se realizaron modelos estadísticos para predecir el peso seco de la fibra como función de los diferentes parámetros morfológicos, como largo de la hoja, ancho apical, medio y basal de la hoja, número de filamentos en cada uno de los tipos de hoja (cogollo, media y externa) en las nueve localidades. Se estableció un modelo lineal en el que el peso seco estuvo en función de estos parámetros con una confiabilidad del 41.8% en hoja de cogollo; en la hoja media se obtuvo un menor porcentaje (30%) y en la hoja externa hay un aumento de confiabilidad del 45.8%, por lo que se sugiere que en trabajos posteriores se considere un mayor número de variables, pues así aumentaría el grado de confiabilidad.

Aparentemente, el origen de las células de fibra de *A. lecheguilla* Torr. se inicia con la modificación del parénquima en la región meristemática de la base de la hoja por divisiones celulares (1, 2, 5 y 7).

En el desarrollo de la fibra se observó que existe una elongación gradual desde la base de la hoja hasta su ápice, hecho que se confirmó cuantitativamente, ya que existe una correlación significativa entre la longitud de la fibra celular en el ápice con la base ($r = 0.62$) en San Nicolás; y en la base con la parte media ($r = 0.30$) en la Popa. De igual manera, el grosor de la pared secundaria mostró correlación significativa en el ápice ($r = 0.38$) en Espinazo; en el nivel medio con el ápice ($r = 0.57$) en la Soledad y con la parte media ($r = 0.34$) en San Bernardino; estas correlaciones muestran que el engrosamiento de la pared secundaria sigue aumentando de la parte basal al ápice.

Al igual que las características morfológicas, las anatómicas también mostraron mayor variabilidad entre las hojas de *A. lecheguilla* en las diferentes localidades donde el largo de la célula mostró una variación significativa, lo cual indica que la localidad también influye en el crecimiento y desarrollo de la fibra.

La correlación entre diferentes componentes anatómicos de la hoja externa a nivel de la base mostró significancia en el ancho de la célula con el grosor de pared celular ($r = 0.75$) y lumen de la célula y ($r = 0.39$). Esto también se dio con las demás variables de la hoja (media y ápice), aunque el grado de correlación varió en las diferentes localidades. El mismo tipo de relación existe entre los parámetros anatómicos, lo que demuestra el desarrollo de la fibra en todas las hojas.

CONCLUSION

Las características morfológicas, como largo de hoja, ancho de hoja a nivel base, medio y ápice y número de filamentos fueron correlacionados con la producción de fibra. Sin embargo, los grados de correlación variaron, en las diferentes localidades, lo que refleja la influencia del medio ambiente en la producción y calidad de la fibra. El patrón de desarrollo de la fibra confirmó cuantitativamente las teorías de ultraestructura de la pared celular en la fibra. La variación en las características anatómicas puede correlacionarse con la calidad de la fibra.

LITERATURA CITADA

1. DATTA, P.C. 1973. Development of leaf fibres of *A. americana* L. var. *Marginata alba* Trel. *Broteria* 41(69):1-2.
2. ESAU, K. 1943. *Anatomía vegetal* 3 ed. Barcelona, Ediciones Omega. 779 p.
3. GARZA DE R., M.G.; MAITI, R.K. 1984. Desarrollo de la fibra de lechuguilla (*Agave lecheguilla* Torr.). *Marín, Nuevo León, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía*. p. 5-41.
4. JOHANSEN, J.A. 1940. *Plant fibres*. New York, EE.UU., Leonard Hill.
5. KUNDU, B.C. 1954. Origin, development and structure of important vegetable fibres. *Indian Science Congress*
6. LOZANO, M.E. 1988. Estudio biométrico del *Agave lecheguilla* (Torrey) en siete localidades de Miña, Nuevo León. Tesis Inédita. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. 64 p.
7. MAITI, R.K. 1980. *Plant fibres*. India. p. 1-299.
8. MARROQUIN, J.S.; BORJA, G.; VELAZQUEZ, R.; DE LA CRUZ, J.A. 1981. Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México. 2. ed. INIF, SFF, SARH. p. 166.
9. NOBEL, P. 1976. Water relations and photosynthesis of a desert CAM plant *Agave deserti*. *Plant Physiology* 58:576-582.
10. NOBEL, S.; MEYER, S.E. 1985. Field productivity of a CAM plant, *Agave salmiana*, estimated using daily acidity changes under various environmental conditions. *Physiologia Plantarum* 65:397-404.
11. NOBEL, P.S.; QUERO, E. 1986. Environmental productivity indices for a Chihuahuan desert CAM plant, *Agave lecheguilla*. *Ecology* 67(1):1-11.
12. SHELDON, S. 1980. Ethnobotany of *Agave lecheguilla* and *Yucca carnerosana* in Mexico's Zona Ixtlera. *Economic Botany* 34(4):376-390.
13. WANE, W.D. 1985. *Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de salud*. 6 reimp. México, D.F., Limusa p. 485.

Caracterización del MStV Asociado a una Enfermedad de Maíz en Costa Rica¹

C. Rivera*, P. Ramírez**

ABSTRACT

Maize stripe virus (MStV) was identified as a causal agent of a corn disease in Costa Rica. Cytoplasmic inclusion bodies in needle, ring and eight-shapes were observed by light microscopy in infected leaf tissue. Different sizes of lineal and circular structures of helicoidal configuration were observed by electron microscopy of purified nucleoprotein. Antibodies to the MStV nucleoprotein were bound to these structures. By immuno double diffusion test, a crude extract of infected plants reacted with MStV-anti-nucleoprotein antiserum. Using immunotransfer of proteins, two protein bands of approximately 34000 and 19000 PM, corresponding to nucleoprotein and non-capsid protein respectively were revealed. Four species of dsRNA were detected by polyacrylamid gel electrophoresis. All these characteristics are similar to those reported by other authors for MStV.

COMPENDIO

El virus del listado del maíz (MStV) se identificó como el agente viral asociado a una enfermedad de maíz en Costa Rica. En tejido foliar infectado se observaron, por microscopía de luz, inclusiones citoplasmáticas en formas de agujas, anillos y ochos. Estructuras nucleoproteicas de configuración helicoidal, lineales y circulares de diferentes tamaños se estudiaron por medio del microscopio electrónico en preparaciones de nucleoproteína purificada. Estas estructuras se marcaron específicamente con MStV antinucleoproteína. Mediante inmunodifusión se revelaron bandas de precipitación específica, únicamente cuando los extractos crudos de plantas infectadas se trataron en presencia del MStV antinucleoproteína. Dos bandas de peso molecular aproximado de 34 000 y 19 000, nucleoproteína y proteína de no cápside de MStV respectivamente, se revelaron por inmunotransferencia de proteínas. Cuatro especies de ARN doble banda se detectaron por electroforesis en geles de poliacrilamida. Estas características son similares a las reportadas en la literatura para MStV.

INTRODUCCION

El virus del listado del maíz o "maize stripe virus" (MStV) es un miembro del grupo de los tenuivirus de plantas (7). Su rango de hospederas está limitado a monocotiledóneas, y su principal vector es *Peregrinus maidis* (4, 6, 14, 22). Este virus infecta naturalmente al maíz (*Zea mays* L.) y a la maleza conocida popularmente en Costa Rica como caminadora (*Rottboellia exaltata* L.) (7). Los tenuivirus son generalmente inestables, pleomórficos, y no se conoce la estructura de la partícula viral

completa. En la mayoría de los tenuivirus, inclusive MStV, la nucleoproteína viral presenta una configuración helicoidal en formas lineales y circulares de diferentes tamaños (6, 7, 12, 19, 20). El genoma viral de MStV está constituido por cinco diferentes ARN simple banda de peso molecular de 3.01, 1.18, 0.81, 0.78 y 0.52 x 10⁶, y para cada ARN se presentan moléculas de polaridad opuesta y complementaria (3, 5).

Se aislaron diferentes moléculas de ARN doble banda (ARN db), tanto de nucleoproteína purificada como de tejido infectado con MStV (3). Los ARN se encapsidan separadamente en nucleocápsides (5), compuestas de una proteína de aproximadamente 32 000 (32 K), conocida como proteína de nucleocápside (N) (2, 4, 6). Estudios previos demostraron que en plantas de maíz infectadas con MStV se detecta una proteína de peso molecular de 19 815, conocida como proteína de no-cápside (NCP), que no se asocia con las partículas nucleoproteicas (11). Esta proteína puede formar grandes cuerpos de inclusión filamentosos electrodensos (1).

En este trabajo se describe la caracterización parcial morfológica, serológica y molecular de un aislamiento de MStV, asociado a una enfermedad de maíz en Costa Rica.

1 Recibido para publicación el 19 de noviembre de 1991
Los autores agradecen a la *International Foundation for Science*, Suecia, por el financiamiento de este estudio mediante el proyecto C/1043-2; al Dr. Donald T. Gordon del *Ohio Agricultural Research and Development Center*, Wooster, Ohio, y al Dr. Bryce Faulk de la Universidad de California, Davis, California, por la donación de los antisueros; y a los señores Reynaldo Pereira y William Villalobos, asistentes de investigación del Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular de la Universidad de Costa Rica.

* Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM) y Facultad de Microbiología, Universidad de Costa Rica, San José, C.R.

** CIBCM y Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, C.R.

MATERIALES Y METODOS

Material vegetal

Plantas de maíz que presentaban reducción del tamaño y hojas con bandas amarillas cloróticas de ancho variable (Fig. 1) fueron recolectadas en tres regiones de Costa Rica: Cañas, Guanacaste; Guápiles, Limón; y Escazú, San José. Muestras de estas plantas se trasladaron al laboratorio para su posterior análisis. Plantas sanas de maíz de invernadero se utilizaron como controles.

Purificación de nucleoproteína viral

Las partículas nucleoproteicas virales se purificaron de acuerdo con el método de Morales y Niessen (15). Se molieron 250 g de hojas sintomáticas con 900 ml de tampón fosfato de potasio 0.2 M, pH 7.0, con un contenido de 0.1% de ácido tioglicólico y dietilditiocarbamato de sodio 0.001 M (DIECA). Después de filtrar el extracto con gasa, y de emulsificar con cloroformo y tetracloruro de carbono a una proporción 1:1:1, que fue agitada durante 5 min, y centrifugada a 8 300 g. por

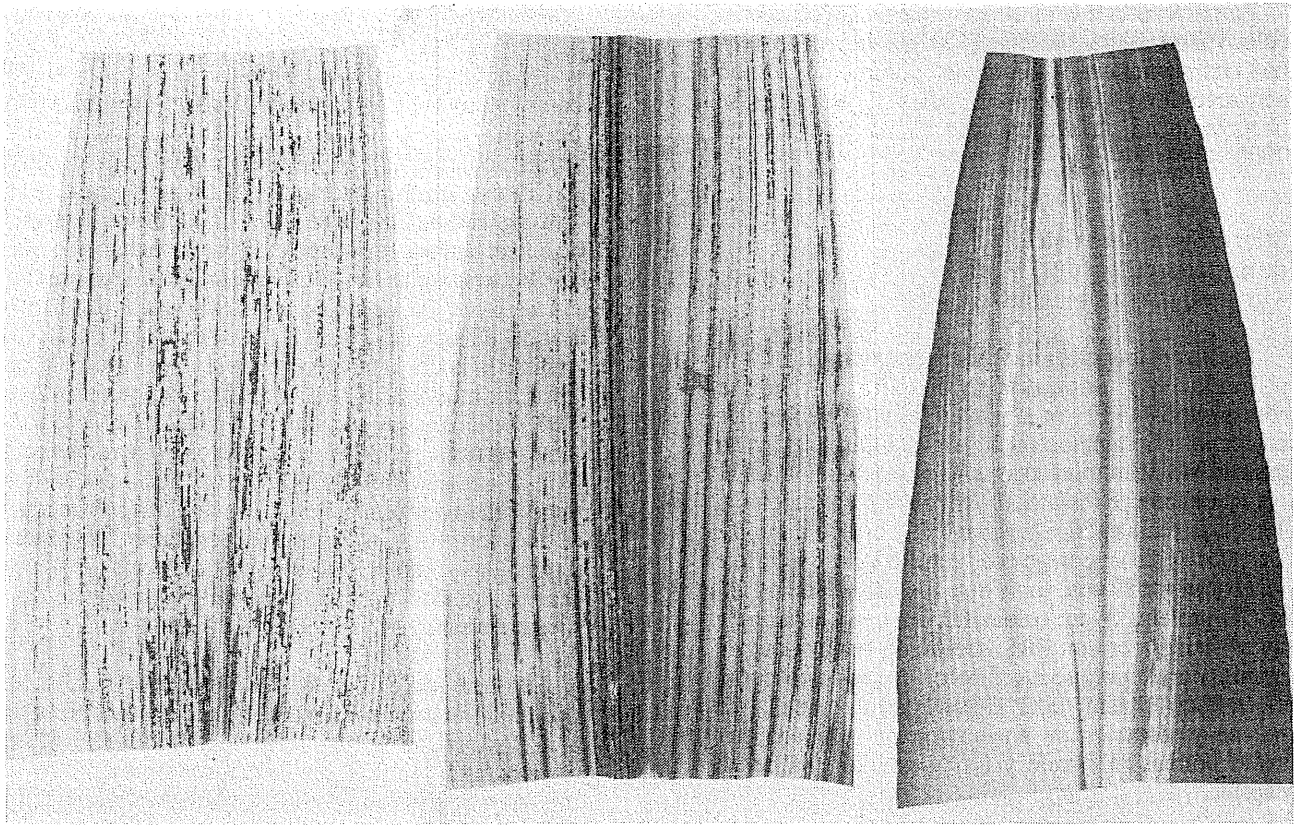


Fig. 1. Síntomas observados en hojas de maíz infectadas naturalmente: Tipos de bandas cloróticas.

Microscopía de luz de inclusiones citoplasmáticas

Cortes gruesos de hoja a los que se les removió la epidermis adaxial y que fueron remojados en 2-metoxietanol, y tiras de epidermis abaxial, se tiñeron con Azure-A y Calcomine Orange-Luxol Brilliant Green BL (OG) por 10 minutos. Después de remover el exceso de colorante con etanol al 95%, los cortes se montaron sobre un portaobjetos con Euparal (9), se examinaron con un microscopio Zeiss Standard 19 y se fotografiaron con una cámara Zeiss M 35.

cinco minutos. Al sobrenadante se le agregó 10% de PEG en presencia de NaCl 0.3 M., se agitó toda la noche a 4°C y se le centrifugó a 9500 g. por 20 minutos.

El sedimento resultante se resuspendió con agitación durante toda la noche a 4°C en 250 ml de tampón fosfato de potasio 0.1 M, pH 7.6, que contenía ácido etilendiamino tetraacético (EDTA) 0.010 M y se clarificó a 12 000 g. por diez minutos. El extracto clarificado se sedimentó a 92 600 g. durante dos horas y media a 5 grados centígrados. El sedimento se resuspendió en 12 ml de tampón fosfato de potasio 0.01

M, pH 7.6 (PB); éste se agitó durante 48 h a 4°C, se clarificó a 12 000 g. por 10 min y se sedimentó en un gradiente de sacarosa al 10% - 40% en tampón fosfato de potasio 0.01 M, pH 7.6, a 249 900 g. por 3 h a 5 grados centígrados. Las fracciones que contenían nucleoproteína se reunieron y se sedimentaron a 89 628 g. por dos horas y media. La nucleoproteína purificada obtenida se resuspendió en PB y se utilizó en análisis posteriores.

Microscopía electrónica de nucleoproteína purificada

La nucleoproteína viral previamente purificada se colocó sobre rejillas de cobre (400 "mesh") recubiertas con una membrana de "Formvar" y carbón, y se tiñó con acetato de uranilo al 1%, pH 5. Las rejillas se observaron en un microscopio electrónico Hitachi 7000.

Microscopía electrónica de nucleoproteína purificada e inmunomarcada con oro coloidal

La misma preparación de nucleoproteína de MStV, utilizada en el ensayo anteriormente descrito, se resuspendió en PB y se montó en rejillas de cobre, las cuales posteriormente se incubaron por flotación en una gota de MStV antinucleoproteína a una dilución 1:250 v/v en tampón de fosfatos 0.1 M, pH 7.6, que contenía 1% de albúmina sérica bovina (PBS) por 20 minutos. Después de lavarse tres veces con PBS, las rejillas se incubaron por 30 min, sobre gotas de una solución 1:20 v/v de proteína A-oro coloidal (5 nm). Se lavaron de nuevo tres veces con PBS, se tiñeron con acetato de uranilo por 2 min y se examinaron en un microscopio electrónico Hitachi 7000. Como control se analizó la misma preparación de nucleoproteína incubada con suero normal de conejo y MStV antiproteína de no cápside.

Inmunodifusión doble en agar

Extractos de plantas se sometieron a inmunodifusión doble en geles de agar (0.8% ionagar) en presencia de dodecilsulfato de sodio (SDS) (17).

Se utilizaron antisueros policlonales producidos en conejo contra el virus del rayado fino (MRFV), éste proveniente del Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM), y contra el virus del mosaico del maíz o "maize mosaic virus" (MMV), el virus del nanismo clorótico del maíz o "maize chlorotic dwarf virus" (MCDV), y MStV antinucleoproteína (MStV); estos últimos suplidos por el Dr. D. T. Gordon del *Ohio Agricultural Research and Development Center*, Ohio State University.

Inmunotransferencia de proteínas

Las proteínas de extractos de plantas infectadas naturalmente en el campo con MStV y de plantas sanas de invernadero, se disociaron en Tris-HCl 0.05 M, pH 6.8, en presencia del 5% SDS, 1% 2-mercaptoetanol y 10% de glicerol. Después de calentarse a 100°C, las muestras se fraccionaron por electroforesis en un gel con 4% - 15% de acrilamida-bisacrilamida (13).

Las proteínas fraccionadas se electrotransfirieron a papel de nitrocelulosa a 2.5 V/cm² en un Minitransblot System (BIORAD Laboratories), en un tampón TRIS 0.025 M., pH 8.3, glicina 0.192 M y 20% v/v de metanol (21).

La detección inmunológica se realizó de acuerdo con el método de Hammond y Jordan (comunicación personal). Se utilizaron antisueros MStV antinucleoproteína y MStV antiproteína de no cápside (NCP) este último donado por el Dr. B.W. Falk de la Universidad de California, Davis, California. El papel de nitrocelulosa se incubó con los antisueros (1:500 v/v) en un tampón Tris-HCl 0.02 M, pH 7.5, en presencia de 0.5% de albúmina sérica bovina y de 0.15% NaCl (TBS), y del 1% de leche descremada en polvo, durante la noche a temperatura ambiente. Después de lavar las membranas tres veces por diez minutos con TBS, se incubaron con un conjugado-anticonejo fosfatasa alcalina preparado en carnero (Sigma Chemical Co.) a una dilución 1:200 v/v en TBS, por 1 h a temperatura ambiente. Posteriormente, las membranas se incubaron con el sustrato precipitable "Nitroblue tetrazolium, bromo-cloro-indolyl phosphate", después de tres lavados de 10 min en TBS y un lavado en dietanolamina 1 M, pH 9.6.

El peso molecular de las proteínas virales se determinó usando como marcadores de peso molecular a la fosforilasa b (94 000), albúmina (67 000), ovoalbúmina (43 000), anhidrasa carbónica (30 000), inhibidor de tripsina (20 100) y alfactoalbúmina (14 400).

Análisis electroforético de los ARN doblebanda virales

Los ARN doblebanda virales se purificaron según el método de Morris y Dodds (16), a partir de plantas de maíz infectadas naturalmente con MStV. Muestras de 7 g de material se pulverizaron con nitrógeno líquido y se resuspendieron en 14 ml de tampón Tris-HCl 0.05 M, EDTA 0.001 M, NaCl 0.100 M, pH 6.9 (STE), 20 ml SDS 10% 18 ml de fenol saturado con STE 2x y 0.8 ml de bentonita al 2 por ciento. El extracto se centrifugó a 8 000 g. por 15 minutos. La fase acuosa, que contiene los ácidos nucleicos totales, se removió y se ajustó con etanol al 95% en una concentración final

del 16 por ciento. Posteriormente se sometió a dos ciclos de cromatografía en CF-11 (Whatman 4021-050). Los ARN doblebanda se analizaron por electroforesis en un gel de poliacrilamida al 6% en presencia de un tampón Tris-HCl 0.040 M, acetato de sodio 0.020 M EDTA 0.001 M, pH 7.8 (TAE). Las bandas teñidas con 0.5 ug/ml de bromuro de etidio se visualizaron con un transluminador de luz ultravioleta.

RESULTADOS

Microscopía de luz de inclusiones citoplasmáticas

Se observaron grandes inclusiones citoplasmáticas en forma de aguja en el mesófilo (Fig. 2a) y en la epidermis abaxial de las hojas (Fig. 2b).

También se observaron inclusiones filamentosas en forma de anillos y ochos en la epidermis abaxial (Fig. 2c). Ambos tipos de inclusiones, observadas en este trabajo, se visualizaron únicamente al teñir con O-G.

Microscopía electrónica de nucleoproteína purificada

Se observaron partículas nucleoproteicas de configuración helicoidal en formas lineales y circulares de longitud variable (Fig. 3a).

Microscopía electrónica de nucleoproteína purificada e inmunomarcada con oro coloidal

Con este tratamiento la nucleoproteína purificada se marcó específicamente con MStV antinucleoproteína (Figs. 3b y 3c). No se observó ningún marcaje específico cuando se usaron suero normal de conejo y MStV antiproteína de no cápside. El inmunomarcaje con oro coloidal agregó en estructuras globulares las formas lineales y circulares de la mayoría de las partículas nucleoproteicas (Fig. 3b). También se observaron algunas estructuras filamentosas inmunomarcadas (Fig. 3c).

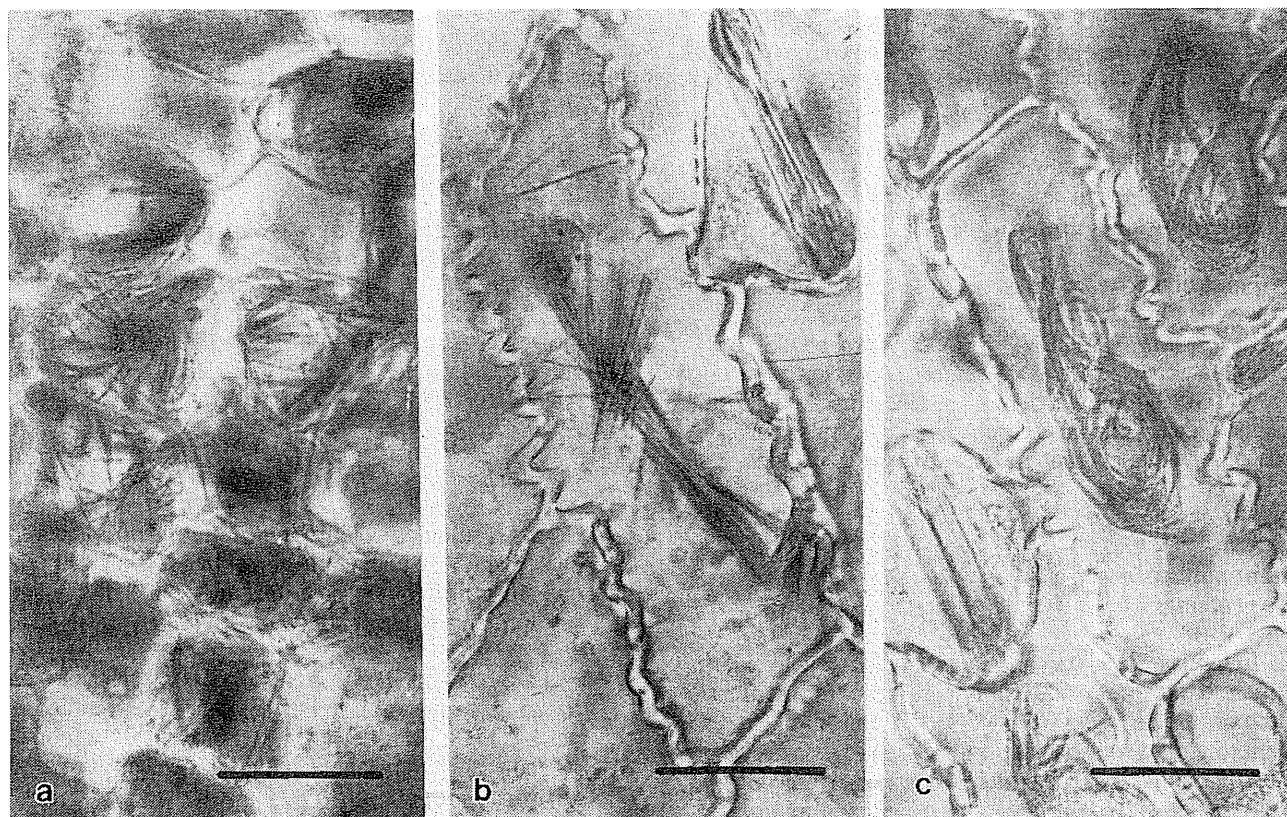


Fig. 2. Microscopía de luz de inclusiones citoplasmáticas en tejido foliar. a) Inclusiones en forma de aguja en células del mesófilo; la barra representa 6 µm; b) inclusiones en forma de aguja en células de la epidermis abaxial; la barra representa 7 µm; c) inclusiones filamentosas en forma de anillos y ochos en células de la epidermis abaxial; la barra representa 7 µm.

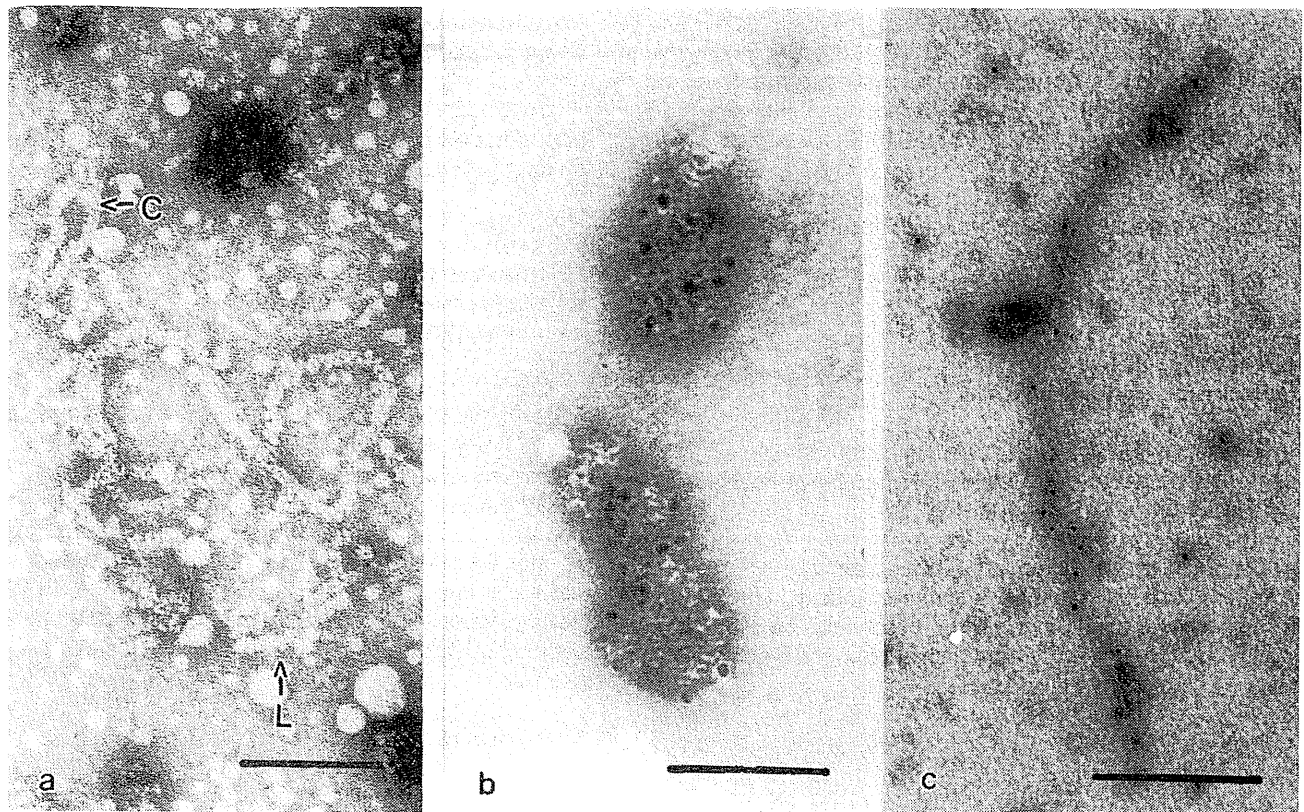


Fig. 3. Micrografía electrónica de partículas nucleoproteicas purificadas. a) Partículas de configuración helicoidal de forma lineal (L) y circular (C); la barra representa 100 nm; b) estructuras globulares de nucleoproteína inmunomarcadas con oro coloidal; la barra representa 100 nm; c) estructuras filamentosas inmunomarcadas con oro coloidal; la barra representa 25 nm.

Inmunodifusión doble en agar

No se obtuvo reacción serológica entre los extractos crudos de plantas sintomáticas y los antisueros contra MRFV, MMV y MCDV. Se observaron bandas de precipitación específicas únicamente entre los extractos y el MStV antinucleoproteína. Los extractos de las plantas sanas, utilizadas como control, no presentaron reacción contra ninguno de los antisueros utilizados.

Inmunotransferencia de proteínas

El antisuero MStV antinucleoproteína reveló una única banda de proteína de un peso molecular aproximado de 34 000 (Fig. 4bN). El antisuero MStV antiproteína de no cápside indicó cuatro bandas de proteína, con una banda principal de un peso molecular aproximado de 19 000 (Fig. 4dNCP). En los controles de maíz sano no se revelaron las bandas proteicas (Fig. 4ac).

Análisis electroforético de los ARN doblebanda virales

En maíz sano se observó un duplex de alto peso molecular (Fig. 5 aD). En maíz infectado con MStV, además del duplex, se observaron cuatro especies de ARN doblebanda (Fig. 5b).

DISCUSION

Los resultados obtenidos en este trabajo indicaron que el MStV se encuentra asociado a plantas de maíz que mostraron los síntomas descritos antes, los cuales son similares a los reportados para MStV (7).

La presencia de inclusiones citoplasmáticas en forma de aguja, ya descritas (9) para MStV, indicó la posible naturaleza del agente etiológico de la enfermedad. Las inclusiones citoplasmáticas en forma de anillos y ochos observadas en este trabajo se describieron anteriormente para otros tenuivirus (10). El hecho de que estas inclusiones se tiñeran únicamente con OG confirma su naturaleza proteica.

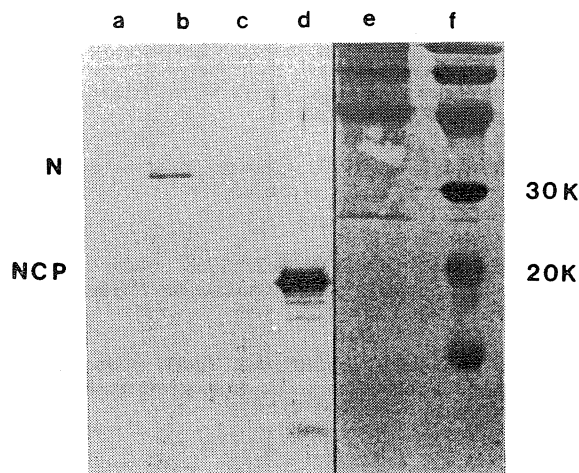


Fig. 4. Inmunotransferencia de proteínas. a, b) Proteínas de planta sana y de planta infectada con MStV-CR, reveladas con MStV antinucleoproteína respectivamente; N-Nucleoproteína; c, d) proteínas de planta sana y de planta infectada reveladas con MStV antiproteína de no cápside respectivamente; NCP-Proteína de no cápside; e, f) marcadores de peso molecular.

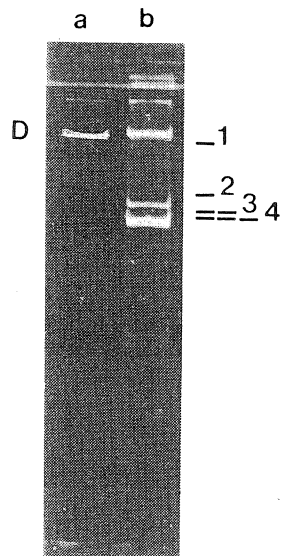


Fig. 5. Análisis electroforético de los ARN doblebanda virales. a) ARN db de maíz sano; b) ARN db de maíz infectado con MStV-CR; D= duplex de alto peso molecular; 1-ARN db 1; 2-ARN db 2; 3-ARN db 3; 4-ARN db 4.

Los resultados de inmunodifusión señalaron al MStV como el posible agente etiológico asociado a los síntomas observados en maíz en el campo.

Las micrografías electrónicas de la nucleoproteína viral purificada mostraron que el aislamiento costarricense de MStV (MStV-CR) presenta el mismo tipo de configuración helicoidal en formas lineales y circulares, descritas para el grupo de los tenuivirus (6, 7, 8, 15, 19). Koganezawa *et al.* (12) relacionaron la infectividad de la nucleoproteína del virus de la raya del arroz o "rice stripe virus" (RStV) con la configuración helicoidal. El procedimiento de inmunomarcaje con oro coloidal de la nucleoproteína purificada de MStV-CR parece haber modificado su configuración helicoidal en agregados globulares. Agregados similares se observaron mediante microscopía electrónica de extractos crudos de maíz infectado con MStV-CR (datos no mostrados).

Mediante el análisis de proteínas inmunotransferidas del aislamiento MStV-CR, se comprobó que la proteína de peso molecular aproximado a 34 000 y la proteína principal de peso molecular aproximado a 19 000 corresponden respectivamente a la nucleoproteína y a la proteína de no cápside de MStV reportadas previamente (4, 6, 11). Las bandas minoritarias reveladas por el antisuero antiproteína de no cápside podrían ser producto de la degradación de la banda principal.

En plantas de maíz sanas e infectadas con MStV-CR se observó un duplex de ácido nucleico de alto peso molecular (Fig. 5a-bD). Este duplex ha sido encontrado en algunas razas de maíz cultivadas comercialmente en Costa Rica (Ramírez, P., datos no publicados). Estas moléculas podrían corresponder a los ácidos nucleicos extracromosomales asociados a la mitocondria de algunos citoplasmas de maíz (18). Las cuatro especies de ARN db que se observaron (Fig. 5b) parecen corresponder a las formas replicativas de los ARN 1, 2, 3 y 4 de MStV, reportadas por Falk y Tsai (3). El ARN 1 se encontró en menor cantidad que los ARN 2, 3 y 4.

La enfermedad asociada al MStV-CR fue detectada en tres diferentes regiones del país, datos que indican una amplia distribución. Sin embargo, aún no se han realizado estudios para determinar la incidencia de esta enfermedad y su impacto en la producción. Estudios preliminares señalan la existencia de MStV en *R. exaltata* L. en Guanacaste (Miriam Hernández, comunicación personal). Además se ha encontrado a su insecto vector *Peregrinus maidis* en el país (Nault, comunicación personal). La presencia en Costa Rica del MStV, de hospederas (silvestre y cultivada) y del vector, componentes suficientes para la diseminación de este virus, indican la importancia de estudiar la fenología de esta enfermedad.

LITERATURA CITADA

1. AMMAR, E.D.; GINGERY, R.E.; NAULT, L.R. 1985. Two types of inclusions in maize infected with maize stripe virus. *Phytopathology* 75:84-89.
2. FALK, B.W.; TSAI, J.H. 1983. Assay for maize stripe virus infected plants using antiserum produced to a purified noncapsid protein. *Phytopathology* 73:1259-1263.
3. FALK, B.W.; TSAI, J.H. 1984. Identification of single and double-stranded RNAs associated with maize stripe virus. *Phytopathology* 74:909-915.
4. FALK, B.W.; TSAI, J.H.; LOMMEL, S.A. 1987. Differences in levels of detection for the maize stripe virus capsid and major non-capsid proteins in plant and insect hosts. *Journal of General Virology* 85:1801-1811.
5. FALK, B.W.; KLAUSSEN, V.A.; TSAI, J.H. 1989. Complementary DNA cloning and hybridization analysis of maize stripe virus RNAs. *Virology* 173:338-342.
6. GINGERY, R.E.; NAULT, L.R.; BRADFUTE, O.E. 1981. Maize stripe virus: Characterization of a member of a new virus class. *Virology* 112:99-108.
7. GINGERY, R.E. 1985. Maize stripe virus: AAB description of plant viruses #300. Kew Surrey, UK, Commonwealth Mycological Institute, Association of Applied Biologists.
8. HIBINO, H.; USUGI, T.; OMURA, T.; TSUCHIZAKI, T.; SHOHARA, K.; IWASAKI, M. 1985. Rice grassy stunt virus: A planthopper-borne circular filament. *Phytopathology* 75:894-899.
9. HIEBERT, E.; PURCIFULL, D.E.; CHRISTIE, R.G. 1984. Purification and immunological analysis of plant viral inclusion bodies. In *Methods in virology* Academic Press. v.3, 396 p.
10. HIRAI, T.; SUZUKI, N.; KIMURA, I.; NAKAYAMA, N.; KASHIWAGI, K. 1964. Large inclusion bodies associated with virus diseases of rice. *Phytopathology* 54:367.
11. HUIET, L.; KLAASSEN, V.; TSAI, J.; FALK, B.W. 1991. Nucleotide sequence and RNA hybridization analyses reveal an ambisense coding strategy for maize stripe virus RNA 3. *Virology* 182:47-53.
12. KOGANEZAWA, H.; DOI, Y.; YORA, K. 1975. Purification of rice stripe virus. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 41:148-154.
13. LAEMMLI, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T-4. *Nature* 227:680-685.
14. NAULT, L.R.; GORDON, D.T. 1988. Multiplication of maize stripe virus in *Peregrinus maidis*. *Phytopathology* 78:991-995.
15. MORALES, F.J.; NIESSEN, A.I. 1983. Association of spiral filamentous, viruslike particles with rice hoja blanca. *Phytopathology* 73:971-973.
16. MORRIS, T.J.; DODDS, J.A. 1979. Isolation and analysis of double-stranded RNA from virus-infected plant and fungal tissue. *Phytopathology* 69:854-858.
17. PURCIFULL, D.E.; BATCHELOR, D.L. 1977. Immunodiffusion tests with sodium dodecyl sulfate (SDS)-treated plant viruses and plant viral inclusions. Gainesville, Inst. Food Agric. Sci. University of Florida. Technical Bulletin. Florida Agricultural Experiment Station no. 788. 39 p.
18. SCHUSTER, A.M.; SISCO, P.H. 1986. Isolation and characterization of single stranded and double stranded RNA in mitochondria. In *Methods in enzymology*. A. Weissback, H. Weissback (Eds.). New York, Academic Press. 829 p.
19. TORIYAMA, S. 1982. Characterization of rice stripe virus: A heavy component carrying infectivity. *Journal of General Virology* 61:187-195.
20. TORIYAMA, S. 1983. Rice stripe virus: Descriptions of plant viruses # 269. Kew Surrey, UK, Commonwealth Mycological Institute, Association of Applied Biologists.
21. TOWBIN, H.; STAHELIN, T.; GORDON, J. 1979. Electrophoretic transfer of proteins from polyacrylamide gels to nitrocellulose sheets. *PNAS* 76:4350-4354.
22. TSAI, J.H.; ZITTER, T.A. 1982. Characteristics of maize stripe virus transmission by the corn delphacid. *Journal of Economic Entomology* 75:397-400.

Papaya Ringspot Virus and Cucumber Mosaic Virus Associated with a Severe Mosaic in Melon¹

C. Rivera*, P. Ramírez**, C.M. Rodríguez***

ABSTRACT

Severe mosaic disease was observed in several melon fields in Costa Rica during the period 1987-1991. Two viruses, papaya ringspot virus (PRSV) and cucumber mosaic virus (CMV) were associated in single and mixed infections with the mosaic disease. These viruses were partially characterized on the basis of the type of cytoplasmic inclusions observed by light microscopy, the size and morphology of the virus particles by electron microscopy, and the serological relationships with members of the potyviruses and cucumoviruses groups using immunodiffusion and immunoelectrophoretic transfer of proteins. This is the first report of PRSV and CMV occurring on cucurbits in Costa Rica.

Key words: Identification, partial characterization, cucurbit viruses, potyvirus, cucumovirus.

COMPENDIO

Los virus mancha anular de la papaya o "papaya ringspot virus" (PRSV) y mosaico del pepino o "cucumber mosaic virus" (CMV) fueron asociados con un mosaico severo en el caso de infecciones simples y mixtas en plantas de melón en Costa Rica, durante el período 1987-1991. Estos virus fueron identificados y parcialmente caracterizados con base en los tipos de inclusiones citoplasmáticas, observadas por microscopía de luz, en la morfología y tamaño de las partículas virales, por microscopía electrónica, y en sus relaciones serológicas con miembros de los grupos potyvirus y cucumovirus mediante inmunodifusión y transferencia inmunoelectroforética de proteínas. Esta es la primera vez que se informa sobre la presencia en cucurbitáceas del virus de la mancha anular de la papaya y del virus del mosaico del pepino en plantas de melón en Costa Rica.

Palabras claves: Identificación, caracterización parcial, virus en cucurbitáceas, potyvirus, cucumovirus.

INTRODUCTION

In the last five years, within a new program of agricultural diversification, melon has become an important economical export crop in Costa Rica. To provide a continuous supply for the export market, which is open only between November and April (dry season), growers plant melons successively at one- and two-week intervals during this season. This situation

favors the spread of virus by aphid vectors. A severe mosaic was observed in several melon fields in Costa Rica during the period 1987-1991. The incidence of mosaic symptoms was 1.5% - 73.5%, causing severe losses (Rivera *et al.*, unpublished data).

The watermelon mosaic virus-I (WMV-I), reclassified recently as papaya ringspot virus (PRSV) (21), and cucumber mosaic virus (9) are known to infect cucurbit crops all over the world causing severe losses in crop yield (5, 6, 7, 8, 13, 16, 18, 19). Both viruses are transmitted mechanically and by many species of aphids in a non-persistent manner.

PRSV is a member of the potyvirus group, with flexuous, filamentous particles about 780 nm long. This virus induces cylindrical (pinwheels) inclusions in the cytoplasm of host cells (2). The viral particles contain a single-stranded RNA of positive polarity and a single type of capsid protein that has an apparent molecular weight of 36 K (21).

Cucumber mosaic virus (CMV) is the type member of the cucumovirus group (9). The viral particles are isometrical with a diameter of about 29 nm, built from identical protein sub-units of a molecular weight of

¹ Received for publication 19 November 1991.

This research was supported by the "Programa de Caracterización y Diagnóstico de Virus y Viroides en Cultivos de Importancia Económica" (PCDV-UCR), University of Costa Rica.

The authors are grateful to Howard A. Scott, University of Arkansas, for the supply of rabbit polyclonal antisera; Ramon Jordan, Florist and Nursery, USDA, Beltsville, MD, for the supply of PTY-1 monoclonal antibodies; and William Vilalobos and Reynaldo Pereira for technical assistance.

* Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular, y Facultad de Microbiología, Universidad de Costa Rica, San José, C.R.

** Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular, y Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, C.R.

***Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular,

about 26 K (11). The genome of CMV is composed of three single-stranded RNA molecules and subgenomic encapsidated molecule (15). This virus induces angular crystalline inclusions in the cytoplasm of host cells (2).

This study was carried out to identify and partially characterize the viruses associated with the severe mosaic disease observed in the field by different analyses: cytoplasmic inclusions by light microscopy; particle morphology and size by electron microscopy; serological relationships by immunodiffusion; and immunoelectrophoretic transfer of proteins.

MATERIALS AND METHODS

Naturally-infected melon leaves with severe mosaic disease were collected in commercial fields during the growing seasons in Costa Rica. Virus identification by light microscopy of viral inclusions, electron microscopy of partially purified virus particles and immunodiffusion tests were carried out on field-collected samples.

To maintain the virus isolates in the greenhouse, mechanical inoculation onto carborundum-dusted zucchini (*Cucurbita pepo* L.) was undertaken using crude extracts of melon field plants with single viral infections. The inoculum was prepared in a 0.01 M sodium phosphate buffer, pH 7.2. These greenhouse isolates were used for purification and immunoelectrophoretic transfer of viral proteins.

Light microscopy of viral inclusions

Epidermal stripes and thick tissue pieces of symptomatic field melon leaves and greenhouse healthy melon leaves were stained with Azure A and Calcomine Orange-Luxol Brilliant Green BL (OG-stain) techniques and mounted in a drop of Euparal (Carolina Biological Supply) on a glass slide, as described previously (3). The preparations were examined with a Zeiss Standard 19 light microscope. Light micrographs of the observed inclusions were carried out with a Zeiss M 35 camera.

Electron microscopy of viral particles

Partially purified virus preparations from field-infected melon leaves were negatively stained with 1% uranyl acetate, as described previously (4), and examined under a Hitachi 12 A electron microscope. The average diameter of isometric particles and the length

distribution of filamentous particles were determined by measuring directly from electron micrograph positives.

Immunodiffusion

Diseased melon plants were tested for the presence of CMV and squash mosaic virus (SqMV) using the immunodiffusion medium of 0.8% agarose in 0.1 M borate-0.05 M ethylenediaminetetraacetic (EDTA) buffer, pH 9, containing 0.5% Triton X-100 and 0.01 M sodium thioglycolate as previous described (1). Double-diffusion tests were also conducted in sodium dodecyl sulfate (SDS), agar gel (0.8% Ionagar) containing 0.5% SDS as reported by Purcifull and Batchelor (20) for testing the presence of WMV-1, watermelon mosaic virus-2 (WMV-2), and zucchini yellow mosaic virus (ZYMV). Rabbit polyclonal antisera against the four viruses were used.

Purification of PRSV and CMV

Sixteen days after inoculation with PRSV, greenhouse zucchini leaves were harvested and purified according to the method of Leiser and Richter (14). Tissue was first frozen and then homogenized in one volume of a solution containing of 0.5 M sodium citrate, 0.005 M EDTA, 0.015 M Na-diethyldithiocarbamate (DIECA), pH 7.4. After centrifugation at 3800 g for 15 min, 3% vol/vol Triton X-100 was added to the aqueous phase and stirred for 30 min at 4°C. The virus was recovered by ultracentrifugation at 81 400 g for two hours. The pellet was suspended in 0.010 M Citrate buffer, pH 7.4, containing 1 M urea, 0.1% vol/vol mercaptoethanol and left overnight at 4°C. After clarification at 16 800 g the supernatant was subjected to one cycle of centrifugation in a sucrose cushion of 30% vol/vol in 0.05 M sodium-potassium phosphate buffer, pH 7.2, 0.01 M EDTA at 65 100 g for three hours. The virus in the pellet was suspended in 0.005 M borate buffer, pH 8, containing 0.03 M NaCl and 0.003 M sodium citrate, and clarified at 1900 g for five minutes.

CMV was purified from zucchini plants 10 days after inoculation according to the following method: infected tissue was homogenized in two volumes of 0.5 M citrate buffer pH 6.5 containing 0.005 M EDTA sodium salt, 0.5% thioglycolic acid. The filtrate was emulsified with 1/20 volume of cold chloroform, and after centrifugation at 4000 g for 5 min, the virus was recovered from the aqueous phase by 2 cycles of precipitation using 8% polyethylene glycol 6000 (PEG), 0.3 M NaCl. The pellet was resuspended in 0.5 M citrate buffer, pH 6.5, and subject to one cycle of centrifugation in a sucrose cushion of 30% vol/vol in

0.5 M citrate sodium buffer, pH 6.5, at 65 100 g for three hours. The virus recovered from the pellet was suspended in the citrate buffer.

Immunoelectrophoretic transfer of proteins

Viral proteins from purified viruses and healthy plant proteins were dissociated and electrophoresed in a 15% gel SDS-PAGE with a ratio of acrylamide to bis-acrylamide of 30:1, using the Laemmli buffer system (12). The fractionated proteins were electroblotted to nitrocellulose sheets (24) by applying a constant voltage density of 2.5 v/cm² in a mini-trans-blot system (Bio-Rad Laboratories). Immunological detection was carried out according to the method of J. Hammond and R. L. Jordan (personal communication). The remaining protein binding site on the nitrocellulose membrane were blocked in buffer 0.02 M Tris, 0.15 M saline, (TBS) pH 7.5 containing 1% dry milk, 0.5% bovine serum albumin for 30 min at room temperature. The membranes were incubated separately for two hours with different primary antibodies (rabbit polyclonal anti-CMV and anti-PRSV, and potyvirus-specific mouse monoclonal). Following three successive 10 min washes in TBS, the membranes were incubated with second antibodies labeled with alkaline phosphatase (goat anti-rabbit immunoglobulins for rabbit polyclonal antisera or goat anti-mouse immunoglobulins for mouse monoclonal antibodies) for two hours at room temperature.

The nitrocellulose membranes were again washed three times, 10 min each in TBS, before immersion in a substrate solution containing 14 mg nitroblue tetrazolium and 7 mg of 5-bromo-4-chloro-3-indolyl phosphate in 40 ml substrate buffer of 0.01 M Tris, 0.1 M NaCl, 5 mm MgCl₂, pH 9.5.

The molecular weight of viral proteins was determined using SDS-PAGE molecular weight standards.

RESULTS

Symptom description

Naturally-infected melons showed a severe mosaic formed by chlorotic areas and green vein-banding (Fig. 1).

Light microscopy of viral inclusions

Cylindrical inclusions, similar to those reported for the potyvirus group (2) were detected in the epidermal cytoplasm when stained with OG (Fig. 2a). Aggregates

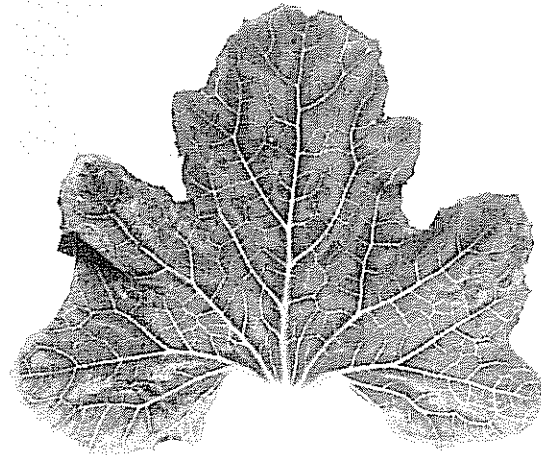


Fig. 1 Severe mosaic observed in naturally field-infected melon plants

of crystals in cytoplasm of epidermis and mesophyll, densely stained only with Azure A similar to those reported for cucumovirus (2) were also observed (Fig. 2b). Both types of inclusions were observed either in the same plant or separately in different plants.

Electron microscopy of viral particles

Flexuous filamentous particles (Fig. 3a), and/or isometric particles of about 29 nm (Fig. 3b), were consistently observed in partially purified samples from naturally-infected melon plants, which are found in single and mixed infection.

From the frequency length distribution of filamentous particles, in 41 mu-particle-size groupings (Fig. 4) the mode range of 761-802 was taken as representative of the favored length for this virus with a normal length of 781.5 nm (based on 39% of particles measured).

Immunodiffusion

No reaction was obtained between the field samples and WMV-II, XYMV and SqMV antisera when crude extracts of naturally-infected melon were used in immunodiffusion reactions. Precipitine lines were observed only when the samples were tested against PRSV and CMV antisera.

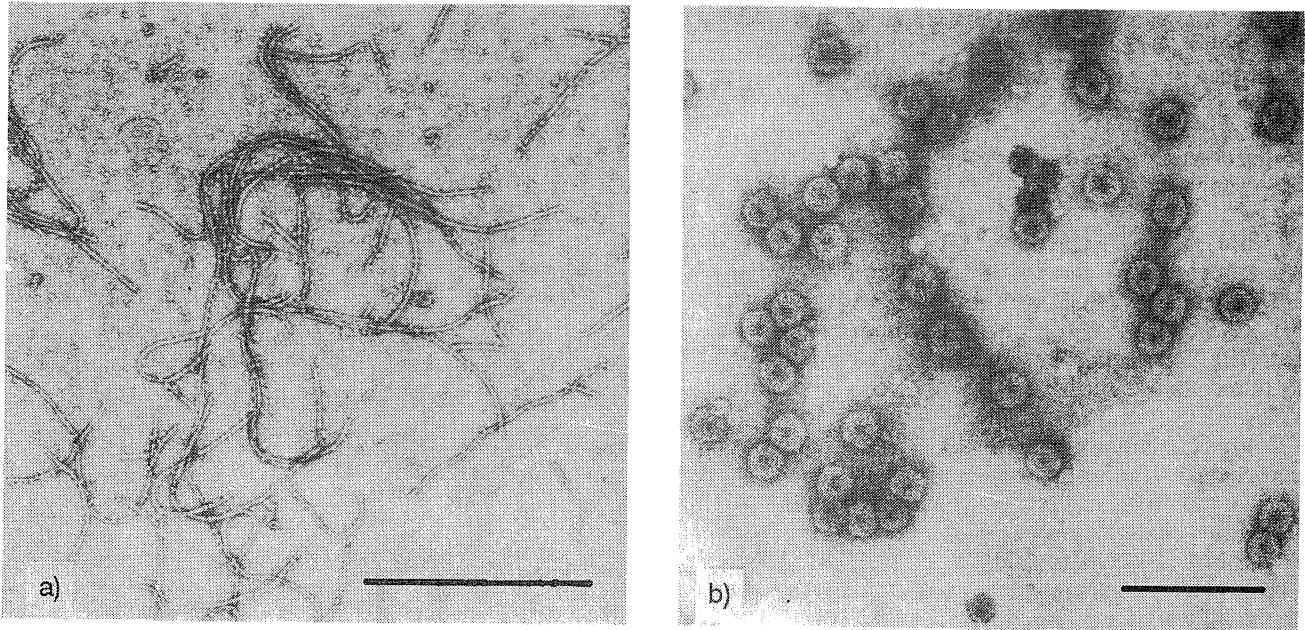


Fig. 2. Light micrographs of infected epidermal and mesophyll tissues showing cytoplasmic inclusions. (a) Epidermal stripes stained with O-G, arrows point to typical masses of cylindrical inclusions; bar represents 3 μm ; (b) mesophyll cells stained with Azure A, arrows point to densely stained aggregates of crystals; bar represents 5 μm .

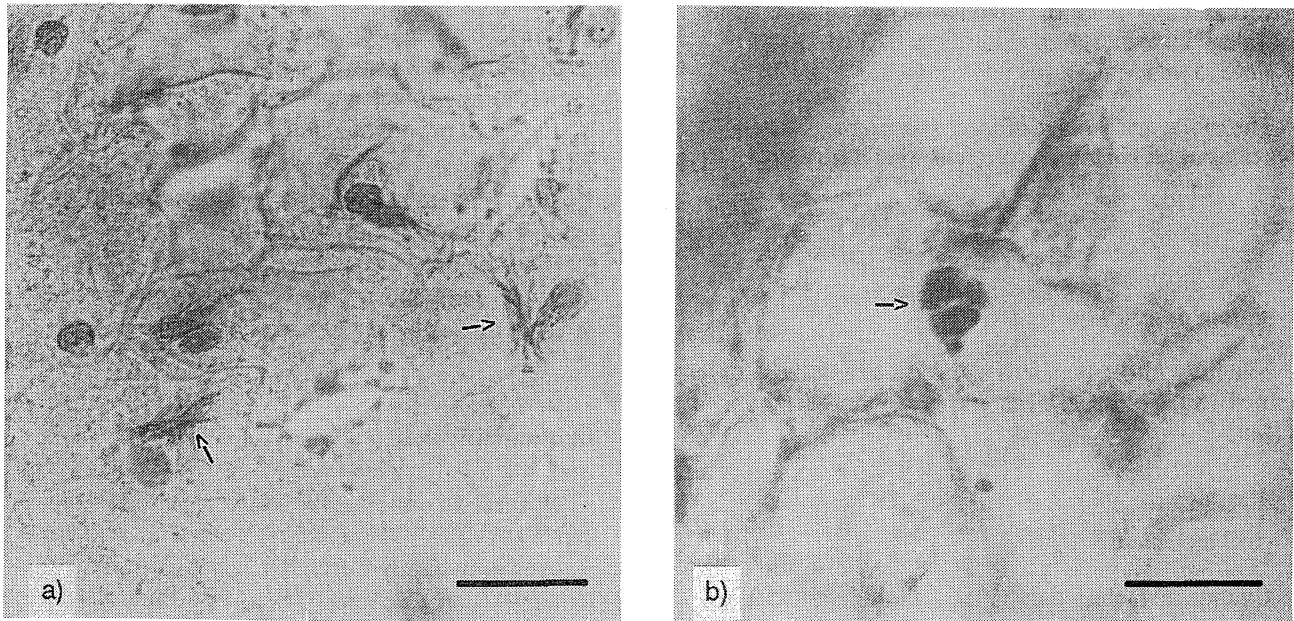


Fig. 3. Electron micrographs of viral particles observed in partially-purified preparations from naturally-infected melon. (a) Flexuous filamentous particles; bar represents 800 nm; (b) isometric particles; bar represents 100 nm.

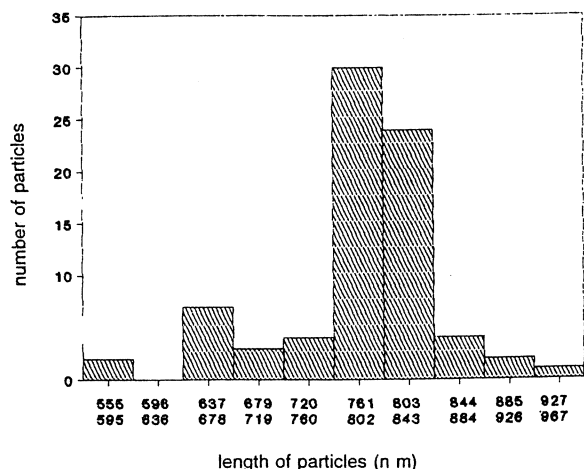


Fig. 4. Frequency distribution of length of flexuous filamentous particles.

Immunoelectrophoretic transfer of proteins

One predominant band of 36 K and a minor protein band of 33 K were observed after the immunodetection with both the polyclonal ante-WMV-1 and monoclonal PTY 1 (Fig. 5). In both cases the observed viral specific bands corresponded to the expected molecular weight of the coat protein of potyviruses (23).

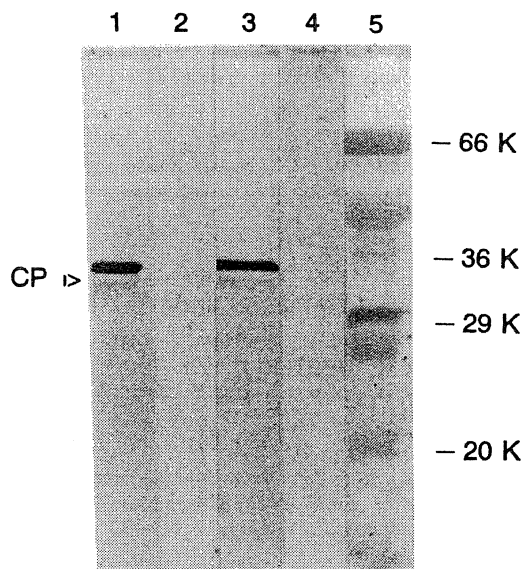


Fig. 5. Immunoelectrophoretic transfer of PRSV proteins from 15% polyacrylamide gel onto nitrocellulose sheets. Lanes 1 and 2, proteins of purified PRSV and healthy plant proteins respectively, after immunostaining with PTY-1 monoclonal antibody. Lanes 3 and 4, proteins of purified PRSV and healthy plant proteins respectively, after immunostaining with polyclonal antiserum. Lane 5, protein molecular weight markers.

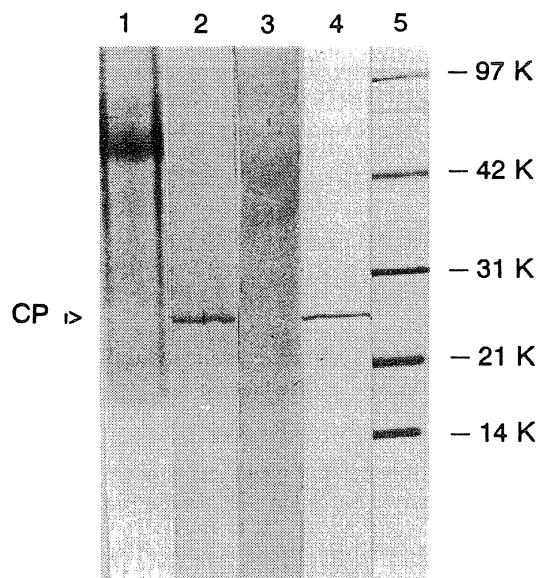


Fig. 6. Immunoelectrophoretic transfer of CMV proteins from 15% polyacrylamide gel onto nitrocellulose sheets. Lanes 1 and 2, proteins of healthy plant and purified CMV respectively, stained with Coomassie Blue. Lane 3 and 4, proteins of healthy plant and purified CMV respectively, after immunostaining. Lane 5, protein molecular weight markers.

Fig. 6 shows the immunodetected protein pattern of purified CMV. From this pattern, a unique band of 24 K was observed. This virus-specific band showed a molecular weight lower than the molecular weight reported for the coat protein of CMV (9, 11).

DISCUSSION

Two distinct aphid-style-borne transmissible viruses were associated with a severe mosaic disease in field melons in Costa Rica. Based upon the type of induced cellular inclusions, morphology and size of particles, immunodiffusion and immunoelectrophoretic transfer of protein results, the melon viruses were identified as PRSV and CMV.

The observation of different types of cytoplasmic inclusions (Fig. 2a and Fig. 2b) was the first evidence of single and mixed infections of potyvirus and cucumovirus associated with the severe mosaic showed in Fig. 1.

Partially purified, filamentous particles exhibit the typical morphology and size for potyvirus. The normal length of 781.5 nm for PRSV obtained in this work was

slightly different from the normal length reported for WMV-1 by Milne and Grogan (17). The authors indicated that a number of variables could affect normal length determination of long flexuous rod-shaped viruses, and they therefore concluded that differences of 30 nm were within the range of experimental error with the electron microscopy techniques.

The isometrical particles of 29 nm observed in Fig. 3b were similar to those reported for CMV by Francki *et al.* (10).

The immunodiffusion results identified PRSV as the potyvirus and CMV as the cucumovirus involved in this disease.

Proteins from several potyviruses have been found to migrate as two bands on SDS-PAGE with apparent molecular weights of 32 - 34 K (23). The coat protein pattern of PRSV in this report revealed two bands with apparent molecular weights of 33 - 36 K by polyclonal and monoclonal antibodies (Fig. 5). There have been numerous reports on the heterogeneity of the coat protein of potyviruses (23).

The CMV capsid protein of 24 K molecular weight here described is slightly different from some other isolates reported (9, 11). Rybicki and Von Wechmar (22) have reported apparent coat protein size differences between different CMV isolates.

Although CMV and PRSV have been reported previously in many countries around the world (5, 6, 7, 8, 13, 16, 18, 19), this is the first time they are reported in melons in Costa Rica.

Because of the widespread occurrence of CMV and PRSV and the severe symptoms observed associated with them, these viruses may become a mayor threat to commercial melon fields in Costa Rica. Current studies are concerned with the epidemiology of these viruses in order to design control strategies for these diseases.

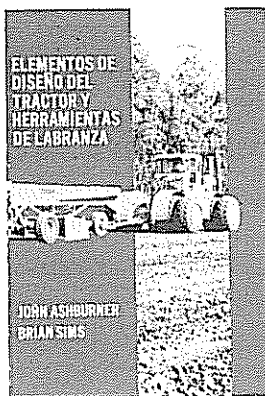
Due to the similar symptomatology observed either in CMV, PRSV and mixed infected plants, the identification based on symptoms was unreliable.

LITERATURE CITED

- AHMAD, I.B.; SCOTT, H.A. 1984. An improved immunodiffusion test for the detection of intact cucumber mosaic virus in crude tobacco sap. *Phytopathology* 74:1107-1110.
- CHRISTIE, R.G.; EDWARDSON, J.R. 1977. Light and electron microscopy of plant virus inclusions. *Fla. Agric. Exp. Stn. Mongr. Ser. no. 9*.
- CHRISTIE, R.G.; EDWARDSON, J.R. 1986. Light microscopic techniques for detection of plant virus inclusions. *Plant Disease* 70:273-279.
- CHRISTIE, S.R.; PURCIFULL, D.E.; CRAWFORD, W.E.; AHMED, N.A. 1987. Electron microscopy of negatively stained clarified viral concentrates obtained from small tissue samples with appendice on negative staining techniques. Gainesville, University of Florida, Inst. Food Agric. Sci. Technical Bulletin. Agricultural Experiment Station no. 872. 4 p.
- COHEN, S.; NITZANY, F.E. 1983. Identity of viruses affecting cucurbits in Israel. *Phytopathology* 53:193-196.
- DAVIS, R.F.; MIZUKI, M. 1987. Detection of cucurbit viruses in New Jersey. *Plant Disease Reporter* 71:40-44.
- DODDS, J.A.; LEE, J.G.; NAMETH, S.T.; LAEMMLEN, S. 1984. Aphid and whitefly-transmitted viruses in Imperial County, California. *Phytopathology* 74:221-225.
- FISHER, H.U.; LOCKHART, B.E.L. 1974. Serious losses in cucurbits caused by watermelon mosaic virus in Morocco. *Plant Disease Reporter* 58:143-146.
- FRANCKI, R.I.B.; MOSSOP, D.W.; HATTA, I. 1979. Cucumber mosaic virus. CMI/AAB Descriptions of plant viruses no. 213.
- FRANCKI, R.I.B.; MILNE, R.G.; HATTA, I. 1987. Cucurbit virus group. In *Atlas of plant viruses*. Boca Raton, Fla., CRC Press Inc. v.2, p. 284.
- GOULD, A.R.; SYMONS, R.H. 1982. Cucumber mosaic virus RNA 3: Determination of the nucleotide sequence provides the amino acid sequences of protein 3A and viral coat protein. *European Journal of Biochemistry* 126:217-226.
- LAEMMLI, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T-4. *Nature* 227:680-685.
- LASTRA, R. 1986. Occurrence of cucurbit viruses in Venezuela. *Plant Disease Reporter* 52:171-174.
- LEISER, R.M.; RICHTER, J. 1978. Purification and some characteristic of potato virus Y. *Arch. Phytopathol Pfl-Schutz* 14:337.
- LOI, H.; KAPER, J.M. 1976. Physical and chemical differentiation of three strains of cucumber mosaic virus and peanut stunt virus. *Virology* 74:209-222.
- MAKKOUK, K.M.; LESEMANN, D.E. 1980. A severe mosaic of cucurbits in Lebanon caused by watermelon mosaic virus-I. *Plant Disease* 64:799-801.
- MILNE, K.S.; GROGAN, R.G. 1969. Characterization of watermelon mosaic virus strains by serology and other properties. *Phytopathology* 59:809-818.

18. MILNE, K.S.; GROGAN, R.G.; KIMBLE, K.A. 1969. Identification of viruses infecting cucurbits in California. *Phytopathology* 59:819-828.
19. NAMETH, S.; DODDS, J.A.; PAULUS, A.; LAEMMLEN, F.F. 1986. Cucurbit viruses of California. *Plant Disease* 70:8-11.
20. PURCIFULL, D.E.; BATCHELOR, D.L. 1977. Immuno-diffusion tests with sodium dodecyl sulfate (SDS)-treated plant viruses and plant viral inclusions. Gainesville, University of Florida, Inst. Food Agric. Sci. Technical Bulletin. Agricultural Experiment Station no. 788. 39 p.
21. PURCIFULL, D.E.; EDWARDSON, J.R.; HIEBERT, E.; GONSALVES, D. 1984. Papaya ringspot virus. CMI/AAB. Description of Plant Viruses no. 292.
22. RYBICKI, E.P.; VON WECHMAR, M.B. 1985. Serology and immunochemistry. In *The plant viruses*. R.I.B. Francki (Ed.). New York, Plenum Press. v.1, p. 309.
23. SHUKLA, D.D.; WARD, C.W. 1989. Structure of potyvirus coat proteins and its applications in the taxonomy of the potyvirus group. *Advances in Virus Research* 36:273-314.
24. TOWBIN, H.; STAHELIN, T.; GORDOR, J. 1979. Electrophoretic transfer of proteins from polyacrylamide gels to nitrocellulose sheets. *PNAS* 76:4350-4354.

LIBRO RECOMENDADO



US\$8.50

Elementos de Diseño del Tractor y Herramientas de Labranza J. Ashburner; B. Sims. 1984. 474 p. ISBN 92-9039-058 1.

Su objetivo es servir de guía para la capacitación universitaria de pregrado y posgrado, mediante la presentación de los elementos básicos de ingeniería de suelos y su aplicación al análisis del comportamiento del tractor y sus herramientas de labranza. Se incluye el estudio de casos concretos y numerosas ilustraciones gráficas de gran utilidad para la comprensión del tema.

Ver lista de publicaciones disponibles para la venta y boleta de solicitud en la última sección de la revista Turrialba.